

Dipartimento di Psicologia

**Dottorato di Ricerca in Psicologia Generale e Clinica
Indirizzo di Psicologia Sperimentale**

- XX Ciclo -

Settore scientifico disciplinare di afferenza: M-PSI/01

Titolo della tesi:

**EFFETTO CROWDING E DISLESSIA EVOLUTIVA:
UN CONFRONTO INTER E INTRA-LINGUISTICO**

Presentata da: **Dott.ssa Stéphanie Bellocchi***

Relatore/Tutor: **Prof.ssa Silvana Contento**

Coordinatore Dottorato: **Prof. Bruno Baldaro**

* e-mail: stephanie.bellocchi@unibo.it

INDICE

INDICE	1
INTRODUZIONE	4
CAPITOLO I. MECCANISMI COGNITIVI E CEREBRALI NEL RICONOSCIMENTO DELLE PAROLE IN LETTURA	7
1. Premessa	8
2. I principali modelli computazionali di lettura: il contributo del cognitivismo	8
3. I circuiti cerebrali deputati al riconoscimento delle parole: il contributo delle neuroscienze	16
2.1. <i>Il riconoscimento visivo: la Visual Word Form Area ...</i>	<i>16</i>
2.2. <i>Al di là della forma visiva della parola: i circuiti del suono e del significato</i>	<i>20</i>
CAPITOLO II. MECCANISMI VISIVI E LETTURA	24
1. Accenni di psicofisica della lettura	25
1.1 <i>Le proprietà delle lettere in un testo e il loro legame con la velocità di lettura</i>	<i>25</i>
1.2. <i>Lo span visivo</i>	<i>28</i>
2. Il ruolo del sistema magnocellulare nella lettura ..	30
2.1. <i>Brevi accenni sull'anatomia e la fisiologia del sistema visivo magnocellulare e parvocellulare</i>	<i>30</i>
2.2. <i>La via magnocellulare e la lettura</i>	<i>32</i>
3. Il riconoscimento visivo della parola scritta in fovea e parafovea	35
4. L'effetto crowding	38
3.1. <i>Il problema della definizione e il confronto con il fenomeno dell' "ordinary masking"</i>	<i>38</i>

3.2. <i>Il crowding in visione foveale</i>	42
3.3. <i>Il contributo dell'attenzione all'effetto crowding</i> ...	45
3.4. <i>L'effetto di contesto nel crowding</i>	51
3.5. <i>L'effetto crowding e i meccanismi visivi implicati nella lettura</i>	53
CAPITOLO III. DSA: LA DISLESSIA EVOLUTIVA	55
1. Definizione	56
1.1. <i>Specificità e comorbidità</i>	56
1.2. <i>Base neurobiologica</i>	58
2. Le ipotesi eziologiche	62
2.1. <i>L'ipotesi fonologica</i>	62
2.2. <i>L'ipotesi del processamento uditivo rapido</i>	65
2.3. <i>L'ipotesi del doppio deficit</i>	66
2.4. <i>L'ipotesi cerebellare</i>	68
2.5. <i>L'ipotesi visiva o magnocellulare</i>	69
2.6. <i>Uno sguardo critico alle ipotesi presentate</i>	72
3. La dislessia in lingue diverse	77
3.1. <i>Lo sviluppo della lettura nelle lingue europee</i>	77
3.2. <i>Le caratteristiche della dislessia evolutiva in lingue con struttura ortografica e sillabica differenti</i>	79
4. La dislessia e l'effetto crowding: principali studi dalla letteratura	82
CAPITOLO IV. LA RICERCA: UNO STUDIO SPERIMENTALE SULL'INFLUENZA DELL'EFFETTO CROWDING NELLA DISLESSIA EVOLUTIVA	89
1. Il rationale	90
1.1. <i>Ipotesi</i>	94
2. Metodo	95
2.1. <i>Campione</i>	96
2.1.1. <i>Campione francese</i>	96
2.1.2. <i>Campione italiano</i>	96
2.2. <i>Valutazione delle capacità di lettura e cognitive</i>	98

2.2.1. Campione francese	98
2.2.2. Campione italiano	98
2.3. <i>Stimoli e apparato del compito di identificazione</i> ...	100
2.3.1. Studio francese - materiale verbale	101
2.3.2. Studio italiano - materiale verbale	102
2.4. <i>Procedura sperimentale</i>	105
3. Analisi dei dati e disegni sperimentali	106
3.1. <i>Valutazione delle capacità di lettura e cognitive</i> ...	106
3.2. <i>Compito di identificazione</i>	107
3.3. <i>Legame tra il compito di identificazione e i compiti di lettura</i>	108
3.4. <i>Legame tra il compito di identificazione e i compiti cognitivi e visuo-percettivi</i>	108
3.5. <i>Analisi delle differenze individuali</i>	109
4. Risultati	110
4.1. <i>Valutazione delle capacità di lettura e cognitive</i> ...	110
4.1.1. Confronto inter-linguistico	110
4.1.2. Confronto intra-linguistico	113
4.1.3. Legame tra le abilità di lettura	117
4.1.4. Riepilogo dei principali risultati ottenuti	118
4.2. <i>Compito di identificazione</i>	120
4.2.3. Riepilogo dei principali risultati ottenuti	125
4.3. <i>Legame tra il compito di identificazione e i compiti di lettura</i>	127
4.4. <i>Legame tra il compito di identificazione e i compiti cognitivi e visuo-percettivi</i>	129
4.5. <i>Analisi delle differenze individuali</i>	129
4.5.1. Analisi sulla base dei punteggi di cut-off	129
4.5.2. Analisi sulla base delle capacità di lettura	130
4.5.3. Riepilogo dei principali risultati ottenuti	135
5. Discussione generale e considerazioni conclusive ..	137
 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	 153

INTRODUZIONE

Al di fuori di qualsiasi laboratorio o condizione sperimentale, gli oggetti appaiono raramente in maniera isolata. Un albero singolo può sempre essere circondato da una foresta, così come un parola la si può trovare immersa in mezzo a tante altre, formando una frase o un testo. In una condizione in cui gli oggetti si trovano confusi in mezzo ad altri che li circondano essi vengono identificati con minor rapidità rispetto a quelli presentati isolatamente.

Come per gli oggetti, alcune ipotesi in letteratura hanno evidenziato come le fasi iniziali dell'apprendimento della lettura siano principalmente mediate dall'elaborazione percettiva visuo-spaziale che designa la capacità di organizzare, a livello cognitivo, l'informazione visiva in modo coerente (Lété & Ducrot, in stampa). Le abilità visuo-spaziali importanti sono: la discriminazione figura-sfondo, cioè la capacità di portare l'attenzione su un aspetto specifico di uno stimolo visivo (la figura), separandolo dal resto del campo visivo (lo sfondo); la percezione della costanza, cioè la capacità di riconoscere che degli oggetti hanno delle proprietà che non cambiano malgrado il fatto che le rappresentazioni percettive si modificano in funzione del punto da cui le vediamo; la percezione della posizione di un oggetto nello spazio e la sua relazione spaziale con altri oggetti o stimoli visivi. Quest'ultimo aspetto risulta particolarmente importante nella lettura poiché lo si può collegare alla capacità di identificare le lettere nella posizione corretta all'interno della parola scritta.

Questo approccio allo studio dei meccanismi di lettura deve essere integrato con un altro che prevede lo sviluppo di competenze strettamente linguistiche nel momento in cui un bambino viene confrontato con le parole scritte: conoscenza delle regole di corrispondenza grafema-fonema per acquisire parole nuove, arricchimento del vocabolario grazie ad un'esposizione frequente al materiale scritto, sviluppo delle reti semantiche che permettono di comprendere degli enunciati sempre più complessi.

Lo studio dei processi alla base della lettura ha da sempre costituito un ambito di ricerca di particolare interesse per la psicologia sperimentale e cognitivista (Cattell, 1886) e anche per le neuroscienze (Dejerine, 1892). Nel I

capitolo del presente lavoro verranno, a tale proposito, presentati alcuni tra i più importanti contributi, afferenti a questi due approcci scientifici, allo studio dei meccanismi di lettura.

Il dibattito tra la dominanza degli aspetti visivi, che verranno trattati ampiamente nel II capitolo, e quelli linguistici nei processi di lettura ha, da tempo, caratterizzato la ricerca delle ipotesi causali all'origine del disturbo evolutivo specifico della lettura, cioè la Dislessia Evolutiva (DE). Di origine neurobiologica, essa è caratterizzata da difficoltà nell'accuratezza e/o nella fluidità nel riconoscimento di parole e da scarse capacità di spelling e decodifica inattese in relazione a capacità intellettive nella norma e alla presenza di adeguate condizioni di istruzione. Nel corso della presentazione del III capitolo verrà data una definizione del disturbo, ne saranno specificate le caratteristiche e le principali ipotesi eziologiche. In sintesi, nonostante l'ipotesi maggiormente accreditata riferisca il *core deficit* della DE a livello della rappresentazione fonologica (Snowling, 2000; 2006), vi sono numerose evidenze della presenza di deficit visivi in un ristretto sottogruppo di dislessici (Atkinson, 1993; Boden & Giaschi, 2007; Ramus et al., 2003b; Stein, 2001 ; Stein & Walsh, 1997). Nello specifico, uno di questi è rappresentato dall'*effetto crowding*, caratterizzato dall'effetto negativo sul riconoscimento di un target centrale provocato da elementi visivi che lo circondano. Diversi studi psicofisici hanno evidenziato una maggiore sensibilità al crowding in sottogruppi di soggetti dislessici (es. Atkinson, 1991; Atkinson, 1993; Bouma & Legein, 1977) nel riconoscimento di lettere o di simboli. Tali risultati sono stati estesi anche al riconoscimento di parole e stringhe di simboli (Spinelli, De Luca, Judica, & Zoccolotti, 2002).

Il presente studio nasce con l'obiettivo di valutare l'effetto crowding nella dislessia evolutiva in riferimento al riconoscimento di materiale verbale e non verbale, in una prospettiva di confronto inter e intra –linguistica. A tale scopo sono stati messi a punto dei compiti sperimentali basati sul paradigma ideato da Spinelli et al. (2002) e somministrati a un gruppo di dislessici evolutivi francesi e italiani e ai relativi soggetti di controllo. Per esplorare il legame causale tra il crowding e il disturbo specifico di lettura, la prestazione ottenuta dai soggetti

dislessici è stata confrontata con quella di due gruppi di controllo appaiati il primo per età cronologica e il secondo per età di lettura (Goswami, 2003). Successivamente, come indicato in letteratura, la presenza di eterogeneità nella manifestazione del disturbo specifico di lettura (Castles & Coltheart, 1993; McDougall, Borowsky, McKinnon, & Hymel, 2005) e l'emergere di sottogruppi di dislessici manifestanti una marcata sensibilità all'effetto crowding (Atkinson, 1993; Spinelli et al., 2002) ci ha spinti ad effettuare un'analisi delle differenze individuali nelle prestazioni. Infine, un ulteriore scopo è stato quello di analizzare la relazione tra l'effetto crowding, le abilità di lettura e le misure cognitive dei soggetti esaminati.

I risultati ottenuti sono stati discussi in riferimento ai principali dati presenti in letteratura che hanno focalizzato l'attenzione sull'effetto crowding nella dislessia evolutiva e alle maggiori ipotesi eziologiche relative al disturbo specifico.

**CAPITOLO I. MECCANISMI COGNITIVI E CEREBRALI
NEL RICONOSCIMENTO DELLE PAROLE IN LETTURA**

1. Premessa

Il riconoscimento delle parole costituisce il fondamento della lettura; tutti gli altri processi dipendono da questo (Snowling & Hulme, 2005). Se i processi di riconoscimento delle parole non operano in maniera fluente ed efficiente, la lettura risulterà inefficiente. Lo studio dei meccanismi di riconoscimento delle parole è una delle aree di ricerca più vecchie della psicologia sperimentale (Cattell, 1886) che ha tentato di scomporre gli stadi che costituiscono il processo di lettura attraverso la messa a punto di modelli di funzionamento.

In concomitanza, gli studi nel campo delle neuroscienze, a partire da Dejerine (1892), si sono posti delle domande su quali fossero i meccanismi neurali specializzati nel riconoscimento di parole e se esistessero delle aree cerebrali deputate alla lettura.

Entrambi gli approcci di ricerca hanno contribuito ad aumentare le conoscenze sui meccanismi di lettura. Qui di seguito si darà una breve descrizione di alcuni dei più importanti modelli computazionali di lettura, sviluppati in ambito connessionista; successivamente si passerà a presentare i contributi che ci provengono dagli studi di brain imaging sul funzionamento normale e patologico.

2. I principali modelli computazionali di lettura: il contributo del cognitivismo

La psicologia cognitivista e sperimentale ha da sempre manifestato un forte interesse nel descrivere, in maniera puntuale e dettagliata, i processi sottostanti l'abilità di lettura. I primi tentativi riguardarono una descrizione puramente qualitativa e verbalizzata dei processi. Con l'emergere del Connessionismo (McClelland & Rumelhart, 1981; Rumelhart & McClelland, 1982; Seidenberg & McClelland, 1989), però, si è assistito alla nascita di modelli computazionali che hanno tentato di descrivere, attraverso simulazioni dettagliate, meccanismi alla base del riconoscimento delle parole e della lettura a voce alta (e.g. Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1993; Seidenberg & McClelland, 1989; Zorzi, Houghton, & Butterworth, 1998). Inoltre, questi modelli sono nati con l'intento e

la capacità di simulare i deficit di lettura riscontrati in pazienti neuropsicologici o in soggetti con disturbo evolutivo.

I modelli connessionisti si basano sulle cosiddette *reti neurali*, simulazioni al computer costituite da unità connesse tra di loro, solitamente organizzate in strati di input e output e, in molti casi, anche in strati di unità nascoste situate tra quelli di input e output. Ogni unità ha il suo proprio peso che cambia in seguito all'apprendimento. Un particolare algoritmo di apprendimento è quello a *back propagation* in cui i pesi nella rete cambiano sulla base del confronto tra output prodotti e pattern comportamentali da raggiungere; nello specifico, i pesi che si trovano più vicini alla discrepanza vengono corretti di più di altri. L'apprendimento viene simulato attraverso la presentazione di stimoli alle unità di input, per diversi cicli, e osservando come la rete risulta abile nel cambiare i suoi pesi e le connessioni per raggiungere il miglior output possibile. La principale caratteristica delle reti neurali è quella di elaborare l'informazione in parallelo e di essere dipendente dal contesto, il che significa che l'impatto di un'unità su un'altra dipende dallo stato di attivazione di altre unità nella rete.

Uno dei primi modelli computazionali creato per il riconoscimento delle parole è l'*Interactive Activation model (IA model)* di McClelland e Rumelhart (1981).

Secondo questo modello, i processi coinvolti nel riconoscimento delle parole sono *paralleli*: se lo sguardo del lettore si è brevemente fissato su tre lettere, tutte le caratteristiche visive di queste tre lettere saranno elaborate nello stesso tempo. Inoltre, il processo di riconoscimento delle lettere e delle parole è *interattivo*: se nella mente del lettore si attiva una parola (es. vedendo CAP si attiva CAPITALE), il riconoscimento delle successive lettere di quella parola sarà facilitato. Il riconoscimento delle parole dunque, "passa" attraverso il riconoscimento delle lettere; al contrario, la pre-attivazione delle parole nel lessico mentale, d'altra parte, facilita il riconoscimento delle lettere.

La connessione tra le lettere e il lessico è, secondo questo modello, diretta: il riconoscimento di singole lettere può attivare in maniera diretta la memoria ortografica delle parole (es., la lettera T attiva la parola TRIP, viaggio) senza che

ci sia bisogno di utilizzare un'associazione tra unità ortografiche (es., la stringa TRI) e unità fonologiche (la pronuncia [tri]). Tuttavia, l'ipotesi di una connessione diretta tra lettere e lessico può spiegare solamente il riconoscimento di parole familiari, di cui il lettore ha una rappresentazione ortografica, ma non riesce a spiegare come sia possibile la lettura di parole nuove o di pseudoparole.

Attraverso questo modello computazionale, è possibile spiegare *l'effetto di superiorità della parola*, che consiste nell'attivare più facilmente una lettera appartenente ad una parola piuttosto che ad una stringa irregolare di lettere. Secondo McClelland e Rumelhart (1981), infatti, l'attivazione delle unità relativa ad una parola porta a rinforzare l'attivazione delle loro rappresentazioni delle lettere componenti, il che conduce ad una più accurata percezione delle lettere nelle parole piuttosto che nelle pseudoparole o non-parole. Inoltre, la natura a cascata dell'attivazione delle reti interattive, conferisce una spiegazione teorica al fatto che l'attivazione ad alti livelli di rappresentazione (esempio, le parole) si possa sviluppare più velocemente che ai livelli più bassi (come, per esempio, per le lettere).

Grainger e Jacobs (1994) hanno implementato questa ipotesi di spiegazione in un modello sugli effetti del contesto della parola nella percezione di lettere. Questo modello è stato sottoposto a verifica sperimentale. Durante l'esperimento proposto dai due autori, dunque, le risposte, date attraverso un compito a scelta forzata tra due alternative, venivano generate da un processo di identificazione di lettere. Esse potevano essere identificate sulla base delle rappresentazioni delle lettere medesime (*letter read-out*) o inferite dall'identificazione delle parole (*word read-out*). Se una lettera non veniva identificata sulla base di uno di questi processi, veniva indovinata. L'effetto di superiorità della parola è stato spiegato attraverso il vantaggio ottenuto grazie ad un processo aggiuntivo di *word read-out* che può essere utilizzato quando l'individuazione delle lettere fallisce.

Utilizzando lo stesso paradigma per lo studio dell'effetto di superiorità della parola [quello di *Reicher-Wheeler* (Reicher, 1969; Wheeler, 1970)], è stato individuato anche un effetto simile relativo alle pseudoparole: l'accuratezza, in un compito con risposte a scelta forzata, è maggiore per le lettere inserite in una

stringa ortograficamente regolare e pronunciabile (pseudoparole) rispetto a stringhe non pronunciabili (non-parole). L'effetto di superiorità della pseudoparola sembrerebbe essere il risultato di regolarità operanti a livello delle rappresentazioni sublessicali ortografiche (regolare combinazione delle lettere); tuttavia, questi processi facilitanti di base potrebbero essere influenzati da processi inferenziali operanti successivamente all'identificazione di parole (per esempio nel caso di pseudoparole simili a parole) (Grainger, Bouttevin, Truc, Bastien, & Ziegler, 2003).

L' *IA model* si riferisce specificatamente al riconoscimento visivo delle parole, senza focalizzarsi sugli aspetti semantici o fonologici (Coltheart, 2005). Questi ultimi domini sono stati presi in considerazione dal *Parallel Distributed Processing model (PDP model)* di Seidenberg e McClelland (1989).

Il modello assume l'esistenza di due vie che collegano il suono allo spelling: una riguarda il collegamento diretto tra rappresentazione fonologica e ortografica, mentre la seconda lega direttamente la parola scritta al suono attraverso il suo significato.

Tuttavia, solamente la via diretta tra rappresentazione ortografica e fonologica è stata implementata da Seidenberg e McClelland (1989). Secondo questo modello, dunque, la fonologia di una parola o di una pseudoparola viene tratta dalla sua rappresentazione ortografica tramite un unico processo. In un'ottica computazionale, questo processo è il risultato della diffusione dell'attivazione attraverso una rete neurale in cui i pattern di attivazione delle unità di input ed output rappresentano, rispettivamente, la forma scritta o fonologica della parola. La conoscenza dei legami tra spelling e suono è distribuita all'interno della rete e risiede nelle connessioni che collegano le unità di processamento.

Recentemente, Harm e Seidenberg (2004), hanno implementato anche la componente semantica del modello che lega la rappresentazione ortografica a quella fonologica tramite il significato. Questo ha permesso loro di simulare un numero notevole di effetti legati al significato delle parole, includendo effetti

sulle parole omofone o pseudomofone in esperimenti di categorizzazione semantica e di priming.

Il PDP venne criticato in quanto, testato su diverse liste di pseudoparole, produceva una percentuale di errori molto elevata rispetto alla performance umana (Besner, Twilley, McCann, & Seergobin, 1990).

Secondo Perry, Ziegler e Zorzi (2007) uno dei maggiori limiti di questo modello è il fatto che non evidenzia un processamento di tipo seriale che interviene nella lettura di pseudoparole e che si manifesta attraverso gli effetti di lunghezza della parola. Inoltre, come detto prima, questo modello ha un basso potere di predittività nei confronti delle prestazioni di lettura di esseri umani.

In risposta al modello PDP di Seidenberg e McClelland (1989) basato su un'unica via di lettura, Coltheart et al. (1993) misero a punto un modello computazionale implementando l'ipotesi delle due vie di lettura. In questo modello, infatti, conosciuto come il *Dual-Route Cascaded model (DRC model)* (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001), la via lessicale e non-lessicale sono state implementate come componenti indipendenti e differenti. Inoltre, le due componenti attiveranno differenti meccanismi di elaborazione degli stimoli: uno di tipo seriale e simbolico per la via non-lessicale, ed uno parallelo per la via lessicale.

La via non-lessicale opera attraverso associazioni grafema-fonema in cui singole lettere o gruppi di lettere vengono convertiti in unità fonologiche; a loro volta, queste unità fonologiche vengono assemblate e pronunciate. Essa è dunque caratterizzata da un meccanismo definito prelessicale in quanto la pronuncia della parola scritta è mediata da procedure di conversione grafema-fonema piuttosto che da un recupero lessicale della parola nella sua interezza. Questa via permette, infine, di leggere parole nuove o pseudoparole.

La via lessicale, invece, implementata ispirandosi al modello *Interactive Activation* di McClelland e Rumelhart (1981; Rumelhart & McClelland, 1982), utilizza un legame diretto tra memoria ortografica e memoria fonologica della parola. Il riconoscimento delle lettere attiva una rappresentazione lessicale ortografica che ha una diretta connessione con il "suono" della parola nella sua

interezza. Il meccanismo di base è definito lessicale perché la pronuncia della parola è ritrovata nel lessico e non è costruita attraverso associazioni grafema-fonema. Questa via permette di leggere parole irregolari.

Uno degli errori più comunemente prodotto da questo modello è quello definito di regolarizzazione. Questo tipo di errore si presenta se la via non-lessicale viene utilizzata per leggere una parola irregolare senza che la via lessicale sia attivata, poiché la via non-lessicale genera la fonologia attraverso regole che specificano solamente la relazione grafema-fonema. Normalmente la via lessicale e non-lessicale interagiscono durante il processamento sia di parole che di pseudoparole. Tuttavia la via lessicale elabora l'informazione molto più velocemente rispetto a quella non-lessicale ed è per questo che le parole irregolari vengono pronunciate correttamente (anche se non sempre) dalla prima, mentre la seconda genera una pronuncia regolarizzata.

Secondo Perry et al. (2007) la rete neurale che rappresenta l'implementazione di questo modello non manifesta effetti di apprendimento: questo costituisce uno dei principali limiti del modello, secondo gli autori. Un secondo limite è rappresentato, infine, dall'assenza della capacità di simulare l'effetto graduale di consistenza delle parole; tale effetto risulta importante in lingue opache come l'Inglese in cui molte parole scritte uguali vengono pronunciate in modo diverso.

Sviluppato verso la fine degli anni '90 da Zorzi, Houghton e Butterworth (1998), il *Dual-Process model (DP model)* prevede che i due processi di lettura emergono dall'interazione tra le richieste del compito e l'architettura iniziale della rete nel corso dell'acquisizione della lettura. Qui, la distinzione tra processo di assemblaggio fonologico e conoscenza lessicale si realizza in forma di connessione (diretta o mediata) tra i pattern degli input ortografici e gli output fonologici. Rispetto al modello PDP, questo mantiene lo stile computazionale ma distingue tra il processo lessicale e quello sublessicale.

In questo modello, il codice fonologico assemblato viene raggruppato insieme con l'output di un processo lessicale sensibile alla frequenza all'interno del sistema di decisione fonologica. La corretta pronuncia delle parole irregolari

è il prodotto di un'interazione che produce gli effetti di latenza dipendenti dalla combinazione di fattori lessicali e non-lessicali. Di recente il modello si è evoluto in una seconda versione denominata *CDP+* (Perry, Ziegler, & Zorzi, 2007) in cui viene maggiormente implementato il processo lessicale di riconoscimento di parole, basandosi su quelli proposti dal *IA model* (McClelland e Rumelhart, 1981) e dal *DRC model* (Coltheart et al., 1993).

I modelli connessionisti fino ad'ora presentati, seppur fondamentali nel fornire ipotesi di funzionamento dei meccanismi di lettura, non specificano, in maniera approfondita, il ruolo delle componenti visuo-attentive implicate nell'analisi visiva di stringhe di lettere (Bosse, Tainturier, & Valdois, 2007). A tal fine il *multi-trace model* per la lettura di parole polisillabiche (brevemente denominato *ACV98*) di Ans, Carbonnel, e Valdois (1998), considera i processi visuo-attentivi come parte integrante del sistema di lettura e specifica come questi processi possano aiutare a descrivere le difficoltà di lettura. Il modello postula che la lettura dipende da due procedure, globale e analitica, che differiscono nel tipo di processamento attentivo e fonologico che prendono in causa. Innanzitutto, le due strategie si differenziano nella misura della finestra visuo-attentiva attraverso cui viene estratta l'informazione dall'input ortografico. Nella modalità globale di lettura, la finestra visuo-attentiva si estende sopra l'intera sequenza della stringa di lettere; successivamente essa si restringe al fuoco dell'attenzione sulle differenti parti dell'input mentre si attua una procedura di lettura analitica. Contrariamente ad un approccio a due vie, le due procedure non lavorano in parallelo. Il processamento globale viene attivato per primo, mentre quello analitico interviene solo in un secondo momento quando il primo ha fallito. In accordo con questo modello, il processamento globale richiede uno span visuo-attentivo più ampio rispetto a quello analitico; al contempo quest'ultimo richiede uno span che va al di là della singola lettera. In secondo luogo, i due processi di lettura differiscono rispetto al processamento fonologico. Nella modalità globale, l'intero output fonologico viene generato in un unico step. Nella modalità analitica l'output fonologico, corrispondente ad

ogni sequenza focalizzata (per esempio, le lettere all'interno della finestra visuo-attentiva), viene generato in modo progressivo e deve essere mantenuto in memoria a breve termine perché sia disponibile alla fine del processo. Sebbene le due procedure non siano dedicate, a priori, al processamento di particolari tipi di stringhe letterali (parole reali o pseudoparole), la maggior parte delle parole familiari vengono processate nella loro interezza dalla rete, mentre un processamento globale, tipicamente, risulta fallimentare per la lettura di pseudoparole che vengono elaborate da un processo analitico. Il modello non predice alcun effetto di lunghezza della sillaba nella denominazione di parole familiari, ma ci si aspetta un marcato effetto di lunghezza nel riconoscimento di pseudoparole.

Questo modello è stato testato per valutare la capacità di rendere conto di processi di lettura appresi (Valdois et al., 2006) o deficitari a causa di danni cerebrali (dislessia acquisita). Per quanto riguarda il primo caso i dati comportamentali sembrano a favore dell'attivazione, principalmente, di una procedura analitica nella lettura di pseudoparole; a livello biologico, l'attivazione di aree dedicate all'elaborazione visiva e visuo-attentiva degli stimoli, durante la lettura di pseudoparole lunghe, enfatizza il ruolo di meccanismi seriali basati sul processamento attentivo nella lettura di pseudoparole. Nel caso di dislessia acquisita, invece, Ans et al. (1998), dimostrando che una riduzione della finestra visuo-attentiva compromette una lettura tramite modalità globale, hanno osservato che questa simula un profilo di dislessia superficiale con un deficit selettivo nella lettura di parole irregolari causando tipici errori di regolarizzazione; contemporaneamente peggiora anche la lettura di parole regolari e pseudoparole. Inoltre, la performance peggiora conseguentemente ad una riduzione maggiormente severa della finestra visuo-attentiva. Al contrario, la dislessia fonologica acquisita è stata interpretata come il risultato di un disordine indipendente a carico del processamento fonologico.

In analogia con i disordini acquisiti, il modello suggerisce la presenza di deficit selettivi di tipo visuo-attentivo o fonologico nella dislessia evolutiva; ne ripareremo più avanti nel capitolo che tratta di questo disturbo.

3. I circuiti cerebrali deputati al riconoscimento delle parole: il contributo delle neuroscienze

Alcuni importanti studi di magneto-encefalografia (Tarkiainen, Helenius, Hansen, Cornelissen, & Salmelin, 1999; Tarkiainen, Cornelissen, & Salmelin, 2002) hanno messo in evidenza il fatto che esistono due tappe fondamentali nell'elaborazione visiva corticale di parole e volti. In una prima fase, circa 100 millisecondi dopo la comparsa delle immagini sulla retina, i due tipi di stimoli non sono distinti: i volti e le parole attivano indistintamente delle regioni nel lobo occipitale che effettuano una prima analisi delle immagini, probabilmente per estrarne le caratteristiche fondamentali. A questo stadio non è ancora avvenuta la differenziazione degli stimoli. Dopo solo 50 millisecondi, però, l'informazione inizia ad essere selezionata. Le parole evocano un'ampia risposta fortemente lateralizzata nell'emisfero sinistro; per i volti, invece, si assiste all'attivazione dell'emisfero destro inferiore.

Vediamo ora come si specializzano i circuiti cerebrali nel riconoscimento delle parole.

2.1. Il riconoscimento visivo: la Visual Word Form Area

Nel 1887 Dejerine, un noto neurologo dell'ospedale Bicêtre di Parigi, riportò il caso di un paziente che, successivamente ad una lesione occipito-temporale inferiore sinistra, manifestò la perdita selettiva della capacità di leggere parole e lettere, nonostante il suo campo visivo fosse intatto (Dejerine, 1892; Geschwind, 1965). Questa osservazione mostrò che, mentre ciascun emisfero è in grado di elaborare gli stimoli della parte opposta del mondo visivo, il processo di lettura richiede che l'informazione visiva raggiunga le strutture neurali deputate all'elaborazione del linguaggio e presenti unicamente nell'emisfero sinistro. Per gli stimoli presentati nell'emisfero visivo destro (EVD), che vengono precedentemente elaborati dalla corteccia visiva sinistra, questo processo si situa solamente nell'emisfero sinistro. Al contrario, gli stimoli

presentati nell'emicampo visivo sinistro (EVS), che sono percepiti dalla corteccia destra, devono essere precedentemente inviati dall'emisfero destro al sinistro attraverso lo splenio del corpo calloso (Cohen et al., 2000). Dejerine (1892) propose che una lesione che dà origine ad *alessia pura* potrebbe colpire la materia bianca occipito-temporale sinistra, interrompendo la connessione con le aree del linguaggio (in particolare il giro angolare sinistro) sia dalla corteccia visiva sinistra che da quella destra attraverso il corpo calloso. Come conseguenza, l'*alessia pura* colpisce la lettura di parole senza tenere conto della loro localizzazione nello spazio.

Tuttavia, osservazioni più recenti hanno portato ad una revisione delle ipotesi proposte da Dejerine. Oggi risulta chiaro che le strutture temporali inferiori sinistre, le cui lesioni causano *alessia pura*, non trasportano passivamente informazione dalle aree visive primarie al lobo parietale sinistro ma giocano un ruolo attivo nel processamento della forma visiva in quanto parte della "via del cosa" (Ungerleider & Mishkin, 1982; Binder & Mohr, 1992).

La rappresentazione visiva della parola che viene ultimata dalle strutture temporali visive sinistre potrebbe corrispondere a quella denominata *Visual Word Form* (VWF) e potrebbe essere concepita come una stringa ordinata di lettere identificate che non variano a seconda di cambiamenti nella localizzazione spaziale, del tipo di font, del tipo di scrittura ecc. (Warrington & Shallice, 1980; Hillis & Caramazza, 1995). Per quest'ultimo motivo la *word form* deve essere distinta da una *word shape* che si riferisce, al contrario della prima, alle caratteristiche specifiche della parola legate al tipo di font, scrittura ecc. (Legge, 2007).

La corrispondente area cerebrale, denominata *VWF Area*, risponde in maniera identica a lettere la cui differenza è semplicemente determinata dalla differenza di misura (esempio: "O" e "o") o dalla convenzione culturale (esempio: "G" e "g") (Dehaene et al., 2004). La VWF può dare il via al recupero del significato della parola, delle sue caratteristiche grammaticali, della sua pronuncia, ecc. All'interno di questa concezione l'*alessia pura* è il risultato della distruzione dei sistemi della VWF o della deprivazione di input visivi. Allo

stesso tempo, nell'alesia provocata da una lesione sinistra del corpo calloso, i pazienti sono capaci di costruire una normale VWF solo se le parole vengono presentate nell'emicampo visivo destro.

Più di recente Cohen e colleghi (2000) hanno ripreso i principali assunti di questo modello concernente il contributo dell'emisfero destro e sinistro nelle prime fasi di lettura focalizzandosi, in particolare, sul ruolo del corpo calloso. Durante l'esperimento, in cui le risposte dei soggetti venivano valutate tramite misure comportamentali (accuratezza e tempi di reazione vocali) e tecniche di brain imaging (fMRI e ERPs), gli studiosi hanno osservato, nei soggetti normali, un vantaggio nella lettura di parole presentate nell'emicampo visivo destro, interpretato come un'ulteriore prova della dominanza dell'emisfero sinistro per il linguaggio. Tuttavia l'attivazione del sistema della VWF era identica sia per stimoli presentati nell'emicampo visivo destro che per quelli presentati a sinistra ed è stata localizzata nel giro fusiforme sinistro. Al contrario, nei due pazienti con lesione al corpo calloso gli autori hanno osservato un pattern di attivazione differente per la VWF Area: in particolare, l'attivazione viene osservata unicamente con la stimolazione dell'emicampo visivo destro, confermando il fatto che le parole presentate nell'emicampo visivo sinistro non attivano il sistema della VWF senza perciò riuscire ad attivare la normale via di lettura presente nell'emisfero sinistro.

Riassumendo, i principali contributi di questo studio riguardano la caratterizzazione della VWFA dal punto di vista spaziale e temporale. Quest'area, appartenente al giro fusiforme sinistro, risponde in modo uguale alle parole presentate nell'emicampo visivo sinistro o destro. Ciò implica che essa si trovi alla convergenza dell'organizzazione retinotopicamente organizzata della via visiva e deve contenere neuroni visivi con campi recettivi comprendenti entrambi gli emicampi. Si potrebbe ipotizzare che la VWFA, nell'uomo, comprenda una rappresentazione distribuita della forma visiva delle lettere sufficiente per rappresentare in maniera non ambigua stringhe alfabetiche specifiche. Quest'area si attiva indistintamente in tutte le persone che sappiano leggere, anche in ortografie differenti, come il cinese o il giapponese (Dehaene,

2007); inoltre non si sono riscontrate differenze nei confronti del senso di lettura, poiché la VWFA si attiva indistintamente sia per chi legge da sinistra a destra che per chi legge da destra a sinistra (Hasson, Harel, Levy, & Malach, 2003). Rimane ancora da chiarire quanto questa area sia specifica per le parole, in quanto è stata riscontrata un'attivazione nella stessa posizione per la percezione di oggetti. Inoltre, il motivo della presenza della VWFA nell'emisfero sinistro deve ancora essere chiarito come anche l'influenza di fattori culturali nella formazione di una ben definita regione corticale preposta al riconoscimento delle parole.

Dehaene, Le Clec'H, Pline, Le Bihan e Cohen (2002) hanno inoltre evidenziato che la VWFA si attiva unicamente quando la parola viene presentata visivamente e non quando la stessa viene presentata in modalità uditiva.

Uno studio successivo degli stessi autori (Cohen et al., 2004), ha messo in evidenza che la strategia di lettura lettera-per-lettera utilizzata da un paziente alessico manifesta alcune caratteristiche specifiche: le lettere vengono identificate attraverso il sistema visivo dell'emisfero destro ancora intatto, attraverso la regione simmetrica della VWFA; le lettere vengono trasferite in modo seriale all'emisfero sinistro attraverso il segmento intatto del corpo calloso; l'identità della parola viene eventualmente recuperata nell'emisfero sinistro attraverso i processi di working memory verbale che coinvolgono la corteccia inferiore frontale e sopramarginale. Lo studio di follow-up dello stesso paziente (Henry et al., 2005) svolto otto mesi più tardi ha messo in luce che, in concomitanza del miglioramento ottenuto dal paziente nella strategia di lettura lettera-per-lettera, si è manifestata una diminuzione del livello di attivazione dell'intero circuito neuronale attivato per il riconoscimento degli stimoli alfabetici meno gli stimoli non-alfabetici. Questo trend era in contrasto con l'aumento riscontrato, invece, in aree frontali e parietali sinistre. Studiando il confronto tra parole e stringhe di consonanti, che dovrebbero elicitarne una strategia di lettura lettera-per-lettera, si è evidenziata una generale diminuzione, tranne che per le stesse regioni frontali sinistre e parietali che hanno manifestato un aumento. La VWFA destra veniva attivata maggiormente per stringhe

alfabetiche piuttosto che per figure geometriche, sia che le prime fossero parole che stringhe di consonanti. Quest'ultimo dato fa ipotizzare che il paziente utilizzi la strategia lettera-per-lettera indistintamente per parole e stringhe di consonanti. Gli autori hanno suggerito che questo pattern di diverse attivazioni si adatta all'ipotesi dello sviluppo di normali capacità strategiche e capacità di apprendimento compensative, associate con l'adattamento percettivo di strutture dell'emisfero destro capaci di sostituire la VWFA danneggiata dalla lesione.

La regione per il riconoscimento della VWF sembrerebbe, infine, specializzata nel riconoscimento di parole reali o plausibili (pseudoparole) rispetto a stringhe di consonanti; per le prime, infatti, si registrano attivazioni più forti. Quest'area, inoltre, risponde maggiormente alle stringhe non plausibili di consonanti rispetto a quelle di cifre. I potenziali evocati permettono di misurare tali differenze: tra i 150 e i 190 millisecondi dopo la comparsa dello stimolo la regione occipito-temporale sinistra rivela, per la prima volta, la sua preferenza per le stringhe di lettere ben formate rispetto a quelle di consonanti o di cifre (esempio: Tarkiainen et al., 1999). Dal punto di vista strettamente visivo, però, questi stimoli non sono molto diversi tra loro. Addirittura si può dire che, essendo la forma dei caratteri totalmente arbitraria, si potrebbe immaginare un altro sistema di scrittura nel quale 34895 o RTVFG siano della parole, invece FORMA una stringa di lettere senza senso (Dehaene, 2007). La risposta della VWFA, dunque, non è semplicemente determinata da stimoli visivi, ma anche da influenze culturali. Studi successivi hanno portato Dehaene (2007) a ipotizzare che ogni persona, imparando a leggere, acquisisce dei detettori neurali adattati alla lingua d'origine.

2.2. Al di là della forma visiva della parola: i circuiti del suono e del significato

Prendendo in considerazione il modello standard di lettura a due vie (Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1993), precedentemente discusso, che ipotizza una via fonologica per la lettura di parole nuove e di pseudoparole ed

una via lessicale per la lettura di parole irregolari o frequenti, sono stati individuati diversi circuiti cerebrali specifici per l'uno o l'altro meccanismo.

La decodifica grafema-fonema implica, essenzialmente, le regioni superiori del lobo temporale sinistro che sono notoriamente deputate all'analisi del suono e, in particolar modo, di quello delle parole, e la corteccia frontale inferiore e precentrale sinistra che interviene nell'articolazione (Van Atteveldt, Formisano, Goebel, & Blomert, 2004). Nello specifico è stato riconosciuto il *planum temporale* come zona in cui si registra un aumento dell'attività neuronale nel momento in cui si presenta il suono di una lettera compatibile con la sua forma grafica; essa diminuisce, invece, quando si registra un conflitto tra suono e rappresentazione grafica. Il *planum temporale* è una regione cerebrale deputata all'elaborazione del linguaggio orale e appare maggiormente sviluppata nell'emisfero sinistro rispetto a quello destro. Inoltre, poiché permette l'incontro tra le informazioni visive e quelle uditive, questa regione gioca un ruolo sostanziale nell'apprendimento della lettura imparando, mano a mano, a riconoscere la corrispondenza tra il suono e la forma grafica della lettera. Con l'età adulta, tale legame si automatizza diventando un vero e proprio riflesso (Dehaene, 2007).

Altre regioni, oltre al *planum temporale*, sembrano intervenire nel processo di conversione grafema-fonema, ma i circuiti neurali che formano non sono ancora stati chiariti. Nel caso di lettere presentate isolatamente è probabile che vi sia un collegamento diretto tra aree visive e regione temporale superiore. Inoltre, la conversione di stringhe di lettere più complesse (nonparole e pseudoparole) richiedono un processamento seriale, lettera dopo lettera o sillaba dopo sillaba. Questo fa sì che venga richiesto l'intervento della regione parietale inferiore che si situa appena sotto al *planum temporale* (Dehaene, 2007). Essa forma, probabilmente, assieme ad una parte dell'area di Broca (la regione opercolare) un circuito che si attiva quando pronunciamo mentalmente le parole (Simon, Mangin, Cohen, Le Bihan, & Dehaene, 2002). Questo circuito partecipa ad un loop articolatorio interno che utilizziamo quando ripetiamo dei suoni in memoria, per esempio per ricordarsi un numero di telefono (Paulesu, Frith, & Frackowiak,

1993). Questa memoria tampone potrebbe giocare un ruolo essenziale nel momento in cui assembliamo la pronuncia di una parola a partire dalla sequenza di lettere.

Per quanto riguarda l'elaborazione del significato di una parola, sembrano esistere, anche per questo processo, delle regioni cerebrali specializzate. Le regioni implicate fino ad ora individuate sono: la circonvoluzione temporale media, il lato ventrale anteriore del lobo temporale e la parte triangolare della regione frontale inferiore. Ognuna di queste regioni, tuttavia, non è specifica per la particolare parola presentata, ma tutte intervengono ugualmente nel momento in cui il soggetto riflette concettualmente su delle parole udite (Binder et al., 2000; Kotz, Cappa, von Cramon, & Friederici, 2002) o delle immagini (Vandenberghe, Price, Wise, Joseph, & Frackowiak, 1996). Queste aree si attivano ancora prima che si chieda al partecipante di effettuare il compito. La regione temporo-parietale posteriore è già attiva nello stato di riposo poiché il nostro cervello genera attività sul senso del mondo che lo circonda. In generale essa non si attiva durante la presentazione di parole scritte o udite, ma si "disattiva" nel momento in cui vengono presentate delle pseudoparole prive di senso (Cohen et al., 2003).

Studi sull'effetto priming di sinonimi presentati in modalità subliminale hanno messo in luce che la regione temporale media si occupa del recupero del significato delle parole, mentre quella occipito-temporale dell'analisi visiva di stringhe di lettere (Devlin, Jamison, Matthews, & Gonnerman, 2004).

Altre regioni cerebrali sembrano coinvolte nell'elaborazione del significato delle parole inserite in un contesto frasale: la punta del lobo temporale (Vandenberghe, Nobre, & Price, 2002). Inoltre, la regione frontale inferiore, si attiva nel momento in cui è necessario selezionare un significato piuttosto che un altro nella comprensione di frasi ambigue, per esempio (Rodd, Davis, & Johnsrude, 2005).

Tuttavia, come afferma Dehaene (2007), per ora non si può pretendere di avere modelli neurologici certi sui meccanismi deputati all'elaborazione del

significato delle parole in quanto esso attiva vaste popolazioni di neuroni distribuiti in tutte le regioni della corteccia.

CAPITOLO II. MECCANISMI VISIVI E LETTURA

1. Accenni di psicofisica della lettura

La Psicofisica della lettura si occupa di evidenziare l'importanza di fattori sensoriali che influenzano la lettura (Legge, 2007), prescindendo da quelli cognitivi precedentemente esposti. Oltre allo studio dei meccanismi di riconoscimento delle parole in visione normale, il lavoro di Legge e colleghi, da metà degli anni '80 in poi, si è focalizzato anche su quello delle difficoltà di lettura in persone con deficit visivi (in Inglese, il termine generico è “*low vision*”) mettendo in luce come tali meccanismi siano fortemente danneggiati in presenza di perdita sensoriale, differenziandosi notevolmente rispetto al normale funzionamento visivo.

Per necessità di coerenza e brevità di trattazione, ci focalizzeremo, in questa sessione, sui fenomeni psicofisici che possono intervenire nella lettura in condizioni di normale funzionamento visivo.

1.1 Le proprietà delle lettere in un testo e il loro legame con la velocità di lettura

Gli studi di psicofisica dagli anni '50 fino ai '70 hanno sottolineato l'importanza di due proprietà dominanti dello stimolo nella visione, il suo livello di *contrasto* rispetto allo sfondo e la sua *misura* (*size*) (Legge, 2007).

Il contrasto delle lettere di un testo si riferisce alla differenza di luminanza tra gli *strokes* (o pixel) che costituiscono le caratteristiche delle lettere e lo sfondo sul quale compaiono. La *polarità di contrasto* di un testo si riferisce alla distinzione che è possibile operare tra le lettere scure su uno sfondo bianco (situazione che, normalmente, si presenta nel materiale stampato) e lettere chiare/brillanti su uno sfondo scuro (contrasto invertito).

Nella maggior parte degli studi sperimentali sull'effetto del contrasto condotti in laboratorio la luminanza dello sfondo viene mantenuta costante. Il massimo contrasto si manifesta per le lettere nere su sfondo chiaro e si riduce aumentando la luminanza delle lettere portandole verso sfumature di grigio su uno sfondo luminoso mantenuto costante. Quando la luminanza delle lettere si

avvicina a quella dello sfondo, il contrasto delle lettere diminuisce verso la soglia.

Esistono numerose formule per calcolare il contrasto dello stimolo calcolato sul valore di luminanza minima e massima dello stimolo stesso e dello sfondo; due esempi sono costituiti da quella di *Michelson* e quella di *Weber*.

Sia studi di psicofisica che di neurofisiologia hanno dimostrato che i segnali di contrasto vengono estratti dalle immagini sulla retina per poi essere elaborate visivamente (Shapley & Enroth-Cugell, 1984).

Per quanto riguarda la definizione di misura dello stimolo, Legge (2007) ne fornisce tre.

La prima è quella che fa riferimento alla distinzione tra la *misura fisica* (detta anche *misura oggettiva*), ottenuta dalla misura diretta dell'altezza e della larghezza del carattere sulla pagina con una riga o simile, e la *misura angolare* (detta anche *retinica*) espressa nell'angolo visivo sotteso dall'occhio dell'osservatore e dipendente dalla misura fisica e dalla distanza di visione¹.

La seconda si riferisce alla misura di un set di lettere definita da quella di un carattere rappresentativo del gruppo oppure dalla misura di un "dettaglio critico", come per esempio la fessura negli stimoli del *Landolt C*²(National Research Council, 1980).

La terza riguarda la distinzione tra il valore costante di larghezza dei caratteri (come nel *Courier*) e il suo valore variabile (come nel *Times New Roman*). Nel primo caso ogni lettera occupa lo stesso spazio in larghezza; nel secondo, invece, lo spazio orizzontale occupato dalle lettere è proporzionale alla larghezza di ciascun carattere. Un vantaggio fornito dal primo tipo di misura è che la misura di una stringa di N lettere sottenderà lo stesso angolo visivo, mentre nel caso in cui la misura sia variabile, la larghezza in angolo visivo di una stringa dipenderà dal particolare set di N lettere presenti; nonostante ciò, quest'ultima situazione è maggiormente ecologica.

¹ Misura Angolare in radianti = Misura Fisica/Distanza di Visione;
Misura Angolare in gradi = 57,3×Misura Angolare in radianti =
57,3×Misura Fisica/Distanza di Visione.

² Del Landolt C si parlerà in modo più approfondito più avanti.

Entrambe queste proprietà dei caratteri, contrasto e misura, hanno degli effetti sulla velocità di lettura.

Alcuni studi hanno indicato come esista un limite inferiore nella misura di una lettera al di sotto del quale la velocità di lettura inizia a declinare bruscamente; esso viene definito col termine inglese *critical print size (CPS)* (Chung, Mansfield, & Legge, 1998; Mansfield, Legge, & Bane, 1996). Tale CPS, di solito, si aggira all'interno di un range tra $0,15^\circ$ di angolo visivo e $0,3^\circ$ di angolo visivo anche se essa dipende da caratteristiche del tipo di font (Mansfield et al., 1996) e dal metodo utilizzato per valutare la velocità di lettura o per determinare il punto critico. Legge (2007), successivamente ad un'analisi della letteratura, ha indicato come questo valore, per un lettore con capacità visive normali, si aggiri intorno ai $0,2^\circ$ di angolo visivo.

Inoltre Legge (2007) ha introdotto una distinzione necessaria da fare tra tre tipi di concetti collegati tra di loro: *CPS in lettura*, *acuità per le lettere* e *acuità di lettura*. L'acuità per le lettere (denominata anche acuità di Snellen) è quella misurata attraverso la presentazione di brevi stringhe letterali non plausibili (cioè non leggibili) e rappresenta la più piccola misura angolare per l'identificazione delle lettere. L'acuità di lettura si riferisce, invece, alla misurazione dell'acuità visiva utilizzando un test contenente frasi o parole scritte come in un testo. Quest'ultima è altamente correlata con l'acuità di lettura. La CPS è, infine, la più piccola misura di una lettera per la quale la lettura è possibile ad una velocità ottimale. La CPS è almeno due volte più grande dell'acuità letterale per soggetti con capacità visive nella norma e la differenza è solitamente maggiore per persone con ridotte capacità visive (Lovie-Kitchin & Bailey, 1981).

La velocità di lettura si abbassa notevolmente anche con caratteri molto larghi, solitamente con misure tra i 2° o i 3° di angolo visivo (Legge, Pelli, Rubin, & Schleske, 1985; Akutsu, Legge, Ross, & Schuebel, 1991).

Infine, la CPS aumenta in visione periferica, da $0,16^\circ$ in fovea fino a $2,22^\circ$ a 20° di eccentricità. Tuttavia, quando la misura del carattere eccede quella della

CPS, la velocità massima di lettura in visione periferica non raggiunge mai quella in visione centrale (Chung et al., 1998).

Per quanto riguarda gli effetti del contrasto dei testi scritti sulla velocità di lettura, si è visto che, al di sopra del valore critico (tipicamente compreso tra .05 e .01), la rapidità risulta essere quasi indipendente dal contrasto (Legge, Rubin, & Luebker, 1987; Legge, 2007). Quando tale valore cade al di sotto di questo valore critico la velocità rallenta rapidamente.

Per quanto riguarda l'effetto della polarità di contrasto, Westheimer (2003) ha sostenuto che l'acuità visiva sia leggermente migliore nel caso in cui si presentino stimoli bianchi su uno sfondo nero; Legge et al. (1987), invece, hanno dimostrato l'effetto opposto, concludendo che, per soggetti con capacità visive nella norma, la polarità di contrasto ha un effetto molto lieve, o addirittura nullo, sulla velocità di lettura.

Con lo scopo di spiegare l'interazione esistente tra contrasto e misura del carattere sulla lettura, Legge et al. (1987) hanno ideato un modello denominato *Contrast Sensitivity Function (CSF)*. Brevemente, tale modello spiega come gli effetti della misura del carattere sulla lettura possano essere spiegati in termini di sensibilità di contrasto spazio-temporale della visione. In particolare, il lento declino della velocità di lettura per lettere grandi potrebbe esser dovuto ad un corrispondente declino della sensibilità al contrasto per le basse frequenze spaziali. Invece, il rapido declino della velocità di lettura per lettere molto piccole potrebbe essere associato con il ripido decrescere della sensibilità di contrasto alle alte frequenze spaziali. Tale modello è stato utile per spiegare il lento decadimento della rapidità di lettura, con l'aumentare dell'età, in termini di deficit nella sensibilità al contrasto. Inoltre, i meccanismi neurali di codifica del contrasto nella lettura sembrano collocarsi nelle aree di processamento visivo precoce.

1.2. Lo span visivo

Legge (2007), definisce lo span visivo come il numero di lettere, poste una di fianco all'altra come in un testo, che possono essere chiaramente riconosciute

senza muovere gli occhi. Risulta, dunque, essere un fattore importante implicato nei meccanismi di lettura. Qui di seguito sono riportate due illustrazioni dello span visivo, tratte da Legge (2007), che mostrano come, in visione normale (figura A) il lettore possa individuare circa 10 lettere, mentre in presenza di uno scotoma lo span sia ridotto a circa 7.

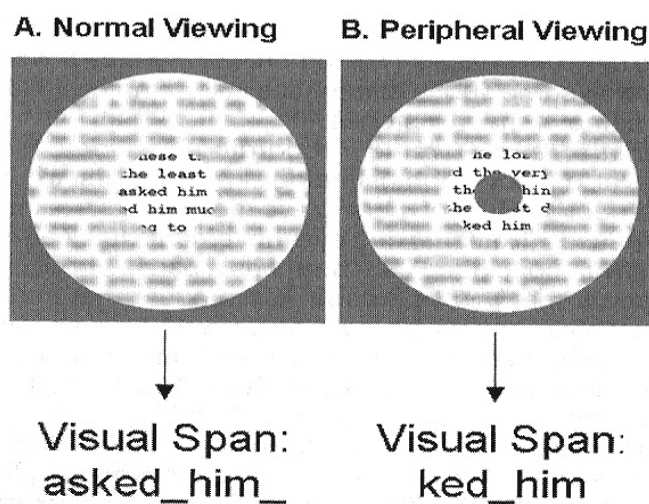


FIG.1.II.: *Illustrazione dello span visivo in visione normale e in visione affetta da scotoma. [Fonte: Legge, G.E. (2007). Psychophysics of reading in Normal and Low Vision. Mahwah (New Jersey): Lawrence Erlbaum Associates Publishers]*

Il contrasto e la misura del carattere hanno un impatto sullo span visivo (Legge, Lee, Owens, Cheung, & Chung, 2002). Nello specifico, a livelli di contrasto più bassi (determinati dalla soglia di contrasto nel riconoscimento di lettere), il picco del profilo dei soggetti esaminati cade al di sotto del 100% di accuratezza, mentre per livelli di contrasto più elevati, il picco raggiunge il 100% di accuratezza; quest'ultimo dato indicherebbe che lo span visivo diventa più largo, manifestando lo stesso tipo di relazione che il contrasto ha con la velocità di lettura. Inoltre, poiché lo span visivo non costituisce una finestra di misura fissa sulla retina e poiché la risoluzione spaziale di quest'ultima decresce mano a mano che lo stimolo presentato cade fuori dalla fovea, lo span visivo rimarrebbe abbastanza costante attraverso un range moderato di misure di caratteri.

Alcune caratteristiche del campo visivo, fortemente legate all'eccentricità, sembrano avere un'influenza molto importante nella determinazione della misura dello span visivo: la diminuzione dell'acuità letterale in visione periferica, l'aumento del crowding tra lettere vicine (che affronteremo in modo più approfondito in seguito) e la diminuzione dell'accuratezza della posizione del segnale in visione periferica.

Inoltre l'autore e alcuni suoi colleghi propongono che la misura dello span visivo sia importante nel determinare la velocità di lettura (Yu et al., 2007), valutata tramite il metodo denominato *rapid serial visual presentation (RSVP)* in cui parole isolate vengono presentate in sequenza sullo schermo del computer con la possibilità di modificare il tempo di esposizione di ognuna in base alla percentuale di accuratezza (Forster, 1970). Da questi studi è emerso come tale relazione sia fortemente influenzata da differenze individuali.

2. Il ruolo del sistema magnocellulare nella lettura

2.1. Brevi accenni sull'anatomia e la fisiologia del sistema visivo magnocellulare e parvocellulare

Il sistema visivo è costituito da due strutture che funzionano in parallelo, quello *magnocellulare* (M) e quello *parvocellulare* (P). Queste due vie originano dalla retina rispettivamente con le cellule "M", di dimensioni maggiori e con le cellule "P", di dimensione inferiore, entrambe di tipo gangliare (per una review vedi Shapley, 1990). Gli assoni delle cellule P e M proiettano, rispettivamente, allo strato parvocellulare e magnocellulare del *corpo genicolato dorso-laterale* del talamo.

A questo livello, i neuroni delle due vie manifestano caratteristiche fisiologiche differenti. Nello specifico, il sistema magnocellulare, altrimenti detto *transiente*, è costituito da neuroni caratterizzati da campi recettivi grandi, da un'alta velocità di conduzione e dimostrano un alto grado di sensibilità per le basse frequenze spaziali, per le lunghezze d'onda a banda larga e per stimoli con

basso contrasto; risultano essere, inoltre, sensibili al movimento e ai cambiamenti rapidi nel campo visivo. Al contrario, il sistema parvocellulare è costituito da neuroni con campi recettivi di dimensioni più ridotte sensibili al colore e ai fini dettagli spaziali; manifestano preferenza per stimoli caratterizzati da alto contrasto e alte frequenze spaziali e hanno una minor velocità di conduzione.

I neuroni magno e parvocellulare proiettano a strati distinti e separati della corteccia visiva primaria, *V1* o *corteccia striata* (lobo occipitale); da qui, si uniscono, anche se viene mantenuta una certa separazione anatomica, nell'area visiva successiva, la *V2* o *corteccia associativa* o *corteccia extra-striata*.

Infine, alcune fibre neurali degli strati magnocellulari del corpo genicolato dorso-laterale si connettono, attraverso la corteccia visiva primaria, alla corteccia parietale posteriore e poi all'area MT deputata al riconoscimento di stimoli in movimento (Livingstone & Hubel, 1987).

Sul ruolo funzionale di queste due vie vi è un certo accordo tra gli studiosi che attribuiscono alla via magnocellulare l'elaborazione dei cambiamenti temporali dello stimolo, dell'informazione a basso contrasto e delle basse frequenze spaziali; il sistema parvocellulare, invece, sembra essere coinvolto nel processamento del colore ed è regolato sulle frequenze temporali basse e su quelle spaziali alte. Si ipotizza, inoltre, che l'informazione che contribuisce alla discriminazione della direzione e della velocità del movimento possa essere elaborata da entrambe le vie insieme (Merigan, Byrne, & Maunsell, 1991).

A livello della corteccia associativa sono state individuate altre due vie fondamentali nella percezione visiva: la *via dorsale* e quella *ventrale*. La prima, che collega la *V1* con il lobo parietale posteriore, sembra essere implicata nella localizzazione degli oggetti, nella percezione del movimento e nei movimenti diretti ad uno scopo; inoltre esse sembra mediare l'attenzione visiva selettiva (Posner, 1995). La via ventrale, che connette la *V1* con la regione inferotemporale, sembra essere implicata nel riconoscimento degli oggetti. L'area *V4* della via ventrale riceve input sia dalla via magnocellulare che da quella parvocellulare ed è specializzata nella percezione della forma e del colore.

Entrambe i sistemi di fibre, parvo e magnocellulare, contribuiscono alla via ventrale e a quella dorsale.

2.2. La via magnocellulare e la lettura

La presenza, in letteratura, di studi che testimoniano l'associazione tra performance in compiti visivi psicofisici, come la percezione del movimento coerente (Cornelissen, Bradley, Fowler, & Stein, 1994; Cornelissen, Hansen, Hutton, Evangelinou, & Stein, 1998), normalmente mediati dal sistema M, e la velocità di lettura (Demb, Boynton, Best, & Heeger, 1998) sia in soggetti normolettori che in dislessici (Stein & Walsh, 1997) (un approfondimento degli studi su quest'ultimo gruppo di soggetti verrà trattato in seguito nel capitolo ad esso destinato), ha condotto alcuni studiosi a ipotizzare un legame tra integrità del sistema magnocellulare e competenze di lettura. Inoltre, un recente studio ha messo in luce una correlazione specifica tra i potenziali evocati visivi (VEPs), ipoteticamente collegati al funzionamento della via visiva dorsale, e la componente di decodifica ortografica, ma non fonologica, nella lettura (Kinsey, Hansen, & Chase, 2006).

Nonostante ciò, la relazione apparente tra via M e lettura potrebbe non essere così chiara, nel senso che, come vedremo meglio anche più avanti, vi sono diversi aspetti della lettura che possono essere collegati, a loro volta, a processi associati a diverse regioni cerebrali appartenenti alla via magnocellulare (Boden & Giaschi, 2007). Sebbene, infatti, un deficit alla via M si può manifestare con un deficit nella percezione del movimento, altre caratteristiche del sistema magnocellulare, come per esempio una buona sensibilità al contrasto o un'elevata velocità di trasmissione neurale, possono risultare fondamentali nella lettura. Inoltre, un malfunzionamento di questa via a livello sottocorticale potrebbe alterare processi sottesi alla via dorsale, come l'attenzione selettiva e i movimenti oculari che costituiscono funzioni fondamentali del processo di lettura.

Seguendo la struttura proposta nell'interessante review di Boden e Giaschi (2007), verranno, qui di seguito, sintetizzate alcune ipotesi sul ruolo della via magnocellulare nella lettura, all'interno del modello proposto da Morrison (1984)

che sembra essere, a detta delle autrici, il più adatto allo scopo, in quanto prende in considerazione i movimenti oculari coinvolti nella lettura di una frase.

Brevemente, tale modello afferma che quando una parola viene fissata per prima, il focus attentivo e gli occhi sono nella stessa posizione spaziale in cui avviene il processamento dettagliato della parola. Una volta che l'elaborazione ha raggiunto un certo criterio, il focus attentivo si sposta sulla parola successiva, sebbene gli occhi siano ancora fissi sulla prima. Durante l'intervallo di tempo in cui gli occhi fissano la prima parola e il focus attentivo si è spostato alla parola successiva $n + 1$, ha inizio il processamento parafoveale della parola $n + 1$ e la programmazione saccadica. Delle informazioni sulla parola $n + 1$ sono disponibili prima che gli occhi la fissino fovealmente a riprova dell'effetto del preprocessamento dell'informazione parafoveale (Kennedy & Pynte, 2005; Kennedy, Pynte, & Ducrot, 2002; Radach & Kennedy, 2004). Quest'effetto è chiamato *parafoveal-on-foveal effect* e, presumibilmente, aumenta la velocità di lettura delle parole. Qualche tempo più tardi gli occhi seguono l'attenzione nella nuova posizione con un movimento saccadico. A questo punto gli occhi e l'attenzione si ritrovano di nuovo nella stessa posizione spaziale. Se la parola $n + 1$ viene identificata dal processamento parafoveale, questa parola potrebbe essere addirittura saltata e gli occhi potrebbero passare direttamente alla parola $n + 2$.

A questo punto, in che modo potrebbe intervenire il sistema magnocellulare sui meccanismi di lettura presi in causa dal modello di Morrison (1984)?

Un deficit a carico del funzionamento di tale sistema visivo potrebbe intervenire a diversi livelli del processo sopra descritto.

- ♣ Ipotesi 1- Una ridotta sensibilità al contrasto per le basse frequenze spaziali, dovuta ad una compromissione del sistema magnocellulare, potrebbe interferire con l'analisi visiva delle caratteristiche che costituiscono la parola (vedere Legge, 1993, per una review).
- ♣ Ipotesi 2- Una difficoltà nella localizzazione spaziale causata da un deficit del sistema M, potrebbe portare a difficoltà nella codifica della posizione delle lettere all'interno della parola (Cornelissen,

Hansen, Gilchrist, Cormack, Essex, & Franklin, 1998; Cornelissen, Hansen, Hutton, Evangelinou, & Stein, 1998). All'interno di quest'ipotesi è da evidenziare il modello denominato *SERIO*L (Whitney, 2001) che, prendendo in considerazione l'influenza bottom-up dell'attenzione sulla lettura, descrive come la posizione delle lettere sia codificata e astratta dalla rappresentazione retinotopica fino ad attivare il livello lessicale.

♣ Ipotesi 3- Un'instabile fissazione binoculare delle parole, risultante da un cattivo controllo della vergenza oculare, potrebbe impedire, o rallentare, l'integrazione delle caratteristiche all'interno delle parole (Stein & Fowler, 1993; Stein & Walsh, 1997).

♣ Ipotesi 4- Un malfunzionamento del lobo posteriore, a causa di un non adeguato meccanismo di input del sistema M, potrebbe rendere difficoltoso la focalizzazione dell'attenzione sulla parola fissata e/o l'orientamento sulla parola successiva (Stein & Walsh, 1997; Vidyasagar, 1999). In linea con questa ipotesi, il modello *multiple trace memory* per la lettura di parole polisillabiche francesi ipotizza, come precedentemente esposto, strategie analitiche e globali di lettura in cui è fondamentale l'intervento di buone capacità di attenzione selettiva (Ans, Carbonel, & Valdois, 1998; Bosse & Valdois, 2003; Valdois, Bosse, & Tainturier, 2004).

♣ Ipotesi 5- Un lento funzionamento della via M potrebbe eliminare la precedenza temporale dell'elaborazione dell'informazione globale della parola parafoveale (Lovegrove, Martin, & Slaghuis, 1986).

♣ Ipotesi 6- Il processamento inadeguato, da parte del lobo posteriore, della localizzazione dell'informazione potrebbe portare a difficoltà nella programmazione saccadica dei movimenti oculari (Pavlidis, 1981).

♣ Ipotesi 7- L'inadeguata soppressione dell'informazione visiva durante la saccade (soppressione saccadica) potrebbe provocare una

sovrapposizione delle immagini pre e post-saccadiche; com'è noto, infatti, la traccia visiva normalmente persiste, dopo una breve durata di presentazione di uno stimolo, per circa 250 ms (Breitmeyer, 1993). D'altro canto, quest' ipotesi è stata fortemente messa in discussione e poco supportata da studi sulla lettura.

Tali presupposti verranno ripresi nel capitolo che si riferisce al disturbo specifico di lettura, in particolare nella parte di discussione delle ipotesi eziologiche.

3. Il riconoscimento visivo della parola scritta in fovea e parafovea

In termini di acuità visiva, una linea di testo può essere divisa in tre zone: fovea, parafovea e periferia. La zona foveale corrisponde a circa 2° di angolo visivo dal punto di fissazione, la zona parafoveale corrisponde a 10° di angolo visivo intorno al punto di fissazione (4° a destra e a sinistra della zona foveale) e quella periferica a tutto ciò che si presenta al di là della zona parafoveale (Lété & Ducrot, in stampa). A livello foveale l'acuità visiva è massima e decade velocemente in parafovea e in visione periferica: dal 100% di acuità a 0° si arriva a 75% a 1°28' dal punto di fissazione (cioè poco dopo le 4 lettere).

All'interno della finestra definita dallo span percettivo, vengono effettuati due tipi di processamento: uno foveale ad alta acuità visiva che permette l'identificazione della parola mentre questa viene fissata; uno parafoveale che informa principalmente sulla forma e la lunghezza della parola successiva, il che permette di effettuare un pre-trattamento e di guidare l'occhio nel determinare il luogo della prossima fissazione.

Vari studi su soggetti adulti hanno mostrato come il riconoscimento delle parole scritte dipenda dalla posizione iniziale di fissazione degli occhi. Il riconoscimento della parola è massimo leggermente a sinistra del centro della parola e diminuisce allontanandosi da questo punto in entrambi i versi (*OVP, Optimal Viewing Position*) (O'Regan & Jacobs, 1992; O'Regan, Lévy-Schoen, Pynte, & Brugailière, 1984; Vitu, O'Regan, & Mittau, 1990). Questa posizione è ottima per il riconoscimento delle parole perché riduce la probabilità di

rifissazione accorciando il tempo di identificazione, con un ritardo di 20 ms per ogni lettera che si allontana da questa posizione. I tempi di lettura si accorciano quando gli occhi si collocano in posizione ottimale, cioè quando la posizione imposta corrisponde alla 2^a o 3^a lettera. L'effetto dell'OVP è stato riportato per una serie di variabili dipendenti: i tempi di decisione lessicale e di denominazione si riducono e la percentuale di identificazioni corrette aumentano quando gli occhi fissano la parola vicino al suo centro (O'Regan & Jacobs, 1992; O'Regan et al., 1984). I ricercatori sembrano concordare sul fatto che il determinante più importante dell'effetto dell'OVP è la diminuzione dell'acuità visiva al di fuori del centro di fissazione, cosicché le lettere viste centralmente beneficiano di un'alta risoluzione e, perciò, di una migliore visibilità rispetto a quelle vicine al margine (Jacobs, 1979).

Il paradigma dell'OVP permette dunque di studiare, in maniera abbastanza raffinata, il meccanismo fondamentale della percezione della parola presentata in fovea. Per questo motivo esso può essere utilizzato per indagare le strategie d'ispezione della parola durante gli stadi iniziali di acquisizione della lettura e, prima di tutto, per valutare l'esistenza o meno di una posizione ottimale (per una sintesi, Lété & Ducrot, in stampa). Sembra che, in termini evolutivi, l'OVP emerga alla fine del primo anno di scuola primaria e si stabilizzi durante il secondo anno, manifestando un'asimmetria sinistra-destra (Aghababian & Nazir, 2000). Studi interessanti sono stati, inoltre, condotti su soggetti dislessici (Ducrot, Lété, Sprenger-Charolles, Pynte, & Billard, 2003; Lété & Ducrot, in stampa). Essi hanno manifestato l'emergere di un effetto della OVP dopo un anno di trattamento, nonostante l'assenza dell'asimmetria sinistra-destra.

È stato inoltre mostrato come il trattamento dell'informazione parafoveale giochi un ruolo importante nella determinazione della posizione di atterraggio della saccade all'interno di una parola. Un deficit nel trattamento parafoveale potrebbe avere come conseguenza una cattiva programmazione saccadica e/o delle rappresentazioni imprecise concernenti le posizioni periferiche che potrebbe indurre all'atterraggio in una posizione sbagliata.

Le ultime ricerche sui movimenti oculari hanno evidenziato effetti denominati *parafoveal-on-foveal effects*, di cui si è già accennato prima. Questi effetti vanno distinti da quelli definiti *parafoveal preview benefits*, in quanto i primi si riferiscono alle influenze immediate che un item o parola parafoveale ($n + 1$) può avere sul processamento foveale di uno stimolo n , mentre i secondi si riferiscono al pretrattamento parafoveale facilitante della parola target (n) a partire dalla parola $n - 1$ (Rayner, Juhasz, & Pollatsek, 2005).

La presenza di effetti parafoveal-on-foveal è stata dimostrata in compiti di riconoscimento di parole (Kennedy, Pynte, & Ducrot, 2002), anche se è tutt'ora dibattuta la loro effettiva esistenza. Essi sembrerebbero variare sistematicamente in funzione della lunghezza delle due parole in gioco. Per parole corte, per esempio di 5 lettere, se la parola $n + 1$ è totalmente visibile in visione parafoveale, gli effetti evidenziati sono legati alla sua frequenza. Le parole parafoveali lunghe, invece, vengono raramente identificate per intero, cosicché solo le prime lettere possono avere un effetto sulla parola in fovea.

Inoltre, questi effetti non possono essere spiegati da un modello seriale di spostamento dell'attenzione durante il processo di lettura, ma da uno di tipo parallelo che concepisca la possibilità di combinazione di informazione foveale e parafoveale. Tale processo di monitoraggio dovrebbe modulare tre tipi di risposte a livello foveale: la tendenza degli occhi a rimanere nella posizione corrente ed elaborare sia stimoli foveali che parafoveali (STAY); la possibilità che il lettore compia una saccade prima ancora di avere terminato di processare la parola foveale (GO); la possibilità che una parola parafoveale possa portare il lettore a rifissare la parola foveale, per esempio nel caso di parole lunghe a bassa frequenza oppure a causa di una fissazione iniziale avvenuta in una posizione non ottimale per il riconoscimento della parola.

Lo studio di questi effetti, infine, permette di indagare in modo più approfondito i meccanismi di lettura che intervengono nella lettura di un testo. Per esempio, il recente studio di Kennedy e Pynte (2005) ha messo in evidenza come il tempo d'ispezione di una parola breve sia influenzata dalla frequenza lessicale della parola adiacente e come, al contrario, il tempo impiegato ad

elaborare una parola lunga sia influenzato in misura minore da questa variabile, ma piuttosto dalla familiarità delle lettere iniziali della parola adiacente. Tali risultati replicano quelli ottenuti dagli stessi autori in uno studio precedente (Kennedy, Pynte, & Ducrot, 2002).

4. L'effetto crowding

3.1. Il problema della definizione e il confronto con il fenomeno dell' "ordinary masking"

L'effetto crowding viene definito, in genere, come l'effetto negativo che distrattori visivi causano nei confronti di uno stimolo centrale che deve essere identificato. Tale definizione costituisce una sorta di accordo tra gli studiosi del campo in quanto, come recentemente affermato da Huckauf e Heller (2004), i processi sottostanti a tale effetto rimangono ancora, per la maggior parte, sconosciuti spingendo gli studiosi a denominarlo con termini differenti e attribuendogli, così, caratteristiche diverse.

Per esempio alcuni autori (e.g. Townsend, Taylor & Brown, 1971) assimilano il termine *crowding* a quello di *lateral masking* (mascheramento laterale) utilizzandoli come sinonimi, suggerendo così che la ridotta discriminabilità del target, causata dalla presenza dei distrattori, sia indotta da un effetto di interazione neurale inibitrice a livello del processamento visivo precoce dello stimolo. Prescindendo da un'interazione generica tra contorni, Chung, Levi & Legge (2001) si riferiscono al crowding quando, nello specifico, le interazioni si manifestano tra le lettere di una parola.

Ancora, mentre alcuni studiosi hanno sottolineato il fatto che i due termini vanno tenuti distinti (e.g. Pelli, Palomares, & Majaj, 2004), altri hanno risolto la contesa eliminando entrambi i termini e utilizzando il più generale *effetto di interazione* (e.g. Bouma, 1970).

La relazione tra crowding e *ordinary masking*, quest'ultimo caratterizzato dal fatto che il target sparisce invece di essere integrato nel mask, viene criticata da Pelli et al. (2004) che individuando una serie di differenze tra i due fenomeni.

Tra esse, la principale sarebbe quella che indica come il crowding si modifichi in relazione all'eccentricità dello stimolo nel campo visivo (definita come la distanza, in visione periferica, tra il target e il punto di fissazione) indipendentemente dalla sua misura, mentre il mascheramento, al contrario, diminuisca in relazione con la misura ma indipendentemente dall'eccentricità. In particolare gli autori individuano un effetto crowding con una distanza tra il target e gli stimoli distrattori pari alla metà della misura dell'eccentricità, per esempio ad una distanza di $2,3^\circ$ di angolo visivo con eccentricità di 4° di angolo visivo. Essi, perciò, considerano il crowding un effetto che si manifesta nella presentazione periferica degli stimoli. In visione foveale, infatti, lo spazio critico (spazio oltre il quale non vi è più un effetto crowding) che separa il target dai distrattori sarebbe proporzionale alla loro misura; questa è una caratteristica tipica dell'ordinary masking. Inoltre Huckauf, Heller e Nazir (1999) rilevano che, come già osservato da Bouma (1970), vi sia un'interazione tra il valore di eccentricità del target (una lettera tra due "E" flanker) e lo spazio inter-stimoli: aumentando l'eccentricità da 1° di angolo visivo (livello ceiling della performance) a 7° di angolo visivo (livello floor della performance) vi è un peggioramento della performance (percentuale di risposte corrette) in relazione anche alla diminuzione dello spazio inter-stimolo (da 2° di angolo visivo, per passare a 1° di angolo visivo, fino ad arrivare a $0,4^\circ$ di angolo visivo).

Secondo Pelli et al. (2004), dunque, la differenza fondamentale tra crowding e mascheramento risiede nell'effetto complementare tra la misura dello stimolo e l'eccentricità. Secondo quest'ottica, gli autori sottolineano il fatto che molti studi sul mascheramento laterale avrebbero variato misura e eccentricità in modo da non distinguere tra i due effetti. Concludendo, gli autori identificano come "crowding" tutti quei fenomeni che manifestano una dipendenza nei confronti dello spazio inter-stimoli, come riportati da Bouma (1970).

La relazione tra ordinary masking e crowding viene affrontata anche da Huckauf e Heller (2004) considerando un particolare tipo di mascheramento, quello temporale che si riferisce all'effetto di disturbo nel riconoscimento di un target quando il mask viene presentato prima (*forward masking* o mascheramento

proattivo) o dopo (*backward masking* o mascheramento retroattivo) il target. Per esaminare la questione se i processi sottostanti al meccanismo di mascheramento temporale possano contribuire al crowding, hanno misurato gli effetti della distanza spaziale nel riconoscimento di una lettera centrale all'interno di una stringa variando la distanza temporale (SOA) fra target e distrattori. Gli autori concludono che gli effetti di crowding risultano da un processo di integrazione o sommazione dell'informazione di caratteristiche specifiche adiacenti e dall'interazione, a più alti livelli, dell'elaborazione di lettere; questi processi sono supposti essere alla base anche del mascheramento temporale. Il crowding in una stringa di lettere, dunque, ha alcuni processi in comune con tale effetto giustificando, così, la possibilità di denominarlo anche lateral masking. In precedenza, Huckauf et al. (1999) hanno suggerito che il lateral masking sia influenzato dagli alti livelli delle caratteristiche dei distrattori (*flankers*) e che tale influenza sembrerebbe evidente a qualsiasi eccentricità e spazio tra target e distrattori. Applicando al riconoscimento di lettere modelli gerarchici che tengano conto di fattori top-down facilitanti (per esempio, McClelland & Rumelhart, 1981), è emerso che distrattori pseudo-letterali, interagendo con il target lettera solo a livello delle caratteristiche di base comuni (es. segmenti verticali e/o orizzontali), producono maggior interferenza rispetto ai distrattori letterali che possono interagire sia a livello delle caratteristiche specifiche che a livello letterale. Ciò avviene perché l'effetto di superiorità della lettera (come quello di superiorità della parola) fa sì che le caratteristiche di base siano meglio riconosciute nelle lettere piuttosto che nelle pseudo-lettere.

Altri autori si sono soffermati sul confronto tra crowding e masking (Parkes, Lund, Angelucci, Solomon, & Morgan, 20019). Essi hanno sottolineato che il crowding deve essere distinto da qualsiasi processo di masking in quanto, quest'ultimo, causerebbe un'irreparabile perdita d'informazione dello stimolo mascherato. Inoltre gli autori operano anche una netta distinzione tra crowding e compito di *visual search* in cui la presenza dei distrattori può peggiorare la performance senza, però, che intervengano effetti di interazione con il target.

Ancora, Chung, Levi e Legge (2001) suggeriscono che i due fenomeni condividerebbero lo stesso primo stage di meccanismo di filtraggio e, forse, anche un secondo meccanismo inibitorio con la specificazione che quest'ultimo, nel crowding, combini informazione attraverso un'estensione spaziale che varia con l'eccentricità; in visione periferica, questo raggruppamento può emergere con un'estensione che arriva fino a metà dell'eccentricità.

Inoltre, Felisberti, Solomon e Morgan (2005) osservarono che, nel compito di identificazione dell'orientamento di uno stimolo Gabor³, presentato in parafovea ai soggetti, l'effetto crowding era maggiore quando tale target veniva presentato nel bel mezzo dei flankers e minore quando presentato ai bordi della configurazione; inoltre, mostrarono che il crowding aumenta quando il target è caratterizzato da un più basso contrasto rispetto ai distrattori.

Concludendo, due ipotesi sembrano emergere nel dare spiegazione del fenomeno del crowding in visione periferica. La prima, si basa sul fenomeno d'interazione inibitrice tra i *detectors* (rappresentati da neuroni a livello dei primi stadi di processamento visivo) situati vicini gli uni agli altri i quali provocherebbero il mascheramento del target senza comprometterne direttamente la sua visibilità, impedendo, però, il meccanismo di *feature integration* necessario al riconoscimento dello stimolo stesso (es. Byork & Murray, 1977; Wolford & Chambers, 1984). Tale ipotesi d'intervento di un meccanismo d'inibizione delle caratteristiche specifiche sembrerebbe poter spiegare l'effetto della similarità tra target e distrattori nell'effetto crowding. Maggiori sono le caratteristiche in comune tra flankers e target, più forte dovrebbe essere l'effetto

³ Gli stimoli Gabor, reticoli sinusoidali convoluti in una gaussiana, sono particolarmente efficaci perché riproducono (e presumibilmente stimolano) in maniera più fedele di altri stimoli la risposta delle cellule semplici con antagonismo centro-periferia della corteccia visiva striata. L'utilizzo di questi elementi, principalmente negli studi di psicofisica, permette di stimolare selettivamente popolazioni di neuroni con campo recettivo aventi uno specifico orientamento e frequenza spaziale.

di inibizione su quest'ultimo. Tuttavia, come nota Poder (2007), la relazione di tali meccanismi con il crowding non è ancora stata chiarita; inoltre risulta ancora difficile dire fino a che punto essi possano spiegare gli effetti di somiglianza tra target e distrattori nell'effetto di crowding. Per risolvere questo punto, Poder (2007) introduce un'ipotesi alternativa che prenderebbe in considerazione un meccanismo di controllo dell'attenzione; tale concetto verrà ripreso più avanti nella discussione di quali fattori attentivi si ipotizza possano intervenire nell'effetto crowding.

La seconda ipotesi, supportata da studi più recenti (Pelli et al., 2004), assume l'esistenza di un raggruppamento forzato (*feature integration*) di segnali delle caratteristiche relative sia al target che ai distrattori che vengono combinate insieme. In questa situazione, l'accesso ad un singolo segnale risulta impossibile a causa della combinazione di caratteristiche spazialmente adiacenti. Secondo tale presupposto, gli stimoli Gabor (come utilizzati da Parkes et al., 2001) in condizione crowding non possono essere esperiti separatamente e le loro caratteristiche vengono percepite come un insieme. Inoltre, è stato ipotizzato che tale meccanismo si presenterebbe ad un livello percettivo successivo, di più alto livello rispetto a quelli presi in considerazione nella prima ipotesi (Levi, Hariharan, & Klein, 2002).

Poder (2007) ipotizza che i due possibili meccanismi esplicativi non necessariamente debbano escludersi a vicenda.

3.2. Il crowding in visione foveale

La questione del grado di influenza dell'effetto crowding in visione foveale sulla percezione di un stimolo target (lettera, orientamento, barra, stimolo Gabor ecc.) è dibattuta in letteratura. Nonostante la comprovata manifestazione dell'effetto in questa zona del campo visivo (Flom, Weymouth, & Kahneman, 1963; Jacobs, 1979), molti autori sono concordi nel sostenere che la sua influenza negativa nella percezione del target sia maggiore in visione periferica (es., Fine, 2004; Pelli et al., 2004). E' da sottolineare il fatto che tale dibattito si

lega direttamente ai meccanismi che entrano in gioco nella manifestazione dell'effetto in visione foveale o periferica.

A tale proposito, Flom (1991) sostiene che la visione centrale è principalmente influenzata dall'effetto di interazione dei contorni mentre l'attenzione selettiva giocherebbe un ruolo irrilevante. Questo dato fu anche replicato da Leat, Li e Epp (1999) i quali mostrarono che l'effetto crowding nella visione eccentrica era maggiore rispetto a quella centrale e che fosse causata dall'interazione dei contorni e da fattori attentivi.

Anche Strasburger e Rentschel (1995) sono concordi nel sostenere che i meccanismi attentivi influenzano il crowding in condizione di visione periferica ma non centrale; ciò succede per qualsiasi livello di contrasto degli stimoli. I risultati presentati dagli autori dimostrerebbero che, in una condizione di visione periferica normale, la difficoltà di riconoscere il carattere causata dal crowding, sarebbe direttamente prodotta da un'imprecisa focalizzazione dell'attenzione spaziale. Inoltre Hess, Dakin e Kapoor (2000), criticando l'esistenza di meccanismi attentivi nel crowding in genere, sostengono che, valutando tale fenomeno attraverso il *Landolt C test* presentato fovealmente a due soggetti, esso si spiega in termini di caratteristiche fisiche (es. frequenza spaziale) degli stimoli e non deriva, perciò, da interazioni neurali inibitorie tra bassi e alti livelli del processamento visivo.

Il Landolt C è un metodo classico (Flom et al., 1963) attraverso il quale si valutano gli effetti di interazione tra contorni in cui ai soggetti è richiesto di identificare l'orientamento di una (Landolt) "C" presentata tra barre adiacenti che la contornano e disposte, in questo studio, a differenti distanze dal target.

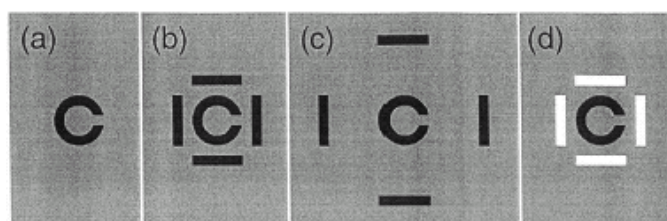


FIG. 2.11. *Illustrazione degli stimoli utilizzati nello studio di Hess et al. (2000) per misurare l'interazione dei contorni o "crowding". Due soggetti avevano il compito di individuare l'orientamento della*

fessura della lettera "C". La performance, valutata sul numero di risposte corrette, peggiorava quando i contorni adiacenti si trovavano all'interno del range di separazione di 2 barwidth (molto vicini al target). Non si è rilevato nessun effetto nel caso in cui i contorni mostrassero polarità opposta (caso "d").

[Fonte: Hess, R. F., Dakin, S. C., & Kapoor, N. (2000). The foveal "crowding" effect: physics or physiology? *Vision Research*, 40, 365-370.]

Inoltre, a sostegno della presenza dell'effetto crowding anche in visione foveale, Spinelli, De Luca, Judica e Zoccolotti (2002) hanno presentato al posto del punto di fissazione il target, costituito da parole diverse o stringhe di simboli, e circondato, in condizione di affollamento, da altri distrattori simili ad esso. Tale studio verrà ripreso e meglio spiegato più avanti.

Infine, Atkinson (1991) ha esaminato il crowding in visione foveale in bambini di età compresa tra i tre e i sette anni con l'intento di studiarne l'andamento evolutivo. L'autrice ha misurato tale effetto utilizzando una modifica del test *Cambridge Crowding Cards*, in cui una lettera veniva presentata fovealmente e al centro di altre quattro. L'autrice trovò che il rapporto di crowding, individuato come la misura tra la più piccola lettera identificata in condizione crowding e la più piccola in condizione isolata, è simile per gli adulti e per la maggior parte dei bambini tra i cinque e i sette anni, ma aumenta nei bambini di età compresa tra i tre e i cinque anni. Inoltre è stata individuata la presenza di un effetto crowding maggiore nell'occhio con ambliopia⁴ comparato con quello normale in bambini affetti da tale deficit visivo.

Per valutare l'andamento evolutivo del fenomeno del crowding, Bondarko e Semenov (2005) hanno utilizzato il metodo della Landolt C, osservando che nessuna diminuzione significativa della distanza tra lettera C e barre, che peggiora la percezione dell'orientamento del target in quanto aumenta l'effetto crowding, fu ritrovata dopo i nove-dieci anni di età; solo i bambini di età minore

⁴ Alterazione della visione dello spazio che viene a manifestarsi inizialmente durante i primi anni di vita; l'effetto principale è un comune deficit dell'acuità visiva e si considera ambliope un occhio che ha almeno una differenza di 3/10 rispetto all'altro, oppure un visus inferiore ai 3/10.

manifestavano sensibilità alla diminuzione della distanza inter-stimolo. Gli autori interpretano questo dato come il risultato dell'imaturità nello sviluppo dei meccanismi di attenzione selettiva, come precedentemente sottolineato da Atkinson (1991).

In sintesi, Atkinson sottolinea, infatti, che la maggior parte dei dati presenti in letteratura sono in accordo nel sostenere che, alla nascita, la visione sia largamente mediata da vie sottocorticali e che i meccanismi corticali prendano il controllo su quelli visivi durante il primo anno di vita (Atkinson, 1984). Tuttavia, differenti vie corticali possono manifestare tempi diversi di sviluppo: per esempio, la via magnocellulare, deputata alla percezione del movimento e della stereopsi potrebbe diventare operativa più tardi della via parvocellulare, implicata nella percezione dell'orientamento e del colore. Il sistema magnocellulare, ampiamente discusso in precedenza, inoltre, sembra essere implicato nel riconoscimento di target letterali circondati da altre lettere; questo avverrebbe perché tale sistema sembra essere deputato anche al controllo dello spostamento dell'attenzione (Omtzigt, Hendriks, & Holk, 2002; Omtzigt & Hendriks, 2004).

Molto meno si sa, continua Atkinson, sull'integrazione dell'informazione attraverso i canali e sullo sviluppo dei meccanismi di attenzione selettiva.

In conclusione, la percezione visiva e le capacità cognitive non sembrano assomigliare a quelle adulte fino ai cinque-sei anni di età.

3.3. Il contributo dell'attenzione all'effetto crowding

Altri studi hanno cercato di indagare quale fosse il contributo di fattori di più alto livello (principalmente attentivi) al fenomeno del crowding; tale discorso s'intreccia con quello precedentemente esposto riferito al fenomeno di crowding foveale e con quello dell'emergere, in determinate condizioni, di effetti *pop-out* che minimizzerebbero il crowding.

Per quanto riguarda il primo punto, infatti, diversi studi hanno messo in luce il fatto che il fenomeno del crowding, in visione centrale, sia principalmente

influenzato dall'effetto di interazione dei contorni mentre l'attenzione selettiva giochi un ruolo rilevante in visione periferica (Flom, 1991; Leat, Li & Epp, 1999; Strasburger & Rentschel, 1995).

Per quanto riguarda, in seconda istanza, l'emergere di effetti *pop-out* essi sono quelli che si manifestano quando una caratteristica che differenzia il target in modo consistente come, per esempio, l'essere orientato rispetto ai flankers, fa sì che esso venga percepito con maggiore facilità. Su quest'ultimo fatto, Kooi, Toet, Tripathy e Levi (1994) suggerirono che, al contrario, più i distrattori diventano simili al target più diventano parte di un gruppo percettivo diminuendo gli effetti di pop-out e i meccanismi preattentivi ad essi collegati (Treisman & Gelade 1980; Treisman, 1982).

Inoltre, sempre in relazione agli effetti di similarità tra distrattori e target, sono stati riportati, in letteratura, considerazioni a favore dell'influenza di fattori top-down. In particolare, Styles e Allport (1986) hanno suggerito che il priming provocato da un particolare tipo (o categoria) di target potrebbe ridurre l'interferenza provocata dai distrattori che non appartengono alla stessa categoria.

Un'ulteriore ipotesi esplicativa degli effetti di pop-out è stata recentemente proposta da Poder (2007) che mette in luce come l'attenzione esogena controllata sembrerebbe essere attirata nella posizione del target saliente (colorato o circondato da un blob colorato) facilitando così il suo processamento visivo. Nello studio in questione gli stimoli, in condizione crowding (una lettera circondata da altre quattro), venivano presentati a sinistra o a destra del punto di fissazione (vedi Figura 3.II).

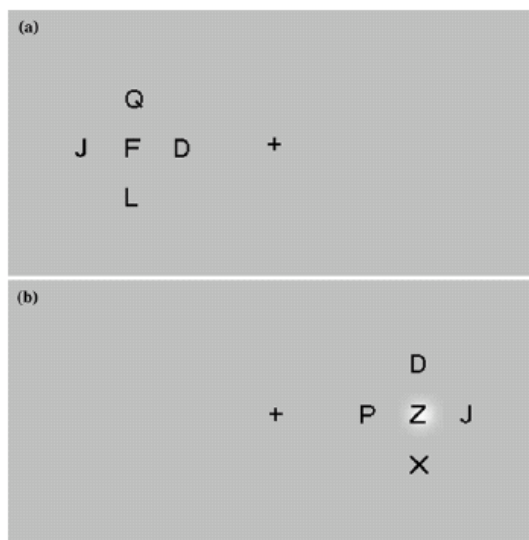


FIG. 3.11. *Illustrazione degli stimoli utilizzati nello studio di Poder (2007) per valutare il fenomeno del crowding. Nel caso (a) il target e i distrattori potevano essere colorati indifferentemente. Nel caso (b), invece, viene presentata la condizione in cui il target veniva circondato da un blob di differenti livelli di grigi.*

[Fonte: Poder, E. (2007). *Effect of colour pop-out on the recognition of letters in crowding conditions. Psychological Research*, 71, 641-645.]

Il terzo esperimento condotto nello studio evidenzerebbe, inoltre, come tale meccanismo di facilitazione sia di origine bottom-up poiché non guidato dalla conoscenza pregressa dei colori del target e dei flankers. Tuttavia, sebbene questo meccanismo risulti automatico ed indipendente dalla conoscenza dell'osservatore, non è strettamente di tipo bottom-up in quanto è ipotizzabile che sia influenzato da tracce della memoria implicita che origina da esperienze precedenti. Questo studio sembrerebbe suggerire che meccanismi di attenzione esogena basata sulla salienza possano ridurre l'effetto di crowding con target colorati. I meccanismi responsabili della modulazione basata sulla salienza del target si suppone che siano localizzati a livelli precoci del processamento visivo, probabilmente nella V1 (Li, 2000). Seguendo tale ragionamento, Poder conclude che è possibile che diversi tipi di meccanismi attentivi a differenti livelli di elaborazione giochino un ruolo importante nel determinare l'effetto di crowding.

Il fatto che l'indizio della posizione del target letterale o la manipolazione del suo colore/luminanza modifichino l'entità dell'effetto di mascheramento laterale viene riportata anche da un altro studio (Pernet, Valdois, Celsis, & Démonet, 2006) che ha interpretato tale dato come prova che il lateral masking possa esser influenzato sia da processi percettivi di basso livello (*feature detection* o *feature integration*) che da processi attentivo-spaziali (individuazione spaziale del target e sua selezione). Questi ultimi vengono legati all'attività dei neuroni magnocellulari del sistema transiente (Vidyasagar, 1999) e considerati importanti nella lettura in quanto coinvolti nell'ordinamento delle lettere all'interno delle parole (Cornelissen, Hansen, Hutton, Evangelinou, & Stein, 1998).

Ancora Poder (2007), analizzando lo studio di Pelli, Palomares e Majaj (2004) evidenzia che gli autori suggeriscono che l'assemblaggio delle semplici caratteristiche visive in un oggetto coerente non sia mediato da un meccanismo di focalizzazione dell'attenzione, come invece ipotizzato da Treisman e Gelade (1980), ma piuttosto da campi recettivi d'integrazione anatomicamente determinati e fissi nella loro misura. Essi supportano l'idea che, come precedentemente discusso, l'entità dell'effetto crowding sia circa una frazione costante dell'eccentricità del target, senza considerare la natura specifica degli oggetti visivi. Per questo motivo, le caratteristiche visive dell'oggetto possono essere assemblate solo quando non ve ne sono altre che competono all'interno di uno stesso campo recettivo d'integrazione che ha un raggio di $0,5E^5$ approssimativamente. Poder (2007) fa notare che, visti i risultati da lui ottenuti, questa affermazione sembrerebbe essere contraddetta poiché, per esempio, contrariamente a quanto sostenuto da Pelli e colleghi (2004), la misura del campo recettivo d'integrazione appare modulata, e non predeterminata, in modo consistente, dal numero dei distrattori: in particolare, anche con un elevato numero di distrattori di colore rosso il target blu viene facilmente percepito. Tuttavia, anche questo dato, continua Poder, può essere spiegato secondo l'ipotesi di Pelli e colleghi (2004), ipotizzando la combinazione di due profili

⁵ E = valore di eccentricità.

spaziali dei campi recettivi a differenti livelli del processamento percettivo. Questo sembrerebbe essere supportato anche dal fatto che meccanismi di attenzione bottom-up (controllati in modo esogeno) abbiano più alta risoluzione spaziale se comparati con meccanismi attentivi top-down (controllati interiormente) (Gobell, Tseng, & Sperling, 2004) e dai risultati di Briand e Klein (1987) che mostrano come solamente i meccanismi attentivi esogeni siano implicati nell'assemblaggio delle caratteristiche nella condizione in cui siano presenti distrattori adiacenti al target.

Infine, un altro dato interessante emerso dallo studio di Poder (2007) è quello relativo al fatto che l'effetto crowding sembra subire un'influenza importante del numero di distrattori considerati: in particolare, emerge che con pochi distrattori si rileva un normale effetto, mentre con un numero notevolmente più alto tale effetto sembra ridursi; questo risultato lo si ritrova sia per stimoli semplici (barre), sia per stimoli più complessi (lettere).

Sempre a favore dell'ipotesi attentiva del crowding, Montaser-Kohusari e Rajimehr (2005) ipotizzano che esso sia causato da alti livelli di processamento che intervengono a livello dell'attenzione selettiva piuttosto che a livello del processamento visivo precoce. In particolare, hanno tentato di dimostrare che l'attenzione subliminale potrebbe modulare e aumentare l'adattamento all'orientamento selettivo nei confronti di linee illusorie in condizione di crowding in cui la distanza tra il target e i distrattori si pone oltre il limite della risoluzione spaziale dell'attenzione.

Intriligator e Cavanagh (2001), inoltre, hanno sostenuto che il crowding possa essere generato da un'insufficiente risoluzione spaziale dell'attenzione limitata dalla grande misura dei campi recettivi posti a qualche livello del processamento visivo dopo il rilevamento delle caratteristiche dello stimolo. In precedenza, anche He, Cavanagh e Intriligator (1996) hanno suggerito che la limitata risoluzione spaziale dell'attenzione potrebbe essere ritenuta responsabile degli effetti di crowding, il che vorrebbe dire che la finestra attentiva potrebbe esser non abbastanza stretta da selezionare solo un target. Jehee et al (2007) sostengono tale spiegazione ipotizzando che, nel loro modello in cui viene

simulato l'effetto crowding utilizzando stimoli di diversa tessitura, l'attenzione sia vista in termini di meccanismi di feedback di tipo top-down .

Il ruolo dell'attenzione selettiva nel processamento percettivo di distrattori irrilevanti ha portato, a partire dalla fine degli anni '50, alla formulazione di due ipotesi: la prima prende in causa il processamento selettivo precoce in cui l'attenzione può filtrare la percezione del distrattore che viene così escluso dall'elaborazione percettiva (Broadbent, 1958; Treisman & Geffen, 1967; Yantis & Johnston, 1990); la seconda, al contrario, ipotizza che la percezione del distrattore non possa essere evitata in quanto esso viene escluso solo dai processi post-percettivi (come la memoria, per esempio).

Tali ipotesi contrastanti sono state più recentemente integrate tra loro dai lavori di Lavie (1995; 2000; 2001) con la formulazione del *modello ibrido dell'attenzione*. Esso considera l'importanza del *carico percettivo* (*perceptual load*) nell'elaborazione dell'informazione rilevante nel senso che è proprio questo a determinare o una selezione precoce o una selezione tardiva, da parte dell'attenzione, degli stimoli cosiddetti "irrilevanti". Nello specifico, la selezione precoce interviene in situazioni di alto carico percettivo (es. con molti stimoli rilevanti), durante le quali si esaurisce tutta la capacità disponibile per processare l'informazione rilevante. La selezione tardiva, invece, interviene in situazioni di basso carico percettivo (es. con un solo stimolo rilevante) in quanto la percezione dell'unica informazione rilevante lascia spazio al processamento di stimoli distrattori.

Come fanno notare Lavie e De Fockert (2003), non si è ancora giunti ad una definizione unica di carico percettivo. In generale emerge che il carico percettivo aumenta la difficoltà generale del compito manifestandosi con un aumento dei tempi di risposta (TR) e una ridotta accuratezza. Molte definizioni operazionali convenzionali, però, convergono nel mostrare che il processamento dei distrattori è ridotto in presenza di alto carico percettivo (Lavie & De Fockert, 2003). Ciò si spiega perché la condizione ad alto carico percettivo richiede l'utilizzo di maggiori risorse attentive nel processamento di stimoli rilevanti, non lasciando spazio alla percezione di stimoli irrilevanti (Lavie, 1995, 2000 e 2001). In una

condizione a basso carico percettivo con stimolo degradato (ottenuto, per esempio, riducendo la grandezza e il contrasto, riducendo il contrasto e la durata della presentazione o manipolando l'eccentricità della sua posizione), l'attenzione si dirige principalmente sugli stimoli irrilevanti a migliore salienza percettiva: questo è un effetto dovuto a limiti del dato sensoriale dello stimolo più che a limiti delle risorse attentive (Norman & Bobrow, 1975).

Tali risultati sembrano utili nel definire meglio il ruolo del carico percettivo sull'attenzione selettiva; nonostante ciò, benché si possa ipotizzare che la condizione di crowding possa essere vista come una condizione di alto carico percettivo, i dati precedentemente esposti fanno riferimento a paradigmi sperimentali (Lavie & De Fockert, 2003) in cui vengono distinti il target (stimolo da riconoscere), da distrattori non-target (che circondano il target) diversi dal distrattore irrilevante che viene presentato in visione periferica a destra e a sinistra della configurazione target/distrattori non-target. Gli autori dichiarano esplicitamente che gli stimoli letterali vengono distanziati tra loro in modo da non elicitare fenomeni di crowding o di lateral masking (Lavie & De Fockert, 2003).

3.4. L'effetto di contesto nel crowding

Nel paragrafo in cui si è cercato di definire le caratteristiche del crowding e le sue somiglianze, o differenze, con il fenomeno del lateral masking, ci si è soffermati sull'ipotesi dell'influenza di meccanismi cognitivi di alto livello, o top-down. In particolare, gli studi di Huckauf et al. (1999) e Huckauf e Heller (2004) hanno introdotto delle ipotesi sull'influenza del tipo di distrattore, mettendo in luce che i flankers letterali producono minore interferenza sul target lettera perché interagiscono con esso a livello delle caratteristiche specifiche ma anche a quello delle lettere; questi dati sono stati interpretati sulla base dell'*Interactive Activation Model* di McClelland & Rumelhart (1981) che prende in considerazione, nel riconoscimento di una lettera o di una parola, l'importanza dell'effetto del contesto.

In linea con queste osservazioni, Fine (2004) ha condotto due esperimenti nei quali dodici soggetti dovevano identificare una lettera presentata al centro di trigrammi o al centro di parole di tre lettere; veniva misurata la soglia di durata dello stimolo necessaria all'identificazione della lettera centrale. I risultati principali del primo esperimento hanno mostrato e confermato come le lettere risultano più facilmente identificate se presentate come parte di una parola piuttosto che come parte di una sequenza di lettere (non parola illegale). Inoltre è emerso che il vantaggio del contesto "parola" nell'identificazione della lettera sembra rimanere costante in visione foveale (dove l'effetto crowding è minimo) e periferica (dove, invece, l'effetto crowding risulta essere sostanziale). Ciò risulta in contrasto con studi in cui è emerso che tale vantaggio si presentava solo in fovea (Chaparro & Young, 1993). I risultati del secondo esperimento, in cui veniva manipolata la distanza inter-lettera, evidenziano come, anche qui, l'effetto del contesto della parola sia costante in fovea e in periferia e come lo sia anche in funzione della manipolazione dello spazio inter-lettera. Inoltre è stato osservato come l'aumento del tempo di processamento dello stimolo (misurato con l'aumento della soglia di presentazione dello stesso) non abbia condotto, necessariamente, ad un aumento dell'influenza facilitante del contesto della parola, come invece ipotizzato dal modello di McClelland e Rumelhart (1981). Infine questo lavoro non evidenzia in maniera accentuata come altri (es. Massaro & Cohen, 1994) quanto l'effetto facilitante del contesto sia fondamentale quando la qualità dello stimolo, come in una condizione di crowding, sia fortemente ridotta.

Concludendo, non è ancora stato chiarito su quale posizione dello stimolo sulla retina, foveale o periferica, vi sia un' influenza positiva da parte degli effetti facilitanti del contesto: secondo Massaro e Cohen (1994) essi intervengono soprattutto quando la qualità fisica dello stimolo è ridotta, come per esempio in periferia, mentre, secondo Chaparro e Young (1993) tale vantaggio lo si rileva soprattutto in fovea dove la lettura di parole risulta più veloce. Lo studio di Fine (2004), precedentemente presentato, riporta risultati contrastanti rispetto alle previsioni fatte da questi due studi, senza, perciò, contribuire a sciogliere

definitivamente il nodo del dibattito. Esso propone, tuttavia, interessanti spunti di riflessione e dati importanti nello studio degli effetti del contesto sul crowding.

3.5. L'effetto crowding e i meccanismi visivi implicati nella lettura

Un legame interessante tra crowding e abilità visuo-percettive è quello che fu per primo introdotto negli anni '70 da Bouma (1970) il quale notò che il crowding, in visione periferica, diminuendo l'acuità visiva delle lettere, riduce lo span visivo secondo un fattore di quattro: se l'acuità di una lettera, per esempio, predice uno span di 36, in una condizione in cui essa appare circondata da distrattori (crowding, dunque) lo span si riduce a 9.

Legge (2007) sostiene che il crowding, insieme alla diminuzione dell'acuità visiva in visione periferica e alla posizione della lettera nella stringa letterale, costituiscono tre fattori importanti che influenzano la misura dello span visivo. L'autore e alcuni suoi colleghi propongono, inoltre, che la misura dello span visivo sia importante nel determinare la velocità di lettura (Yu et al., 2007), valutata tramite il metodo RSV. Ciò ci porterebbe a ipotizzare che, diminuendo il fattore che causa il crowding (distanza inter-stimoli o colore del target) aumenti lo span visivo aumentando così la velocità di lettura. A differenza di ciò che ci si aspettava, aumentando lo spazio (Chung, 2002) o modificando il colore del target da identificare (Chung & Mansfield, 1999) non aumenta la velocità di lettura in modo rilevante. In particolare Chung (2002) nel suo studio, effettuato misurando la velocità di lettura di sei osservatori sulla RSVP di parole componenti un testo, nota che essa è maggiore in fovea, diminuisce aumentando l'eccentricità ed è più veloce con la misura più grande dei caratteri. Inoltre, ad ogni valore di eccentricità e per entrambe le misure di caratteri presentate (0,8 e 1,5 volte il *critical print size*⁶), la velocità di lettura aumenta con lo spazio inter-lettera (spazio che separa il centro di una lettera dal centro di quelle di fianco) fino al cosiddetto *critical letter spacing*, oltre il quale la rapidità inizia a diminuire. Il

⁶ Calcolato precedentemente per ciascun osservatore, indica il valore della misura del carattere quando esso non limita la rapidità massima di lettura.

valore del *critical letter spacing*, misurato in questo studio, era molto vicino a quello standard (font Courier New utilizzato) e non è dipeso dall'eccentricità o dalla misura del carattere. L'autrice conclude che aumentare lo spazio tra le lettere oltre il suo valore standard per diminuire il negativo effetto del crowding, non porta ad un aumento nella velocità di lettura in visione centrale o periferica. Di conseguenza Legge (2007) osserva che l'influenza del crowding sulla lettura non risulta ancora del tutto chiaro.

Inoltre Legge (2007) ci tiene a sottolineare che lo span visivo si differenzia da quello percettivo così come individuato e definito da McConkie e Rayner (1975) attraverso l'utilizzo della tecnica *moving window* nell'analisi dei movimenti oculari. In questo caso, lo span percettivo è definito in termini di richieste funzionali di lettura, includendo le richieste oculomotorie e gli effetti di contesto. Lo span visivo, invece, si riferisce al riconoscimento di lettere in assenza di fattori oculomotori e contestuali. L'autore continua proponendo due tra le maggiori differenze, rilevate in letteratura, tra lo span visivo e quello percettivo: la prima è che lo span visivo manifesta solo una leggera asimmetria sinistra-destra nella sua misura (Legge, Mansfield, & Chung, 2001) comparata con l'evidente asimmetria dello span percettivo (esso si estende per circa 4 caratteri a sinistra e 15 a destra del punto di fissazione); inoltre, come già affermato in precedenza, lo span visivo è definito e misurato indipendentemente dal contesto, mentre quello percettivo dipende dalla difficoltà del testo (Rayner, 1986).

Tali considerazioni porterebbero dunque a pensare che in condizioni di lettura funzionale e contestualizzata, quale quella di un testo come viene rappresentata dallo stesso Legge (2007), sia più corretto parlare di span percettivo.

CAPITOLO III. DSA: LA DISLESSIA EVOLUTIVA

1. Definizione

La definizione di Dislessia Evolutiva (DE) ha subito, nel corso degli anni, diversi aggiustamenti, grazie al sempre più crescente numero di studi che hanno contribuito ad aumentare le conoscenze su questo disturbo.

In particolare, quella proposta nel 2003 *dall'International Dyslexia Association* integra quella presentata nel 1995 (Lyon, 1995) tenendo conto della natura dinamica del processo scientifico di acquisizione di conoscenze e rimanendo aperta, perciò, a nuove scoperte. Essa considera tale disturbo una *difficoltà specifica di apprendimento le cui cause sono di origine neurobiologica. È caratterizzata da difficoltà nell'accuratezza e/o nella fluenza nel riconoscimento di parole e da scarse capacità di spelling e decodifica. Queste difficoltà, tipicamente, sono il risultato di un deficit a carico della componente fonologica del linguaggio inaspettato in relazione ad altre capacità cognitive e alla presenza di adeguate condizioni di istruzione. In secondo luogo, conseguenze possono riguardare problemi nella lettura, nella comprensione e nella ridotta esposizione alla lettura che possono impedire la crescita del vocabolario e delle conoscenze* (Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003).

Tale definizione prende in considerazione diversi aspetti che riguardano la manifestazione e la costituzione del disturbo, nonché un accenno a ipotesi eziologiche. Questi punti verranno qui di seguito affrontati in modo più approfondito.

1.1. Specificità e comorbidità

La definizione sopra proposta identifica la dislessia come un disturbo specifico, differenziandola dal più generale termine di disturbo dell'apprendimento comprendente disordini nel linguaggio orale, nella lettura, nella scrittura e nella matematica.

In accordo con essa, la *Consensus Conference*⁷ (Gennaio, 2007), nel definire il disturbo e i criteri diagnostici, ha suggerito che la principale caratteristica di definizione dei Disturbi Specifici di Apprendimento (DSA) è quella della *specificità*, intendendo il fatto che essi interessino uno specifico dominio di abilità in modo “significativo ma circoscritto”. A questo criterio si lega direttamente quello della *discrepanza* tra le abilità manifestate nel dominio, deficitaria rispetto all’età attesa o alla classe frequentata, e quelle relative all’intelligenza che deve risultare adeguata per l’età. Il criterio della *discrepanza* conduce ad alcune implicazioni diagnostiche, come la necessità, per esempio, di utilizzare strumenti standardizzati per la valutazione delle abilità specifiche e di quelle relative al funzionamento intellettivo e di escludere deficit sensoriali e neurologici gravi, nonché situazioni ambientali di svantaggio socioculturale.

Nonostante sia universalmente accettata, tuttavia questa definizione basata sulla discrepanza è stata oggetto di alcune critiche. Una di queste prende in considerazione il fatto che le misure del QI verbale potrebbero sottostimare le abilità cognitive di cattivi lettori. In conseguenza di ciò, l’aderire alla definizione di dislessia basata sulla discrepanza può svantaggiare quei bambini con difficoltà il cui basso QI verbale nasconde la specificità del problema di lettura. Inoltre, tale definizione non può essere utilizzata per identificare bambini molto giovani che sono troppo piccoli ancora per manifestare una discrepanza (Snowling, 2006). Infatti molti bambini che non presentano tutte le caratteristiche per aderire ai criteri di inclusione ad un’età specifica, possono poi manifestarle una volta entrati in età scolare (Snowling, Bishop, & Stothard, 2000). Questo evidenzia il fatto che tale definizione è silente nei confronti dei segnali di rischio di dislessia e su come apporre una diagnosi di dislessia in bambini giovani manifestanti difficoltà di linguaggio (Snowling, 2006). A tale proposito è da sottolineare l’emergere di un filone di ricerca teso al superamento di questo limite attraverso

⁷ La *Consensus Conference* consiste in un comitato scientifico che ha lo scopo di stendere delle raccomandazioni al termine di una presentazione e consultazione di esperti che sintetizzano le conoscenze scientifiche su un dato argomento. Nel nostro paese si prendono in considerazione le linee guida della *Consensus Conference* nella pratica clinica dei DSA.

l'individuazione, nei bambini all'inizio della scolarizzazione, di predittori indicanti le capacità cognitive, verbali e non verbali, che devono essere sviluppate in modo da permettere l'acquisizione efficiente degli apprendimenti scolastici (Bellocchi, Giombini, & Contento, in revisione). In particolare, alcune ricerche si sono centrate nell'individuazione, anche in bambini pre-scolari, di competenze linguistiche necessarie per lo sviluppo di un'efficiente abilità di lettura e, al contrario, di deficit verbali legati allo sviluppo di difficoltà in questa dimensione (vedi Muter, 2006).

È altresì necessario sottolineare che spesso, soggetti con dislessia manifestano deficit cognitivi associati, quali disattenzione (Pennington, 2006; Shankweiler et al., 1995), difficoltà in matematica (Fletcher & Loveland, 1986; Jordan, & Hanich, 2000; Tressoldi, Rosati, & Lucangeli, 2007) e/o nello spelling e nell'espressione scritta (Vellutino & Fletcher, 2005). Inoltre, la dislessia viene spesso trovata in associazione con il deficit di attenzione con iperattività, l'ADHD e con difficoltà di coordinazione motoria (disprassia). Tuttavia, come fa notare Snowling (2006), è importante non confondere il sintomo comportamentale di un disordine che si presenta in co-morbilità, in alcuni e non in tutti i soggetti, con un fattore causale della dislessia. Alcune delle differenze individuali presenti tra bambini dislessici sono da riferire alla caratteristica di co-morbilità del disturbo specifico di lettura.

Per quanto riguarda il legame tra dislessia e disturbo della comprensione, la definizione proposta ritiene che esso possa sopraggiungere come conseguenza del primo. Al contrario, la *Consensus Conference* suggerisce di considerare il disturbo di comprensione come disturbo specifico di apprendimento, appoggiandosi a diverse evidenze sperimentali ma sottolineando anche la necessità di accrescere le conoscenze in questa direzione.

1.2. Base neurobiologica

La definizione di cui sopra, inoltre, evidenzia le basi neurali del deficit, superando la dicitura di "origine costituzionale" di quella uscita nel 1995. I principali risultati provenienti dagli studi di brain-imaging sembrano dare

evidenza dell'esistenza di basi biologiche neurali nella DE. Eliez, Rumsey, Giedd, Schmitt, Patwardhan e Reiss (2000) hanno rilevato che il lobo temporale sinistro è significativamente ridotto in misura negli adulti dislessici valutati, a causa di una riduzione del contenuto della materia grigia. Inoltre la maggior parte degli studi in questo settore hanno rilevato un' ipo-attivazione della regione temporale posteriore sinistra (Brunswick, McCrory, Price, Frith, & Frith, 1999; McCrory, Mechelli, Frith, & Price, 2005). Tale fenomeno è stato osservato non solamente nell'adulto, ma anche in bambini dagli 8 ai 12 anni, dove la sua ampiezza sembra predire la severità dei deficit in lettura. Un'altra anomalia evidenziata è quella di una riduzione volumetrica delle aree frontali e cerebellari di soggetti dislessici (Eckert, Leonard, Richards, Aylward, Thomson, & Berninger, 2003) e quella di un' ipo-attivazione della corteccia frontale inferiore sinistra (la cosiddetta regione di Broca) di dislessici durante compiti di lettura o fonologici (Georgiewa et al., 1999). Sembrerebbe che, per compensare l'attività troppo debole delle regioni posteriori deputate alla decodifica, il cervello intraprenda un tentativo di lettura volontaria e non automatizzato, controllata e cosciente, sebbene a volte infruttuosa (Dehaene, 2007).

Studi di brain imaging, hanno evidenziato pattern specifici di attivazione neuronale in lettori dislessici. Per esempio, durante l'esecuzione di compiti fonologici (come compiti di rima e di memoria verbale) è stato evidenziato un funzionamento anormale nelle aree linguistiche di Wernicke e Broca (per una trattazione vedi Habib, 2000; Paulesu, Frith, Snowling, Gallagher, Morton, & Frackowiak, 1996); queste zone sono altamente specializzate per l'analisi fonologica e la sua trasformazione. Inoltre, il giro angolare, la parte del cervello che sembrerebbe essere deputata al linguaggio scritto e all'integrazione delle informazioni uditive, visive e tattili, è risultata essere meno attivata nei soggetti dislessici.

Una conclusione comune agli studi sul processamento fonologico è che, in soggetti dislessici, i processi di segmentazione e assemblaggio falliscono nell'attivare il cervello interamente in maniera normale ed efficiente. Il problema

chiaramente persiste anche in soggetti dislessici “compensati” che hanno manifestato difficoltà nell’infanzia e che procedono negli studi (Lishman, 2006).

Esaminando le immagini cerebrali presenti negli studi di Paulesu et al. (2001) che mettono in evidenza una profonda disorganizzazione corticale nei dislessici, si può notare come vi siano almeno due regioni ipo-attivate : la corteccia temporale laterale, deputata anche all’elaborazione del linguaggio orale, e una regione temporale inferiore che appartiene alla via visiva ventrale. Tali considerazioni hanno condotto Dehaene (2007) a ipotizzare che la prima ipo-attivazione rappresenti la causa della dislessia, mentre la seconda ne sia una conseguenza. Un’anomalia precoce nello sviluppo di questi circuiti neurali potrebbe spiegare i deficit fonologici osservati nei dislessici. Queste difficoltà fonologiche, a loro volta, impedirebbero alla regione occipito-temporo ventrale di acquisire l’expertise o l’accesso globale alla parola, da cui la seconda ipo-attivazione a questo livello.

Inoltre, l’analisi della sequenza temporale delle attivazioni cerebrali nei dislessici potrebbe essere interpretata come sostegno all’ipotesi del doppio deficit. Tramite la tecnica della *magnetoencefalografia*, che misura il decorso temporale dei campi magnetici evocati al momento dell’attivazione della corteccia, sono state evidenziate delle tipologie di anomalie successive che si svolgono durante il processo di riconoscimento delle parole. Per esempio, Helenius, Tarkiainen, Cornelissen, Hansen e Salmelin (1999) hanno mostrato come, seguendo gli stadi visivi, i dislessici non manifestino l’attivazione occipito-temporale sinistra che emerge normalmente verso i 150/200 millisecondi e che costituisce il riconoscimento della stringa di caratteri. Sembrerebbe quasi che tale regione non abbia acquisito la capacità di riconoscere, in parallelo, l’insieme delle lettere di una parola, che spiegherebbe la presenza, in alcuni soggetti dislessici, dell’effetto consistente del numero di lettere (lunghezza della parola) sui tempi di lettura (Zoccolotti, De Luca, Di Pace, Gasperini, Judica, & Spinelli, 2005). In secondo luogo, passati i 200 millisecondi, nel momento in cui il lettore normale attiva rapidamente le regioni laterali della corteccia temporale sinistra, nei dislessici l’attività sembrerebbe

debole a sinistra ma molto più intensa nella regione temporo-parietale destra che potrebbe esser interpretata come una strategia di compensazione dell'emisfero destro o l'assenza di accesso rapido alla fonologia delle parole (Simos et al., 2002).

Tale malfunzionamento è stato imputato alla presenza di una disorganizzazione profonda della regione temporale sinistra caratterizzata, in determinate zone, da una maggiore densità neuronale e in altre, anche molto vicine tra loro, in cui essa era troppo ridotta (Paulesu et al., 2001). L'aumento della materia grigia è stato imputato ad un malfunzionamento, durante il periodo fetale, dei meccanismi di *neural pruning*, caratterizzato dallo sfoltimento e della migrazione dei neuroni (Galaburda, Sherman, Rosen, Aboitiz, & Geschwind, 1985). Sembrerebbe che il fenomeno della migrazione neuronale sia alterato nei soggetti dislessici. Ciò avrebbe portato alla presenza di neuroni "mal posizionati" (*ectopie*) che, per ragioni ancora sconosciute, si concentrano principalmente nell'emisfero sinistro, in prossimità delle aree deputate al trattamento del linguaggio orale, ma anche nella regione occipito-temporale sinistra che gioca un ruolo importante nel riconoscimento visivo delle parole. In queste condizioni tali aree non funzionerebbero in maniera ottimale dando origine a deficit fonologici e visivi che sfocerebbero, secondo gli autori, nella dislessia.

Una tale organizzazione sembra coinvolgere anche le connessioni tra la regione temporale sinistra e il resto del cervello, in particolare le regioni frontali (Paulesu et al., 1996).

Come suggerisce Ramus (2004), la variabilità dei sintomi fonologici manifestati dai dislessici, anch'essa considerata alla base delle manifestazioni eterogenee della dislessia, potrebbe riflettere direttamente la variabilità della distribuzione di queste anomalie corticali.

Più di recente, tali anomalie corticali sono state attribuite a cause genetiche. In particolare, il primo gene considerato essere suscettibile alla dislessia è stato il DYX1C1 (sul cromosoma 15), dopo di che ne sono stati scoperti altri tre: il KIAA0319, il DCDC2 (entrambi sul cromosoma 6) e il ROBO1 sul cromosoma 3. I primi due sembrano deputati alla migrazione neuronale (Galaburda, Lo

Turco, Ramus, Fitch, & Rosen, 2006) mentre del terzo ancora non si è trovata la funzione specifica.

2. Le ipotesi eziologiche

Un sempre più crescente numero di ricerche identifica come *core symptoms* della dislessia, oltre alla debole capacità di lettura, disturbi del processamento fonologico (Ramus et al., 2003b; Snowling, 1995; Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004; Vellutino & Feltcher, 2005). Tuttavia, come precedentemente esposto, la dislessia si presenta frequentemente associata a differenti deficit cognitivi, quali disturbi visuo-percettivi, attentivi, di coordinazione motoria ecc. Questa caratteristica di eterogeneità è stata, in parte, spiegata dall'identificazione di sottotipi di dislessia (Castles & Coltheart, 1993; McDougall, Borowsky, MacKinnon, & Hymel, 2005; Vellutino & Fletcher, 2005).

Da queste considerazioni risulta chiaro che il conseguente quadro eziologico della dislessia si delinea come alquanto complesso e diversificato. A tale proposito, verranno qui sotto presentate e dibattute le principali ipotesi eziologiche presenti in letteratura.

2.1. L'ipotesi fonologica

L'ipotesi fonologica postula la presenza di uno specifico disturbo nella rappresentazione, nell' immagazzinamento e/o nel recupero dei suoni linguistici che non permetterebbe una corretta acquisizione della corrispondenza grafema-fonema necessaria per l'apprendimento della lettura in un sistema alfabetico (Bradley & Bryant, 1978; Snowling, 1981; Vellutino, 1979). Più in generale, è stato ampiamente documentato il fatto che tra bambini con disturbo specifico di lettura se ne trovino molti con disturbo specifico di linguaggio (Bishop & Snowling, 2004; Catts, Adlof, Hogan, & Weismer, 2005). Come ipotesi esplicativa si è preso in considerazione un deficit a carico della memoria di lavoro fonologica che potrebbe rappresentare un elemento di continuità tra linguaggio orale e linguaggio scritto (Snowling, 2000), oppure, in alternativa, si è

preso in considerazione un deficit di consapevolezza fonologica e di utilizzo di fonemi.

In particolare, diversi risultati hanno portato ad un sempre più largo consenso sul fatto che la più importante causa di difficoltà nell'apprendimento della lettura sia da ricercare nella difficoltà nell'acquisizione della consapevolezza fonologica e nella capacità di codifica alfabetica. Le difficoltà nell'acquisizione della consapevolezza fonologica e della codifica alfabetica si pensa siano dovute, nella maggior parte di casi, ad una debole codifica fonologica caratterizzata da una debole rappresentazione fonologica specifica (Griffiths & Snowling, 2002). Presumibilmente, un deficit nella capacità di codifica fonologica può essere alla base di altri problemi che possono contribuire a difficoltà nell'apprendimento della lettura. Per esempio, alcuni ricercatori suggeriscono che tale difficoltà possa condurre ad un deficit nell'immagazzinamento e/o nel recupero delle parole scritte in termini di rappresentazioni ortografiche distinte e unitarie, così come ad una difficoltà nel processare l'informazione nella working memory (Brady, Shankweiler, & Mann, 1983; Elbro, 1997; Katz, 1986; Shankweiler, Liberman, Mark, Fowler, & Fischer, 1979; Stanovich & Siegel, 1994; Vellutino, 1979). Questo deficit impedisce o rallenta l'apprendimento delle corrispondenze grafema-fonema in un sistema alfabetico che, a sua volta, può indebolire la capacità del lettore di immagazzinare le rappresentazioni delle parole e, con ciò, impedire l'acquisizione della fluenza nell'identificazione delle parole (Bradley & Bryant, 1983; Castles & Coltheart, 2004; Shankweiler et al, 1995; Snowling, 1995; Temple & Marshall, 1983).

Esistono numerose ipotesi sulla natura del deficit fonologico. Alcune di queste, per esempio, hanno ipotizzato che deficit a livello lessicale potrebbero portare ad una difficoltà nell'apprendimento della lettura (Dickinson & Tabors, 2001; Snow & Tabors, 1993). Essi inferirono che un bambino potesse avere minori difficoltà nell'acquisizione della lettura di parole che appartengono al suo vocabolario parlato piuttosto che parole che non appartengono a tale repertorio. Esistono alcune evidenze empiriche che sostengono tale ipotesi (Vellutino,

Scanlon, & Spearing, 1995). Altre conferme provengono da studi che mostrano come la conoscenza di parole in bambini in età prescolare sia un valido predittore dell'acquisizione della lettura, sia durante i primi anni scolastici che più tardi (Dickinson & Tabors, 2001; Snowling, Gallagher, & Frith, 2003). Inoltre è stato ipotizzato che le carenze a livello di vocabolario possono rendere difficoltosa l'acquisizione della fluenza nell'identificazione di parole scritte, nonostante l'adeguata capacità di decodifica fonologica (Tabors & Snow, 2001).

Metsala (1999) ha inoltre ipotizzato un legame tra la conoscenza di parole e l'acquisizione di competenze fonologiche relate alla lettura. Egli propone che la rappresentazione fonologica delle parole diventi sempre meno generale e molto più specifica con lo sviluppo del vocabolario, soprattutto nel caso di parole con alta similarità fonologica quali i cosiddetti "vicini fonologici". Perciò è possibile ipotizzare che una carenza di vocabolario potrebbe essere accompagnata da una scarsa rappresentazione fonologica specifica che porterebbe ad una difficoltà nell'acquisizione della lettura.

Data la già nota utilità del contesto linguistico nel facilitare e controllare l'identificazione delle parole, soprattutto nei cattivi lettori (Stanovich, 1980), si potrebbe ipotizzare che le difficoltà di tipo sintattico che impediscono al bambino di utilizzare il contesto linguistico per favorire l'identificazione delle parole contribuiscano a causare alcune difficoltà iniziali nell'acquisizione della lettura in alcuni bambini. Inoltre, bisogna sottolineare il fatto che i disturbi a livello semantico e sintattico spesso distinguono tra cattivi lettori e normo-lettori, nel caso in cui i soggetti siano caratterizzati da un disturbo che già da tempo si presenta (Vellutino, Scanlon, & Tanzman, 1988). Ciò suggerisce che le difficoltà nei primi stadi di acquisizione della lettura potrebbero non essere causate direttamente da deficit di tipo semantico e sintattico anche se non si deve escludere completamente che esse possano interferire con l'acquisizione di tale competenza in alcuni bambini (Vellutino et al., 2004).

Nonostante la presenza di diverse versioni dell'ipotesi fonologica, tutte sono d'accordo nel sostenere il ruolo causale della fonologia nella dislessia (Ramus et al., 2003b).

2.2. L'ipotesi del processamento uditivo rapido

Alcuni ricercatori hanno ipotizzato che il deficit fonologico si manifesti secondariamente ad un deficit uditivo di basso livello: questo è il punto di partenza di questa seconda ipotesi che specifica come il deficit fonologico risieda nella difficoltà di percepire suoni presentati rapidamente e per breve tempo (Tallal, 1980; Tallal, Miller, Fitch, & Roslyn, 1993).

Questa ipotesi si è basata su una serie di ricerche condotte da Tallal e dai suoi colleghi che hanno dimostrato come bambini con disturbo specifico del linguaggio manifestavano delle difficoltà nell'attuare dei giudizi sull'ordine temporale (chiamati in inglese "*TOJ*", *temporal order judgements*) di toni alti e bassi presentati con un lungo (400 ms) e un corto (50 ms) intervallo interstimolo (ISI) (Tallal & Percy, 1973, 1975). Operando ulteriori studi, Tallal (1980) trovò che i dislessici manifestano una performance al di sotto della norma in una condizione di ISI breve, nei confronti, perciò, di stimoli presentati in modo rapido, ma nella norma in una condizione di ISI lungo. Tallal inferì che i dislessici soffrono di un deficit non-linguistico nella risoluzione temporale del cambiamento rapido di stimoli uditivi che renderebbe difficoltosa la percezione del parlato. Tale disordine, rendendo difficoltosa la rappresentazione corretta dei suoni del parlato, potrebbe causare ulteriori deficit nei confronti di eventi acustici che rappresentano indizi per la percezione del contrasto fonemico, come per esempio in /ba/ *versus* /da/.

Dal punto di vista neurobiologico, quest'ipotesi ha trovato riscontri all'interno di quella magnocellulare che svilupperemo meglio più avanti. La versione multi-modale dell'ipotesi magnocellulare, infatti, suggerisce che i bambini con DE abbiano deficit specifici nel processamento di brevi stimoli sensoriali presentati rapidamente sia nella modalità visiva che uditiva (Hari & Renvall, 2001).

Tuttavia, delle ricerche hanno posto alcuni dubbi su quest'ipotesi. In una serie di esperimenti, per esempio, durante i quali venivano accuratamente controllati i tipi di stimoli verbali e non-verbali presentati ai soggetti, Mody, Studdert-Kennedy e Brady (1997) osservarono che le difficoltà dei cattivi lettori

nel compito “TOJ” basato su stimoli del linguaggio parlato erano dovuti a deficit nella discriminazione del parlato piuttosto che ad una difficoltà nel giudicarne l’ordine temporale. Inoltre, dai risultati, emerse che un deficit uditivo generale, del tipo ipotizzato da Tallal, rappresenta una debole causa di deficit fonologico caratteristico dei cattivi lettori.

Inoltre, sia Waber et al. (2001) che Breier et al. (2002) hanno concluso che i bambini dislessici manifestano delle difficoltà nella percezione del parlato, ma che non hanno disturbi pervasivi nel processamento temporale uditivo. Le difficoltà di percezione del linguaggio orale riscontrate sono collegate e possono contribuire alle difficoltà di processamento che, a loro volta, influenzano le capacità di lettura.

2.3. L’ipotesi del doppio deficit

Non tutti i ricercatori sono però concordi sul fatto che il disturbo specifico di lettura e i deficit cognitivi legati alla lettura (come memoria verbale e apprendimento linguistico) siano causati primariamente da debolezze nella codifica fonologica. E, non tutti, accettano che i deficit nel recupero delle parole, riscontrato spesso nei cattivi lettori, siano dovuti ad una debolezza nella codifica fonologica e, di conseguenza, nella memoria fonologica. In particolare Wolf, Bowers e colleghi (Bowers & Wolf, 1993; Wolf & Bowers, 1999; Wolf, Bowers, & Biddle, 2000) ipotizzano l’esistenza di tre sottotipi di disturbi di lettura:

1. uno causato da deficit nelle capacità fonologiche come la consapevolezza fonologica e la corrispondenza grafema-fonema, in accordo con la teoria fonologica;
2. il secondo causato dalla lentezza nella velocità di denominazione che, nello specifico, intacca il processamento ortografico e la fluenza nella lettura;
3. un terzo causato dalla combinazione di entrambi i tipi di deficit precedentemente esposti (il cosiddetto “*doppio deficit*”), considerato il più severo tra i tre.

In accordo con questa visione, i deficit della velocità di denominazione sarebbero causati dal malfunzionamento di un “meccanismo preciso di timing” che normalmente influenza l’integrazione temporale della componente fonologica e visiva delle parole scritte, rendendo difficoltosa, perciò, la capacità del bambino di codificare e rappresentarsi i pattern ortografici (Bowers & Wolf, 1993; Wolf & Bowers, 1999; Wolf, Bowers, & Biddle, 2000). È stato ipotizzato che, se le lettere delle parole non vengono identificate con sufficiente rapidità e facilità, esse non vengono processate sufficientemente vicine per poter individuare le caratteristiche ortografiche delle parole (Bowers & Wolf, 1993).

Kail, Hall e Caskey (1999) hanno, inoltre, suggerito che la denominazione rapida sia determinata principalmente da un fattore generale di *velocità di processamento (VP)* e non dall’automatizzazione delle corrispondenze fonologiche e ortografiche valutato tramite l’esposizione allo scritto; al contrario, una dettagliata analisi delle componenti del compito di denominazione hanno sottolineato l’importanza maggiore del recupero verbale dalla memoria rispetto a quello generale della velocità (Hulme, Newton, Cowan, Stuart, & Brown, 1999). Per quanto riguarda la componente della velocità di elaborazione degli stimoli, è stato ipotizzato che i dislessici siano caratterizzati da una maggiore lentezza in compiti di Tempi di Reazione a scelta e in quelli di decisione lessicale se confrontati con soggetti di pari età cronologica (Nicholson & Fawcett, 1994); la loro prestazione risulterebbe, invece, comparabile a quella dei soggetti di pari età di lettura. Sulla base di questi risultati gli autori hanno suggerito la presenza di un “ulteriore deficit non-fonologico”, quindi generalizzato, nei soggetti dislessici legato ad un rallentamento nella velocità di processamento. Tuttavia alcuni dati recenti hanno messo in luce che, utilizzando paradigmi sperimentali specifici per la valutazione della VP, i soggetti dislessici non risultano più lenti nei confronti del materiale non-verbale (Bonifacci & Snowling, 2008).

Tuttavia l’ipotesi del doppio deficit non è priva di punti fortemente criticati, tra i quali vi è quello che riguarda la concezione di un processo seriale di riconoscimento delle parole scritte che viene abbandonato gradualmente mano a mano che il bambino, crescendo, acquisisce facilità e competenza in tale

capacità. Inoltre, i deficit che riguardano la denominazione rapida delle parole sono stati osservati anche in popolazioni di bambini con difficoltà di apprendimento e anche in soggetti caratterizzati da ADHD (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder*) senza difficoltà nella lettura (Tannock, Martinussen, & Fritjers, 2000). Questi risultati, certamente, mettono in dubbio il legame, ipotizzato dalla teoria del doppio deficit, tra i deficit a livello della denominazione rapida delle parole e la difficoltà nell'acquisizione della lettura.

2.4. L'ipotesi cerebellare

Un'ulteriore ipotesi è quella del deficit cerebellare dell'automatizzazione (Nicolson & Fawcett, 1990; Nicolson, Fawcett, & Dean, 2001). Tale ipotesi suggerisce che i soggetti dislessici siano caratterizzati da un malfunzionamento del cervelletto che provocherebbe una serie di deficit cognitivi.

Per prima cosa il cervelletto gioca un ruolo fondamentale nel controllo motorio e, di conseguenza, nell'articolazione del linguaggio. Si ipotizza che un ritardo o un deficit articolatorio porti ad una difficoltà nella rappresentazione fonologica.

Secondariamente, il cervelletto esplica una funzione fondamentale nell'automatizzazione dei compiti iper-appresi, come guidare, leggere e scrivere a macchina. Una debole capacità nell'automatizzare potrebbe rendere difficoltosa la corrispondenza grafema-fonema.

A sostegno di tale ipotesi emergono delle evidenze relativamente alla cattiva performance dei dislessici in un alto numero di compiti motori (Fawcett, Nicolson, & Dean, 1996), in doppi compiti che coinvolgono il mantenimento dell'equilibrio posturale (Nicolson & Fawcett, 1990), in compiti di stima temporale, ritenuto un compito di tipo non motorio. Inoltre studi di neuro-imaging hanno riportato delle differenze a livello anatomico, metabolico e di attivazione nel cervelletto dei dislessici (Leonard et al., 2001).

2.5. L'ipotesi visiva o magnocellulare

Diverse evidenze empiriche hanno messo in luce la presenza di disturbi visivi in un sottogruppo ristretto di dislessici (Atkinson, 1991; Boden & Giaschi, 2007 per una review; Ramus, 2004; Ramus et al., 2003b; Shovman & Ahissar, 2006; Spinelli et al., 2002; Stein, 2001; Stein & Walsh, 1997). Alcuni dislessici riportano sintomi visivi quali, per esempio, lettere che ballano, linee distorte e testi offuscati (Shovman & Ahissar, 2006; Stein & Walsh, 1997); alcuni tipici errori di lettura quali l'inversione di lettere (leggere "b" invece di "d") o il salto di riga sono stati da sempre interpretati come difficoltà riferite ad una compromissione del processamento visivo fin dagli studi di Orton (1925).

Insieme a quella fonologica, dunque, l'ipotesi visiva o magnocellulare costituisce una delle più dibattute in psicologia. Essa riflette un altro importante filone tradizionale di ricerca sulle cause della dislessia che, senza escludere quello fondato sul deficit fonologico, enfatizza il contributo visivo alla difficoltà di lettura, almeno in alcuni soggetti dislessici. Nel capitolo precedente è stato approfondito il ruolo e l'importanza del sistema magnocellulare nella lettura. In generale, l'ipotesi magnocellulare suppone che sia presente un malfunzionamento di tale via in alcuni soggetti dislessici che porterebbe a disturbi di elaborazione visiva e, attraverso la corteccia parietale posteriore, ad un'instabilità binoculare e ad una capacità visuo-attentiva deficitarie (Stein & Walsh, 1997; Hari, Renvall, & Takanen, 2001).

Vediamo, in dettaglio, le principali evidenze empiriche a sostegno di quest'ipotesi.

Per quanto riguarda la sensibilità al contrasto, è stato dimostrato che i dislessici manifestano una performance peggiore rispetto a quella dei cattivi e dei normo-lettori (Lovegrove, Bowling, Balckwood, & Badcock, 1980). Altri studi hanno evidenziato come i cattivi lettori necessitino di una maggiore luminanza rispetto ai normo-lettori per distinguere griglie a bassa frequenza spaziale (Badcock & Lovegrove, 1981; Lovegrove, Martin, & Slaghuis, 1986; Martin & Lovegrove, 1984). Nonostante ciò, tali evidenze non sembrano supportare in modo forte l'ipotesi che un deficit alla sensibilità di contrasto in condizioni di

basse frequenze spaziali possa davvero interferire con l'elaborazione visiva della parola. Inoltre la perdita di sensibilità al contrasto misurata nei dislessici risulta troppo piccola per avere un ruolo nella spiegazione delle difficoltà di lettura (Boden & Giaschi, 2007).

Recentemente Whitney e Cornelissen (2005) hanno sostenuto che difficoltà nella codifica spaziale delle lettere durante l'acquisizione della lettura potrebbero spiegare i deficit nell'apprendimento di tale abilità. La difficoltà nella codifica della posizione delle lettere potrebbe derivare da una compromissione al processo di attenzione visiva legata al sistema M.

Il legame tra sistema magnocellulare e attenzione visiva è stato proposto da numerosi studiosi. Vidyasagar (1999), per esempio, ha proposto un modello che suggerisce che un deficit al sistema M sarebbe alla base della dislessia poiché riduce la capacità della via parietale (che riceve input dal sistema M) di controllare l'attenzione.

Ancora, Facoetti e collaboratori (2003) hanno mostrato come i bambini dislessici manifestino deficit di attenzione visiva e uditiva selettiva nell'orientamento automatico e nella focalizzazione dell'attenzione spaziale (Facoetti, Paganoni, Turatto, Marzola, & Mascetti, 2000). Secondo gli autori questi deficit potrebbero compromettere lo sviluppo di rappresentazioni fonologiche. Hanno, inoltre, ipotizzato che vi sia un asimmetrico spostamento dell'attenzione verso l'emisfero visivo destro nella dislessia, una sorta di piccola eminegligenza sinistra (Facoetti, Turatto, Lorusso, & Mascetti, 2001). In particolare, Lorusso, Facoetti, Pesenti, Cattaneo, Molteni e Geiger (2004) hanno individuato un'incapacità dei soggetti dislessici nel riferire lettere presentate nell'emispazio di sinistra ad una eccentricità di $-2,5^\circ$ di angolo visivo e una maggiore capacità di riportarle a maggiore eccentricità nell'emisfero destro (da $7,5^\circ$ a $12,5^\circ$ dal punto di fissazione).

In generale, Facoetti (2005) ipotizza che un disturbo a carico dell'attenzione visuo-spaziale possa determinare serie difficoltà nell'apprendimento della lettura, a prescindere dalle pure abilità uditive-fonologiche del bambino. Questo avverrebbe poiché un'efficiente segregazione grafemica (alla base della via sub-

lessicale) può essere realizzata solo attraverso un accurato e veloce processo di selezione dei grafemi che costituiscono le parole da leggere.

Un'altra ipotesi che prende in causa il sistema attentivo è quella proposta da Valdois e collaboratori (Ans et al., 1998; Bosse & Valdois, 2003; Valdois et al., 2004) all'interno del già citato *multi-trace memory model* per il riconoscimento di parole polisillabiche in cui viene sottolineato il ruolo importante dell'attenzione visiva per focalizzare la "finestra attentiva" su sottocomponenti della parola durante il processamento analitico. Le autrici hanno individuato dei soggetti dislessici caratterizzati da deficit visuo-attentivi, indipendentemente da un deficit al sistema magnocellulare. Inoltre, Valdois et al. (2003) hanno riportato due casi di dislessici evolutivi che mostravano come un deficit fonologico e uno a carico dell'attenzione visuo-spaziale possano essere dissociati nei bambini dislessici.

Inoltre, per quanto riguarda i movimenti oculari, come i lettori principianti, i cattivi lettori e i dislessici mostrano fissazioni più lunghe, saccadi più corte, un maggior numero di fissazioni e molte più regressioni rispetto ai normo-lettori (Eden, Stein, Wood, & Wood, 1994; Lefton, Nagle, Johnson, & Fisher, 1979; Martos & Vila, 1990). Inoltre, i cambiamenti che caratterizzano lo sviluppo dei movimenti oculari dei bambini normo-lettori (come la diminuzione del numero di fissazioni, l'aumento della lunghezza delle saccadi e l'abbassamento della frequenza delle regressioni) non si presentano nei lettori dislessici (Lefton et al., 1979). Ciò che si riscontra di anormale nei movimenti oculari di dislessici italiani è l'elevato numero di fissazioni dovute ai corti movimenti in avanti degli occhi (De Luca, Di Pace, Judica, Spinelli, & Zoccolotti, 1999). Il numero delle saccadi dipende dalla lunghezza dello stimolo sia per le parole che per le pseudoparole mentre l'ampiezza delle saccadi rimane piccola e costante. Lo scanning sequenziale mostrato dai dislessici sia per le parole che per le pseudoparole sembra essere coerente con la descrizione cognitiva del deficit di lettura che indica una preferenza per l'uso di una strategia di conversione grafema-fonema (De Luca, Borrelli, Judica, Spinelli, & Zoccolotti, 2002). Originariamente Pavlidis (1981) e altri studiosi hanno sostenuto che i dislessici sono caratterizzati

da difficoltà nel controllo dei movimenti oculari; al contrario, altri studiosi sostengono fermamente che i movimenti oculari non sono in genere causa del disturbo specifico di lettura ma che rappresentano il riflesso di altri tipi di deficit (per una rassegna vedi Rayner, 1998).

Infine, per quello che riguarda l'ipotesi di deficit nell'interazioni foveale/parafoveali essa verrà ripresa più avanti nel paragrafo dedicato al crowding. È da notare, però, che i dati a sostegno di un deficit del sistema magnocellulare legato a difficoltà nell'elaborazione dell'interazione tra stimoli presentati in fovea e in parafovea sono fortemente criticati.

L'ipotesi di un deficit al sistema magnocellulare è stato preso in causa anche da altri studi che mostrano come la percezione del movimento sia deficitaria nella popolazione di dislessici (Eden, Van Meter, Rumsey, Maisog, Woods, & Zeffiro, 1996; Eden & Zeffiro, 1998;). A questo proposito Wilmer, Richardson, Chen e Stein (2004) hanno evidenziato come un deficit nella percezione di stimoli che si muovono nella stessa direzione (movimento coerente) sia correlato selettivamente con una bassa accuratezza nella lettura mentre un deficit nella discriminazione della velocità di movimento di barre sia invece correlato ad una bassa rapidità nella lettura. Talcott et al., (2002) mostrarono che in un gruppo di 350 soggetti di scuola elementare la detezione del movimento coerente è associata sia all'accuratezza nel riconoscimento ortografico che a quella di decodifica fonologica. Wilmer et al. (2004) però, hanno suggerito l'esistenza di due deficit distinti che riguardano la percezione del movimento, in contrasto con parte della letteratura precedente che si riferiva, invece, ad un unico deficit.

2.6. Uno sguardo critico alle ipotesi presentate

Una delle maggiori critiche rivolte all'ipotesi fonologica è quella che prende in causa la sua incapacità di dare una spiegazione della presenza di deficit sensoriali e motori nei soggetti dislessici (Ramus et al., 2003b). I sostenitori di quest'ipotesi si riferiscono a tali disordini con il termine di *marker biologici*

(Vellutino et al., 2004) e sottolineano come essi non giochino un ruolo causale importante nell'eziologia del disturbo di lettura.

Il problema maggiore dell'ipotesi del processamento uditivo rapido, invece, è che i deficit sensoriali a livello uditivo non spiegano la difficoltà nel riconoscimento delle parole in modo parsimonioso. Il legame con il processamento fonologico è debole, sebbene vi siano delle evidenze che le difficoltà nella percezione del parlato siano collegate con le abilità di processamento fonologico (Mody et al., 1997).

L'ipotesi del deficit cerebellare fallisce anch'essa nel dare spiegazioni dei deficit sensoriali, ma coloro che la sostengono supportano l'idea di sottotipi distinti di dislessia dovuti a deficit cerebellari o magnocellulari (Fawcett & Nicolson, 2001). Un altro problema relativo a questa teoria è quello che postula un legame causale tra l'articolazione e la fonologia, in una visione ormai datata della "teoria motoria" del linguaggio la quale postula che lo sviluppo delle rappresentazioni fonologiche porrebbe le sue basi nell'articolazione del linguaggio. Questa visione è stata già abbandonata da tempo alla luce di casi di normale sviluppo fonologico in soggetti con disartria o aprassia del linguaggio (Ramus, Pidgeon, & Frith, 2003a). Infine rimane incerta quale sia la proporzione di dislessici con deficit motori: certi studi hanno fallito nel tentativo di trovarne (Kronbichler, Hutzler, & Wimmer, 2002), altri hanno evidenziato la presenza di deficit motori solo in un sottogruppo di dislessici (Ramus et al., 2003a) e da ciò si è concluso che questi tipi di deficit si presentano solo in soggetti dislessici con disordine iperattivo accompagnato da deficit attentivo (ADHD) (Wimmer, Mayringer, & Raberger, 1999).

La teoria magnocellulare, unica nel dare delle spiegazioni alla maggior parte delle manifestazioni deficitarie dei dislessici e, per questo motivo, molto attraente, ha comunque subito delle forti critiche da parte di molti ricercatori. La principale tra queste è sostenuta da Skoyles e Skottun (2004) i quali hanno affermato che il legame di causa-effetto tra malfunzionamento magnocellulare e dislessia non sia così stretto in quanto esistono più soggetti normo-lettori con deficit al sistema M rispetto a soggetti dislessici; anche ciò porrebbe dei forti

dubbi sulla concezione che la dislessia possa essere spiegata come un deficit a carico del sistema magnocellulare. Altri studi hanno evidenziato la presenza di deficit uditivi in un sottogruppo costituito dal 50% della popolazione studiata (Marshall, Snowling, & Bailey, 2001). Inoltre è stato sottolineato che i deficit uditivi non predicano quelli fonologici (Mody et al., 1997; Marshall et al., 2001). Per quanto riguarda i deficit visivi, anch'essi sono stati trovati solo in un ristretto gruppo di dislessici e, in questo caso, essi sono stati osservati relativamente a stimoli visivi che non sono specificatamente processati dal sistema M (Amitay, Ben-Yehudah, Banai, & Ahissar, 2002; Skottun, 2000).

Sempre Skottun (2005) ha ribadito la differenza che esiste nel considerare il sistema M alla base del processo di lettura rispetto a considerare un deficit dello stesso come causa della dislessia; inoltre ha suggerito che, tutt'ora, non esiste un generale consenso su come dei deficit al sistema magnocellulare possano causare la dislessia (Skottun & Skoyles, 2006).

Riassumendo, secondo Ramus et al. (2003b) l'ipotesi fonologica è debole nello spiegare i deficit sensoriali e motori che si presentano in un gruppo ristretto di dislessici, mentre l'ipotesi magnocellulare non dà spiegazioni per quanto riguarda l'assenza di deficit sensoriali e motori, sempre in un sottogruppo significativo di soggetti dislessici. L'ipotesi cerebellare, infine, presenta entrambi i problemi.

Sempre secondo questi autori, è possibile che le tre teorie diano ragione di manifestazioni differenti negli individui. Per esempio, essi propongono l'ipotesi che esistano tre diversi sottotipi di dislessia, ognuno dei quali conferisce un diverso contributo al disturbo: fonologico, uditivo-visivo e cerebellare. Alternativamente essi hanno ipotizzato che solo una teoria rappresenti una valida spiegazione al deficit di lettura e che tutti gli altri disturbi osservati rappresentino dei marker che non ne costituiscono una causa diretta. Per valutare queste possibilità è necessario, secondo gli autori, porsi le seguenti domande: qual è la proporzione di dislessici che manifestano un determinato disturbo? Esistono delle dissociazioni tra certi deficit? Esistono dei deficit associati tra di loro?

A questo proposito Kronbichler et al. (2002) hanno somministrato test fonologici (ripetizione di pseudoparole, compito di detezione delle rime, compito di denominazione rapida ecc.) e test per valutare la percezione illusoria uditiva del movimento, la detezione visiva del movimento coerente e il *peg moving task* di Annett (1985) (quest'ultimo compito serve per valutare la velocità di processamento). I risultati hanno presentato una differenza significativa tra dislessici e normo-lettori nei test verbali ma nessuna nei compiti uditivi, visivi e motori.

Sempre sulla stessa linea lo studio di Ramus et al. (2003b), precedentemente introdotto, ha valutato le competenze verbali, uditive, visive e cerebellari in un gruppo di dislessici adulti per testare tre teorie della dislessia evolutiva, quella fonologica, quella magnocellulare e quella cerebellare, appunto. I risultati hanno suggerito che il deficit fonologico si presenta in tutti i soggetti dislessici e anche in assenza di qualsiasi altro disordine sensoriale. Gli autori hanno concluso che il deficit fonologico può non essere considerato una causa necessaria della dislessia, data la possibilità di altre cause (rare) indipendenti da esso, ma tale deficit è da considerarsi sufficiente per il manifestarsi delle difficoltà in lettura. Secondo Vellutino et al. (2004), invece, il deficit fonologico è da considerarsi causa sia necessaria che sufficiente della dislessia. Inoltre, i risultati di Ramus et al. (2003b) hanno dimostrato che, comunque, un sottogruppo di dislessici manifesta deficit uditivi, visivi o legati alla percezione del movimento. I deficit visivi possono aggravare il deficit fonologico, con conseguenze sulle performance di lettura. Tuttavia tali deficit uditivi non possono essere collegati all'ipotesi di un deficit nel processamento rapido di stimoli collegato ad un malfunzionamento magnocellulare. Né tanto meno è possibile concludere che la natura del deficit motorio sia da collegare ancora ad un malfunzionamento del sistema M.

Ulteriori considerazioni critiche riguardano la metodologia utilizzata dai sostenitori delle diverse ipotesi eziologiche nell'indagare le cause del disturbo specifico di lettura. Goswami (2003) ha analizzato, da questo punto di vista, quelle che sono considerate le tre principali ipotesi: l'ipotesi fonologica, quella

magnocellulare e quella cerebellare. Seguendo un approccio neurocostruttivista (Karmiloff-Smith, 1998; 2007), secondo cui i primi segnali di deficit cognitivi dovrebbero essere identificati il più precocemente possibile e lo sviluppo dei processi ad alto controllo dovrebbero essere esaminati attraverso studi longitudinali, sono stati individuati tre criteri che possono essere applicati alle differenti ipotesi per valutarne il rigore metodologico:

1. Il primo consiste nello studiare l'evoluzione dei disturbi attraverso studi longitudinali per valutare quanto la variazione naturale dei presunti fattori causali sia predittiva della capacità o del disturbo considerato.
2. In seguito ci si deve porre queste domande: i compiti sperimentali creati differenziano tra comportamenti e processi cognitivi? Sono stati utilizzati appropriati gruppi di controllo?
3. Il terzo criterio sottolinea l'importanza di valutare l'influenza di fattori ambientali sullo sviluppo di quelli considerati causa del disturbo.

Per poter rispettare i tre criteri, si sottolinea l'importanza di appaiare i soggetti di controllo per QI in modo da minimizzare le differenze nelle abilità cognitive tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo: questo garantisce che le prestazioni valutate attraverso i compiti sperimentali non siano influenzate da più generali capacità cognitive. Di fondamentale importanza risulta anche la selezione di accurati gruppi di controllo per poter generare delle ipotesi causali. Nel caso specifico della dislessia evolutiva, risulta necessario considerare anche un gruppo di controllo di pari età di lettura, oltre a quello di pari età cronologica, con cui confrontare la prestazione dei soggetti dislessici: se il processo cognitivo valutato è da considerare fattore causale esso dovrà manifestarsi in modo differente nei soggetti che sono equiparati ai dislessici per le abilità di lettura e che si trovano nella fase iniziale di acquisizione della lettura; se, invece, i due gruppi rivelano una prestazione simile, si può ipotizzare che nei confronti di questo processo cognitivo i dislessici manifestano un ritardo. Questa concezione

è conseguente a quella che ipotizza che la dislessia sia un vero e proprio disturbo e non un ritardo.

Dall'analisi effettuata sembrerebbe che solamente l'ipotesi del deficit fonologico scaturito da compromissioni nel processamento uditivo soddisfi appieno i criteri suggeriti dall'approccio neurocostruttivista garantendo, in tal modo, la legittimità di generare ipotesi causali (Goswami, 2003). A tale proposito, viene auspicato l'utilizzo di gruppi di controllo appaiati ai dislessici per età di lettura anche nello studio dei deficit visivi.

Concludendo, rimane ancora da chiarire quale sia il legame tra deficit nel processamento di stimoli uditivi e disordini fonologici e persiste ancora la controversia tra chi sostiene che l'unica causa della dislessia sia da imputare ad un deficit fonologico e chi sostiene, invece, la presenza di altre cause che, sebbene risultino rare, hanno il loro peso nell'insorgenza di tale deficit.

3. La dislessia in lingue diverse

3.1. Lo sviluppo della lettura nelle lingue europee

In base alla loro struttura ortografica, le lingue europee sono state collocate lungo un continuum che va dalla più *opaca*, rappresentata dall'Inglese, alla più *trasparente*, rappresentata dal Finlandese (Seymour, 2005). Il Francese e l'Italiano si collocano, lungo questa linea, la prima vicina all'Inglese mentre la seconda vicina al Finlandese. La caratteristica di *opacità* o *trasparenza* influenza la rapidità dell'accesso lessicale e, quindi, la comprensione della parola scritta: le ortografie trasparenti, in cui vi è una relazione consistente tra lettere e suoni, sono lette in modo più semplice rispetto alle ortografie opache, in cui non vi è corrispondenza grafema-fonema e fonema-grafema.

Inoltre, le differenze fonologiche emergono in riferimento alla tipologia della struttura sillabica della lingua, categorizzabile in *semplice* (esempio: Italiano e Francese) o *complessa* (esempio: Inglese e Tedesco).

La complessità della struttura sillabica si riferisce principalmente alla distinzione tra lingue *romanze* o *neolatine* caratterizzate dalla predominanza di

sillabe aperte “CV” con poche consonanti finali (esempio: Italiano e Spagnolo) e lingue *germaniche* che hanno numerose sillabe chiuse “CVC” e gruppi complessi di consonanti sia all’interno che alla fine della parola (esempio: Danese, Inglese, Tedesco). Questo fattore influenza il contenuto del sistema delle rappresentazioni fonologiche sviluppate nel corso dell’infanzia. Tali rappresentazioni possono esistere ad almeno due livelli (Gombert, 1993): uno implicito (epilinguistico) necessario per il normale utilizzo del linguaggio ed uno esplicito (metalinguistico) che permette di isolare e manipolare le unità linguistiche. Le lingue che hanno una struttura sillabica chiara e ben definita inducono ad una rappresentazione metalinguistica dei segmenti sillabici anche nei bambini prescolari. La rappresentazione dei fonemi è normalmente facilitata dal compito di apprendere a leggere con una modalità analitica, alfabetica. Questo è comune a tutte le lingue europee, sebbene il momento temporale di acquisizione sia legato anche all’età in cui inizia l’insegnamento della lettura e al momento in cui l’insegnamento alfabetico è stato introdotto (Seymour, 2005).

Seymour, Aro e Erskine (2003) hanno evidenziato il fatto che la differenza di struttura sillabica emerge principalmente nella lettura di pseudoparole, agendo selettivamente sull’acquisizione del processo di decodifica. Le lingue con struttura sillabica complessa, infatti, manifestano un accentuato *effetto di lessicalità* (vantaggio nella lettura di parole rispetto a quella di pseudo-parole in termini di accuratezza e rapidità) rispetto a quelle con struttura sillabica semplice.

Inoltre, la differenza di struttura ortografia, assieme a quella che si riferisce alla struttura sillabica, fa sì che le lingue europee non siano uguali di fronte all’apprendimento della lettura. La percentuale di errori nella lettura di parole molto familiari, valutata dopo un anno di scuola, in 15 paesi europei ha fornito un quadro generale (Seymour, Aro, & Erskine, 2003). I bambini finlandesi, tedeschi, greci, austriaci e italiani manifestano la più bassa percentuale di errori, mentre francesi, portoghesi e danesi si collocano in una fascia intermedia di errori; all’estremo inferiore troviamo gli inglesi caratterizzati dal maggior numero di errori. Questa disuguaglianza si ritrova anche durante gli anni

successivi, in particolare nella lettura di pseudoparole che necessitano dell'acquisizione della procedura di conversione grafema-fonema. I bambini inglesi hanno bisogno di due anni supplementari di scuola per arrivare al livello di lettura di uno scolaro francese. Questo dato è stato interpretato come la combinazione tra l'effetto della complessità della struttura sillabica e la profondità dell'ortografia.

Katz e Frost (1992) hanno ipotizzato che l'acquisizione della lettura nelle lingue trasparenti potrebbe essere basata su un unico processo (alfabetico) mentre nelle lingue opache questa avverrebbe attraverso due processi, alfabetico e logografico; quest'ultimo sarebbe utilizzato nella lettura di parole irregolari. Il *processo duale* di acquisizione, ipotizzato per le lingue opache, richiede l'impiego di maggiori risorse cognitive rispetto a quello che ne prende in considerazione uno. Queste considerazioni potrebbero spiegare perché vi siano delle forti differenze nello sviluppo della lettura in ortografie trasparenti e opache (Seymour et al., 2003).

Infine, diversamente dall'Inglese, nelle ortografie trasparenti sembrerebbe che il ruolo delle capacità fonologiche, in particolare della consapevolezza fonologica, sia meno importante e limitato solamente al primo anno di acquisizione della lettura (Landerl & Wimmer, 2000; Wimmer, 1993). Invece, il miglior fattore a lungo termine predittore della fluenza in lettura sembrerebbe essere il *rapid automatized naming (RAN)* (Bellocchi, Grimandi, & Contento, 2006; Wimmer, Mayringer, & Landerl, 2000)

3.2. Le caratteristiche della dislessia evolutiva in lingue con struttura ortografica e sillabica differenti

La maggior parte degli studi condotti sulla dislessia hanno riguardato la lingua inglese. Questo ha prodotto alcune ambiguità sull'esistenza e sulla manifestazione del disturbo nelle altre lingue. Per esempio, una credenza comune risiedeva nel pensare che la dislessia fosse più comune tra i lettori inglesi perché l'ortografia inglese è molto più difficile da acquisire; al contrario, si pensava che

la dislessia fosse praticamente inesistente nelle ortografie caratterizzate da una fonetica semplice come l'Italiano o il Finlandese. Fortunatamente, sulla base di più recenti studi, la situazione sta cambiando e la dislessia è ora studiata in numerose lingue (vedi Goulandris, 2003). Tuttavia tale ambiguità nascondeva due importanti punti di verità: le capacità di letto-scrittura sono fortemente influenzate dal sistema ortografico e i dati epidemiologici forniscono evidenze di una diversa prevalenza della dislessia a seconda del paese e della lingua considerata. In particolare, per quanto riguarda l'Italiano l'*Associazione Italiana Dislessia* stima che essa riguardi almeno 1.500.000 persone; per quanto riguarda il Francese, invece, si parla di una percentuale che va dal 4 al 6% della popolazione (dati del Ministero dell'educazione e della Sanità).

Inoltre gli studi che hanno fornito evidenze empiriche dell'origine neurobiologica della dislessia hanno messo in luce la sua base neurocognitiva universale e che le sue differenti manifestazioni sono da attribuire alle differenti ortografie (Paulesu et al., 2001).

In generale, i bambini dislessici della scuola primaria che imparano lingue trasparenti sembrano incontrare meno difficoltà dei loro coetanei inglesi. I dislessici inglesi mostrano deficit persistenti nell'accuratezza delle parole e ancora maggiori difficoltà nella lettura di pseudoparole, in cui la percentuale di errori si aggira tra il 50% e il 70% (Caravolas, 2005). I loro coetanei in lingue come il Francese, il Tedesco, il Greco ecc. manifestano percentuali più basse come il 6% per gli olandesi e il 25% per i francesi. Da notare che però le differenze con il gruppo di controllo di pari età cronologica e con quello di pari età di lettura, a volte, manifestano prestazioni deficitarie nonostante la percentuale bassa di errori. I dislessici di ortografie trasparenti manifestano, dunque, deficit di lettura ma meno severi dei coetanei inglesi (Caravolas, 2005).

Per quanto riguarda la fluenza (rapidità) di lettura di parole e pseudoparole, i dislessici sembrano manifestare maggiori difficoltà, indifferentemente dalla lingua, rispetto all'accuratezza (Wimmer, 1993). Non risulta chiaro, tuttavia, se i dislessici di lingue trasparenti siano più veloci nel leggere rispetto agli inglesi. Ciò nonostante sembrerebbe che per le lingue trasparenti si debba prendere in

considerazione il parametro della velocità di decodifica piuttosto che la distinzione tra strategie fonologiche e lessicali (*speed dyslexia*, Wimmer, 1993). I dislessici italiani, infatti, sono caratterizzati da una forte lentezza in lettura nonostante l'accuratezza sia sufficientemente preservata (Tressoldi, Stella, & Faggella, 2001; Zoccolotti, De Luca, Di Pace, Judica, Orlandi, & Spinelli, 1999). Inoltre Barca, Burani, Di Filippo e Zoccolotti (2006) hanno recentemente evidenziato che i dislessici italiani utilizzerebbero una lettura lessicale, rifiutando l'ipotesi di un deficit nel processamento globale della parola con una conseguente dipendenza dalla via nonlessicale.

In opposizione, in un recente studio di confronto diretto tra dislessici inglesi e cechi (il Ceco è una lingua ad ortografia trasparente) in cui veniva misurata la fluency in *sillabe al secondo* (piuttosto che il tempo medio di lettura della parola) Caravolas, Volin et Hulme (2005) hanno trovato che i dislessici manifestavano difficoltà rispetto ai controlli di pari età di lettura, ma essi non differivano tra di loro.

Oltre a ciò, uno studio condotto da Ziegler, Perry, Ma-Wyatt, Ladner e Sculte-Körne (2003) ha illustrato che le differenze assolute nei confronti cross-linguistici potrebbero essere fuorvianti e dovute a differenze tra le proprietà statistiche delle parole presenti nelle liste e misurate in lingue diverse. In un confronto diretto tra dislessici inglesi e tedeschi, gli autori hanno creato delle liste di parole che erano simili nella forma e nel significato in entrambe le lingue (utilizzando *cognates* come "box" e "sport"). Le liste di pseudo-parole sono state costruite appaiandole per numero di lettere, regolarità ortografica e consistenza valutata dalla densità dei vicini fonologici/ortografici (per esempio il numero delle altre parole con la stessa rima ortografica della parola target). I bambini sono stati valutati per il parametro di accuratezza e rapidità. Sebbene i tedeschi tendessero a leggere più velocemente e più accuratamente di quelli inglesi, i gruppi di dislessici di entrambe le lingue mostravano lo stesso decremento in accuratezza e rapidità quando leggevano le pseudo-parole rispetto alle parole e quando leggevano parole corte *versus* parole lunghe. Entrambi i risultati sono in accordo con un deficit nelle capacità di decodifica fonologica. Infine, questo

studio ha dimostrato che, quando viene utilizzato materiale simile, i bambini dislessici manifestano patterns simili nel deficit di lettura senza tenere in conto il grado di trasparenza dell'ortografia. Conseguentemente a ciò Ziegler e Goswami (2005) hanno recentemente suggerito come sia importante considerare, per esempio, nelle future ricerche, l'influenza di fattori come lo sviluppo delle strutture fonologiche che precedono l'acquisizione della lettura nelle differenti lingue e come queste strutture vengano modificate con lo sviluppo della lettura e i diversi metodi di insegnamento. Inoltre gli studi dovrebbero prendere in considerazione come l'apprendimento della lettura e dello spelling siano influenzati da fattori fonologici e linguistici tipici di ciascuna lingua, come la densità dei vicini fonologici/ortografici e la corrispondenza.

Nel confrontare le prestazioni di dislessici di lingue a differenti strutture ortografiche, ci si è posti anche il problema di esplorare i processi cognitivi deficitari sottostanti alle difficoltà di lettura. In breve, in un'ottica a sostegno dell'ipotesi fonologica della dislessia (vedi paragrafo precedente), sono state individuate la consapevolezza fonologica, la memoria di lavoro verbale e il RAN come processi cognitivi deficitari nella maggior parte dei dislessici presi in considerazione (vedi Caravolas, 2005).

4. La dislessia e l'effetto crowding: principali studi dalla letteratura

All'interno del quadro delle ipotesi teoriche che rendono conto dei deficit visuo-attentivi che accompagnano la dislessia, esistono alcuni studi in letteratura, a partire dagli anni '70, che hanno messo in luce che soggetti dislessici manifestano una maggiore sensibilità al crowding (per esempio Atkinson, 1991; Bouma & Legein, 1977; Spinelli, De Luca, Judica, & Zoccolotti, 2002).

Uno dei primi è quello di Bouma e Legein (1977) in cui gli autori misurarono il riconoscimento di lettere della stessa misura di quelle usate nei testi. La lettera target, isolata, circondata da due "x" oppure da lettere formanti con essa una parola, è stata presentata in modo tachistoscopico in visione foveale e parafoveale a un gruppo di venti bambini dislessici e venti normo-lettori. In

parafovea, la percentuale di risposte corrette dei dislessici era risultata minore del 50%, mentre quella dei controlli maggiore del 50%. Tali risultati hanno portato gli autori a concludere che l'effetto crowding presentato in parafovea fosse particolarmente accentuato nella dislessia. Al contrario, per gli stimoli presentati fovealmente, emersero delle prestazioni pressoché simili tra condizione crowding e isolata che raggiungevano il *ceiling* per entrambi i gruppi.

Inoltre Atkinson (1991) misurò l'acuità visiva nell'identificazione di lettere presentata in visione foveale, isolate o circondate da altre quattro lettere (Cambridge Crowding Cards). I risultati fecero emergere che soltanto un sottogruppo di bambini dislessici manifestava un effetto crowding maggiore rispetto ai bambini di pari età cronologica e di pari età di lettura. In uno studio successivo, identificò che quattro dislessici su tredici risentivano di tale effetto.

Nonostante Pelli et al. (2004) abbiano sottolineato le differenze esistenti tra crowding e mascheramento, vorremmo proporre qui l'analisi di un interessante studio che ha voluto mettere in luce, attraverso l'utilizzo di un innovativo paradigma sperimentale, l'effetto del mascheramento laterale sulle prestazioni di un gruppo di dislessici adulti di età compresa tra i 19 e i 45 anni. Pernet, Valdois, Celsis e Démonet (2006) hanno presentato ai loro soggetti coppie di stimoli simultanei di cui il primo in posizione centrale rispetto allo schermo e il secondo, isolato o circondato da altri due "x" (condizione crowding) a destra o a sinistra del primo, a 3° di angolo visivo o 6° di angolo visivo di eccentricità. Gli stimoli erano di tre categorie differenti (lettere latine, figure geometriche e lettere dell'alfabeto coreano) e i soggetti erano invitati ad eseguire un compito di discriminazione (il simbolo periferico, isolato o affollato è uguale o diverso a quello posto al centro) e di categorizzazione (il simbolo periferico, isolato o affollato è della stessa categoria di quello posto al centro). I principali risultati hanno mostrato come la performance risulti peggiore nella condizione in cui il target è circondato da altri stimoli, come sia presente un effetto di modulazione dell'eccentricità (miglior performance, nel riconoscimento del target affollato, a 3° di angolo visivo piuttosto che a 6° di angolo visivo) e un vantaggio nel riconoscimento del target, indipendente dal tipo di stimolo, quando esso veniva

presentato nell'emicampo visivo destro. E' emerso, inoltre, un effetto di mascheramento maggiore nell'esecuzione del compito di categorizzazione rispetto a quello di discriminazione.

Prendendo in considerazione le ipotesi di spiegazione del crowding (utilizzate in questo studio per spiegare il lateral masking) precedentemente proposte (Byork & Murray, 1977; Wolford & Chambers, 1984 per la prima; Levi et al., 2002; Pelli et al., 2004, per la seconda), quest'ultimo risultato supporterebbe quella che sostiene l'intervento di meccanismi percettivi di alto livello (operanti durante la percezione combinata delle caratteristiche di target e flankers) nell'effetto di mascheramento laterale in quanto esso risulterebbe essere più forte nel compito di categorizzazione rispetto a quello di discriminazione. Pelli et al. (2004), però, hanno osservato che è l'effetto crowding, e non il mascheramento, ad influire negativamente nei compiti in cui le caratteristiche degli stimoli vengono integrate tra loro per formare una rappresentazione percettiva da confrontare con quella presente in memoria. Questo dato, insieme al fatto che l'effetto analizzato in questo studio è modulato in base all'eccentricità, ci spinge a precisare che esso, in base alla classificazione di Pelli et al. (2004) debba essere più correttamente denominato crowding e non lateral masking. Quest'ultima considerazione giustifica la presenza e l'analisi del lavoro di Pernet et al. (2006) all'interno di questo paragrafo.

Per quanto riguarda la performance dei dislessici, essi hanno manifestato tempi di risposta più lunghi nella condizione crowding rispetto ai controlli. Gli autori hanno interpretato tale risultato prendendo in considerazione il fatto che, in tale condizione, viene aumentato il carico di informazione presente in visione parafoveale. Infatti, poiché gli stimoli affollati impegnano pesantemente il sistema magnocellulare (Omtzigt et al., 2002; 2004) e i meccanismi di attenzione spaziale (Huckauf & Heller, 2002), si potrebbe suggerire che la condizione crowding peggiorerebbe le difficoltà presenti anche in condizione isolata per i dislessici a causa di questa maggiore difficoltà nel localizzare il target. Questo dato era già stato precedentemente rilevato da uno studio condotto su bambini dislessici di cui la metà circa manifestava una soglia più alta di riconoscimento di

stringhe di 4 e 6 numeri rispetto ai controlli, associata anche ad un numero maggiore di movimenti oculari durante la lettura di parole e pseudoparole (Hawelka & Wimmer, 2005). Quest'ultimo risultato ha portato gli studiosi a ipotizzare la messa in atto di una strategia seriale di lettura caratterizzata dalla conversione grafema-fonema.

Tornando allo studio di Pernet et al. (2006), i dislessici hanno manifestato maggiori difficoltà nello svolgimento del compito di categorizzazione rispetto a quello di discriminazione che svolgono allo stesso livello di accuratezza dei controlli. Ciò significherebbe che i dislessici hanno maggiori difficoltà nella capacità di integrare le caratteristiche (*feature integration*) piuttosto che nella *feature detection*. Questo dato viene attribuito allo specifico paradigma sperimentale utilizzato in questo studio, ma si può pensare che esso sia anche legato al fatto che un compito di categorizzazione necessita maggiormente di meccanismi di memoria di lavoro in quanto il soggetto deve confrontare il target con una rappresentazione mnestica; com'è noto, tali meccanismi sembrano essere particolarmente deficitari nei soggetti dislessici (esempio: Howes, Bigler, Burlingame, & Lawson, 2003; Smith-Spark & Fisk, 2007). Inoltre, l'effetto maggiore di mascheramento laterale dei dislessici rispetto ai controlli viene misurato nel compito di categorizzazione, mentre in quello di discriminazione non c'è alcuna differenza.

Una delle ipotesi che ci può spingere a sostenere l'effetto del crowding particolarmente marcato nei dislessici è quella della superiorità dell'acuità parafoveale manifestata da tali soggetti. È stato dimostrato, infatti, che i dislessici hanno una performance migliore dei normo-lettori nella denominazione di lettere presentate in parafovea. Nello specifico, le lettere presentate a destra di quella centrale (a 7,5°, 10° e 12,5°), in zona parafoveale, sono riconosciute meglio di quelle presentate a sinistra da parte dei soli dislessici; i normo-lettori, al contrario non manifestano tale asimmetria (Geiger, Lettvin, & Zegarra-Moran, 1992). In termini di angolo visivo, i dislessici sembrano percepire le lettere a + 2,5° di distanza rispetto ai normo-lettori; dei risultati simili sono stati recentemente trovati da Lorusso et al. (2004). Geiger e Lettvin (2000; Geiger, Lettvin, & Fahle,

1994) non hanno interpretato questi dati come un difetto d'inibizione del sistema magnocellulare poiché, se questo fosse stato vero, la migliore percezione della lettera avrebbe dovuto manifestarsi non solo a destra ma anche a sinistra. Inoltre è stato dimostrato che dislessici caratterizzati da un deficit visivo che rende loro migliore la denominazione di lettere presentate in parafovea, migliorano la loro performance in lettura grazie ad uno specifico training. Quest'ultimo consisterebbe nel leggere un testo tramite una finestra mobile (la cosiddetta *moving window*) in modo da mascherare l'informazione presente in zona parafoveale e circoscrivere visivamente quella presente in fovea (Geiger, Lettvin, & Fahle, 1994). Tali risultati sono stati ottenuti anche da Rayner (1998) su un soggetto dislessico con caratteristiche di trattamento percettivo simili a quelle dei soggetti di Geiger e Lettvin. Il dislessico leggeva le parole o le lettere presentate in parafovea meglio che i normo-lettori e, quando utilizzava una finestra mobile, la sua prestazione migliorava con una finestra stretta (7 caratteri) piuttosto che con una larga (31 caratteri). Inoltre, la sua prestazione migliorava ulteriormente se al di fuori della finestra le lettere venivano sostituite da delle "X". Questo dato è stato interpretato con un deficit di un filtro attenzionale che permetterebbe ai normo-lettori d'inibire l'informazione presente in parafovea in modo da ottimizzare l'elaborazione dell'informazione in fovea.

Nonostante i risultati rilevanti degli studi prima presentati, è stata evidenziata l'importanza di valutare l'effetto crowding nell'identificazione di unità ortografiche più grandi delle lettere, come le parole, consentendo, così, di estendere i risultati anche ad una condizione di lettura maggiormente funzionale (Spinelli et al.; 2002). Studi sui movimenti oculari, infatti, hanno evidenziato come tale processo sia influenzato, a livello cognitivo, da fattori come la difficoltà del testo, l'expertise del lettore, il contesto etc. (per una review Rayner, 1998).

In linea con questo punto di vista, Spinelli et al. (2002) hanno svolto due esperimenti utilizzando le parole per valutare l'effetto crowding in bambini dislessici. Nel primo di essi utilizzarono un nuovo paradigma sperimentale in cui i soggetti dovevano identificare parole o stringhe di simboli presentate, in visione

centrale, isolatamente o circondate da altre parole o stringhe di simboli (condizione crowding). I risultati principali hanno mostrato che un sottogruppo ristretto di dislessici era molto più lento nel riconoscimento degli stimoli, sia parole che stringhe di simboli, rispetto ai controlli normo-lettori di pari età cronologica. Poiché tale effetto è emerso per entrambi i tipi di materiali, gli autori hanno concluso che esso si manifesta prima del livello di analisi linguistica degli stimoli. Inoltre, nel secondo esperimento, in cui sono stati manipolati lo spazio interlettera e l'offuscamento delle parole, è emerso che, come prima, un sottogruppo di soggetti dislessici, manifesta un vantaggio nel riconoscimento di parole con le lettere maggiormente distanziate tra loro. Infine, gli autori hanno concluso sostenendo l'ipotesi che, nelle loro condizioni sperimentali, fattori linguistici e attentivi sembrano non influenzare significativamente l'effetto crowding osservato.

È stata recentemente proposta una posizione differente (Shovman & Ahissar, 2006) che ha criticato la presenza di uno specifico effetto crowding nei soggetti dislessici. Gli autori hanno cercato di mettere in relazione i deficit visivi lamentati da un gruppo di dislessici adulti, la loro performance a compiti visivi (nei quali la misura dei caratteri, il crowding e il *visual noise* furono manipolati) con le abilità di lettura. Malgrado i risultati dei precedenti studi, né uno specifico effetto crowding per i dislessici, né un legame significativo tra le misure relative alle abilità visive e quelle di lettura sono emersi dai risultati suggerendo che gli aspetti visivi non sembrano limitare le performance di lettura dei soggetti dislessici. Sembrerebbe, inoltre, non esistere un legame diretto tra la loro performance ai compiti visivi e i disordini visivi riportati dagli stessi soggetti durante il compito di lettura. Gli autori hanno interpretato tali risultati proponendo che, forse, i deficit visivi potrebbero essere una conseguenza piuttosto che una causa delle difficoltà di lettura presenti: per sopperire al deficit fonologico legato ad una debole rappresentazione fonologica, infatti, i dislessici hanno bisogno di acquisire molta più informazione visiva appesantendo, così, i propri meccanismi visuo-attentivi. Questi risultati rimettono fortemente in questione il dibattito sulle cause visive alla base della dislessia e, nello specifico,

evidenziano come la presenza di uno specifico effetto crowding sia ancora totalmente aperta a discussione.

CAPITOLO IV. LA RICERCA: UNO STUDIO
SPERIMENTALE SULL' INFLUENZA DELL' EFFETTO
CROWDING NELLA DISLESSIA EVOLUTIVA

1. Il razionale

La presente ricerca nasce con l'obiettivo generale di esplorare l'effetto del crowding nella dislessia evolutiva, in una prospettiva di confronto intra e inter-linguistico.

Alcuni degli studi proposti nella parte di rassegna teorica hanno sottolineato come soggetti con difficoltà specifica di lettura siano caratterizzati da una marcata sensibilità all'effetto crowding (es. Atkinson, 1993; Spinelli et al., 2002). D'altro canto, la letteratura indica anche come la presenza di uno specifico effetto crowding nella dislessia evolutiva sia ancora aperta a discussione (Shovman & Ahissar, 2006). In generale, ciò potrebbe essere dovuto a diversi fattori, prevalentemente di ordine metodologico con implicazioni sul piano teorico. Inoltre è necessario considerare l'eterogeneità che caratterizza la popolazione di dislessici (Castles & Coltheart, 1993; McDougall, Borowsky, McKinnon, & Hymel, 2005; Vellutino & Fletcher, 2005) e che si è manifestata anche in risposta all'effetto crowding con la presenza di ristretti sottogruppi di dislessici che sembrano risentirne in modo più marcato (Atkinson, 1993; Spinelli et al., 2002).

Rispetto ai fattori di ordine metodologico, la rassegna della letteratura precedentemente affrontata ha messo in evidenza come lo studio dell'effetto crowding sia stato, da sempre, dominato da un approccio *psicofisico*. I metodi di valutazione del crowding si sono caratterizzati per la loro ampia diversità focalizzandosi su quelli utilizzati dalla psicofisica come la sensibilità al contrasto (es. Shovman & Ahissar, 2006) o la misurazione della soglia di presentazione dello stimolo (es. Fine, 2004) e sulla manipolazione di variabili quali il *critical letter spacing* (es. Chung, 2002; Pelli, Palomares, & Majaj, 2004), il contrasto stimolo-sfondo e l'eccentricità dello stimolo (es. Pelli et al., 2004; Shovman & Ahissar, 2006). Tuttavia, alcuni studi sull'effetto positivo del contesto nel riconoscimento di una lettera (per esempio, inserita all'interno di una stringa o di una parola) (es. Fine, 2004), soprattutto in condizioni di stimolo degradato come nel crowding (Massaro & Cohen, 1994), e la necessità di estendere i risultati

ottenuti con l'effetto crowding al processo di lettura, ci hanno spinto a valutare tale effetto nei confronti di unità ortografiche più grandi delle lettere o delle triplette di lettere utilizzate dalla maggior parte degli studi sopra citati.

Tenendo conto di tali considerazioni, si è deciso di ispirarsi al paradigma sperimentale, già ampiamente discusso, utilizzato da Spinelli et al. (2002) per l'esecuzione del primo esperimento, valutando l'influenza della presenza di stimoli distrattori nel riconoscimento di parole e stringhe di simboli presentati in posizione centrale. Tale procedura ci permetterà di riferire i risultati da noi ottenuti ad uno studio che ha utilizzato una metodologia equiparabile, sebbene si sia scelto di misurare i tempi di risposta (TR) piuttosto che quelli vocali, superando, almeno in parte, il problema dell'eterogeneità dei metodi di studio impiegati in letteratura.

Inoltre, per valutare l'influenza di differenti tipi di materiali nella prestazione dei soggetti e in che misura questi siano modulati dall'effetto crowding, si è scelto di manipolare il grado di *lessicalità* del materiale verbale presentando non-parole non legali (con un minimo grado di lessicalità), pseudo-parole legali e parole (massimo grado di lessicalità). Un secondo tipo di materiale, di tipo non-verbale e che non attivasse automaticamente una rappresentazione fonologica, è stato inoltre introdotto come condizione di controllo.

Un'ulteriore e importante osservazione, ancora una volta di ordine metodologico, va fatta prendendo in considerazione l'approccio *neurocostruttivista* (Karmiloff-Smith, 1992; 1998; 2007) secondo cui lo studio dei disturbi evolutivi deve basarsi su ricerche longitudinali a partire dalla primissima infanzia per poterli identificare il più precocemente possibile. Questa metodologia permetterebbe di investigare le cause di disturbi dello sviluppo considerandone i differenti andamenti evolutivi che possono condurre a diversi risultati fenotipici. Risulta inoltre importante tenere in considerazione fattori ambientali che, rispetto alla loro natura e al momento temporale in cui si manifestano, possono avere influenze diverse. Applicando tale visione allo studio

di quelle che possono essere le cause della dislessia evolutiva risulta necessario attuare un controllo metodologico che si esplica anche attraverso la selezione accurata dei gruppi di controllo: uno che abbia la stessa età cronologica media e lo stesso punteggio di QI del gruppo di soggetti dislessici e uno che abbia lo stesso livello di lettura e lo stesso punteggio di QI. E' proprio attraverso il confronto con quest'ultimo gruppo che possono essere generate delle ipotesi di ordine causale (Goswami, 2003). Dall'analisi della letteratura emerge che solo gli studi condotti per esplorare l'ipotesi fonologica della dislessia evolutiva hanno applicato tale metodologia avvalendosi, perciò, di risultati estendibili e utilizzabili in termini di ipotesi causale (Goswami, 2003). Per questo motivo, Goswami (2003) auspica l'inclusione di un gruppo di controllo appaiato ai dislessici per età di lettura e QI anche negli studi che vanno ad esplorare il processamento visivo in tale disturbo.

Prendendo in considerazione queste importanti osservazioni e allo scopo di esplorare il legame tra effetto crowding e dislessia evolutiva verrà appaiato ad ogni soggetto dislessico un soggetto di pari età cronologica e uno di pari età di lettura; tale procedura verrà attuata sia per il campione francese che per quello italiano. Se tale effetto viene ipotizzato essere causa del deficit specifico di lettura, è necessario che esso si manifesti in modo differente nel gruppo di controllo di pari età cronologica ma, soprattutto, in quello di pari età di lettura. Questo perché, se si ipotizza che la dislessia non sia solo un ritardo nell'acquisizione della lettura ma un vero e proprio disturbo deve esserci una prestazione differente, nei confronti del fattore considerato, tra i dislessici e il gruppo di bambini che si trovano nelle fasi iniziali di apprendimento della lettura.

Poiché l'identificazione del deficit di lettura e la sua espressione possono essere influenzate da variabili contestuali, si è ritenuto opportuno valutare l'effetto crowding su variabili linguistiche differenti operando un confronto diretto tra due lingue, il Francese e l'Italiano. Se i risultati ottenuti, nel loro insieme, saranno caratterizzati da omogeneità a garanzia di stabilità, questa metodologia permetterà una maggiore generalizzazione di questi. A tale scopo

verranno presi in considerazione due gruppi di soggetti in età evolutiva con dislessia, uno di lingua francese e uno di lingua italiana. Data la profonda differenza nella struttura ortografica di queste due lingue lungo il continuum di opacità/trasparenza (Frost, 2005; Seymour, 2005), il confronto tra le abilità di lettura dei dislessici francesi e italiani, manifesterà, probabilmente delle differenze. In particolare si ipotizza che la lettura di parole e di pseudoparole sia maggiormente deficitaria nel gruppo dei francesi (Paulesu et al., 2001). Tuttavia alcuni studi hanno messo in evidenza che utilizzando lo stesso tipo di unità di misura per la valutazione della rapidità di lettura (sillabe al secondo) (Caravolas, 2005; Caravolas, Volin, & Hulme, 2005) o creando parole e pseudoparole simili per proprietà statistiche (numero di vicini fonologici e/o ortografici) e strutturali (stesso numero di lettere e stessa struttura ortografica) (Ziegler et al., 2003) si osservano pattern simili nelle prestazioni di lettura tra dislessici di lingue opache e dislessici di lingue trasparenti.

Molti studi hanno evidenziato che la popolazione di soggetti dislessici è particolarmente eterogenea; tale eterogeneità potrebbe essere spiegata, in parte, attraverso la presenza di differenti sottotipi di dislessia, come sostenuto da alcuni autori (Castles & Coltheart, 1993; McDougall, Borowsky, McKinnon, & Hymel, 2005; Vellutino & Fletcher, 2005). In quest'ottica la letteratura ha evidenziato dei sottogruppi ristretti di dislessici caratterizzati da una particolare e marcata sensibilità al crowding (Atkinson, 1993; Spinelli et al., 2002). L'analisi delle differenze individuali, perciò, potrebbe presentarsi come una valida metodologia per individuare se anche nella nostra popolazione di dislessici siano presenti dei sottogruppi di dislessici manifestanti tale tendenza.

Infine risulta interessante valutare in che misura il compito sperimentale teso alla valutazione del crowding sia in relazione con le competenze di lettura, così come viene misurata in letteratura (Shovman & Ahissar, 2006). Attraverso di esso, infatti, e in linea con quanto sostenuto da Spinelli et al. (2002) è stato ipotizzato di poter estendere i risultati ottenuti ad un processo di riconoscimento di parole implicato nella lettura .

Ancora, Goswami (2003) ha affermato che nei compiti che vanno a valutare le abilità visive è necessario tenere conto delle capacità di attenzione dei soggetti in esame. Inoltre, altri processi cognitivi, come capacità di memoria a breve termine e visuo-percettive, potrebbero influenzare la performance in un compito di riconoscimento visivo. Per tali motivi ci si è prefissati lo scopo di valutare la relazione tra il compito di identificazione e alcune prove tese alla valutazione dei suddetti processi cognitivi.

1.1. Ipotesi

Sulla base delle precedenti considerazioni, sono state formulate le seguenti ipotesi sperimentali:

1. *Effetto crowding*. In linea con quanto osservato da Spinelli et al. (2002), il riconoscimento degli stimoli presentati in condizione di affollamento visivo (crowding), cioè circondati da altri stimoli della stessa natura, deve risultare più lento del riconoscimento degli stessi presentati isolatamente.
2. *Effetto crowding e dislessia evolutiva*. Se i dislessici manifestano una sensibilità marcata all'effetto crowding essi dovrebbero risultare più lenti e meno accurati dei soggetti di controllo nella condizione di affollamento visivo. Inoltre, se questo gruppo risulta caratterizzato da uno specifico deficit fonologico (Griffiths & Snowling, 2002; Snowling, 2000; 2006) ci si aspetta che essi abbiano maggiori difficoltà nella condizione di crowding nel riconoscimento del materiale verbale, evidenziato da tempi marcatamente più lenti e da un'accuratezza meno elevata. Al contrario, se il *core deficit* non è specifico (fonologico) ma associato a difficoltà più generali nel processamento visivo, la sensibilità all'effetto crowding dovrebbe presentarsi in egual misura in tutti i materiali.
3. *Velocità di processamento di stimoli visivi*. Indipendentemente dall'effetto crowding, se il gruppo dei dislessici manifesta un deficit

nella velocità di processamento indicatore di un disturbo cognitivo generalizzato, i dislessici dovrebbero essere più lenti sia nel materiale verbale che in quello non-verbale rispetto ai controlli. Al contrario, se il core deficit, caratterizzante il gruppo dei dislessici, è di tipo fonologico (Griffiths & Snowling, 2002; Snowling, 2000; 2006) essi potrebbero risultare più lenti e meno accurati dei soggetti di controllo unicamente nel riconoscimento del materiale verbale, senza differenziarsi da essi, invece, nel materiale non-verbale.

Allo scopo di indagare queste ipotesi sperimentali, sono stati confrontati un gruppo di soggetti con dislessia evolutiva e due gruppi di controllo, il primo costituito da soggetti appaiati ai dislessici per età cronologica e il secondo per età di lettura. Inoltre, per una maggiore generalizzazione dei risultati, il confronto è stato condotto in una prospettiva inter-linguistica, utilizzando due campioni di soggetti, uno francese ed uno italiano.

Qui di seguito verranno descritte la metodologia, le tecniche di analisi dei dati e i risultati ottenuti relativi al paradigma sperimentale utilizzato, comuni e specifici ai due gruppi linguistici.

2. Metodo

Verranno presentate, in parallelo, le procedure metodologiche attuate per i due gruppi linguistici che, in alcuni casi sono risultate essere le medesime, mentre in altri si sono differenziate.

La selezione dei partecipanti è avvenuta sulla base dei risultati ottenuti a prove standardizzate per la valutazione del funzionamento intellettuale e delle capacità di lettura specifiche per lingua: nel caso dei dislessici la valutazione è stata eseguita in sede di diagnosi e ripetuta nel corso della sessione sperimentale; i controlli, invece, sono stati valutati un'unica volta durante la sessione sperimentale.

2.1. Campione

2.1.1. Campione francese

Sono stati costituiti tre gruppi di soggetti: uno sperimentale composto da 22 bambini dislessici (D) (9 femmine e 13 maschi; età media in mesi = 119,3; d.s. = 8,5) e due gruppi di controllo senza difficoltà di lettura, uno di pari età cronologica (CA) (22 bambini, 9 femmine e 13 maschi; età media in mesi = 119,6; d.s. = 8,5) e uno di pari età di lettura (RL) (22 bambini, 9 femmine e 13 maschi; età media in mesi = 89,3; d.s. = 7,3). Il campione totale del gruppo dei bambini francesi ammonta a 66 soggetti.

I dislessici sono stati reclutati da due classi di scuola primaria di due cittadine del sud della Francia (Avignone e Pélissanne), specializzate nell'insegnamento a bambini dislessici (*C.L.I.S.*, *Classes d'Integration Scolaire*).

Hanno tutti ricevuto una diagnosi di dislessia evolutiva da parte di psicologi clinici dei servizi territoriali. I criteri di inclusione nel campione erano una marcata difficoltà di lettura valutata attraverso un test standardizzato, un QI nella norma e l'assenza di deficit sensoriali uditivi e/o visivi.

Tutti i partecipanti erano parlatori nativi della lingua francese con capacità visive nella norma o corrette.

I bambini dei due gruppi di controllo sono stati reclutati nella stessa scuola primaria, a partire dalla prima classe fino alla quinta, in accordo con l'età di lettura (classe prima, seconda e terza) e cronologica (classe quarta e quinta) dei bambini dislessici. I criteri di inclusione erano capacità di lettura e QI nella norma e assenza di deficit sensoriali uditivi e/o visivi.

2.1.2. Campione italiano

Anche in questo caso sono stati costituiti tre gruppi: uno sperimentale composto da 22 bambini dislessici (D) (5 femmine e 17 maschi; età media in mesi = 115,6; d.s. = 10,6) e due gruppi di controllo senza difficoltà di lettura, uno di pari età cronologica (CA) (22 bambini, 5 femmine e 17 maschi; età media in mesi = 115,6; d.s. = 11,8) e uno di pari età di lettura (RL) (22 bambini, 5

femmine e 17 maschi; età media in mesi = 85,9; d.s. = 8,3). Il campione totale del gruppo dei bambini italiani ammonta a 66 soggetti.

I bambini dislessici sono stati reclutati all'interno del “*Centro Regionale per le disabilità linguistiche e cognitive in età evolutiva*” dell'ASL di Bologna e del “*Servizio di Neuropsichiatria Infantile*” di Carpi (ASL di Modena). Tutti avevano già ricevuto, in precedenza, una diagnosi di dislessia evolutiva da parte di psicologi dei servizi stessi. I criteri di inclusione all'interno del campione erano, anche in questo caso, la presenza di evidenti difficoltà di lettura valutate tramite un apposito test standardizzato, un QI nella norma e l'assenza di deficit visivi e/o uditivi.

Tutti i bambini erano parlatori nativi della lingua italiana con capacità visive nella norma o corrette.

I partecipanti appartenenti al gruppo di controllo sono stati reclutati tra gli alunni di classi di alcune scuole primarie di Bologna che partecipano, da anni, a progetti di screening degli apprendimenti scolastici condotti dal *L.A.D.A.* (Laboratorio Assessment Disturbi dell'Apprendimento, Dipartimento di Psicologia di Bologna). Anche qui le classi coinvolte andavano dalla prima alla quinta primaria, in accordo con l'età di lettura e cronologica dei bambini dislessici. I criteri di inclusione erano capacità di lettura e valori di QI nella norma, assenza di deficit visivi e/o uditivi.

Per tutti i partecipanti è stato precedentemente richiesto il consenso informato ai genitori.

Concludendo, considerando il totale dei soggetti appartenenti ai due gruppi linguistici si è ottenuto un campione composto da 132 bambini, 44 dislessici (14 femmine e 30 maschi, età media in mesi = 117,4; d.s. = 9,7), 44 normo-lettori di pari età cronologica (14 femmine e 30 maschi, età media in mesi = 117,6; d.s. = 10,3) e 44 normo-lettori di pari età di lettura (14 femmine e 30 maschi, età media in mesi = 87,6; d.s. = 7,9).

2.2. Valutazione delle capacità di lettura e cognitive

Prima di iniziare con la sessione di compiti sperimentali informatizzati per la valutazione dell'effetto crowding, è stato eseguito l'assessment delle capacità di lettura e di quelle cognitive di ogni soggetto. Inoltre, al termine della sessione sperimentale sia ai francesi che agli italiani, è stata effettuata una valutazione comune della capacità di lettura di parole e pseudoparole utilizzate nei compiti al computer e che verranno descritte più avanti.

2.2.1. Campione francese

Per quanto riguarda il gruppo di bambini francesi, è stato utilizzato un subtest standardizzato (“*Lecture et déchiffrement*”- “Lettura e decodifica”) tratto dal test “*K.ABC – Batterie pour l’Examen Psychologique de l’Enfant*” (ECPA, 1993 per la versione francese) che fornisce punteggi standard ed età di lettura corrispondenti; quest’ultima caratteristica ci ha permesso di appaiare per età di lettura i soggetti di controllo ai dislessici. Tale subtest, frequentemente utilizzato dai servizi territoriali francesi nella diagnosi della dislessia, è costituito da una lista di lettere, di parole regolari e irregolari (la maggior parte) che aumentano di difficoltà. Il compito dei bambini è quello di leggere a voce alta le lettere e le parole il più correttamente possibile. Il punteggio standard finale indica il valore di *accuratezza* riportato da ogni soggetto.

Il funzionamento intellettuale di base dei bambini appartenenti ai gruppi di controllo è stato valutato attraverso l'utilizzo delle “*Matrici Progressive Colorate di Raven*” (ECPA, 2005, per la versione francese); quello dei dislessici era stato precedentemente valutato dagli psicologi clinici, al momento della diagnosi, attraverso la somministrazione della “*WISC-III*” (ECPA, 1996, per la versione francese).

2.2.2. Campione italiano

Le capacità di lettura dei bambini italiani sono state valutate attraverso la somministrazione delle *Prove 4 e 5* (rapidità e accuratezza nella lettura di parole e pseudo-parole) della “*Batteria per la valutazione della Dislessia e*

Disortografia Evolutiva” (Sartori, Job, & Tressoldi, 1995) e delle “*Prove MT*” (Cornoldi & Colpo, 1998) che valutano la rapidità e l'accuratezza di lettura di un brano. Entrambi i test sono comunemente usati nella diagnosi del disturbo di lettura per la lingua italiana. Poiché in letteratura è noto che per le lingue trasparenti come l'Italiano un parametro altamente indicativo delle capacità di lettura è la *rapidità* (Wimmer, 1993), esso è stato preso in considerazione (in termini di sillabe al secondo) insieme a quello dell'*accuratezza* (numero di errori). Inoltre, poiché in Italiano non sono presenti dei test di lettura che forniscano l'età di lettura precisa, è stato necessario utilizzare tali prove anche per appaiare a ogni dislessico un soggetto di controllo di pari età di lettura, utilizzando l'indicazione della classe di appartenenza fornita dai dati normativi.

Per quanto riguarda la valutazione del funzionamento intellettuale dei bambini normo-lettori, è stata utilizzata la versione italiana del “*K-BIT - Kaufman Brief Intelligence Test*” (Bonifacci, Santinelli, & Contento, 2007) che valuta la competenza verbale e non verbale in modo veloce e agevole. Esso è costituito da una scala verbale comprendente un compito di *Vocabolario Espressivo* e uno di *Definizioni*; la scala di performance è costituita da un subtest di *Matrici*.

Anche in questo caso, i bambini dislessici, invece, avevano già eseguito un assessment cognitivo durante la diagnosi svolto attraverso la somministrazione della “*WISC-R*” (Wechsler, 1974; trad. italiana, Orsini, 1993).

Oltre a questi test, al campione italiano sono state somministrate una prova di valutazione delle capacità di attenzione sostenuta [subtest specifico di barrage di stimoli visivi circondati da distrattori della “*LEITER-R - Leiter International Performance Scale Revised*” (Roid & Miller, 1997)], una per la misura della capacità di memoria a breve termine [subtest “*Memoria di cifre*” della “*WISC-R*” (Wechsler, 1974)] e alcune prove visuo-percettive [subtest “*Completamento di Figure*” e “*Figura/Sfondo*” del test “*TPV - Test per la valutazione dell'abilità fino-motoria*” (Hammill, Pearson, & Voress, 1993)].

2.3. Stimoli e apparato del compito di identificazione

Nel compito di identificazione, utilizzato per la valutazione dell'effetto crowding, sono stati utilizzati due tipi di stimoli, verbali e non verbali, creati attraverso l'uso del programma di grafica *Photoshop CS*. Tutti gli stimoli verbali sono stati creati utilizzando il carattere "Courier New", misura 21,72 pt. È stato selezionato tale carattere in quanto utilizzato nella maggior parte degli studi di psicofisica per le sue particolari caratteristiche come la costanza della distanza tra una lettera e l'altra e della loro larghezza (Chung, 2002; Legge, 2007).

Il range di misura dell'altezza delle lettere era compreso tra $0,6^\circ$ e $0,8^\circ$ di angolo visivo mentre la loro larghezza era di circa $0,5^\circ$ di angolo visivo; la distanza dal centro di una lettera a quello delle sue vicine era di circa $0,8^\circ$ di angolo visivo e lo spazio tra le parole/pseudo-parole/non-parole era di 1° di angolo visivo (nella condizione crowding).

Allo scopo di utilizzare materiale non-verbale non familiare che non attivasse automaticamente rappresentazioni fonologiche, abbiamo scelto un particolare subset di stimoli presi dagli alfabeti Siriano, Aramaico ed Eschimese; la Figura 1.IV mostra un esempio di alcuni simboli utilizzati.

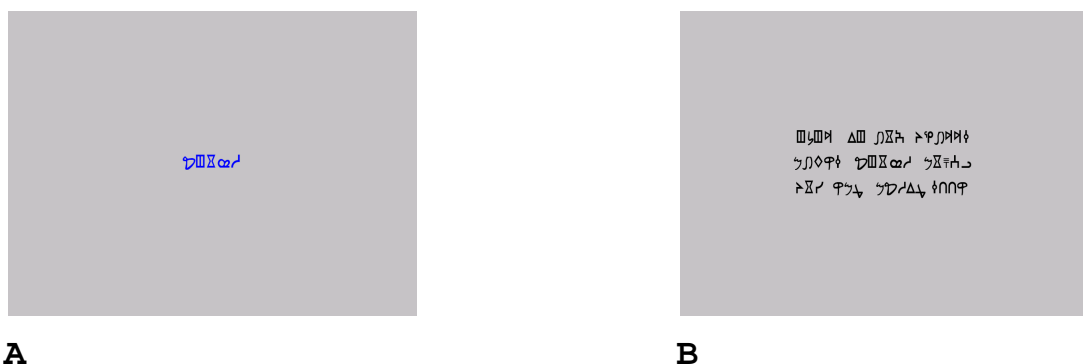


FIG.1.IV. Esempio delle stringhe di simboli utilizzate nel compito di identificazione; il target probe (immagine A) e il target nella condizione crowding-uguale (immagine B).

Combinando questi simboli, sono state ottenute dieci stringhe di simboli diverse tra loro. Nella condizione di crowding la distanza tra loro era di 1° di angolo visivo. I simboli avevano un'altezza compresa tra $0,4^\circ$ e 1° di angolo

visivo, una larghezza compresa tra 0,4° e 0,9° di angolo visivo e una distanza da centro a centro di 1° di angolo visivo. La combinazione dei simboli non è avvenuta in maniera casuale, ma attribuendo a ciascuna lettera delle non-parole un simbolo e mantenendo, così, lo stesso accostamento; ciò ci ha permesso di ottenere la stessa struttura tra le stringhe di simboli e le non-parole.

Per quanto riguarda gli stimoli verbali, nello specifico parole e pseudo-parole, verranno presentate in modo separato le procedure di selezione e creazione del materiale per ciascuna lingua in quanto differenti tra loro.

2.3.1. Studio francese - materiale verbale

Gli stimoli verbali sono stati creati tenendo conto delle variabili psicolinguistiche che ne influenzano il riconoscimento, in particolare *frequenza* (il parametro considerato per lo studio è stato l'*SFI*, *Standard Frequency Index*, indicante il valore di frequenza di una parola derivato da quello su un milione) e *dispersione* (parametro che indica quanto la parola presa in considerazione è rappresentata all'interno dei libri letti dai bambini di quell'età) forniti da uno specifico database lessicale presente in letteratura per la lingua francese. Il materiale verbale era composto da:

1. venti parole francesi reali (sostantivi) di cinque lettere selezionate dal database *MANULEX* (Lété, Sprenger-Charolles, & Colé, 2004) controllate e controbilanciate per *frequenza* (*SFI*, ≤ 50 per le parole a bassa frequenza e ≥ 60 per quelle ad alta frequenza) e *dispersione* (valore considerato $\geq .40$);
2. dieci pseudo-parole legali di cinque lettere create utilizzando un database che fornisce i valori di *frequenza posizionale* di digrammi e trigrammi della lingua francese, in modo da costituire delle pseudo-parole regolari (Content & Radeau, 1988) (frequenza posizionale media dei digrammi utilizzati = 1721; d.s. = 546,1). Inoltre si è controllato che il valore medio della familiarità delle pseudoparole fosse simile tra le due della stessa coppia qualora il target fosse

diverso dal probe. Le pseudo-parole sono state mescolate, infine, a dieci non-parole non legali composte, anch'esse, da cinque lettere.

2.3.2. Studio italiano - materiale verbale

Anche in questo caso, nella selezione delle parole, si è tenuto conto di una variabile lessicale che influenza la rapidità nel riconoscimento, la *frequenza*. Il secondo parametro considerato per i francesi, la *dispersione*, non era presente nel database utilizzato e, per tale motivo, non è stato considerato. Il materiale verbale per il campione italiano era così composto:

1. venti parole italiane reali (sostantivi) di cinque lettere selezionate dal database "*Lessico Elementare*" (Marconi, Ott, Pesenti, Ratti, & Tavella, 1993) controllate e controbilanciate per *frequenza* (parametro considerato è stato, anche qui, l'*SFI*, ≤ 50 per le parole a bassa frequenza e ≥ 60 per quelle ad alta frequenza). Tale database fornisce i dati statistici sull'Italiano scritto e letto dai bambini delle scuole elementari; a differenza di quello francese, però, esso non fornisce i valori dei parametri per ogni classe frequentata. Per il presente studio abbiamo preso in considerazione le variabili relative al lessico di lettura;
2. dieci pseudo-parole legali di cinque lettere create a partire da parole esistenti, controllate per frequenza come sopra, alle quali venivano sostituite delle lettere o delle sillabe; ciò ci ha permesso di avere un minimo di controllo sulla legalità/regolarità delle pseudo-parole create. Esse sono state mescolate a dieci non-parole non legali composte da cinque lettere.

Tutti gli stimoli, sia quelli verbali che quelli non-verbali, per entrambi i gruppi linguistici, sono stati presentati su un Personal Computer portatile (*Acer, TravelMate 4000WLMi*) attraverso il programma *E-Prime* prodotto dalla *Psychology Software Tools*, utilizzato anche per la messa a punto degli esperimenti.

Prendendo spunto dalla procedura sperimentale di Spinelli et al. (2002), ogni trial iniziava con un punto di fissazione (una croce) posto al centro dello schermo che durava 750 millisecondi (msec). Successivamente, al posto di questo, compariva un probe di colore blu su sfondo grigio (una parola, una pseudoparola, una non-parola o una stringa di simboli) che rimaneva per 2 secondi (sec), seguito poi da un altro punto di fissazione. Dopo 750 msec compariva il target (nero su sfondo grigio) che rimaneva visibile sullo schermo fino alla risposta del soggetto. Questo secondo stimolo poteva comparire da solo (condizione *isolata*) o circondato da altri della stessa natura (condizione *crowding*), uguali o diversi dal primo, il probe. Nella condizione *diversa* il target si differenziava dal probe in quanto cambiava il primo carattere, come suggerito da Spinelli et al. (2002). Nel caso delle parole, si prestava attenzione anche al valore di frequenza e dispersione del target diverso in modo da poterle controbilanciare tra loro.

Le condizioni di *crowding*, *isolata*, *uguale* e *diversa* sono state controbilanciate nella presentazione del target cosicché ogni parola, pseudo-parola, non-parola e stringa di simboli apparisse quattro volte.

La Figura 2.IV mostra la struttura dei compiti presentati a computer, lo stesso per ogni tipo di stimolo e per ogni gruppo linguistico.

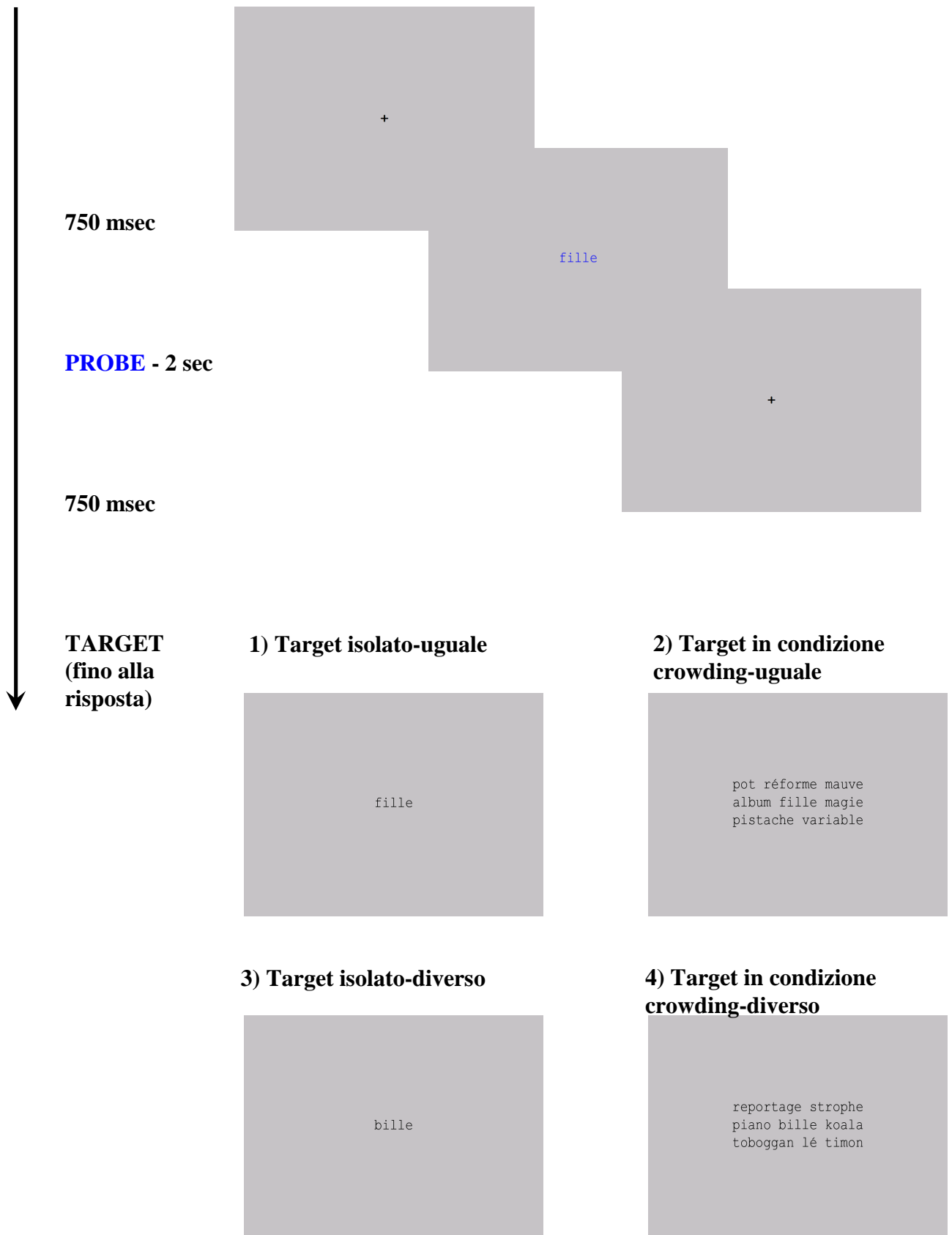


Fig.2.IV. Rappresentazione schematica della sequenza dei trial nel compito di identificazione. Tra ogni trial compariva un schermo blank grigio della durata di 2 sec.

Nella condizione di crowding, i distrattori che non apparivano mai come target, erano composti da 2 a 9 lettere o simboli. Lo stesso gruppo di distrattori intorno al target sono stati controbilanciati tra la condizione “uguale” e “diversa” per evitare che i partecipanti rispondessero solo sulla base dell'indizio visivo costituito dal gruppo di distrattori senza l'effettiva elaborazione del target.

2.4. Procedura sperimentale

Tutti i compiti sono stati somministrati individualmente.

Nel compito di identificazione, il soggetto partecipante sedeva di fronte al computer ad una distanza di circa 57 cm⁸ dallo schermo. Dopo di che l'esaminatore iniziava a spiegare il compito che consisteva nel premere il tasto giallo della tastiera del PC, corrispondente alla lettera “H”, il più velocemente e accuratamente possibile, ogni qual volta il secondo stimolo fosse uguale al primo e il tasto rosso, corrispondente alla lettera “D”, ogni qual volta, invece, fosse diverso; il compito era lo stesso per ogni tipo di stimolo. Il PC, attraverso il software E-Prime, registrava i *tempi di risposta* (TR) e l'*accuratezza* (numero di risposte corrette).

Le parole, le pseudoparole mescolate alle non-parole e le stringhe di simboli venivano presentate in blocchi separati e pseudo-randomizzati all'interno dei blocchi. La sequenza dei diversi tipi di materiali veniva bilanciata tra i soggetti in tutti e tre i gruppi.

Ogni soggetto eseguiva la prova di lettura; per quanto riguarda i soggetti normo-lettori francesi, essi eseguivano anche le Matrici Progressive di Raven. Inoltre, gli italiani eseguivano anche la prova di attenzione sostenuta, quella di memoria di cifre e quelle visuo-percettive. Anche la somministrazione delle prove è stata bilanciata: metà dei soggetti eseguiva i compiti di lettura e/o quelli cognitivi all'inizio e metà alla fine della sessione di compiti sperimentali al computer.

⁸ Come precedentemente descritto (Capitolo II, paragrafo 1.1), a tale distanza la misura angolare di uno stimolo corrisponde, quasi totalmente, a quella fisica (Legge, 2007).

Al termine della sessione sperimentale, infine, tutti i bambini, francesi e italiani, dislessici e normo-lettori, avevano il compito di leggere a voce alta le parole e le pseudo-parole precedentemente presentate nel compito di identificazione. L'esaminatore registrava il numero di errori e la rapidità (in termini di sillabe al secondo) per ogni bambino, in modo da avere una valutazione uguale, e perciò comparabile, delle abilità di lettura dei due gruppi.

3. Analisi dei dati e disegni sperimentali

L'analisi dei dati è stata svolta focalizzandosi, prima di tutto, sul confronto delle prestazioni tra i due gruppi linguistici e, successivamente, nei casi in cui ciò fosse necessario ai fini di un maggiore approfondimento, su quello intra-linguistico.

3.1. Valutazione delle capacità di lettura e cognitive

Inizialmente è stato svolto un confronto tra le abilità di lettura di dislessici e normo-lettori, francesi e italiani, considerando il campione totale di 132 soggetti (44 dislessici, 44 normo-lettori pari età cronologica e 44 normo-lettori pari età di lettura). A tale proposito si è proceduto con due analisi della varianza (ANOVA) per prove ripetute, una per il parametro di *rapidità* [sillabe al secondo (sill/sec)] e una per quello di *accuratezza* (percentuali di parole lette scorrettamente trasformate in valori di arcoseno) della prova di lettura di parole e pseudoparole effettuata alla fine della sessione sperimentale sugli stimoli presentati nel compito di identificazione. Tale prova, essendo l'unica in comune ad entrambi i gruppi linguistici, si presta al confronto inter-linguistico. Le prove di lettura e cognitive specifiche ad ogni gruppo, invece, verranno sottoposte ad un'analisi di confronto intra-linguistico.

Nell'analisi, dunque, sono stati considerati il *tipo di materiale* (due livelli: parole e pseudoparole) come *fattore within subjects* e la *lingua* (due livelli: Francese e Italiano) e il *gruppo* [tre livelli: dislessici (D), normo-lettori pari età

cronologica (CA) e normo-lettori pari età di lettura (RL)] come *fattori between subjects*.

Successivamente, si sono operati dei confronti intra-linguistici sui risultati relativi alle prove specifiche per ogni gruppo linguistico: per quanto riguarda la lettura, sui dati del gruppo dei bambini francesi è stata eseguita un'ANOVA ad una via (accuratezza nella lettura di parole - subtest K.ABC), mentre su quelli degli italiani è stata eseguita un'ANOVA per prove ripetute in cui il *tipo di materiale* (tre livelli: parole, pseudo-parole e brano) è stato considerato come fattori *within subjects*, mentre il *gruppo* come fattore *between subjects*. I dati cognitivi relativi al funzionamento intellettivo e quelli visuo-percettivi degli italiani sono stati sottoposti a MANOVA; per la prova di memoria di cifre e per quella di attenzione sostenuta sono state eseguite delle ANOVA univariate.

Infine, è stata eseguita un'analisi della correlazione bivariata di Pearson tra le prove di lettura standardizzate e quelle sperimentali (lettura a voce alta di parole e pseudoparole del compito di identificazione) in modo da valutare l'attendibilità di quest'ultime.

3.2. Compito di identificazione

Per quanto riguarda l'analisi dell'accuratezza (risposte corrette) e dei tempi di risposta, relativi alle risposte corrette, del compito di identificazione, si è prima proceduto con la trasformazione delle percentuali di risposte corrette in valori di arcoseno e con il filtraggio dei tempi di risposta in modo da ottenere dei valori normalizzati delle due variabili. Il filtraggio dei TR è avvenuto eliminando tutti i valori che cadessero al di fuori dell'intervallo compreso tra $\pm 2,5$ deviazioni standard calcolate sulla media e sulla d.s. dei TR di ogni soggetto, per ogni condizione (parole, pseudoparole, non-parole e stringhe di simboli). Sull'insieme dei TR così selezionati si è calcolata la media per ogni soggetto e per ogni condizione, valore poi sottoposto ad analisi statistica; lo stesso è stato fatto per l'accuratezza.

Anche per questo compito si è prima proceduto con l'analisi interlinguistica utilizzando un'analisi della varianza (ANOVA) per prove ripetute nella quale sono stati considerati il *tipo di materiale* (quattro livelli: parole, pseudo-parole, non-parole e stringhe di simboli) e la *condizione* (due livelli: crowding e isolata) come *fattori within-subjects* e la *lingua* (due livelli: Francese e Italiano) e il *gruppo* [tre livelli: dislessici (D), normo-lettori pari età cronologica (CA) e normo-lettori pari età di lettura (RL)] come *fattori between subjects*.

3.3. Legame tra il compito di identificazione e i compiti di lettura

Allo scopo di indagare e meglio chiarire la relazione esistente tra il riconoscimento delle parole nella condizione di crowding e le abilità di lettura, è stata eseguita una correlazione bivariata di Pearson differenziando gruppo per gruppo. In particolare, la correlazione è stata eseguita tra i TR riferiti al riconoscimento del materiale verbale del compito sperimentale (parole, pseudo-parole e non-parole) e i valori di rapidità (sill/sec) ottenuti dalla prova di lettura a voce alta di parole e pseudoparole. La stessa analisi è stata effettuata sul parametro di accuratezza, prendendo in considerazione i valori di arcoseno delle percentuali di risposte corrette nel compito di identificazione e quelle delle parole e pseudo-parole errate nel compito di lettura a voce alta.

3.4. Legame tra il compito di identificazione e i compiti cognitivi e visuo-percettivi

Per esplorare la relazione esistente tra il riconoscimento delle parole nella condizione di crowding e le abilità cognitive, è stata eseguita una correlazione bivariata di Pearson differenziando gruppo per gruppo. Nello specifico la correlazione è stata eseguita tra i TR, l'accuratezza (valori di arcoseno delle percentuali) nel compito di identificazione, i punteggi ottenuti alla prova di

attenzione sostenuta e a quella di memoria di cifre. La stessa procedura statistica è stata utilizzata per le due prove visuo-percettive.

Tale analisi è stata eseguita solamente sul campione italiano a cui erano state somministrate le prove cognitive e visuo-percettive.

3.5. Analisi delle differenze individuali

Infine, un ulteriore scopo dello studio era quello di valutare se anche nella nostra popolazione di dislessici fossero presenti dei sottogruppi manifestanti una marcata sensibilità al fenomeno del crowding. Si è perciò deciso di selezionare, all'interno del gruppo totale, quelli che manifestavano una media delle differenze tra condizione crowding e isolata per ogni materiale che cadesse al di fuori dell'intervallo compreso tra ± 2 deviazioni standard valutato sulla base delle prestazioni dei controlli di pari età cronologica. Se la condizione di crowding induce un effetto negativo, i tempi di risposta dovrebbero conseguentemente aumentare e, perciò, la differenza dovrebbe essere positiva, indicativa di un rallentamento del processamento; per tale motivo saranno presi in considerazione solo i valori di cut-off positivi. Sulle frequenze così ottenute è stato svolto un confronto tra gruppi con l'utilizzo della statistica del chi quadro (χ^2).

Per un ulteriore approfondimento, sulla base delle distribuzioni dei punteggi relativi alle capacità di lettura dei dislessici, sono stati eseguiti dei confronti delle performance ottenute al compito di identificazione, tramite ANOVA per prove ripetute, sul modello di quelle sopra descritte: prima è stato eseguito un confronto tra i sottogruppi, poi uno tra sottogruppi dei dislessici e relativi sottogruppi di controllo. In quest'analisi la variabile dipendente presa in considerazione è circoscritta ai soli tempi di risposta relativi alle risposte corrette.

Tutte le analisi sono state svolte utilizzando il programma di analisi statistica SPSS® per Windows, versione 13.

4. Risultati

I risultati verranno presentati seguendo l'ordine descritto nel paragrafo precedente.

4.1. Valutazione delle capacità di lettura e cognitive

4.1.1. Confronto inter-linguistico

I risultati ottenuti confrontando le prestazioni tra francesi e italiani mostrano lo stesso andamento sia per la rapidità che per l'accuratezza.

A. *Rapidità (sill/sec)* – La Tabella I.IV sotto mostra i punteggi medi e le deviazioni standard della rapidità nella lettura (sillabe al secondo), nei due gruppi.

	D (N=44)				RL (N=44)				CA (N=44)			
	Francesi		Italiani		Francesi		Italiani		Francesi		Italiani	
	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	
	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.
Parole (sill/sec)	1,22	0,82	1,36	0,51	1,94	1,21	1,90	0,90	3,60	1,16	3,83	1,05
Pparole (sill/sec)	0,79	0,35	0,96	0,34	1,35	0,73	1,26	0,46	2,35	0,86	2,50	0,83

TAB. I. IV.: *Statistiche descrittive del parametro di rapidità (sillabe al secondo) nella prova di lettura di parole e pseudoparole in funzione dei differenti gruppi (D = dislessici, RL = gruppo di controllo di pari età di lettura, CA = gruppo di controllo di pari età cronologica).*

È emerso un effetto principale del gruppo [$F_{(2,126)} = 77,73; p < .001$]: i dislessici risultano più lenti del gruppo RL ($p = .005$) e del gruppo CA ($p < .001$) nella lettura di parole e pseudoparole; inoltre i CA sono, a loro volta, più veloci del gruppo RL ($p < .001$) (test post hoc di Bonferroni). Il fattore

lingua, al contrario, non è risultato significativo, come l'interazione *lingua* × *gruppo*.

Inoltre la lettura delle parole è risultata significativamente più rapida di quella delle pseudoparole [effetto principale del *tipo di materiale*: $F_{(1,126)} = 260,55$; $p < .001$]. Si è rilevata, inoltre, un'interazione significativa *materiale* × *gruppo* [$F_{(2,126)} = 31,23$; $p < .001$]. I post-hoc (test di Duncan) hanno evidenziato che i dislessici sono significativamente più lenti degli RL e dei CA nelle parole, ma solo del gruppo CA nelle pseudoparole.

Non sono risultate significative le interazioni *materiale* × *lingua* e *materiale* × *gruppo* × *lingua*.

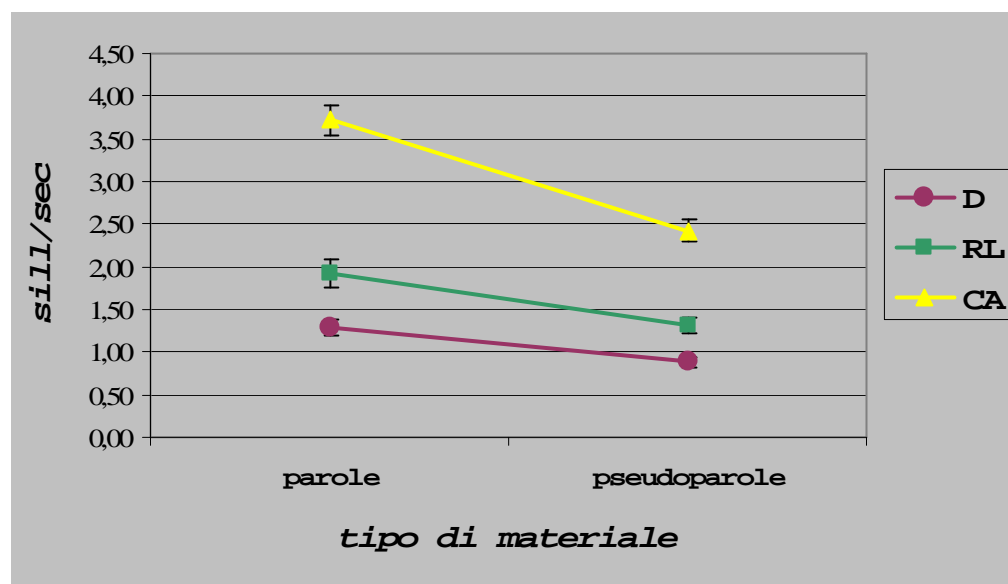


FIG. 3.IV.: Rapidità media (sillabe al secondo) in funzione del tipo di materiale per dislessici (D), soggetti di controllo di pari età cronologica (CA) e soggetti di controllo di pari età di lettura (RL). Le barre indicano i valori di errore standard dalla media.

- B. *Accuratezza (percentuali di parole errate trasformate in arcoseno)* – La Tabella II.IV mostra i punteggi della percentuale di parole scorrettamente lette, in funzione dei differenti gruppi.

	D (N=44)				RL (N=44)				CA (N=44)			
	Francesi		Italiani		Francesi		Italiani		Francesi		Italiani	
	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	(N=22)	
	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.
Parole (%)	19,91	15,71	15,23	13,63	13,23	17,35	4,55	6,44	0,41	1,05	1,25	1,85
Pparole (%)	29,55	20,29	30,00	19,21	18,41	13,92	13,41	11,06	8,41	10,16	4,55	6,35

TAB. II. IV.: *Statistiche descrittive del parametro di accuratezza (percentuale di parole errate) nella prova di lettura di parole e pseudoparole in funzione dei differenti gruppi.*

Come prima, è emerso un effetto principale del *gruppo* [$F_{(2,126)} = 30,81; p < .001$] secondo il quale i dislessici hanno commesso più errori del gruppo RL ($p < .001$) e del gruppo CA ($p < .001$) nella lettura di parole e pseudoparole; inoltre i CA sono risultati, a loro volta, più accurati del gruppo RL ($p = .003$) (test post hoc di Bonferroni).

Il fattore *lingua*, al contrario, non è risultato significativo, come l'interazione *lingua* × *gruppo*.

Inoltre nella lettura delle parole i soggetti hanno compiuto meno errori rispetto a quella delle pseudoparole [effetto principale del *tipo di materiale*: $F_{(1,126)} = 62,72; p < .001$]. Si è rilevata, inoltre, un'interazione significativa *materiale* × *gruppo* (vedi Fig. 4.IV) [$F_{(2,126)} = 4,60; p = .012$]. Sono risultate significative le differenze tra i tre gruppi sia per le parole che per le pseudoparole.

Non sono emerse interazioni significative *materiale* × *lingua* e *materiale* × *gruppo* × *lingua*.

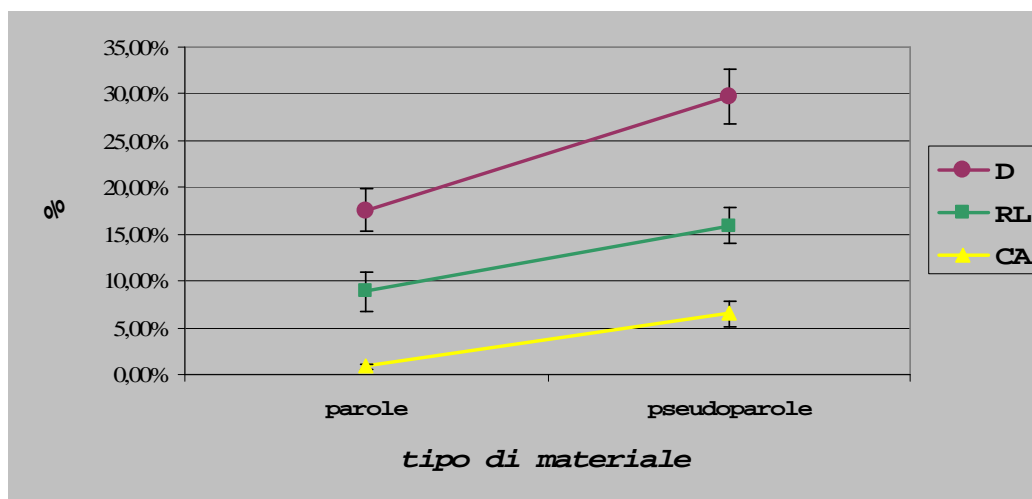


FIG. 4. IV.: Percentuale media (%) di parole errate in funzione del tipo di materiale per dislessici (D), soggetti di controllo di pari età cronologica (CA) e soggetti di controllo di pari età di lettura (RL). Le barre indicano i valori di errore standard dalla media.

4.1.2. Confronto intra-linguistico

- A. *Campione francese* – L'analisi svolta sui punteggi standard relativi alle abilità di lettura dei tre gruppi valutate tramite il subtest del K.ABC, ha mostrato come i punteggi dei dislessici (media = 64,2; d.s. = 11,5) siano significativamente inferiori a quelli dei normo-lettori di pari età cronologica (CA) (media = 103,1; d.s. = 8,8) ($p < .001$) e ai normo-lettori di pari età di lettura (RL) (media = 103,5; d.s. = 7,2) ($p < .001$) [$F_{(2,66)} = 128,72$; $p < .001$]. Inoltre, esplorando la distribuzione dei punteggi standard dei dislessici è emerso che tale gruppo si divide in due sottogruppi: il primo (sottogruppo 1- denominato “*severi*”) che comprende le prestazioni di 12 dislessici con punteggi standard tra 50 e 64 e il secondo (sottogruppo 2- denominato “*moderati*”) che, invece, è costituito dai rimanenti 10 soggetti con punteggi tra 70 e 83. Entrando maggiormente nello specifico, due ANOVA per prove ripetute hanno mostrato che il *sottogruppo dei “severi”* (1) è risultato più lento [effetto principale del *sottogruppo*: $F_{(1,20)} = 14,15$; p

= .001] e meno accurato [effetto principale del *sottogruppo*: $F_{(1,20)} = 6,67$; $p = .018$] nella lettura a voce alta di parole e pseudoparole rispetto al *sottogruppo dei “moderati”* (2). Tuttavia, per quanto riguarda il parametro della rapidità di lettura, la differenza tra parole e pseudoparole, a discapito di quest’ultime, è risultata significativamente maggiore per i “*moderati*” (parole: media = 1,8 sill/sec; d.s. = 0,9; pseudoparole: media = 1 sill/sec; d.s. = 0,3) rispetto al *sottogruppo dei “severi”* (parole: media = 0,8; d.s. = 0,3; pseudoparole: media = 0,6; d.s. = 0,3) [interazione *tipo di materiale* × *sottogruppo*: $F_{(1,20)} = 7,16$; $p = .015$].

Ancora, il confronto tra il sottogruppo dei dislessici “*severi*” e i relativi soggetti di controllo appaiati è risultato significativo solo con il gruppo CA ($p < .001$), sia nella rapidità che nell’accuratezza nella lettura di parole e pseudoparole; invece, sono risultate significative le differenze con entrambi i gruppi di controllo nel compito di lettura di parole irregolari (K.ABC) ($p < .001$ per entrambi i gruppi). Per quanto riguarda il sottogruppo dei “*moderati*”, invece, la differenza nella lettura di parole e pseudoparole è risultata significativa anche con il gruppo RL ($p < .05$); inoltre, anche qui si sono riscontrate differenze significative tra questo sottogruppo e i relativi gruppi di controllo nel compito di lettura di parole irregolari.

Per quanto riguarda l’assessment cognitivo, tutti i soggetti di controllo hanno totalizzato dei punteggi al di sopra del 15° percentile, in riferimento ai dati normativi specifici per l’età cronologica di ciascuno. I bambini dislessici hanno manifestato punteggi medi di QI Totale pari a 91,6 (d.s. = 9), QI Verbale di 92 (d.s. = 10,6) e QI di Performance pari a 92,3 (d.s. = 11,3).

- B. *Campione italiano* – La Tabella III.IV mostra i punteggi medi e le deviazioni standard delle prove di lettura (Prove 4 e 5 della “Batteria per la valutazione della Dislessia e della Disortografia evolutiva” e Prova MT).

	D (N=22)		CA (N=22)		RL (N=22)	
	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.
Parole-P4 (sill/sec)	1,16	0,50	3,35	0,94	1,32	0,63
Pparole-P5 (sill/sec)	0,98	0,36	1,92	0,56	1,02	0,44
MT (sill/sec)	1,99	1,18	3,69	0,90	1,79	0,76

TAB. III. IV. Punteggi medi e d.s. delle prove di lettura per ogni gruppo.

L'analisi effettuata ha evidenziato un effetto principale del *gruppo* [$F_{(2,62)} = 47,97; p < .001$] secondo cui i dislessici sono risultati significativamente più lenti del gruppo CA ($p < .001$) i quali si sono dimostrati più veloci anche del gruppo RL ($p < .001$); non si è evidenziata nessuna differenza significativa tra dislessici e RL (test post hoc di Bonferroni).

Si è presentato, inoltre, un effetto del *tipo di materiale* [$F_{(2,126)} = 99,39; p < .001$] che ha indicato come la lettura delle parole sia stata più rapida di quella delle pseudoparole ($p < .001$) ma più lenta di quella del testo ($p < .001$). Inoltre la rapidità media nella lettura del testo è risultata maggiore rispetto a quella delle pseudo-parole ($p < .001$). L'interazione *materiale* × *gruppo* è risultata anch'essa significativa [$F_{(4,62)} = 12,44; p < .001$]: i dislessici si sono dimostrati più lenti dei CA ($p < .001$) ma non degli RL e i CA sono risultati più veloci degli RL ($p < .001$) nella lettura di parole; i dislessici si sono dimostrati più lenti dei CA ($p < .001$) ma non degli RL e i CA sono risultati più veloci degli RL ($p < .001$) nella lettura di pseudoparole; i dislessici sono risultati più lenti dei CA ($p < .001$) ma non degli RL e i CA si sono dimostrati più veloci degli RL ($p < .001$) nella lettura del brano.

Inoltre è necessario dire che l'analisi esplorativa della distribuzione dei punti z relativi alle prestazioni, nella rapidità di lettura, dei soggetti dislessici, ha rilevato una distribuzione omogenea a campana, diversamente da quanto manifestato dal gruppo di dislessici francesi.

Nella Tabella IV.IV sono presentati i punteggi delle prove cognitive [punteggi di QI Totale (QIT), Verbale (QIV) e Performance (QIP), “Digit Span” o “Memoria di Cifre” e attenzione sostenuta] e di quelle visuo-percettive [subtest di “Completamento di Figure” (CF) e “Figura/Sfondo” (F/S) del TPV].

	D (N=22)		CA (N=22)		RL (N=22)	
	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.
QIT	101,68	9,42	102,68	8,21	109,36	8,90
QIV	101,82	8,81	102,59	9,89	104,50	9,70
QIP	102,68	13,45	102,14	12,85	112,05	8,49
Digit Span (PP)	7,73	1,58	10,32	2,42	10,18	2,40
Attenzione (PP)	8,14	2,12	10,68	1,78	10,82	2,67
Complet. F. (PP)	9,35	4,86	10,41	3,85	10,55	4,32
Figura/Sfondo (PP)	8,60	3,53	10,95	2,48	10,36	3,11

TAB. IV. IV.: *Punteggi medi e d.s. delle prove cognitive e visuo-percettive per ogni gruppo.*

La MANOVA, eseguita per confrontare i punteggi ottenuti nel funzionamento intellettivo, ha rilevato una differenza significativa a carico del QIT [$F_{(2,66)} = 4,89$; $p = .011$] e del QIP [$F_{(2,66)} = 4,90$; $p = .011$]. Il test post hoc di Bonferroni ha indicato come il gruppo RL abbia ottenuto un QIT significativamente maggiore dei dislessici ($p = .016$) e del gruppo CA ($p = .045$); inoltre il gruppo RL ha ottenuto un punteggio di QIP maggiore dei dislessici ($p = .032$) e del gruppo CA ($p = .021$); non si sono riscontrate differenze significative nei punteggi di QI Verbale.

Le analisi della varianza eseguite per confrontare le capacità cognitive di memoria a breve termine e attenzione sostenuta hanno evidenziato i seguenti risultati:

- una differenza significativa a carico della capacità di memoria a breve termine di cifre [$F_{(2,66)} = 9,94$; $p < .001$]: i dislessici hanno ottenuto

punteggi significativamente più bassi rispetto al gruppo RL ($p = .001$) e a quello CA ($p = .001$) (test post hoc di Bonferroni);

- una differenza statisticamente significativa nella prova di attenzione sostenuta [$F_{(2,66)} = 10,18; p < .001$]: i dislessici hanno ottenuto un punteggio inferiore rispetto al gruppo RL ($p < .001$) e a quello dei CA ($p = .001$) (test post hoc di Bonferroni).

Infine, dalla MANOVA è risultato che per quanto riguarda la prova di Completamento di Figure non si sono rilevate differenze significative. È emersa, invece, una differenza statisticamente significativa nella prova di riconoscimento Figura/Sfondo [$F_{(2,64)} = 3,33; p = .042$]: il test di Bonferroni ha indicato come i dislessici abbiano avuto una prestazione inferiore unicamente rispetto ai CA ($p = .046$).

4.1.3 Legame tra le abilità di lettura

- A. *Campione francese* – È emersa una correlazione positiva significativa tra i punteggi standard ottenuti al subtest del K.ABC e la rapidità nelle prove di lettura di parole ($r = 0,58, p < .01$) e quella di pseudo-parole ($r = 0,61, p < .01$): all'aumentare della correttezza ottenuta nella lettura di parole irregolari (subtest K.ABC) aumenta la rapidità nella lettura di parole e pseudoparole. La correlazione è risultata negativa, invece, tra i punteggi al subtest del K.ABC e la percentuale di parole e pseudo-parole errate ($r = -0,47, p < .01; r = -0,49, p < .01$): all'aumentare della correttezza ottenuta nella lettura di parole irregolari (subtest K.ABC) diminuiscono gli errori commessi nella lettura di parole e pseudoparole.
- B. *Campione italiano* – La Tabella V.IV mostra la presenza di valori di r significativi tra le prove di lettura a voce alta somministrate a tutti i soggetti partecipanti appartenenti al campione italiano.

	Parole (sill/sec)	Pparole (sill/sec)	Parole (% errori)	Pparole (% errori)
Parole-P4 (sill/sec)	0,94**	0,88**	-0,40**	-0,50**
Pparol-P5 (sill/sec)	0,88**	0,86**	-0,33**	-0,36**
MT (sill/sec)	0,79**	0,83**	-0,18	-0,29*

TAB.V.IV.: Valori di correlazione tra le prove di lettura a voce alta.

** indica una correlazione significativa per $p < .01$ (due code);

* indica una correlazione significativa per $p < .05$ (due code).

4.1.4. Riepilogo dei principali risultati ottenuti

L'analisi delle prove di lettura con obiettivo il confronto inter-linguistico ha mostrato come la performance dei dislessici sia caratterizzata da marcata lentezza e da poca accuratezza per entrambi i tipi di materiali, parole e pseudo-parole, rispetto ai gruppi di controllo; d'altro canto è da sottolineare come nella rapidità della lettura di pseudoparole la differenza tra dislessici e gruppo RL non risulti statisticamente significativa. Nonostante ciò, la differenza significativa rilevata nei confronti del gruppo dei soggetti di pari età di lettura, relativamente alla rapidità nella lettura di parole e all'accuratezza per entrambi i materiali, conferma il fatto che tale gruppo di dislessici manifesta un vero e proprio disturbo nella lettura e non un semplice ritardo di acquisizione. Inoltre, in generale, la lettura di parole è risultata più rapida e accurata rispetto a quella di pseudo-parole. Non si sono rilevate delle differenze significative in merito all'appartenenza o meno ad una lingua piuttosto che all'altra. I risultati sembrerebbero propendere per una certa omogeneità nella prestazione di lettura delle parole e pseudo-parole tra i due gruppi linguistici, in riferimento ai parametri di rapidità e accuratezza.

L'analisi intra-linguistica ha confermato l'andamento delle differenze ottenute nella prova di lettura di parole e pseudoparole anche per quella specifica standardizzata del gruppo di dislessici francesi. Un'interessante risultato è stato ottenuto anche in merito al tipo di distribuzione dei dati delle prove di lettura per i dislessici: essa ha evidenziato come all'interno dello stesso gruppo vi siano

soggetti caratterizzati da una maggiore severità del disturbo sia per quanto riguarda l'accuratezza nella lettura di parole irregolari sia per la rapidità e l'accuratezza nella lettura di parole e pseudoparole. In particolare il sottogruppo caratterizzato da un disturbo “*moderato*” ha riscontrato maggiori difficoltà nella lettura di pseudoparole se confrontata con quella delle parole, rispetto al gruppo di controllo di pari età di lettura e a quello di pari età cronologica. Il gruppo denominato “*severo*”, invece, ha manifestato prestazioni deficitarie, rispetto ad entrambi i gruppi di controllo, nella lettura di parole irregolari.

Per quanto riguarda le prove di lettura standardizzate del gruppo di italiani, esse hanno evidenziato una differenza significativa solo tra dislessici e gruppo di controllo di pari età cronologica, in quanto i soggetti del gruppo di normo-lettori di pari età di lettura sono stati appaiati ai dislessici secondo i valori medi ottenuti proprio in queste prove. Inoltre, contrariamente a quanto evidenziato per il gruppo francese, la distribuzione dei punti z relativi alle performance di lettura dei dislessici è risultata omogenea, senza il manifestarsi di due tipologie differenti.

Ancora, il gruppo di dislessici italiani ha manifestato punteggi di memoria a breve termine e di attenzione sostenuta inferiori rispetto ai due gruppi di controllo. Questo gruppo ha, inoltre, manifestato punteggi inferiori rispetto al gruppo di pari età cronologica nella prova di percezione Figura/Sfondo.

Infine, l'analisi correlazionale effettuata allo scopo di individuare un legame tra le prove di lettura sperimentali e quelle standardizzate ha mostrato dei risultati significativi. In particolar modo, nel campione francese sono emerse delle correlazioni positive tra la rapidità nella lettura e i punteggi ottenuti al subtest del K.ABC e delle correlazioni negative tra questi e la percentuale di parole e pseudo-parole lette in modo scorretto. Inoltre, per quanto riguarda il campione italiano, sono emerse delle correlazioni positive tra la rapidità nella lettura delle parole e pseudo-parole sperimentali e quella delle parole della Prova 4 e delle pseudo-parole della Prova 5 standardizzate. Tutti questi risultati

sembrerebbero sostenere il fatto che le prove sperimentali sono attendibili nel valutare le abilità di lettura dei soggetti.

4.2. Compito di identificazione

A. *Accuratezza* – Dall’analisi della varianza per prove ripetute sono emersi i seguenti risultati:

- un effetto principale del *gruppo* [$F_{(2,126)} = 12,81; p < .001$]; il test post hoc di Bonferroni ha rilevato che i dislessici sono risultati meno accurati dei soggetti CA ($p < .001$) e i soggetti RL lo sono stati meno dei CA ($p = .008$), mentre non è emersa una differenza significativa tra dislessici e RL;
- nonostante il fattore *lingua* non sia risultato significativo, è emersa un’interazione *lingua* × *gruppo* [$F_{(2,126)} = 6,59; p = .002$] che ha indicato prestazioni diverse tra i gruppi a seconda dell’appartenenza linguistica, in particolare: per il gruppo dei francesi i dislessici sono risultati significativamente meno accurati dei soggetti RL ($p = .002$) e dei soggetti CA ($p = .006$), mentre non c’è stata nessuna differenza significativa tra CA e RL; per il gruppo di italiani, invece, i dislessici e il gruppo RL sono risultati meno accurati dei soggetti CA ($p < .001$ per entrambi) mentre non si è rilevata nessuna differenza significativa tra dislessici e RL (vedi Figura 5.IV);

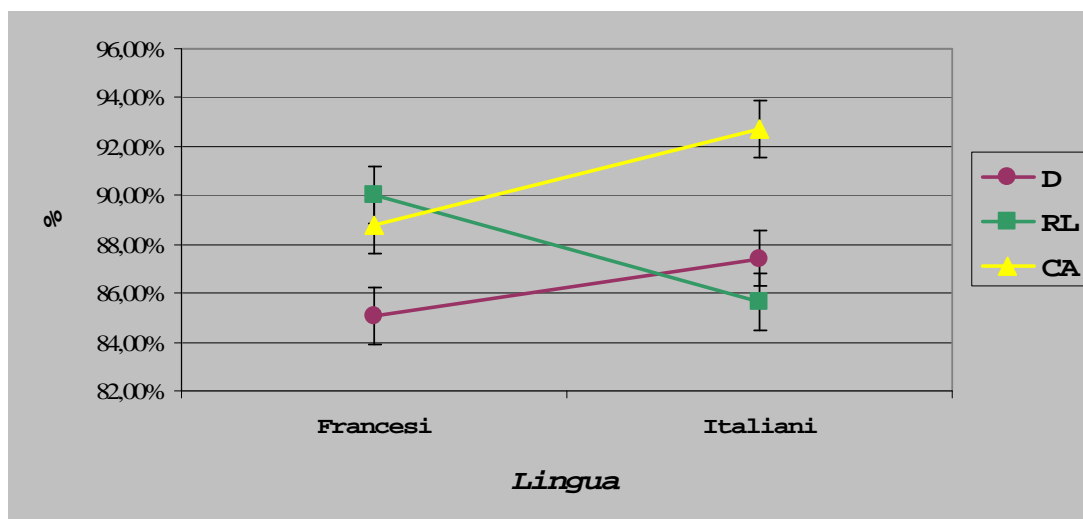


FIG.5.IV: Percentuali di accuratezza (%) in funzione del gruppo (D, RL, CA) e del gruppo linguistico (francesi e italiani). Le barre indicano l'errore standard dalla media.

- un effetto principale del *tipo di materiale* [$F_{(3,378)} = 130,84; p < .001$]: i confronti appaiati hanno indicato come l'accuratezza sia risultata maggiore nelle parole rispetto alle non-parole ($p < .001$) e alle stringhe di simboli ($p < .001$), nelle pseudoparole rispetto alle non-parole ($p < .001$) e alle stringhe di simboli ($p < .001$) e, infine, nelle non-parole rispetto alle stringhe di simboli ($p < .001$);

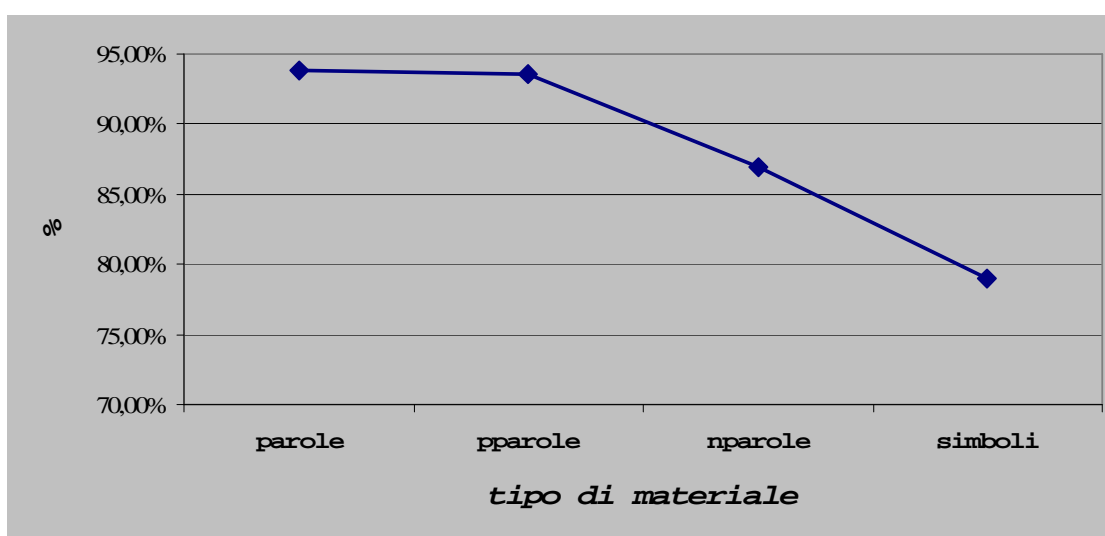


FIG.6.IV.: Percentuali di risposte corrette (%) per tipo di materiale.

- un'interazione *tipo di materiale* × *gruppo* [$F_{(6,378)} = 5,91; p < .001$]: come si può vedere dal grafico sottostante (Fig. 7.IV), le differenze tra i tre gruppi sono evidenti per il materiale verbale (parole, pseudo-parole e non-parole) ma non per quello non verbale ($p = n.s.$). In particolare i dislessici sono risultati significativamente meno accurati dei CA ($p < .001$) e, tendenzialmente, gli RL dei CA ($p = .056$) nelle parole; lo stesso trend lo si è ritrovato per le pseudoparole [accuratezza dislessici < di quella dei CA ($p < .001$); accuratezza RL < di quella dei CA ($p = .015$)] e per le non-parole [accuratezza dislessici < di quella dei CA ($p < .001$); accuratezza RL < di quella dei CA ($p = .001$)]; per il materiale non-verbale non sono state rilevate differenze significative tra i gruppi;

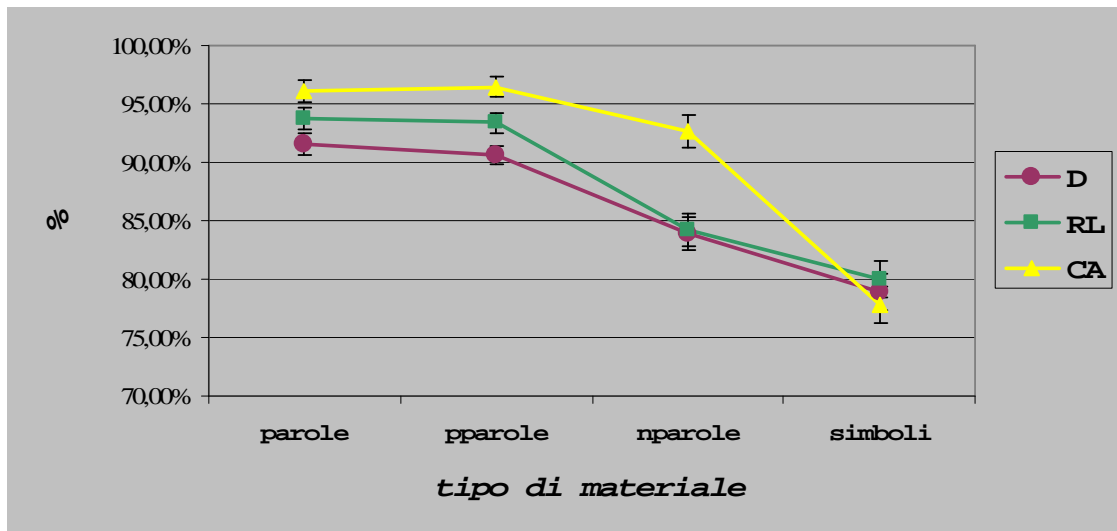


FIG. 7.IV.: Percentuali (%) di risposte corrette per tipo di materiale in funzione del gruppo (*D* = dislessici; *RL* = gruppo di controllo pari età di lettura; *CA* = gruppo di controllo pari età cronologica). Le barre indicano i valori di errore standard dalla media.

- non sono emerse differenze significative in funzione del tipo di condizione (crowding o isolata).

B. *Tempi di risposta (TR)* – L'analisi dei tempi di risposta ha messo in evidenza ulteriori risultati. Sono emersi :

- un effetto principale del *gruppo* [$F_{(2,126)} = 20,15; p < .001$]; il test post hoc di Bonferroni ha rilevato che i dislessici (media = 1739,6; d.s. = 448,9) sono risultati più veloci dei soggetti RL (media = 2002,42; d.s. = 407,02) ($p = .007$) e più lenti dei CA (media = 1464,18; d.s. = 350,12) ($p = .004$); i soggetti RL sono risultati essere più lenti dei CA ($p < .001$);
- un effetto principale del *tipo di materiale* [$F_{(3,378)} = 11,79; p < .001$]: i TR nel riconoscimento di parole sono risultati più veloci (media = 1633,74; d.s. = 489,10) rispetto a quelli delle pseudoparole (media = 1709,28; d.s. = 547,47) ($p = .045$), delle non-parole (media = 1797,40; d.s. = 547,71) ($p < .001$) e delle stringhe di simboli (media = 1801,17; d.s. = 482,37) ($p < .001$). Infine i TR nell'identificazione delle pseudoparole non sono risultati significativamente più veloci di quelli impiegati nelle non-parole e nelle stringhe di simboli; il riconoscimento delle non-parole, infine, non è differito in modo significativo da quello delle stringhe di simboli;

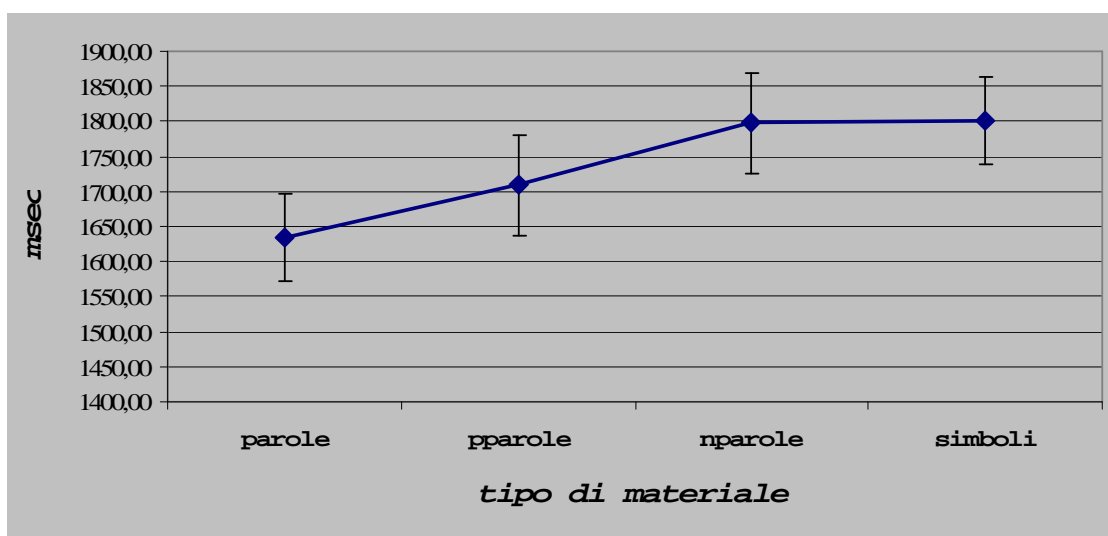


FIG.8.IV.: *Tempi di Risposta (msec) per tipo di materiale. Le barre indicano i valori di errore standard dalla media.*

- un effetto principale della *condizione* [$F_{(1,126)} = 77,56; p < .001$]: i TR nella condizione *crowding* (media = 1787,41; d.s. = 466,35) sono risultati significativamente maggiori di quelli nella condizione *isolata* (media = 1683,38; d.s. = 458,64);
- un'interazione tipo di *materiale* \times *gruppo* [$F_{(6,378)} = 7,25; p < .001$]: per quanto riguarda le parole, i dislessici sono risultati significativamente più veloci del gruppo RL ($p = .027$) e più lenti del gruppo CA ($p < .001$) più veloce, a sua volta, del gruppo RL ($p < .001$). Nel riconoscimento di pseudo-parole i dislessici si sono dimostrati più lenti dei CA ($p < .001$) a loro volta più veloci del gruppo RL ($p < .001$). Nell'identificazione di non-parole le differenze significative sono risultate a carico del confronto tra dislessici e controlli CA ($p = .011$) e tra CA e RL ($p < .001$). Per quanto riguarda le stringhe di simboli, infine, dislessici e CA non si sono differenziati, entrambi più veloci del gruppo RL ($p < .001; p = .001$) (vedi Fig. 9.IV);

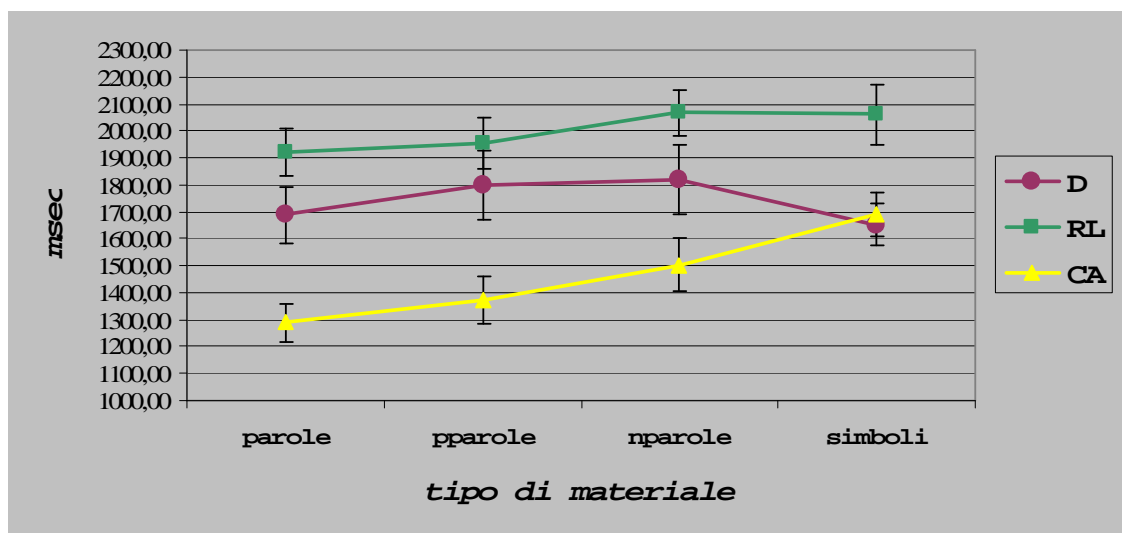


FIG.9.IV.: Tempi di risposta medi (msec) in funzione del tipo di materiale per gruppo (dislessici, controlli pari età di lettura e controlli pari età cronologica). Le barre indicano i valori di errore standard dalla media.

- un'interazione significativa *materiale* × *condizione* [$F_{(3,378)} = 3,02; p = .030$] (vedi Figura 10.IV): le differenze tra condizione crowding e isolata sono risultate statisticamente significative per ogni tipo di materiale e in particolare: parole (differenza media = 100,22; d.s. = 168,54; $p < .001$); pseudoparole (differenza media = 56,23; d.s. = 224,52; $p = .005$); non-parole (differenza media = 115,52; d.s. = 300,69; $p < .001$); stringhe di simboli (differenza media = 144,15; d.s. = 287,61; $p < .001$). I valori delle differenze medie, tuttavia, delineano trend differenti a seconda dei materiali;

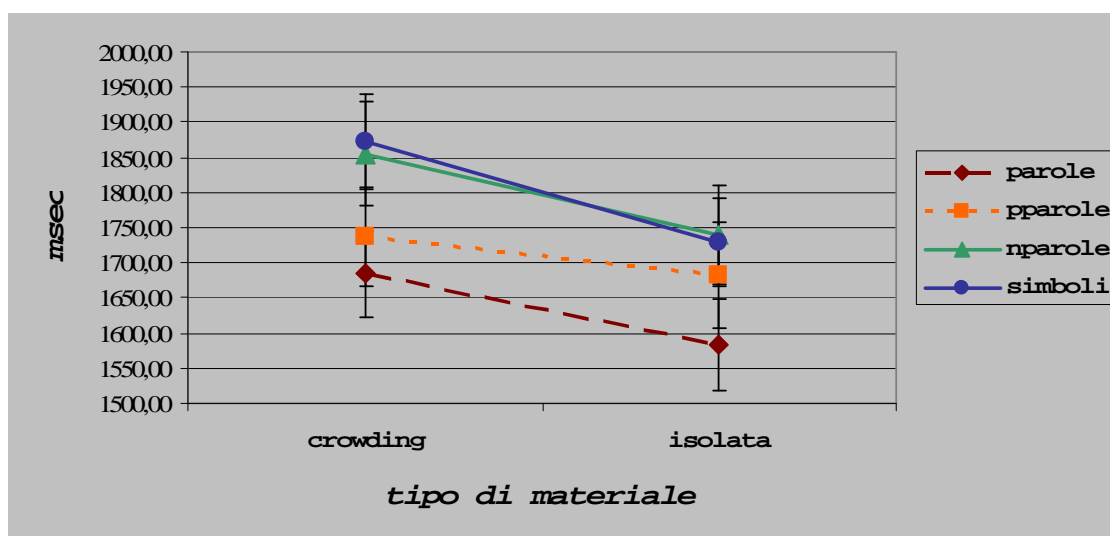


FIG.10.IV.: Tempi di risposta medi (msec) in funzione del tipo di materiale e della condizione. Le barre indicano i valori di errore standard dalla media.

- non sono emerse differenze statisticamente significative tra i gruppi in funzione né del fattore *lingua*, né del fattore *condizione*.

4.2.3. Riepilogo dei principali risultati ottenuti

L'analisi dell'accuratezza ha messo in evidenza il fatto che i dislessici sono risultati meno accurati dei soggetti normo-lettori di pari età cronologica, nel compito di identificazione, ma non di quelli di pari età di lettura. Se invece

consideriamo questo risultato tenendo conto dell'appartenenza linguistica, notiamo che la differenza dei dislessici con il gruppo di pari età di lettura è emersa solo per i francesi.

I soggetti, inoltre, hanno riconosciuto in modo più accurato le parole e le pseudoparole rispetto alle non-parole e alle stringhe di simboli, le non-parole rispetto alle stringhe di simboli. In particolare i dislessici hanno manifestato una minor accuratezza nei confronti del materiale verbale (parole, pseudo-parole e non-parole) rispetto ai soggetti di controllo, anche se la differenza è significativa solo rispetto al gruppo CA; per quanto riguarda il riconoscimento del materiale non-verbale, non si sono manifestate differenze tra i tre gruppi.

Per quanto riguarda la condizione di crowding, l'analisi dell'accuratezza non ha evidenziato differenze significative. Al contrario, quella effettuata sui tempi di risposta ha messo in luce che il riconoscimento di stimoli circondati da altri della stessa natura è rallentato rispetto a quello di target isolati; tale difficoltà è stata quantificata con uno svantaggio di circa 100 millisecondi. Tale effetto, inoltre, sembra essere leggermente modulato dal tipo di materiale che deve essere riconosciuto: la differenza media tra condizione di crowding e isolata maggiore la si è riscontrata nel materiale non-verbale (differenza media = 144,15; d.s. = 287,61), poi nelle non-parole (differenza media = 115,52; d.s. = 300,69), a seguire nelle parole (differenza media = 100,22; d.s. = 168,54) e poi, in ultimo, nelle pseudoparole (differenza media = 56,23; d.s. = 224,52). Tuttavia l'effetto crowding non è risultato essere specifico per il gruppo di dislessici.

Anche i TR hanno evidenziato, come l'accuratezza, delle differenze tra gruppi: i dislessici sono risultati essere più lenti del gruppo CA ma più rapidi di quello RL, a loro volta più lenti dei CA. Inoltre, il riconoscimento delle parole è risultato essere più veloce di quello delle pseudo-parole, non-parole e stringhe di simboli. Il riconoscimento delle pseudoparole non si è differenziato in modo significativo da quello delle non-parole e delle stringhe di simboli.

Anche per i TR, tale effetto del tipo di materiale nell'identificazione del target, viene modulato a seconda del gruppo di appartenenza: il gruppo di

dislessici è risultato essere più lento del gruppo di controllo CA nel riconoscimento del materiale verbale ma non rispetto a quello non-verbale. Nei confronti del gruppo RL, tuttavia, i dislessici sono risultati più veloci nel riconoscimento delle parole e nelle stringhe di simboli.

È da sottolineare, infine, che non sono emerse differenze significative tra francesi e italiani, evidenziato dall'assenza di un effetto significativo del fattore *lingua*.

4.3. Legame tra il compito di identificazione e i compiti di lettura

A. *Rapidità* - L'analisi correlazionale, eseguita considerando i gruppi separati tra di loro, tra i TR (msec) e la rapidità nelle prove di lettura (sill/sec) ha evidenziato dei valori negativi e significativi, come mostrato dalla Tabella VI.IV sotto:

		Parole (msec)	Pparole (msec)	Nparole (msec)
D (N=44)	Parole(sill/sec)	-0,31*	-0,24	-0,31*
	Pparole (sill/sec)	-0,43**	-0,31*	-0,29
RL (N=44)	Parole(sill/sec)	-0,46**	-0,31*	-0,19
	Pparole (sill/sec)	-0,36*	-0,33*	-0,16
CA (N=44)	Parole(sill/sec)	-0,59**	-0,57**	-0,55**
	Pparole (sill/sec)	-0,67**	-0,59**	-0,55**

TAB.VI.IV.: Valori di correlazione negativa (r) tra TR (msec) impiegati nel riconoscimento del materiale verbale e la rapidità (sill/sec) nella lettura a voce alta, in funzione del gruppo.

** la correlazione è significativa per $p < .01$ (due code);

* la correlazione è significativa per $p < .05$ (due code).

Sono stati messi in luce dei legami inversi tra la rapidità in lettura di parole e pseudoparole e i tempi di risposta impiegati nel riconoscimento delle stesse: più un soggetto è rapido nel leggere una parola o una pseudoparola, tanto più risulterebbe rapido nel riconoscimento della stessa presentata a computer. Tali risultati, tuttavia, hanno evidenziato due importanti questioni

riguardanti il valore sostanziale di r : la prima è che, in generale, le relazioni emerse non sono supportate da valori particolarmente elevati, come se la componente di lettura implicata nel compito non fosse prevalente. La seconda è che, a seconda del gruppo, tale valore si modifica, evidenziando una relazione più forte a carico del gruppo CA e minore per i dislessici e per il gruppo RL.

B. *Accuratezza* – Anche nei confronti di questo parametro, l'analisi correlazionale ha rilevato dei valori significativi (vedi Tabella VII.IV):

		Parole (arcsin %corr.)	PParole (arcsin %corr.)	Nparole (arcsin %corr.)
D (N=44)	Parole(arcsin %err)	-0,47**	-0,18	0,02
	Pparole (arcsin %err.)	-0,32*	-0,27	-0,08
RL (N=44)	Parole(arcsin %err)	-0,34*	-0,23	-0,20
	Pparole (arcsin %err.)	-0,39**	-0,11	-0,32*
CA (N=44)	Parole(arcsin %err)	0,27	-0,07	-0,14
	Pparole (arcsin %err.)	-0,30*	-0,33*	-0,39**

TAB.VII.IV.: Valori di correlazione negativa (r), in funzione del gruppo, tra la percentuale di risposte corrette nel compito di identificazione e quella di parole e pseudoparole errate nel compito di lettura a voce alta.

** la correlazione è significativa per $p < .01$ (due code);

* la correlazione significativa per $p < .05$ (due code).

Come per i TR, anche per l'accuratezza sono stati messi in luce dei legami inversi: meno un soggetto compie errori nel leggere una parola o una pseudoparola, tanto più risulta accurato nel riconoscimento della stessa presentata a computer. Anche in questo caso le relazioni emerse sono risultate deboli e sembrano avere andamenti più disomogenei tra di loro rispetto ai TR.

4.4. Legame tra il compito di identificazione e i compiti cognitivi e visuo-percettivi

Per quanto riguarda la relazione tra TR e abilità cognitive (attenzione sostenuta e memoria di cifre) e quelle visuo-percettive (figura/sfondo e completamento di figure), non sono emerse correlazioni significative né sull'analisi effettuata su tutto il campione, né su quelle fatte sul gruppo di dislessici e su quello dei soggetti di controllo. Tuttavia, per quanto riguarda il gruppo RL, è stata rilevata una correlazione negativa e significativa tra la prova di attenzione e il riconoscimento delle nonparole in condizione di crowding ($r = -0,69; p < .01$) e quello delle stesse in condizione isolata ($r = -0,53; p < .05$).

Infine, anche per quanto riguarda l'analisi svolta prendendo in considerazione il parametro dell'accuratezza non sono emersi risultati significativi.

4.5. Analisi delle differenze individuali

4.5.1. Analisi sulla base dei punteggi di cut-off

Sui dati del campione totale sono state calcolate le differenze tra la condizione di *crowding* e quella *isolata* per ogni materiale (vedi Tabella VIII.IV).

	D (N=44)		RL (N=44)		CA (N=44)	
	media	d.s.	media	d.s.	media	d.s.
Parole C-I	74,27	133,76	94,26	190,54	132,13	174,86
Pparole C-I	26,79	265,55	66,22	226,21	75,69	174,67
Nparole C-I	135,68	337,07	152,33	337,82	58,56	206,41
Simboli C-I	172,17	217,84	164,06	338,13	96,21	294,37
Totale C-I	102,22	132,84	119,22	158,55	90,65	107,71

TAB.VIII.IV.: Medie e deviazioni standard delle differenze tra condizione di *crowding* (C) e *isolata* (I) per ogni materiale e in funzione di ogni gruppo.

Successivamente, sulla base dei valori della media e delle deviazioni standard del gruppo di controllo pari età cronologica (CA), sono stati calcolati dei punteggi di cut-off che hanno permesso di individuare i soggetti dislessici che si sono collocati al di sopra e al di sotto di tali valori. I cut-off, pari alla media \pm 2 d.s., sono stati calcolati per ogni materiale e sul totale; tuttavia, sono stati presi in considerazione solo quelli positivi indicativi di un rallentamento nell'elaborazione delle informazioni.

Sono state dunque calcolate le frequenze dei soggetti con valori di differenza tra condizione crowding e isolata maggiori dei cut-off. Esse, differenziate per il gruppo di appartenenza e per il tipo di materiale, sono state presentate qui sotto insieme ai valori di χ^2 e a quelli della significatività relativi ai confronti fatti tra i tre gruppi:

	Dislessici (N=44)	RL (N=44)	CA (N=44)	chi ² *	p
Parole	0	1	3	3,61	n.s.
Pseudoparole	2	3	2	0,3	n.s.
Nonparole	6	8	0	8,31	.016
Simboli	1	4	1	3,14	n.s.
Totale	4	4	1	2,15	n.s.

TAB. IX. IV.: Frequenze dei soggetti appartenenti ad ogni gruppo in funzione del tipo di materiale; valori di χ^2 e significatività relativi al confronto fatto.

* 2 g.d.l.

Come si evince chiaramente dalla Tabella IX.IV, è solamente nel compito di riconoscimento di nonparole che si verifica una frequenza elevata di dislessici caratterizzati da una marcata sensibilità al crowding.

4.5.2. Analisi sulla base delle capacità di lettura

A. *Campione francese* – Come già anticipato nel paragrafo di analisi delle competenze di lettura (4.1.2.A.), la distribuzione dei punteggi standard nella lettura di parole e parole irregolari (subtest K.ABC) dei dislessici francesi

ha rilevato la presenza di due sottogruppi con caratteristiche differenti: uno denominato “*severo*” e uno “*moderato*” in riferimento alla severità della prestazione manifestata nel suddetto compito di lettura. Tale osservazione, insieme al fatto che 4 dei 6 dislessici prima rilevati appartengono ad uno dei due sottogruppi, ci ha suggerito di effettuare un confronto tra questi due gruppi in riferimento all'effetto crowding. Successivamente il confronto è stato fatto tra i dislessici di ciascun sottogruppo e i soggetti di controllo appaiati per età cronologica e per età di lettura.

Il confronto tra i due sottogruppi nell'esecuzione del compito di identificazione ha messo in luce l'assenza di effetti significativi dei fattori *sottogruppo* ($p = .07$) e *tipo di materiale* ($p = .08$). Al contrario, sono emersi:

- un effetto principale della *condizione* [$F_{(1,20)} = 9,78; p = .005$] per il quale i TR sono risultati più lenti nella condizione di crowding rispetto a quella isolata;
- un'interazione significativa *sottogruppo* \times *condizione* [$F_{(1,20)} = 6,49; p = .019$] in cui il *sottogruppo dei “moderati”* è risultato più lento nella condizione di crowding rispetto al *sottogruppo dei “severi”* (vedi Grafico 11.IV);

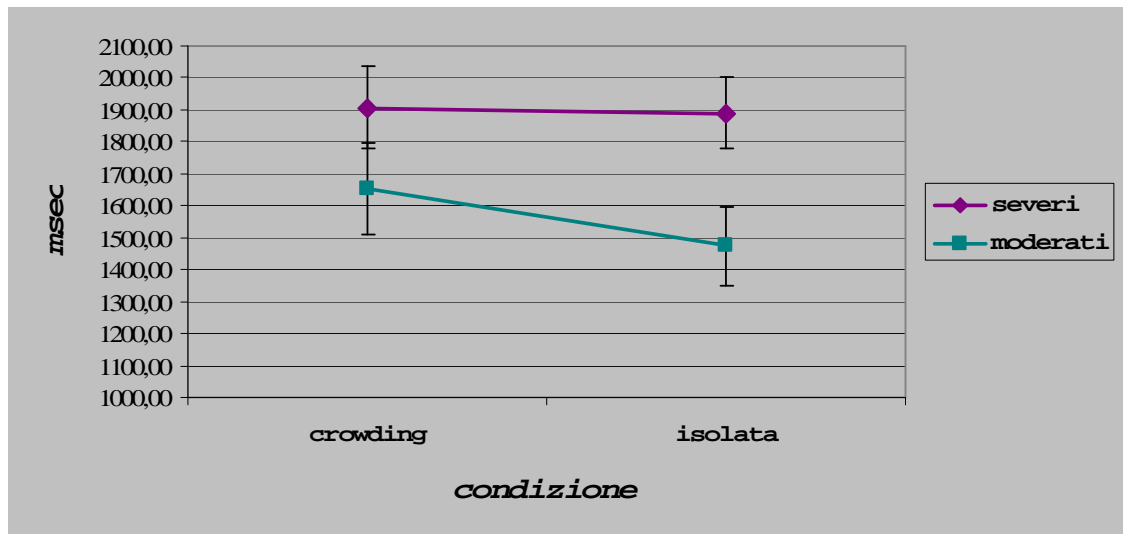


FIG.11.IV.: TR (msec) medi dei sottogruppi di dislessici in funzione del tipo di condizione (crowding o isolata). Le barre indicano gli errori standard dalla media.

- un'interazione *materiale* × *condizione* × *sottogruppo* [$F_{(1,20)} = 3,98$; $p = .012$]. Confronti tra la condizione di crowding e quella isolata in funzione di ogni tipo di materiale e per ogni sottogruppo hanno evidenziato che: per quanto riguarda i “*severi*” non sono emerse differenze significative; per quanto riguarda i “*moderati*”, invece, si sono evidenziati TR significativamente più lenti nella condizione di crowding nel riconoscimento di nonparole [differenza media = 360,64 msec; d.s. = 411,92; $p = .022$] e di stringhe di simboli [differenza media = 284,49 msec; d.s. = 241,72; $p = .005$];

Il confronto tra il sottogruppo dei dislessici “*severi*” e i relativi sottogruppi di controllo ha condotto ai seguenti risultati:

- effetto principale del fattore *gruppo* [$F_{(2,33)} = 4,62$; $p = .017$]; il test post hoc di Bonferroni ha rilevato come significativa unicamente la differenza tra dislessici e gruppo CA ($p = .018$), indicando come i primi siano risultati più lenti;
- non è emerso un effetto del *tipo di materiale*;

- effetto principale della *condizione* [$F_{(1,33)} = 10,39; p = .003$]: i TR di riconoscimento del target nella condizione crowding sono risultati maggiori di quelli nella condizione isolata;
- interazione significativa *materiale* \times *gruppo* [$F_{(3,99)} = 4,44; p = .001$]: come si può vedere dalla Figura 12.IV, i dislessici “*severi*” sono risultati più lenti rispetto ai gruppi di controllo nel riconoscimento di materiale verbale ma non in quello di stringhe di simboli. I contrasti, hanno rilevato come significativi i confronti tra dislessici e CA relativamente a parole ($p = .002$), pseudoparole ($p = .007$) e non-parole ($p = .012$);

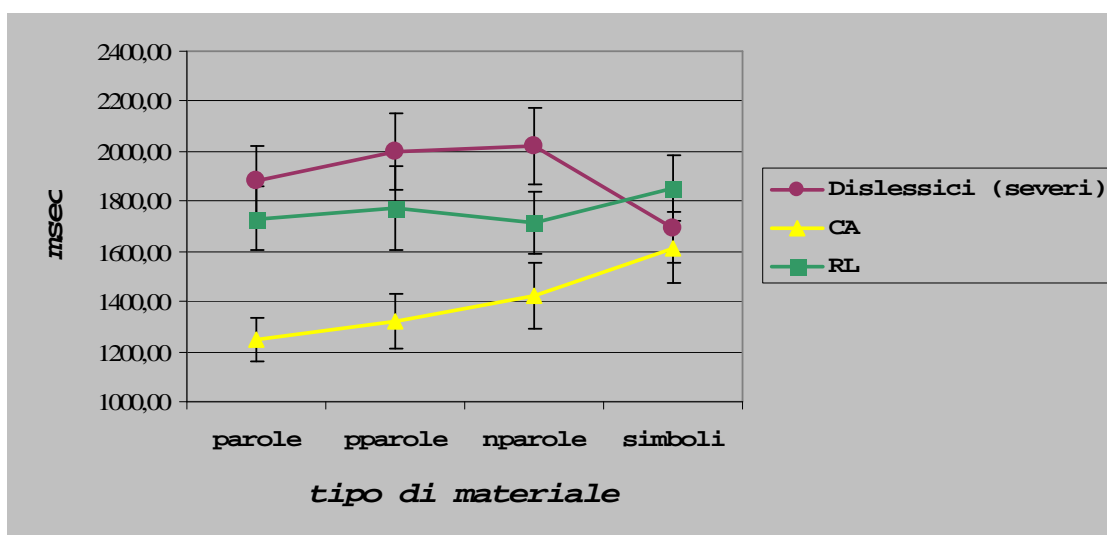


FIG.12.IV.: TR (msec) medi dei gruppi in funzione del tipo di materiale. Le barre indicano gli errori standard dalla media.

- interazione significativa *materiale* \times *condizione* [$F_{(3,99)} = 3,33; p = .023$]: test post-hoc hanno rilevato come significative le differenze tra condizione crowding e condizione isolata quelle nel riconoscimento di parole ($p < .001$) e di stringhe di simboli ($p = .015$) (TR più alti nella condizione di crowding rispetto a quella isolata).

Per quanto riguarda il confronto tra i soggetti del sottogruppo dei dislessici “*moderati*” con i relativi soggetti di controllo appaiati, sono emersi i seguenti risultati:

- un effetto principale del fattore *gruppo* [$F_{(2,27)} = 3,53; p = .043$]; tuttavia, l’analisi dei post hoc non ha rilevato differenze significative tra i gruppi;
- un effetto principale del *tipo di materiale* [$F_{(3,81)} = 6,95; p < .001$], in cui sono risultati significativamente maggiori i TR alle parole ($p = .003$) e alle pseudoparole rispetto alle stringhe di simboli ($p = .035$); in ogni caso il trend ha lo stesso andamento di quelli rilevati in precedenza rispetto a tale effetto, con un aumento graduale passando dalle parole alle stringhe di simboli;
- un effetto principale della *condizione* [$F_{(1,27)} = 20,95; p < .001$]: come sempre, i TR nel riconoscimento di target in condizione crowding sono risultati maggiori rispetto a quelli in condizione isolata;
- un’interazione significativa *tipo di materiale* \times *gruppo* [$F_{(6,81)} = 3,78; p = .002$]: i dislessici “*moderati*” sono risultati tendenzialmente più veloci del gruppo RL nelle parole ($p = .058$) e nelle non-parole ($p = .059$); non sono emerse delle differenze significative tra gruppi nel riconoscimento di pseudoparole e stringhe di simboli;
- una triplice interazione *tipo di materiale* \times *condizione* \times *gruppo* [$F_{(6,81)} = 2,53; p = .027$]: in particolare, solo nell’identificazione di non-parole, i dislessici “*moderati*” hanno manifestato una marcata differenza tra condizione di crowding e isolata rispetto ai gruppi CA e RL (vedi Figura 13.IV);

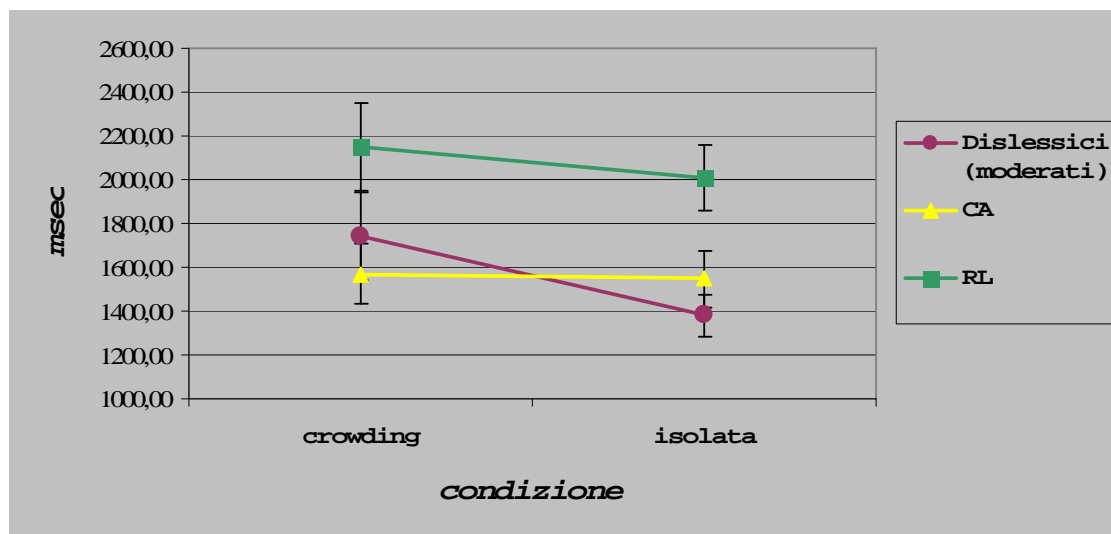


FIG.13.IV.: TR (msec) medi dei gruppi in funzione del tipo di condizione nel riconoscimento di non-parole. Le barre indicano gli errori standard dalla media.

- B. *Campione italiano* – Nonostante non siano emersi dei sottogruppi dall'analisi della distribuzione dei punteggi di lettura dei dislessici italiani, sono stati svolti dei confronti tra il gruppo di soggetti che, nella prova di lettura di parole (Prova 4 della Batteria), hanno manifestato punteggi inferiori alle 2 d.s. e quelli che hanno manifestato, invece, punteggi tra -2 e -1,5 d.s. Inoltre è stato eseguito, come nel caso dei francesi, anche il confronto tra questi sottogruppi e i relativi sottogruppi di controllo. In entrambi i casi non sono emersi risultati significativi in relazione ai diversi sottogruppi né per quanto riguarda il fattore *condizione*, né per quello legato al *tipo di materiale*.

4.5.3. Riepilogo dei principali risultati ottenuti

Quest'ultima analisi, svolta per lo più con lo scopo di esplorare le caratteristiche individuali del gruppo dei dislessici in riferimento all'effetto crowding e alle loro difficoltà di lettura, ha fatto emergere dei risultati interessanti.

In particolare, dall'analisi fatta sui punteggi di cut-off, è emerso che 6 dislessici, sui 44 presenti, hanno manifestato marcata sensibilità al crowding denotata da un rallentamento nel riconoscimento degli stimoli in tale condizione.

Nello specifico, questo non si è manifestato per tutti i tipi di materiali presentati, ma unicamente nel riconoscimento di nonparole. Risulta interessante notare, inoltre, che 4 di questi dislessici appartengono al sottogruppo “*moderati*” di dislessici francesi, ovvero quello dei due caratterizzato da una migliore capacità di lettura di parole e parole irregolari, a scapito di una maggiore lentezza nella lettura di pseudoparole. Dalle analisi fatte sui confronti inter-gruppo, è emerso, infatti, che tale sottogruppo si è caratterizzato per la marcata sensibilità alla condizione di crowding, specificatamente nel riconoscimento di non-parole, anche rispetto ai gruppi di controllo.

Il confronto fatto tra i soggetti dislessici di questo secondo sottogruppo e i relativi controlli ha rilevato un andamento leggermente diverso, in funzione del tipo di materiale, rispetto all'analisi principale svolta su tutto il campione, italiani e francesi: non si assiste più ad un caratteristico rallentamento dei tempi di risposta nei confronti del materiale verbale e ad una prestazione equiparabile a quella dei controlli nei confronti del materiale non-verbale. Al contrario, tale andamento per il sottogruppo dei dislessici “*severi*” segue quello precedentemente osservato. In generale, l'analisi di confronto svolta su quest'ultimo sottogruppo e sui suoi controlli ha evidenziato un'influenza del crowding per determinati materiali, le parole e le stringhe di simboli; è da sottolineare, però, che tale effetto non è risultato essere specifico per i dislessici.

Inoltre, sono stati confermati alcuni dei risultati emersi prima, come l'effetto negativo della condizione crowding sul riconoscimento, quello del gruppo e quello del tipo di materiale.

Infine, l'analisi delle differenze individuali basata sulle performance di lettura svolta sul campione italiano non ha condotto a risultati degni di nota né per quanto riguarda il fattore *condizione*, né per quello legato al *tipo di materiale* in funzione dei sottogruppi tra loro confrontati.

5. Discussione generale e considerazioni conclusive

Qui di seguito verranno ripresi i principali risultati ottenuti in questo studio, seguendo la struttura precedentemente utilizzata nella presentazione della metodologia di analisi dei dati e dei risultati. Essi saranno discussi e commentati all'interno dell'inquadramento teorico presentato, degli obiettivi e delle ipotesi sperimentali formulate.

In seconda istanza, si procederà a terminare la presente dissertazione con considerazioni e riflessioni conclusive.

Innanzitutto, risulta necessario soffermarsi sui risultati ottenuti dal confronto delle abilità di lettura tra i diversi gruppi di soggetti.

Grazie all'utilizzo di un compito di lettura comune ai due campioni linguistici, in termini di indici considerati (accuratezza e rapidità di lettura) e tipologia di compito, è stato possibile effettuare un confronto diretto tra francesi e italiani. In generale, la performance dei dislessici, nella lettura di parole e pseudoparole, è risultata caratterizzata da marcata lentezza e inaccuratezza rispetto a quella dei gruppi di controllo. Nello specifico, è da sottolineare il fatto che i dislessici sono risultati più lenti e meno accurati nella lettura di parole sia rispetto al gruppo di controllo di pari età cronologica che rispetto a quello di pari età di lettura; solo per quanto riguarda la rapidità nella lettura di pseudoparole, invece, non si sono riscontrate differenze statisticamente significative rispetto al gruppo RL. Il fatto che si siano manifestate prestazioni differenti tra gruppo di dislessici e gruppo di pari età di lettura conferma che il primo gruppo è caratterizzato da un vero e proprio disturbo nella lettura e non da un semplice ritardo di acquisizione. Questo dato può essere generalizzato ad entrambi i gruppi di dislessici, francesi e italiani, poiché non si sono rilevate differenze nei confronti del fattore *lingua*: in poche parole, i risultati sembrerebbero propendere per la presenza di omogeneità nella prestazione di lettura dei due gruppi linguistici. Tale risultato sembra in contraddizione con alcuni studi che hanno

messo a confronto le abilità di lettura in lingue trasparenti con quelle in lingue opache. Nello specifico, essi hanno messo in evidenza come sia nella fase di acquisizione della lettura (Seymour, Aro, & Erskine, 2003) che in presenza di disturbo specifico (Paulesu et al., 2001) la prestazione risulti peggiore per i soggetti di lingue opache (francesi e inglesi) rispetto a quelli di lingue trasparenti (italiani); questo dato risulta particolarmente evidente per quanto riguarda il parametro dell'accuratezza. Tuttavia, recenti studi hanno messo in luce come l'uniformità delle unità di misura utilizzate per valutare i parametri della performance di lettura e quella relativa alle caratteristiche degli stimoli possano limitare, o addirittura eliminare, le differenze nei pattern di lettura di due lingue con struttura ortografica differente. Nel primo caso, Caravolas, Volin e Hulme (2005), misurando la rapidità di lettura in *sillabe al secondo* sia per dislessici cechi che inglesi, non hanno trovato differenze tra le lingue. Inoltre, la creazione di pseudoparole caratterizzate, sia per il Tedesco che per l'Inglese, dallo stesso numero di lettere, dallo stesso grado di regolarità ortografica e densità di vicini fonologici/ortografici ha fatto sì che si evidenziasse lo stesso decremento in accuratezza e rapidità nella lettura di pseudoparole rispetto alle parole (Ziegler, Perry, Ma-Wyatt, Ladner, & Sculte-Körne, 2003). Quest'ultimo risultato ha condotto gli autori a ipotizzare un deficit di ricodifica fonologica per entrambi i gruppi linguistici. I risultati ottenuti nel nostro studio propendono per questo tipo di interpretazione: effettivamente, anche nel nostro caso, il confronto diretto tra francesi e italiani è stato fatto utilizzando gli stessi indici, ovvero la *percentuale di errori* per l'accuratezza e il *numero di sillabe al secondo* per la rapidità. Inoltre, per quanto riguarda la creazione delle pseudoparole si è mantenuto lo stesso numero di lettere (cinque), un alto grado di regolarità ortografica garantita, per gli stimoli francesi, dalla presenza di un database specifico (Content & Radeau, 1988), mentre per gli stimoli italiani, in mancanza di ciò, dall'utilizzo di parole reali alle quali sono state sostituite lettere o sillabe. Lo stesso tipo di controllo rigoroso è stato eseguito per le parole, tutte di cinque lettere,

accuratamente selezionate sulla base delle caratteristiche lessicali fornite dai database specifici per lingua.

Inoltre, dai risultati è emerso un *effetto di lessicalità* espresso dal vantaggio nella lettura di parole rispetto a quella di pseudo-parole in termini di accuratezza e rapidità (Seymour, Aro, & Erskine, 2003).

L'analisi intra-linguistica nel gruppo dei francesi, eseguita sul subtest del K.ABC, ha confermato l'andamento delle differenze ottenute nella prova di lettura di parole e pseudoparole. Un risultato interessante è stato conseguito anche in merito al tipo di distribuzione dei dati delle prove di lettura per i dislessici: essa ha evidenziato come all'interno dello stesso gruppo vi siano soggetti caratterizzati da una maggiore severità del disturbo, sia per quanto riguarda l'accuratezza nella lettura di parole irregolari, sia per la rapidità e l'accuratezza nella lettura di parole e pseudoparole (sottogruppo dei “*severi*”). Diversamente, il sottogruppo “*moderato*” è risultato caratterizzato da una maggiore discrepanza tra la lettura di parole e quella di pseudoparole a discapito di quest'ultima. Secondo una prospettiva psicolinguistica (Castles & Coltheart, 1993), potremmo dire che questo sottogruppo di dislessici era caratterizzato da un deficit maggiormente accentuato nella procedura sublessicale di lettura (disturbo e non ritardo poiché la performance è risultata significativamente peggiore anche rispetto al gruppo RL). Al contrario, il sottogruppo dei dislessici “*severi*” sembra essere caratterizzato da una prestazione generale di lettura significativamente più bassa rispetto a quella del gruppo “*moderato*” a cui si associa un QI Verbale inferiore (QIV: media = 88,7; d.s. = 6,8) rispetto ai “*moderati*” (media = 96,1; d.s. = 13,3). Tali risultati sembrano evidenziare la caratteristica di eterogeneità che contraddistingue la popolazione di dislessici spiegata, in parte, attraverso la presenza di differenti sottotipi, come sostenuto da alcuni autori (Castles & Coltheart, 1993; McDougall, Borowsky, McKinnon, & Hymel, 2005; Vellutino & Fletcher, 2005). Tuttavia, non è possibile riferire questi due sottogruppi alla classica differenziazione in *dislessici fonologici* e *superficiali* poiché non siamo in presenza di un disturbo puro a carico dell'una o

dell'altra componente di lettura (Castles & Coltheart, 1993) ed è noto che, difficilmente, questa situazione viene supportata da riscontri empirici.

Per quanto riguarda le prove di lettura standardizzate del gruppo di italiani, esse hanno evidenziato una differenza significativa solo tra dislessici e gruppo di controllo di pari età cronologica, in quanto i soggetti del gruppo di normo-lettori di pari età di lettura sono stati appaiati ai dislessici secondo i valori medi e deviazioni standard ottenuti proprio in queste prove. Questo è stato necessario poiché in Italiano non esistono, ancora, test che forniscano l'età di lettura relativa al livello di performance raggiunto. Inoltre, contrariamente a quanto evidenziato per il gruppo francese, la distribuzione dei punti *z* relativi alle performance di lettura dei dislessici è risultata omogenea, senza il manifestarsi di due tipologie differenti. Questo risultato ha fatto sì che non si procedesse ad un'analisi approfondita delle prestazioni di lettura all'interno del gruppo di dislessici italiani.

Per quanto riguarda l'assessment di alcuni processi cognitivi, il gruppo di dislessici italiani ha manifestato punteggi di memoria a breve termine e di attenzione sostenuta inferiori rispetto ai due gruppi di controllo. Tale dato concorda con quanto sostenuto da un numero sempre maggiore di studi in letteratura che mettono in evidenza come vi siano deficit di memoria e di attenzione associati a dislessia (Howes, Bigler, Burlingame, & Lawson, 2003; Pennington, 2006; Shankweiler et al., 1995; Smith-Spark & Fisk, 2007). Anche la capacità visuo-percettiva di discriminare una figura rispetto allo sfondo è risultata essere leggermente deficitaria nei dislessici rispetto al gruppo di soggetti di pari età cronologica. Come già evidenziato (Lété & Ducrot, in stampa), infatti, questa capacità risulta fondamentale nel processo di lettura poiché, insieme ad altre componenti visuo-spaziali, contribuisce a organizzare, a livello cognitivo, l'informazione visiva in maniera coerente. Tuttavia, come vedremo meglio più avanti, nel nostro studio non è stato rilevato un legame significativo tra le capacità cognitive e visuo-percettive valutate e il compito di riconoscimento di parole, pseudoparole, nonparole e stringhe di simboli.

Infine, l'analisi correlazionale effettuata allo scopo di individuare un legame tra le prove di lettura sperimentali e quelle standardizzate ha mostrato dei risultati significativi a sostegno del fatto che i materiali verbali messi a punto per le prove sperimentali sembrano essere affidabili nel valutare le abilità di lettura dei soggetti.

Passiamo ora ad analizzare i risultati ottenuti nel compito di identificazione teso alla valutazione dell'effetto crowding nei dislessici evolutivi che costituisce lo scopo principale di questa ricerca.

Innanzitutto, è necessario sottolineare che l'assenza di un effetto significativo del fattore *lingua*, soprattutto per i tempi di risposta, costituisce una garanzia dell'omogeneità dei risultati ottenuti e permette, perciò, la loro generalizzazione ad entrambi i gruppi linguistici. L'unico caso in cui si è verificata una differenza nei confronti del gruppo linguistico di appartenenza ha riguardato il confronto tra dislessici e controlli di pari età di lettura nell'accuratezza relativa al riconoscimento degli stimoli: solo per i francesi tale confronto è risultato significativo.

L'analisi dell'accuratezza ha messo in evidenza il fatto che i dislessici, in generale, sono risultati meno accurati dei soggetti normo-lettori di pari età cronologica ma non di quelli di pari età di lettura. Inoltre si è evidenziato l'emergere di un *effetto di lessicalità* poiché il riconoscimento delle parole è risultato essere più veloce e maggiormente accurato di quello delle pseudo-parole, non-parole e stringhe di simboli

Anche i TR hanno evidenziato, come l'accuratezza, delle differenze tra gruppi: i dislessici sono risultati essere più lenti del gruppo CA nel materiale verbale, ma più rapidi di quello RL. Nello specifico, i dislessici hanno manifestato una minor accuratezza e una maggiore lentezza nei confronti del materiale verbale (parole, pseudo-parole e non-parole) rispetto ai soggetti di controllo di pari età cronologica; tuttavia, per quanto riguarda il riconoscimento del materiale non-verbale, non sono emerse differenze tra i tre gruppi. Tale risultato, sembrerebbe propendere a favore di un deficit selettivo del gruppo di

dislessici nel riconoscimento di materiale verbale, in linea con quanto affermato dall'*ipotesi fonologica* (Griffiths & Snowling, 2002; Snowling, 2000; 2006). Riferendosi, specificatamente, all'*ipotesi relativa alla velocità di processamento* formulata nel presente studio i dati sui tempi di risposta sono risultati essere in accordo con quanto rilevato recentemente da Bonifacci e Snowling (2008) che hanno sottolineato come i dislessici non siano più lenti, rispetto ai soggetti di controllo, nel riconoscimento di materiale non-verbale. Come ribadito prima, in questo lavoro si è evidenziata una maggiore lentezza dei dislessici a carico, esclusivamente, del materiale verbale in favore di un disturbo fonologico specifico. Tuttavia, l'assenza di differenze significative tra dislessici e gruppo di controllo di pari età di lettura non permette di riferire la presenza di un deficit specifico nel materiale verbale a fattore causale, come suggerito da Goswami (2003), nonostante la comprovata evidenza del fatto che i tre gruppi, effettivamente, differivano tra loro nelle competenze di lettura. È possibile ipotizzare che tale limite sia da imputare allo specifico paradigma sperimentale utilizzato nello studio che mette a confronto tempi di risposta di soggetti con età cronologica differente. A questo proposito solo il confronto con un gruppo di soggetti di pari età cronologica può essere considerato come maggiormente affidabile nell'individuare la differenza di pattern comportamentali relativi all'effetto esaminato.

Per quanto riguarda la condizione di crowding, l'analisi dell'accuratezza non ha evidenziato differenze significative; questo è emerso anche nello studio di Spinelli et al. (2002) che ha centrato l'analisi sui tempi di risposta vocali. Per questo motivo è risultato necessario, anche in questo lavoro, focalizzare l'attenzione sull'analisi dei tempi di risposta che ha messo in luce come il riconoscimento di stimoli circondati da altri della stessa natura sia rallentato rispetto a quello di target isolati. Tale difficoltà è stata quantificata con uno svantaggio, in termini di TR, di circa 100 millisecondi come osservato da Spinelli e colleghi (2002) (prima ipotesi del presente studio). Questa differenza è risultata essere relativamente piccola se si tiene conto dei tempi medi rilevati per

processare gli stimoli che sono risultati essere simili, mediamente, a quelli misurati da Spinelli e collaboratori (2002) (dislessici: media = 1739,6; er.st. = 59,96; gruppo CA: media = 1464,18; er.st. = 59,96). Inoltre, tale effetto sembra essere leggermente modulato dal tipo di materiale che deve essere riconosciuto: la differenza media maggiore tra condizione di crowding e isolata la si è riscontrata nel materiale non-verbale (differenza media = 144,15; d.s. = 287,61), poi nelle non-parole (differenza media = 115,52; d.s. = 300,69), a seguire nelle parole (differenza media = 100,22; d.s. = 168,54) e poi, in ultimo, nelle pseudoparole (differenza media = 56,23; d.s. = 224,52). Riassumendo, sembrerebbe che lo svantaggio creato dalla condizione di crowding sia maggiore nel riconoscimento di materiale non-verbale e delle non-parole, entrambi stimoli del tutto nuovi: le stringhe di simboli sono state volutamente costruite e selezionate in modo da non risultare famigliari ai soggetti e in modo da non attivare automaticamente una rappresentazione fonologica. Le non-parole, come vedremo meglio più avanti, risultano più complesse da elaborare in quanto non fanno riferimento ad un'organizzazione ortografica della combinazione di lettere.

Come ampiamente discusso nel capitolo II, sebbene il dibattito sia tutt'ora aperto (Huckauf & Hellere, 2004), sono stati ipotizzati differenti meccanismi che possono dare origine all'effetto crowding. Tra questi alcuni studi hanno evidenziato quelli di ordine visivo, relativi sia all'interazione inibitrice tra i contorni degli stimoli (Byork & Murray, 1977; Wolford & Cahmbers, 1984) che alla combinazione delle caratteristiche di target e distrattori (Pelli et al., 2004). Accanto a questi, tuttavia, è stato ipotizzato l'intervento di meccanismi di attenzione spaziale (esempio: Huckauf & Heller, 2002; Omtzigt et al., 2002; 2004) legato alla presentazione degli stimoli in visione foveale o periferica e linguistici relativamente all'importanza del contesto nel riconoscimento di target letterali (Fine, 2004; Huckauf et al., 1999; Huckauf & Heller, 2004). Il pattern dei risultati relativi alle differenze medie ottenute tra condizione crowding e isolata, per ogni tipo di materiale, ha evidenziato come l'interferenza dei distrattori sia minore nel caso in cui essi siano, come il target, costituiti da

stringhe fonologiche ortograficamente organizzate (parole e pseudoparole), rispetto a stringhe fonologiche non ortograficamente organizzate (non-parole) e a stringhe di simboli non fonologici. Come riportato da Fine (2004), il contesto costituito da una stringa di lettere ortograficamente organizzata facilita il riconoscimento del target centrale presentato in condizione di affollamento visivo. Tale dato suggerisce l'importanza, nello studio del crowding, di considerare il tipo di materiale dello stimolo target e, conseguentemente, del contesto in cui è immerso e necessiterebbe di ulteriori approfondimenti futuri.

Veniamo ora ad analizzare l'ipotesi centrale del nostro studio, quella che assumeva come, sulla base di alcuni dati presenti in letteratura (Atkinson, 1991; Atkinson, 1993; Bouma & Legein, 1977; Pernet et al., 2006; Spinelli et al., 2002), i dislessici potrebbero soffrire di un marcato effetto negativo nel riconoscimento di stimoli centrali circondati da altri della stessa natura (ipotesi 2). Contrariamente a quanto ipotizzato, non è emerso un effetto crowding specifico per il gruppo di dislessici confrontando la loro prestazione con quella del gruppo di controllo. In altre parole, questo fenomeno sembrerebbe rallentare la prestazione generale di tutti i soggetti partecipanti allo studio e non, in maniera significativamente più marcata, quella dei dislessici. Quest'ultimo dato è aperto a differenti interpretazioni.

Una prima riflessione potrebbe essere fatta sul tipo di paradigma sperimentale utilizzato. Come precedentemente esposto, esso è stato creato sulla base di quello proposto da Spinelli et al. (2002), adattandolo alla misurazione di tempi di risposta non vocali, operando un accurato controllo e bilanciamento delle condizioni e, elemento di novità, aggiungendo altri tipi di stimoli (pseudoparole e non-parole) accuratamente selezionati. Tuttavia, come visto prima, nonostante le variazioni, i valori medi dei tempi di risposta dei dislessici e dei controlli di pari età cronologica misurati con questo paradigma sono risultati essere molto simili a quelli rilevati da Spinelli et al. (2002): l'effetto crowding è stato effettivamente rilevato sul campione totale. Per questi motivi, la differenza di risultati emersi non sono da attribuire a fattori di ordine metodologico. Al

contrario, non è possibile svolgere un confronto diretto con gli altri studi citati in quanto hanno adottato paradigmi sperimentali diversi, molti dei quali basati su un approccio psicofisico.

I risultati della presente ricerca hanno messo in dubbio, quindi, la presenza di un marcato effetto crowding nella dislessia evolutiva e la possibilità di riferirsi a questo fenomeno come potenziale fattore causale allo sviluppo del disturbo. Come suggerito da numerosi autori, infatti, il deficit fonologico risulterebbe essere causa sufficiente al manifestarsi della dislessia ma, in alcuni casi, si associano anche deficit sensoriali o motori (Ramus et al., 2003). In linea con ciò, possiamo riprendere l'ipotesi avanzata da Vellutino, Fletcher, Snowling e Scanlon (2004) i quali hanno suggerito come la presenza di deficit sensoriali in alcuni soggetti dislessici, non spiegati dall'ipotesi fonologica, siano da riferire a *marker biologici* che non giocano un ruolo causale importante nell'eziologia del disturbo di lettura: potremmo considerare il fenomeno del crowding alla stregua di questi *marker biologici*.

Infine, il dato emerso potrebbe essere supportato da quello ottenuto recentemente da Shovman e Ahissar (2006) che hanno, per l'appunto, criticato la presenza di uno specifico effetto crowding in un gruppo di dislessici adulti valutato attraverso la misurazione di soglie di contrasto in un compito di identificazione di uno stimolo target non familiare.

Ciò nonostante, il tipico carattere di eterogeneità che emerge all'interno delle manifestazioni comportamentali dei dislessici e la presenza di sottogruppi ristretti di dislessici caratterizzati da una particolare e marcata sensibilità al crowding (Atkinson, 1993; Spinelli et al., 2002) ci hanno condotto ad attuare un'analisi più approfondita nei confronti delle differenze individuali manifestate dai soggetti. In particolare ci si è chiesti se i risultati ottenuti avrebbero potuto mascherare la performance di una minoranza di dislessici che risentono, in modo maggiore, di uno specifico effetto crowding.

Allo scopo di esplorare questa seconda possibilità, abbiamo svolto, in ultimo, un'analisi delle differenze individuali utilizzando due metodologie che

hanno condotto a risultati particolarmente interessanti. La prima, basata sui punteggi di cut-off, ha messo in luce come sei dislessici su quarantaquattro abbiano manifestato una marcata sensibilità all'effetto crowding specificatamente legato al riconoscimento di non-parole. È da notare come quattro di questi dislessici appartengano al sottogruppo “*moderato*” di dislessici francesi, ovvero quello dei due caratterizzato da una migliore capacità di lettura di parole regolari e irregolari, a scapito di una maggiore lentezza nella lettura di pseudoparole. Dalle analisi fatte sui confronti inter-gruppo (la seconda metodologia utilizzata nell'analisi delle differenze individuali) è emerso, infatti, che tale sottogruppo si è caratterizzato per la marcata sensibilità alla condizione di crowding rispetto al sottogruppo dei “*severi*” e ai gruppi di controllo, specificatamente nel riconoscimento di non-parole. Come potrebbe essere spiegato questo dato?

Innanzitutto, è necessario considerare che le nonparole sono stringhe non pronunciabili di lettere che possono attivare in modo preponderante una procedura di decodifica fonologica elicitando, in taluni casi, una procedura di lettura lettera-per-lettera. Inoltre, l'identificazione di lettere in questi stimoli risulta molto più difficoltosa a causa dell'assenza di un'organizzazione ortografica della combinazione di lettere come nelle parole o nelle pseudoparole (Grainger et al., 2003; Massaro & Cohen, 1994).

Nel campo delle neuroscienze è stata individuata una struttura cerebrale che sembra essere deputata al riconoscimento visivo delle parole denominata *Visual Word Form Area* (Warrington & Shallice, 1980; Hillis & Caramazza, 1995) e localizzata nella regione temporale visiva sinistra. Tale VWFA risponde a parole presentate indipendentemente nell'emicampo visivo destro o sinistro (Cohen et al., 2000) e si attiva, in quest'ultimo caso, grazie alla trasmissione di informazioni attraverso il corpo calloso. Sebbene alcuni studi lo mettano in dubbio (Xue & Poldrack, 2007), è stato ipotizzato che questa regione sia specializzata nel riconoscimento di parole reali e pseudoparole rispetto a stringhe di consonanti (non-parole non legali) (Dehaene, 2007).

Alcuni studi di brain-imaging svolti su soggetti che, in seguito a lesioni delle aree temporali inferiori sinistre (e, in particolar modo, delle connessioni tra il giro angolare sinistro e la corteccia visiva di sinistra e di destra), hanno perso la capacità selettiva di leggere parole e lettere (alessia pura), hanno messo in evidenza l'utilizzo della procedura di lettura lettera-per-lettera per il riconoscimento di parole. Nello specifico, uno studio di Cohen e colleghi (2004) ha mostrato come in un paziente alessico che utilizzava questa procedura di lettura, le lettere venissero identificate attraverso il sistema visivo intatto dell'emisfero destro, per mezzo di una regione simmetrica alla VWFA. Successivamente, la rappresentazione visiva delle lettere veniva trasferita in modo seriale all'emisfero sinistro attraverso il segmento intatto del corpo calloso. Infine, l'identità della parola veniva gradualmente recuperata nell'emisfero sinistro per mezzo dei processi di working memory verbale.

La presenza di una strategia seriale di lettura, simile a quella manifestata da pazienti con disturbo di lettura acquisito, anche in soggetti con dislessia evolutiva, proviene da studi sui movimenti oculari effettuati in lingue come l'Italiano e il Tedesco, caratterizzate da un'elevata corrispondenza grafema-fonema (De Luca, Borrelli, Judica, Spinelli, & Zoccolotti, 2002; De Luca, Di Pace, Judica, Spinelli, & Zoccolotti, 1999; Hutzler & Wimmer, 2004). I principali risultati hanno documentato come i bambini dislessici compiano un maggior numero di fissazioni durante la lettura, rispetto ai normo-lettori, che sembra essere associato a saccadi più brevi. Questi dati hanno spinto a ipotizzare la presenza, anche nei soggetti con dislessia evolutiva, di strategia di lettura lettera-per-lettera (Hawelka & Wimmer, 2005). La dimostrazione della difficoltà nella percezione simultanea di molteplici stimoli visivi nei lettori lettera-per-lettera viene tipicamente evidenziata in alcune varianti del metodo di report parziale introdotto da Averbach e Sperling (1968) che richiede di riportare un solo elemento appartenente ad una configurazione di stimoli, brevemente presentata, in risposta ad un cue successivo.

Tuttavia, per tornare alla prestazione del sottogruppo dei dislessici “*moderati*”, sembrerebbe che esso attivi una strategia di riconoscimento lettera-per-lettera unicamente per le non-parole, mentre per le parole e le pseudoparole, grazie forse allo sviluppo di strategie compensative, attivi un riconoscimento di tipo “globale” attraverso l’attivazione della VWFA. Quest’ultimo dato verrebbe confermato dall’assenza di differenze significative nel riconoscimento di parole e pseudoparole con i soggetti di controllo. Come proposto dal *connectionist multi-trace memory model* per la lettura di parole polisillabiche (brevemente denominato ACV98) (Ans et al., 1998) l’attivazione di una strategia di riconoscimento “analitica” comporta un aumento del carico della memoria di lavoro fonologica poiché l’output, corrispondente ad ogni sequenza focalizzata (per esempio, le lettere all’interno della finestra visuo-attentiva), viene generato in modo progressivo e deve essere mantenuto in memoria per essere disponibile alla fine del processo. Inoltre, viene ipotizzato che, alla base di un’efficiente segregazione grafemica necessaria al riconoscimento di non-parole e realizzata solo attraverso un accurato e veloce processo di selezione dei grafemi, vi sia una componente di attenzione visuo-spaziale fondamentale (Ans et al., 1998; Bosse & Valdois, 2003; Bosse et al., 2007; Facoetti, 2005; Facoetti, Paganoni, Turatto, Marzola, & Mascetti, 2000; Valdois et al., 2004). L’aumento del carico di working memory verbale (peraltro già particolarmente deficitaria nei soggetti dislessici) e di attenzione visuo-spaziale elicitato nel riconoscimento delle non-parole insieme ad una condizione di affollamento visivo (*crowding*) rallenterebbe in modo significativo la prestazione dei soggetti dislessici “*moderati*”. Tuttavia, l’influenza di processi cognitivi come la memoria di lavoro verbale e l’attenzione visuo-spaziale entrerebbero in gioco solo nel riconoscimento di materiale fonologico (non-parole).

Per quanto riguarda il sottogruppo dei dislessici “*severi*”, esso ha manifestato un pattern marcatamente differente rispetto a quello dei “*moderati*” nel compito di identificazione: si è evidenziato un accentuato rallentamento solo nei confronti del materiale verbale (parole, pseudoparole e non-parole) rispetto al

gruppo di pari età cronologica con tendenza a evidenziare un deficit specifico (prestazioni peggiori, seppure non del tutto significative, anche nei confronti del gruppo RL). Probabilmente, è talmente grave la difficoltà incontrata nel riconoscimento di materiale verbale in generale, che l'aggiunta di una condizione di affollamento visivo (effetto crowding) non viene percepita dai dislessici "severi" come maggiormente invalidante.

L'analisi delle differenze individuali svolta sul campione italiano non ha condotto a risultati degni di nota né per quanto riguarda il fattore *condizione*, né per quello legato al *tipo di materiale* in funzione dei sottogruppi tra loro confrontati. Questo fatto ha reso impossibile un confronto tra le performance in lettura e quelle nel compito di identificazione, così com'è stato fatto per il gruppo dei francesi.

Nonostante ciò, è stato possibile compiere delle analisi più approfondite in riferimento al legame tra le capacità visuo-percettive, alcune abilità cognitive (attenzione sostenuta e memoria a breve termine) valutate nel campione di italiani e la prestazione nel riconoscimento di parole, pseudoparole, nonparole e stringhe di simboli. Come precedentemente visto, il gruppo di dislessici ha manifestato deficit di memoria a breve termine, attenzione sostenuta e nella capacità visuo-spaziale di riconoscere una figura rispetto allo sfondo. Ci si è chiesto, perciò, se tali abilità fossero implicate anche nel compito di identificazione: l'analisi, tuttavia, non ha rilevato correlazioni significative né su tutto il campione, né sul gruppo di dislessici e su quello dei soggetti di controllo. Questo dato tuttavia, anche alla luce dei precedenti risultati, meriterebbe un approfondimento ulteriore ai fini di esplorare le abilità cognitive e visuo-percettive che entrano in gioco in un compito di riconoscimento e, nello specifico, nell'effetto crowding.

Inoltre, per quanto riguarda lo studio preposto a valutare in che misura il compito sperimentale del crowding fosse in relazione con le competenze di lettura, ha fornito alcuni dati che ci portano a riflettere sulle strategie utilizzate dai soggetti. In particolare è emerso che per il gruppo di dislessici e per quello

dei soggetti di pari età di lettura il legame fornito dall'analisi correlazionale sia piuttosto debole; al contrario, la correlazione è risultata più forte per i bambini di pari età cronologica. Questo dato sembrerebbe suggerire che nel loro insieme né i dislessici, né i soggetti ai primi stadi di apprendimento della lettura, abbiano attivato una procedura di lettura durante il compito di identificazione di parole e pseudoparole, mentre i soggetti di pari età cronologica sì. Si potrebbe ipotizzare che, tra le possibili strategie attuabili, sia i dislessici che i bambini di pari età di lettura abbiano processato solamente la prima lettera della stringa presentata (sufficiente, d'altra parte, a svolgere il compito di identificazione) per mezzo di un processamento analitico logografico in cui solo poche lettere sono necessarie e in cui il loro ordine non deve essere elaborato (Genisio & Bastien-Toniazzo, 2003). Nello specifico, è stato dimostrato che bambini che hanno appena iniziato l'apprendimento della lettura non sembrano differenziare tra parole e nonparole, o tra parole e pseudoparole: alcuni di essi riconoscono una parola come un set di lettere, altri come un set di stimoli grafici (Bastien-Toniazzo, 1992). Questa interpretazione potrebbe offrire una spiegazione del fatto che i risultati ottenuti dal gruppo dei soggetti di pari età di lettura non hanno evidenziato un marcato effetto di lessicalità rilevato, al contrario, negli altri due gruppi. Inoltre, l'eterogeneità della manifestazione suggerita da Bastien-Toniazzo (1992) potrebbe giustificare i differenti pattern ottenuti nell'analisi dei sottogruppi di soggetti di pari età di lettura. Probabilmente, modificando gli stimoli "diversi" nel compito di identificazione in modo da forzare, in tutti i soggetti, la lettura dell'intera parola, otterremmo dei pattern comportamentali ancora più chiari e caratterizzanti i gruppi.

Riassumendo, dunque, uno dei principali risultati ottenuti da questo studio ha riguardato la presenza di un disturbo selettivo a carico del riconoscimento del materiale verbale nei soggetti dislessici, sia francesi che italiani. I dati qui proposti potrebbero essere considerati a favore dell'ipotesi fonologica della

dislessia che, tutt'oggi, viene considerata l'ipotesi causale maggiormente supportata da dati empirici (Griffiths & Snowling, 2002; Snowling, 2000; 2006).

In riferimento all'effetto crowding, benché esso sia stato rilevato in generale, non è emerso in modo specifico per i dislessici evolutivi, se consideriamo il campione totale: l'ipotesi di una sua relazione causale con il disturbo di lettura è stata messa in dubbio. Ciò significa che, come già sottolineato da Shovman e Ahissar (2006), la specificità dell'effetto è ancora aperta a discussione. Tuttavia, l'analisi delle differenze individuali ha evidenziato come un sottogruppo ristretto di dislessici risenta, in particolar modo, di tale effetto, come sottolineato anche dagli studi di Atkinson (1993) e Spinelli e colleghi (2002). Nello specifico, il dato interessante riguarda il fatto che l'effetto crowding sia stato rilevato nei confronti delle non-parole non legali. Nello specifico sembrerebbe che l'ipotesi della superiorità dell'acuità parafoveale manifestata dai dislessici e che permetterebbe di spiegare la loro maggiore sensibilità al fenomeno del crowding (esempio: Geiger, Lettvin, & Zegarra-Moran, 1992; Lorusso et al., 2004) debba essere messa in relazione a diversi aspetti: al tipo di stimolo e alle strategie di riconoscimento da esso elicitate, alle difficoltà specifiche, sia di lettura che cognitive, manifestate dai dislessici. Queste interpretazioni costituiscono degli interessanti spunti di riflessione che necessitano di maggiori approfondimenti sperimentali.

Concludendo, questo studio ha messo in luce l'importanza di considerare l'eterogeneità della dislessia, effettuando analisi che mettano in evidenza la presenza di differenze individuali che possano risultare fondamentali nel capire meglio determinate manifestazioni comportamentali. Inoltre, si ribadisce la necessità di utilizzare disegni sperimentali controllati per valutare le ipotesi di legami causali tra uno specifico effetto e le difficoltà di lettura. In particolare, prendere in considerazione un gruppo di soggetti di pari età di lettura da confrontare con i dislessici sembra essere fondamentale nell'esplorare l'esistenza, o meno, di una relazione causale tra effetto crowding e dislessia evolutiva.

Infine, questa ricerca sottolinea il fatto che lo studio dell'influenza di deficit visuo-attentivi sulle capacità di lettura dei dislessici rimane ancora una questione aperta e dibattuta e sottolinea la possibilità di esplorare un livello, nel riconoscimento delle parole, che non viene comunemente studiato in letteratura: quello che va dal processamento visivo delle lettere alla codifica ortografica, in una prospettiva di confronto inter-linguistico.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Aghababian, V., Nazir, T (2000). Developing normal reading skills: Aspects of visual processes underlying word recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76, 123-150.
- Akutsu, H., Legge, G. E., Ross, J. A., & Schuebel, K. (1991). Psychophysics of reading. X. Effects of age related changes in vision. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 46, 325-331.
- Amitay, S., Ben-Yehudah, G., Banai, K., & Ahissar, M. (2002). Disabled readers suffer from visual and impairments but not from a specific magnocellular deficit. *Brain*, 125, 2272-2285.
- Annett, M. (1985). *Left, Right, Hand and Brain. The Right Shift Theory*. Hillsdale: Erlbaum.
- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A Connectionist Multiple-Trace Memory Model for Polysyllabic Word Reading. *Psychological Review*, 105 (4), 678-723.
- Atkinson, J. (1984). Human visual development over the first 6 months o life: A review and a hypothesis. *Human Neurobiology*, 3, 61-74.
- Atkinson, J. (1991). Review of human visual development: Crowding and dyslexia. In J.F. Stein (Ed), *Vision and Visual Dyslexia* (pp 44-57). Houndmills: Mac Millan Press.
- Atkinson, J. (1993). Letter recognition acuity, visual crowding, contrast sensitivity, accommodation, convergence and sight reading music. In S. F. Wright & R. Groner (Eds.), *Facets of Dyslexia and its Remediation, Studies in Visual Information Processing* (pp.125-138). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Averbach, E., & Sperling, G. (1968). Short term storage of information in vision. In R.N. Haber (Ed.), *Contemporary theory and research in visual perception*. New York: Holt Rinehart & Winston.
- Badcock, D., & Lovegrove, W. (1981). The effect of contrast stimulus, duration and spatial frequency in visual persistence in normal and specifically disabled

- readers. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 495-505.
- Barca, L., Burani, C., Di Filippo, G., & Zoccolotti, P. (2006). Italian developmental dyslexic and proficient readers: Where are the differences? *Brain and Language*, 98, 347-351.
- Bastien-Toniazzo, M. (1992). La représentation du mot écrit aux débuts de la lecture. *L'Année Psychologique*, 92, 489-509.
- Bellocchi, S., Giombini, L., & Contento, S. L'evoluzione delle capacità di apprendimento: un'analisi delle componenti cognitive verbali e non verbali. *Difficoltà di Apprendimento*, (in revisione).
- Bellocchi, S., Grimandi, F., & Contento, S. (Settembre 2006). *Silent reading e Rapid Naming sono predittori delle capacità di lettura?* Poster presentato al XX Congresso Nazionale della Sezione di Psicologia Sperimentale – AIP, Associazione Italiana di Psicologia. Atti del Convegno, p.80.
- Besner, D., Twilley, L., McCann, R. S., & Seergobin, K. (1990). On the association between connectionism and data: Are a few words necessary? *Psychological Review*, 97, 432-446.
- Binder, J. R., & Mohr, J. P. (1992). The topography of callosal reading pathways. A case-control analysis. *Brain*, 115, 1807-1826.
- Binder, J. R., Frost, J. A., Hammeke, T. A., Bellgowan, P. S., Springer, J. A., Kaufman, J.N., & Possing, E. T. (2000). Human temporal lobe activation by speech and nonspeech sounds. *Cerebral Cortex*, 10 (5), 512-528.
- Bishop, D. V. M., & Snowling, M. J. (2004). Developmental dyslexia and specific language impairment: Same or different? *Psychological Bulletin*, 130 (6), 858-888.
- Bjork, E. L., & Murray, J. T. (1977). On the nature of input channels in visual processing. *Psychological Review*, 84, 472-484.
- Boden, C., & Giaschi, D. (2007). M-Stream deficits and reading-related visual processes in developmental dyslexia. *Psychological Bulletin*, 133 (2), 346-366.

- Bondarko, V. M., & Semenov, L. A. (2005). Visual acuity and the crowding effect in 8- to 17-Year-Old Schoolchildren. *Human Physiology*, *31* (5), 532-538.
- Bonifacci, P., Santinelli, C., & Contento, S. (2007). Un test breve di Intelligenza: il K-BIT. *Bollettino di Psicologia Applicata*, *252*, 33-41.
- Bonifacci, P., & Snowling, M. J. (2008). Speed of Processing and Reading Disability: A Cross-Linguistic Investigation of Dyslexia and Borderline Intellectual Functioning. *Cognition*, in press. doi: 10.1016/j.cognition.2007.12.006
- Bosse, M. L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, *104*, 198-230.
- Bosse, M. L., & Valdois, S. (2003). Patterns of developmental dyslexia according to a multi-trace memory model of reading. *Current Psychology Letters*, *10* (1). <http://cpl.revues.org/document92.html>
- Bouma, H. (1970). Interaction effects in parafoveal letter recognition. *Nature*, *226*, 177-178.
- Bouma, H., & Legein, C. P., (1977). Foveal and parafoveal recognition of letters and words by dyslexics and by average readers. *Neuropsychologia*, *15*, 69-80.
- Bowers, G., & Wolf, M. (1993). Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms, and orthographic skill in dyslexia. *Reading and Writing*, *5*, 69-85.
- Bradley, L., & Bryant, P. E. (1978). Difficulties in auditory organisations as a possible cause of reading backwardness. *Nature*, *271*, 746-747.
- Bradley, L., & Bryant, P.E. (1983). Categorizing sounds and learning to read: a causal connection. *Nature*, *301*, 419-421.
- Brady, S. A., Shankweiler, D., & Mann, V. (1983). Speech perception and memory coding in relation to reading ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *35*, 345-367.
- Breier, J. I., Fletcher, J. M., Foorman, B. R., & Gray, L. C. (2002). Perception of speech and nonspeech stimuli by children with and without reading disability and attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, *82*, 226-250.

- Breitmeyer, B. (1993). The roles of sustained (P) and transient (M) channels in reading and reading disabilities. In S. F. Wright & R. Groner (Eds.), *Facets of Dyslexia and its remediation* (pp. 13-31). London: Elsevier.
- Briand, K. A., & Klein, R. M. (1987). Is Posner's "beam" the same as Treisman's "glue"? On the relation between visual orienting and feature integration theory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *13*, 228-241.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon.
- Brunswick, N., McCrory, E., Price, C. J., Frith, C. D., & Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords in adult developmental dyslexics: A search for Wernicke's Wortschatz? *Brain*, *122*, 1901-1917.
- Caravolas, M. (2005). The Nature and Causes of Dyslexia in Different Languages. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading. A Handbook* (pp 336-355). Oxford: Blackwell Publishing.
- Caravolas, M., Volin, J., & Hulme, C. (2005). Phoneme awareness is a key component of alphabetic literacy skills in consistent and inconsistent orthographies: Evidence from Czech and English children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *92* (2), 107-139.
- Castles, A., & Coltheart, M. (1993). Varieties of developmental dyslexia. *Cognition*, *47*, 149-180.
- Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, *91*, 77-111.
- Cattell, J. McK. (1886). The time taken up by cerebral operations. *Mind*, *11*, 220-242.
- Catts, H. W., Adlof, S. M., Hogan, T. P., & Weismer, S. E. (2005). Are Specific Language Impairment and Dyslexia Distinct Disorders? *Journal of Hearing, Language and Hearing Research*, *48* (6), 1378-1396.
- Chaparro, A., & Young, R. S. L. (1993). Reading with rods: The superiority of central vision for rapid reading. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *34*, 2341-2347.

- Chung, S. T. L. (2002). The effect of letter spacing on reading speed in central and peripheral vision. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, *43*, 1270-1276.
- Chung, S. T. L., & Mansfield, J. S. (1999). Does reading mixed-polarity text improve reading speed in peripheral vision? *Vision '99 International Low Vision Conference Abstracts*, 249.
- Chung, S. T. L., Mansfield, J. S., & Legge, G. E. (1998). Psychophysics of reading. XVIII. The effect of print size on reading speed in normal peripheral vision. *Vision Research*, *38*, 2949-2962.
- Chung, S. T. L., Levi, D. M., & Legge, G. E. (2001). Spatial-frequency and contrast properties of crowding. *Vision Research*, *41*, 1833-1850.
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M. A., & Michel, F. (2000). The visual word form area. Spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, *123*, 291-307.
- Cohen, L., Henry, C., Dehaene, S., Martinaud, O., Lehéricy, S., Lemer, C., & Ferieux, S. (2004). The pathophysiology of letter-by-letter reading. *Neuropsychologia*, *42*, 1768-1780.
- Cohen, L., Martinaud, O., Lemer, C., Lehéricy, S., Samson, Y., Obadia, M., Slachevsky, A., & Dehaene, S. (2003). Visual word recognition in the left and right hemispheres: Anatomical and functional correlates of peripheral alexias. *Cerebral Cortex*, *13*, 1313-1333.
- Coltheart, M. (2005). Modeling reading: The Dual-Route Approach. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading. A Handbook* (pp 6-23). Oxford: Blackwell Publishing.
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, *100*(4), 589-608.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual-route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, *108*, 204-256.

- Content, A., & Radeau, M. (1988). Données statistiques sur la structure orthographique du Français. *Cahiers de Psychologie Cognitive- European Bulletin of Cognitive Psychology*, n. hors série, 1-87.
- Cronelissen, P. L., Bradley, L., Fowler, S., & Stein, J. (1994). What children see affects how they spell. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 36 (8), 716-726.
- Cornelissen, P. L., Hansen, P. C., Gilchrist, I., Cormack, F., Essex, J., & Frankish, G. (1998). Coherent motion detection and letter position encoding. *Vision Research*, 38, 2181-2191.
- Cornelissen, P. L., Hansen, P. C., Hutton, J. L., Evangelinou, V., & Stein, J. F. (1998). Magnocellular visual function and children's single word reading. *Vision Research*, 38, 471-482.
- Cornoldi, C., & Colpo, G., (1998). *Prove di lettura MT per la scuola elementare*. Firenze: O.S.
- De Luca, M., Borrelli, M., Judica, A., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2002). Reading words and pseudowords: An eye movement study of developmental dyslexia. *Brain and Language*, 80, 617-626.
- De Luca, M., Di Pace, E., Judica, A., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (1999). Eye movement patterns in linguistic and non-linguistic tasks in developmental surface dyslexia. *Neuropsychologia*, 37, 1407-1420.
- Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris: Odile Jacob.
- Dehaene, S., Jobert, A., Naccache, L., Ciuciu, P., Poline, J. B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2004). Letter binding and invariant recognition of masked words: behavioral and neuroimaging evidence. *Psychological Science*, 15 (5), 307-313.
- Dehaene, S., Le Clec'h, G., Poline, J. B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002). The visual word form area: A prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport*, 13 (3), 321-325.
- Dejerine, J. (1892). Contribution à l'étude anatomo-pathologique et clinique des différentes variétés de cécité verbale. *Mémoires de la Société de Biologie*, 4, 61-90.

- Demb, J., Boynton, G., Best, M., & Heeger, D. (1998). Psychophysical evidence for a magnocellular pathway deficit in dyslexia. *Vision Research*, *38*, 1555-1559.
- Devlin, J. T., Jamison, H. L., Matthews, P. M., & Gonnerman, L. M. (2004). Morphology and the internal structure of words. *Proceedings National Academy of Sciences USA*, *101* (41), 14984-14988.
- Dickinson, D. K., & Tabors, P. O. (Eds.), (2001). *Building literacy with language: Young children learning at home and school*. Baltimore, MD: Brookes.
- Ducrot, S., Lété, B., Sprenger-Charolles, L., Pynte, J., & Billard, C. (2003). The optimal viewing position effect in beginning and dyslexic readers. *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain & Cognition*, *10*, <http://cpl.revues.org/document99.html>.
- Eckert, M. A., Leonard, C. M., Richards, T. L., Aylward, E. H., Thomson, J., & Berninger, V. W. (2003). Anatomical correlates of dyslexia: Frontal and cerebellar findings. *Brain*, *126*, 482-492.
- Eden, G. F., Stein, J. F., Wood, H. M., & Wood, F. B. (1994). Differences in eye movements and reading problems in dyslexic and normal children. *Vision Research*, *34*, 1345-1358.
- Eden, G. F., Van Meter, J. W., Rumsey, J. M., Maisog, J. M., Woods, R. P., & Zeffiro, T. A. (1996). Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature*, *382*, 66-69.
- Eden, G. F., & Zeffiro, T. A. (1998). Neural systems affected in developmental dyslexia revealed by functional neuroimaging. *Neuron*, *21*, 279-282.
- Elbro, C. (1997). Early linguistic abilities and reading development: A review and a hypothesis about underlying differences in distinctiveness of phonological representations of lexical items. *Reading and Writing*, *8*, 453-485.
- Eliez, S., Rumsey, J. M., Giedd, J. N., Schmitt, E. J., Patwardhan, A. J., & Reiss, A. L. (2000). Morphological alteration of temporal lobe grey matter in dyslexia: An MRI study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *41*, 637-644.
- Facoetti, A. (2005). Il ruolo dell'attenzione visiva spaziale nell'apprendimento della lettura. In S. Maffioletti, R. Pregliasco e L. Ruggeri (Eds). *Il bambino e le abilità di lettura: Il ruolo della visione* (pp 177-190). Milano: Franco Angeli.

- Facoetti, A., Lorusso, M. L., Paganoni, P., Cattaneo, C., Galli, R., Umiltà, C., & Mascetti, G. G. (2003). Auditory and visual automatic attention deficits in developmental dyslexia. *Cognitive Brain Research*, *16*, 185-191.
- Facoetti, A., Paganoni, P., Turatto, M., Marzola, & Mascetti, G. G. (2000). Visuospatial attention in developmental dyslexia. *Cortex*, *36*, 109-123.
- Facoetti, A., Turatto, M., Lorusso, M. L., & Mascetti, G. G. (2001). Orienting of visual attention in dyslexia: Evidence for asymmetric hemispheric control of attention. *Experimental Brain Research*, *138*, 46-53.
- Fawcett, A. J., Nicolson, R. I., & Dean, P. (1996). Impaired performance of children with dyslexia on a range of cerebellar tasks. *Annals of Dyslexia*, *46*, 259-283.
- Felisberti, F. M., Solomon, J. A., Morgan, M. (2005). The role of target salience in crowding. *Perception*, *34* (7), 823-833.
- Fine, E. (2004). The relative benefit of word context is a constant proportion of letter identification time. *Perception & Psychophysics*, *66* (6), 897-907.
- Fletcher, J. M., & Loveland, K. (1986). Neuropsychology of arithmetic disabilities in children. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, *8*, 23-40.
- Flom, M. C. (1991). Contour interaction and the crowding effect. *Problems in Optometry*, *3*, 237-257.
- Flom, M. C., Weymouth, F. W., & Kahneman, D. (1963). Visual resolution and contour interaction. *Journal of the Optical Society of America*, *53*, 1026-1032.
- Forster, K. I. (1970). Visual perception of rapidly presented word sequences of varying complexity. *Perception and Psychophysics*, *8*, 215-221.
- Frost, R. (2005). Orthographic systems and skilled word recognition processes in reading. In J. M. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading. A Handbook* (pp 272-295). Oxford: Blackwell Publishing.
- Galaburda, A. M., Lo Turco, J., Ramus, F., Fitch, R. H., & Rosen, G. D. (2006). From genes to behaviour in developmental dyslexia. *Nature Neuroscience*, *9* (10), 1213-1217.
- Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen, F., Aboitiz, F., & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: Four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, *18* (2), 222-223.

- Geiger, G., & Lettvin, J. Y. (2000). Developmental dyslexia: A different perceptual strategy and how to learn a new strategy for reading. *Saggi: Child Developmental and Disabilities*, 26 (1), 73-89.
- Geiger, G., Lettvin, J. Y., & Fahle, M. (1994). Dyslexic children learn a new visual strategy for reading: A controlled experiment. *Vision Research*, 34 (9), 1223-1233.
- Geiger, G., Lettvin, J. Y., & Zegarra Moran, O. (1992). Task-determined strategies of visual process. *Cognitive Brain Research*, 1, 39-52.
- Genisio, V., & Bastien-Toniazzo, M. (2003). Is logographic reading holistic or analytic? *European Journal of Educational Psychology*, 18(3), 239-249.
- Georgiewa, P., Rzanny, R., Hopf, J. M., Knab, R., Glauche, V., Kaiser, W. A., & Blanz, B. (1999). fMRI during word processing in dyslexic and normal reading children. *Neuroreport*, 10 (16), 3459-3465.
- Geschwind, N. (1965). Disconnexion syndromes in animals and man. I. (Review). *Brain*, 88, 237-294.
- Gobell, J. L., Tseng, C., & Sperling, G. (2004). The spatial distribution of visual attention. *Vision Research*, 44, 1273-1296.
- Gombert, J. E. (1993). Metacognition, metalanguage, and metapragmatics. *International Journal of Psychology*, 28 (5), 571-580.
- Goswami, U. (2003). Why theories about developmental dyslexia require developmental designs. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (12), 534-540.
- Goulandris, N. K. (Ed.) (2003). *Dyslexia in different languages: Cross-linguistic comparison*. London: Whurr.
- Grainger, J., & Jacobs, A. M. (1994). A dual read-out model of word context effects in letter perception: Further investigations of the word superiority effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1158-1176.
- Grainger, J., Bouttevin, S., Truc, C., Bastien-Toniazzo, M., & Ziegler, J. (2003). Word superiority, pseudoword superiority, and learning to read: A comparison of dyslexic and normal readers. *Brain and Language*, 87, 432-440.

- Griffiths, Y. M., & Snowling, M. J. (2002). Predictors of exception word and nonword reading in dyslexic children: The severity hypothesis. *Journal of Educational Psychology, 94*, 34-43.
- Habib, M. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia. An overview and working hypothesis. *Brain, 123*, 2373-2399.
- Hammil, D., Pearson, N. A., & Voress, J., (1993). *TPV- Test per la valutazione dell'abilità fino-motoria*. Austin (Texas): Pro.ED (Trad.It. a cura di B. Ingrassia, R. Mazzeo, (1994). Trento: Erikson.).
- Hari, R., & Renvall, H. (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends Cognitive Science, 5*, 525-532.
- Hari, R., Renvall, H., & Takanen, T. (2001). Left minineglect in dyslexic adults. *Brain, 124*, 1373-1380.
- Harm, W. M., & Seidenberg, M. S. (2004). Computing the meanings of words in reading: Cooperative division of labor between visual and phonological processes. *Psychological Review, 111*, 662-720.
- Hasson, U., Harel, M., Levy, I., & Malach, R. (2003). Large-scale mirror-simmetry organization of human occipito-temporal object areas. *Neuron, 37* (6), 1027-1041.
- Hawelka, S., & Wimmer, H. (2005). Impaired visual processing of multi-elements array is associated with increased number of eye movements in dyslexic reading. *Vision Research, 45* (7), 855-863.
- He, S., Cavanagh, P., & Intriligator, J. (1996). Attentional resolution and the locus of visual awareness. *Nature, 383*, 224-338.
- Helenius, P., Tarkiainen, A., Cornelissen, P., Hansen, P. C., & Salmelin, R. (1999). Dissociation of normal feature analysis and deficient processing of letter-strings in dyslexic adults. *Cerebral Cortex, 9* (5), 476-483.
- Henry, C., Gaillard, R., Volle, E., Chiras, J., Ferrieux, S., Dehaene, S., & Cohen, L. (2005). Brain activation during letter-by-letter reading: A follow-up study. *Neuropsychologia*, article in press.
- Hess, R. F., Dakin, S. C., & Kapoor, N. (2000). The foveal “crowding” effect: physics or physiology? *Vision Research, 40*, 365-370.

- Hillis, A. E., & Caramazza, A. (1995). A framework for interpreting distinct patterns of the hemispatial neglect. *Neurocase, 1*, 189-207.
- Howes, N. L., Bigler, E. D., Burlingame, G. M., & Lawson, J. S. (2003). Memory performance of children with dyslexia : A Comparative Analysis of Theoretical Perspective. *Journal of Learning Disabilities, 36* (3), 230-246.
- Huckauf, A., & Heller, D. & Nazir, T. A. (1999). Lateral masking: Limitations of the feature interaction account. *Perception and Psychophysics, 61* (1), 177-189.
- Huckauf, A., & Heller, D. (2002). Spatial selection in peripheral letter recognition: In search of boundary conditions. *Acta Psychologica, 111*, 101-123.
- Huckauf, A., & Heller, D. (2004). On the relations between crowding and visual masking. *Perception and Psychophysics, 66* (4), 584-595.
- Hulme, C., Newton, P., Cowan, N., Stuart, G., & Brown, G. (1999). Think before you speak: Pauses, memory search, and trace reintegration processes in verbal memory span. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 25*, 447-463.
- Hutzler, F., & Wimmer, H. (2004). Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography. *Brain and Language, 89*, 235-242.
- Intriligator, J., & Cavanagh, P., (2001). The spatial resolution of visual attention. *Cognitive Psychology, 43* (3), 171-216.
- Jacobs, R. J. (1979). Visual resolution and contour interaction in the fovea and periphery. *Vision Research, 19*, 1187-1195.
- Jehee, J. F. M., Roelsfema, P., R., Deco, G., Murre, J. M. J., & Lamme, V. A. F. (2007). Interactions between higher and lower visual areas improve shape selectivity of higher level neurons-Explaining crowding phenomena. *Brain Research, 1157*, 167-176.
- Jordan, N. C., & Hanich, L. B. (2000). Mathematical thinking in second-grade children with different forms of LD. *Journal of Learning Disabilities, 33* (6), 567-578.
- Kail, R., Hall, L., & Caskey, B. J. (1999). Processing speed, exposure to print and naming speed. *Applied Psycholinguistic, 20*, 303-314.

- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Karmiloff-Smith, A. (1998). Developmental itself is the key to understanding developmental disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 389-398.
- Karmiloff-Smith, A. (2007). Atypical epigenesis. *Developmental Science*, 10 (1), 84-88.
- Katz, L., & Frost, R (1992). The reading process is different for different orthographies: The orthographic depth hypothesis. In R. Frost & L. Katz (Eds), *Orthography, phonology, morphology, and meaning* (pp.67-84). Amsterdam: North-Holland.
- Katz, R. B. (1986). Phonological deficiencies in children with reading disability: Evidence from an object naming task. *Cognition*, 22, 225-257.
- Kaufman, A. S., & Kaufman, N. (1993). *K.ABC-Batterie pour l'Examen Psychologique de l'Enfant*. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Kennedy, A., & Pynte, J (2005). Parafoveal-on-foveal effects in normal reading. *Vision Research*, 45, 153-168.
- Kennedy, A., Pynte, J., & Ducrot, S. (2002). Parafoveal-on-foveal interaction in word recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 1307-1337.
- Kinsey, K., Hansen, P. C., & Chase, C. H. (2006). Dorsal stream associations with orthographic and phonological processing. *Neuroreport*, 17, 335-339.
- Kooi, F. L., Toet, A., Tripathy, S. P., & Levi, D. M. (1994). The effect of similarity and duration on spatial interaction in peripheral vision. *Spatial Vision*, 8(2), 255-279.
- Kotz, S. A., Cappa, S. F., von Cramon, D. Y., & Friederici, A. D. (2002). Modulation of the lexical-semantic network by auditory semantic priming: An event-related functional MRI study. *Neuroimage*, 17 (4), 1761-1772.
- Kronbichler, M., Hutzler, F., & Wimmer, H. (2002). Dyslexia: Verbal impairments in the absence of magnocellular impairments. *Neuroreport*, 13, 617-620.

- Landerl, K., & Wimmer, H. (2000). Deficit in phoneme segmentation are not the core problem of dyslexia: Evidence from German and English children. *Applied Psycholinguistic*, 21, 243-262.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 21, 451-468.
- Lavie, N. (2000). Selective attention and cognitive control: Dissociating attentional functions through different types of load. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Attention and performance XVIII* (pp.175-194). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lavie, N. (2001). The role of capacity limits in selective attention: Behavioural evidence and implications for neural activity. In J. Braun & C. Koch (Eds.), *Visual attention and cortical circuits* (pp. 49-68). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lavie, N., & De Fockert, J. W. (2003). Contrasting effects of sensory limits and capacity limits in visual selective attention. *Perception & Psychophysics*, 65 (2), 202-212.
- Leat, S. J., Li, W., & Epp, K. (1999). Crowding in central and eccentric vision: the effect of contour interaction and attention. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 40 (2), 504-512.
- Lefton, L. A., Nagle, R. J., Johnson, G., & Fisher, D. F. (1979). Eye movement dynamics of good and poor readers: Then and now. *Journal of Reading Behavior*, 11, 319-328.
- Legge, G. E. (1993). The role of contrast in reading: Normal and low vision. In R. M. Shapley & D. M. K. Lam (Eds.), *Contrast Sensitivity* (pp. 269-287). Cambridge, MA: MIT Press.
- Legge, G. E. (2007). *Psychophysics of reading in Normal and Low Vision*. Mahwah (New Jersey): Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Legge, G. E., Lee, H. W., Owens, D., Cheung, S. H., & Chung, S. T. L. (2002). Visual span: A sensory bottleneck on reading speed [Abstract]. *Journal of Vision*, 2, 279a.

- Legge, G. E., Mansfield, J. S., & Chung, S. T. L. (2001). Psychophysics of reading. XX. Linking letter recognition to reading speed in central and peripheral vision. *Vision Research*, *41*, 725-34.
- Legge, G. E. Pelli, D. G., Rubin, G. S., & Schleske, M. M. (1985). Psychophysics of reading. I. Normal vision. *Vision Research*, *25*, 239-252.
- Legge, G. E., Rubin, G. S., & Luebker, A. (1987). Psychophysics of reading. V. The role of contrast in normal vision. *Vision Research*, *27*, 1165-1177.
- Leonard, C. M., Eckert, M. A., Lombardino, L. J., Oakland, T., Kranzler, J., Mohr, C. M., King, W. M., & Freeman, A., (2001). Anatomical risk factors for phonological dyslexia. *Cerebral Cortex*, *11* (2), 148-157.
- Lété, B., & Ducrot, S. (in stampa). La perception du mot écrit chez l'apprenti lecteur et l'enfant dyslexique: Évaluation en fovéa et en parafovéa. In E. Demont, J. E. Gombert, & M. N. Metz-Lutz (Eds.). *Acquisition du langage: approche intégrée*. Marseille: Solal.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *36* (1), 156-166.
- Levi, D. M., Hariharan, S., & Klein, S. A. (2002). Suppressive and facilitatory spatial interaction in peripheral vision: Peripheral crowding is neither size invariant nor simple contrast masking. *Journal of Visualization and Computer Animation*, *2*, 167-177.
- Li, Z. (2000). Pre-attentive segmentation in the primary visual cortex. *Spatial Vision*, *13*, 25-50.
- Lishman, W. A. (2006). The dyslexic brain. In M. J. Snowling & J. Stackhouse (Eds.), *Dyslexia- Speech and Language* (pp 36-53). Chichester (West Sussex): Whurr Publishers.
- Livingstone, M. S., & Hubel, D. H. (1987). Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement, and depth. *The Journal of Neuroscience*, *7*, 3416-3468.

- Lorusso, M. L., Facchetti, A., Pesenti, S., Cattaneo, C., Molteni, M., & Geiger, G. (2004). Wider recognition in peripheral vision common to different subtypes of dyslexia. *Vision Research*, *44*, 2413-2424.
- Lovegrove, W. J., Bowling, A., Blackwood, M., & Badcock, D. (1980). Specific reading difficulty: Differences in contrast sensitivity as a function of spatial frequency. *Science*, *210*, 439-440.
- Lovegrove, W., Martin, F., & Slaghuis, W. (1986). A theoretical and experimental case for a visual deficit in specific reading disability. *Cognitive Neuropsychology*, *3*, 225-267.
- Lovie-Kitchin, J. E., & Bailey, I. L. (1981). Task complexity and visual acuity in senile macular degeneration. *Australian Journal of Optometry*, *64*, 235-242.
- Lyon, G. R. (1995). Toward a definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, *45*, 3-27.
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A., (2003). Defining dyslexia, comorbidity, teachers' knowledge of language and reading. A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, *53*, 1-14.
- Mansfield, J. S., Legge, G. E., & Bane, M. C. (1996). Psychophysics of reading. XV. Font effects in normal and low vision. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *37*, 1492-1501.
- Marconi, L., Ott, M., Pesenti, E., Ratti, D., & Tavella, M. (1994). *Lessico Elementare – Dati statistici sull'italiano scritto e letto dai bambini delle elementari*. Bologna: Zanichelli.
- Marshall, C. M., Snowling, M. J., & Bailey, P. J. (2001). Rapid auditory processing and phonological ability in normal readers and readers with dyslexia. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, *44*(4), 925-940.
- Martin, F., & Lovegrove, W. (1984). The effects of field size and luminance on contrast sensitivity differences between specifically reading disabled and normal children. *Neuropsychologia*, *22*, 73-77.
- Martos, F. J., & Vila, J. (1990). Differences in eye movement control among dyslexic, retarded and normal readers in the Spanish population. *Reading and Writing*, *2*, 175-188.

- Massaro, D. W., Cohen, M. M. (1994). Visual, orthographic, phonological, and lexical influences in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 20, 1107-1128.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- McConkie, G. W., & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception and Psychophysics*, 17, 578-586.
- McCrory, E. J., Mechelli, A., Frith, U., & Price, C. J. (2005). More than words: a common neural basis for reading and naming deficits in developmental dyslexia? *Brain*, 128, 261-267.
- McDougall, P., Borowsky, R., MacKinnon, G. E., & Hymel, S. (2005). Process dissociation of sight vocabulary and phonetic decoding in reading: A new perspective on surface and phonological dyslexias. *Brain and Language*, 92, 185-203.
- Merigan, W. H., Byrne, C. E., & Maunsell, J. H. (1991). Does primate motion perception depend on the magnocellular pathway? *Journal of Neuroscience*, 11, 3422-3429.
- Metsala, J. L. (1999). Young children's phonological awareness and nonword repetition as a function of vocabulary development. *Journal of Educational Psychology*, 91, 3-19.
- Mody, M., Studdert-Kennedy, M., & Brady, S. (1997). Speech perception deficits in poor readers: Auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, 90, 347-373.
- Montaser-Kouhsari, L., & Rajimehr, R. (2005). Subliminal attentional modulation in crowding condition. *Vision Research*, 45, 839-84.
- Morrison, R. E. (1984). Manipulation of stimulus onset delay in reading: Evidence for parallel programming of saccades. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 667-682.

- Muter, V. (2006). The prediction and screening of children's reading difficulties. In M. J. Snowling & J. Stackhouse (Eds.), *Dyslexia- Speech and Language* (pp 55-73). Chichester (West Sussex): Whurr Publishers.
- National Research Council, 1980. Recommended standards for the clinical measurement and specification of visual acuity. *Advances in Ophthalmology*, 41, 103-148.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (1990). Automaticity: A new framework for dyslexia research? *Cognition*, 35, 159-182.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (1994). Reaction time and dyslexia. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A (1), 29-48.
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: The cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 24, 508-511.
- Norman, D. A., Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Omtzigt, D., & Hendriks, A. (2004). Magnocellular involvement in flanked-letter identification relates to the allocation of attention. *Vision Research*, 44, 1927-1940.
- Omtzigt, D., Hendriks, A. W., & Holk, H. (2002). Evidence for magnocellular involvement in the identification of flanked letters. *Neuropsychologia*, 40, 1881-1890.
- O'Regan, J. K., & Jacobs, A. M. (1992). Optimal viewing position effect in word recognition: a challenge to current theory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 18, 185-197.
- O'Regan, J. K., Levy-Schoen, A., Pynte, J., & Brugailière, B. (1984). Convenient fixation location within isolated words of different length and structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 10, 250-257.
- Orton, S. T. (1925). Word-blindness in school children. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 14, 582-615.

- Parkes, L., Lund, J., Angelucci, A., Solomon, J. A., & Morgan, M. (2001). Compulsory averaging of crowded orientation signals in human vision. *Nature Neuroscience*, 4 (7), 739-744.
- Paulesu, E., Démonet, J. F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., Cappa, S. F., Cossu, G., Habib, M., Frith, C. D., & Frith, U. (2001). Dyslexia: Cultural diversity and biological unity. *Science*, 291 (5511), 2165-2167.
- Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362, 342-345.
- Paulesu, E., Frith, U., Snowling, M., Gallagher, A., Morton, J., & Frackowiak, R. S. (1996). Is developmental dyslexia a disconnection syndrome? Evidence from PET scanning. *Brain*, 119, 143-157.
- Pavlidis, G. T. (1981). Do eye movements hold the key to dyslexia? *Neuropsychologia*, 19 (1), 57-64.
- Pelli, D. G., Palomares, M., & Majaj, N. J. (2004). Crowding is unlike ordinary masking: distinguishing feature integration from detection. *Journal of Vision*, 4, 1136-1169.
- Pennington, B. F. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, 101 (2), 385-413.
- Pernet, C., Valdois, S., Celsis, P., & Démonet, J. F., (2006). Lateral masking, levels of processing and stimulus category: A comparative study between normal and dyslexic readers. *Neuropsychologia*, 44, 2374-2385.
- Perry, C., Ziegler, J. C., & Zorzi, M. (2007). Nested Incremental Modeling in the Development of Computational Theories: The CDP+ Model of Reading Aloud. *Psychological Review*, 114 (2), 273-315.
- Poder, E. (2007). Effect of colour pop-out on the recognition of letters in crowding conditions. *Psychological Research*, 71, 641-645.
- Posner, M. (1995). Attention in cognitive neurosciences: An overview. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 615-624). Cambridge: MIT Press.

- Radach, R., & Kennedy, A. (2004). Theoretical perspective on eye movements in reading: Past controversies, current issues, and an agenda for future research. *European Journal of Cognitive Psychology, 16*, 3-26.
- Ramus, F. (2004). Neurobiology of dyslexia: A reinterpretation of the data. *Trends in Neuroscience, 27*, 720-726.
- Ramus, F., Pidgeon, E., & Frith, U. (2003a). The relationship between motor and phonology in dyslexic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 44*(5), 712-722.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003b). Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain, 126*, 841-865.
- Raven, J. (2005). *Progressive matrices Raven*. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Rayner, K. (1986). Eye movements in reading and the perceptual span in beginning and skilled readers. *Journal of Experimental Child Psychology, 41*, 211-236.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin, 124*, 372-422.
- Rayner, K., Juhasz, B. J., & Pollatsek, A. (2005). Eye movements during reading. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading. A Handbook* (pp 79-97). Oxford: Blackwell Publishing.
- Reicher, G. M. (1969). Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology, 81*, 274-280.
- Rodd, J. M., Davis, M. H., & Johnsrude, I. S. (2005). The neural mechanisms of speech comprehension: fMRI studies of semantic ambiguity. *Cerebral Cortex, 15* (8), 1261-1269.
- Roid, G. H., & Miller, L. J., (1997). *LEITER-R – Leiter International Performance Scale_ Revised*. U.S.A.(Trad.It., 2002, Firenze: O.S.).
- Rumelhart, D. E., & McClelland, J. L. (1982). An interactive activation model of context effects in letter perception: II. The contextual enhancement effect and some tests and extensions of the model. *Psychological Review, 89*, 60-94.

- Sartori, G., Job R., & Tressoldi, P. E. (1995). *Batteria per la valutazione della Dislessia e della Disortografia evolutiva*. Firenze: O.S.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition. *Psychological Review*, *96*, 523-568.
- Seymour, P. H. K., (2005). Early reading development in european orthographies. In J. M. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading. A handbook* (pp 298-315). Oxford: Blackwell Publishing.
- Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. M. (2000). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, *94*, 143-174.
- Shankweiler, D. P., Liberman, I. Y., Mark, L. S., Fowler, C. A., & Fischer, F. W. (1979). The speech code and learning to read. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *5*, 531-545.
- Shankweiler, D., Crain, S., Katz, L., Fowler, A. E., Liberman, A. M., Brady, S. A., Thorton, R., Lunquist, E., Dreyer, L., Fletcher, J. M., Stuebing, K. K., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (1995). Cognitive profiles of reading-disabled children: Comparison of language skills in phonology, morphology, and syntax. *Psychological Science*, *6*, 149-156.
- Shapley, R. (1990). Visual sensitivity and parallel retinocortical channels. *Annuals Review of Psychology*, *41*, 635-658.
- Shapley, R., & Enroth-Cugell, C. (1984). Visual adaptation and retinal gain controls. In N. Osborne & G. Chader (Eds.), *Progress in retinal research* (pp. 263-346). Oxford: Pergamon.
- Shovman, M. M., & Ahissar, M., (2006). Isolating the impact of visual perception on dyslexics' reading ability. *Vision Research*, *46*, 3514-3525.
- Simon, O., Mangin, J. F., Cohen, L., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2002). Topographical layout of hand, eye, calculation, and language-related areas in the human parietal lobe. *Neuron*, *33* (3), 475-487.
- Simos, P. G., Fletcher, J. M., Bergman, E., Breier, J. I., Foorman, B. R., Castillo, E. M., Davis, R. N., Fitzgerald, M., Papanicolaou, A. C. (2002). Dyslexia specific brain activation profile becomes normal following successful remedial training. *Neurology*, *58* (8), 1203-1213.

- Skottun, B. C. (2000). The magnocellular deficit theory of dyslexia: The evidence from contrast sensitivity. *Vision Research*, 40, 111-127.
- Skottun, B. C. (2005). Magnocellular reading and dyslexia. *Vision Research*, 45, 133-134.
- Skottun, B. C., & Skoyles, J. R. (2006). Attention, reading and dyslexia. *Clinical and Experimental Optometry*, 89 (4), 241-245.
- Skoyles, J., & Skottun, B.C. (2004). On the prevalence of magnocellular deficits in the visual system of non-dyslexic individuals. *Brain and Language*, 88, 79-82.
- Smith-Spark, J. H., & Fisk, J. E. (2007). Working memory functioning in developmental dyslexia. *Memory*, 15 (1), 34-56.
- Snow, C. E., & Tabors, P. O. (1993). Language skills that relate to literacy development. In B. Spodek & O. Saracho (Eds.), *Yearbook in early childhood education*, 4. New York: Teachers College Press.
- Snowling, M. J. (1981). Phonemic deficits in developmental dyslexia. *Psychological Research*, 43, 219-234.
- Snowling, M. J. (1995). Phonological processing and developmental dyslexia. *Journal of Research and Reading*, 18, 132-138.
- Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Snowling, M. J. (2006). Language skills and learning to read: The dyslexia spectrum. In M. J. Snowling & J. Stackhouse (Eds.), *Dyslexia- Speech and Language* (pp 1-14). Chichester (West Sussex): Whurr Publishers.
- Snowling, M. J., & Hulme, C. (Eds.) (2005). *The Science of Reading. A Handbook*. Oxford: Blackwell Publishing
- Snowling, M. J., Bishop, D. V. M., & Stothard, S. E. (2000). Is pre-school language impairment a risk factor for dyslexia in adolescence? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41, 587-600.
- Snowling, M. J., Gallagher, A., & Frith, U. (2003). Family risk of dyslexia is continuous: Individual differences in the precursors of reading skill. *Child Development*, 74, 358-373.
- Spinelli, D., De Luca, M., Judica, A., & Zoccolotti, P. (2002). Crowding effects on word identification in developmental dyslexia. *Cortex*, 38, 179-200.

- Stanovich, K. E. (1980). Toward an interactive-compensatory model of individual differences in the development of reading fluency. *Reading Research Quarterly, 21*, 32-71.
- Stanovich, K. E., & Siegel, L. S. (1994). Phenotypic performance profile of children with reading disabilities: A regression-based test of the phonological-core variable-difference model. *Journal of Educational Psychology, 86*, 24-53.
- Stein, J. (2001). The sensory basis of reading problems. *Developmental Neuropsychology, 20*, 509-534.
- Stein, J. F., & Fowler, M. S., (1993). Unstable binocular control in dyslexic children. *Journal of Research in Reading, 16*, 30-45.
- Stein, J., & Walsh, V. (1997). To see but not to read: the magnocellular theory of dyslexia. *Trends Neuroscience, 20*, 147-152.
- Strasburger, H., & Rentschler, I. (1995). Is the crowding effect of purely attentional origin? *Perception, 24* (Suppl.), 77.
- Styles, E. A., & Allport, D. A. (1986). Perceptual integration of identity, location and colour. *Psychological Research, 48*, 189-200.
- Tabors, P. O., & Snow, C. E. (2001). Young bilingual children and early literacy development. In S. B. Neuman & D. K. Dickinson (Eds.). *Handbook of early literacy research* (pp. 159-178). New York: The Guilford Press.
- Talcott, J. B., Witton, C., Hebb, G. S., Stoodley, C. J., Westwood, E. A., France, S. J., Hansen, P. C., & Stein, J. F. (2002). On the relationship between dynamic visual and auditory processing and literacy skills; results from a large primary-school study. *Dyslexia, 8*, 204-225.
- Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language, 9*, 182-198.
- Tallal, P., & Percy, M. (1973). Developmental aphasia: Impaired rate of nonverbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychologia, 11*, 389-398.
- Tallal, P., & Percy, M. (1975). Developmental aphasia: The perception of brief vowels and extended stop consonants. *Neuropsychologia, 13*, 69-74.
- Tallal, P., Miller, S., Fitch, R., & Roslyn, H. (1993). Neurobiological basis of speech: A case for the preeminence of temporal processing. In R. R. Llinas, C. von

- Euler, P. Tallal, & A. M. Galaburda, (Eds). *Temporal information processing in the nervous system: Special reference to dyslexia and dysphasia* (pp. 27-47). New York: New York Academy of Sciences.
- Tannock, R., Martinussen, R., & Fritjers, J. (2000). Naming speed performance and stimulant effects indicate effortful, semantic processing deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 28, 237-252.
- Tarkiainen, A., Cornelissen, P. L., & Salmelin, R. (2002). Dynamics of visual feature analysis and object-level processing in face versus letter-string perception. *Brain*, 125 (Pt5), 1125-1136.
- Tarkiainen, A., Helenius, P., Hansen, P. C., Cornelissen, P. L., & Salmelin, R. (1999). Dynamics of letter string perception in the human occipitotemporal cortex. *Brain*, 122 (Pt 11), 2119-2132.
- Temple, C. M., & Marshall, J. C. (1983). A case study of developmental dyslexia. *British Journal of Psychology*, 74, 517-533.
- Townsend, J. T., Taylor, S. G., & Brown, D. R. (1971). Lateral masking for letters with unlimited viewing time. *Perception and Psychophysics*, 10, 375-378.
- Treisman, A. M., (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception and Performance*, 8 (2), 194-214.
- Treisman, A. M., & Geffen, G. (1967). Selective attention: Perception and response? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 1-18.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 14 (1), 107-141.
- Tressoldi, P. E., Rosati, M., & Lucangeli, D. (2007). Patterns of developmental dyscalculia with or without dyslexia. *Neurocase*, 13, 217-225.
- Tressoldi, P. E., Stella, G., & Faggella, M. (2001). The development of reading speed in Italians with dyslexia: A longitudinal study. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 414-417.

- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, M. Goodale A., & R. J. W. Mansfield (Eds.). *Analysis of visual behavior* (pp. 549-586). Cambridge (MA): MIT Press.
- Valdois, S., Bosse, M. L., & Tainturier, M. J. (2004). The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia: Review of evidence for a selective visual attentional disorder. *Dyslexia, 10*, 339-363.
- Valdois, S., Bosse, M. L., Ans, B., Carbonnel, S., Zorman, M., David, D., & Pellat, J. (2003). Phonological and visual processing can dissociate in developmental dyslexia: Evidence from two case studies. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal, 16*, 541-572.
- Valdois, S., Carbonnel, S., Juphard, A., Baciou, M., Ans, B., Peyrin, C., & Segebarth, C. (2006). Polysyllabic pseudo-word processing in reading and lexical decision: Converging evidence from behavioral data, connectionist simulations and functional MRI. *Brain Research, 1085*, 149-162.
- Van Atteveldt, N., Formisano, E., Goebel, R., & Blomert, L. (2004). Integration of letters and speech sounds in the human brain. *Neuron, 43* (2), 271-282.
- Vandenberghe, R., Nobre, A. C., Price, C. J., (2002). The response of left temporal cortex to sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience, 14* (4), 550-560.
- Vandenberghe, R., Price, C., Wise, R., Josephs, O., & Frackowiak, R. S. (1996). Functional anatomy of a common semantic system for words and pictures. *Nature, 383*, 254-256.
- Vellutino, F. R. (1979). Dyslexia. *Scientific American, March, 1*, 34-41.
- Vellutino, F. R., & Fletcher, J. M. (2005). Developmental Dyslexia. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading. A Handbook* (pp 362-378). Oxford: Blackwell Publishing.
- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): What have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45* (1), 2-40.
- Vellutino, F. R., Scanlon, D. M., & Spearing, D. (1995). Semantic and phonological coding in poor and normal readers. *Journal of Experimental Child Psychology, 59*, 76-123.

- Vellutino, F. R., Scanlon, D. M., & Tanzman, M. S. (1988). Lexical memory in poor and normal readers: Developmental differences in the use of category cues. *Canadian Journal of Psychology*, *42*, 216-241.
- Vidyasagar, T. R. (1999). A neuronal model of attention spotlight: parietal guiding the temporal. *Brain Research Review*, *30*, 66-76.
- Vitu, F., O'Regan, J. K., & Mittau, M. (1990). Optimal landing position in reading isolated words and continuous text. *Perception and Psychophysics*, *47*, 583-600.
- Waber, D. P., Wolff, P. H., Bellinger, D., Marcus, D. J., Ariel, R., Forbes, P., & Wypij, D. (2001). Processing of rapid auditory stimuli in school-age children referred for evaluation of learning disorders. *Child Development*, *72*, 37-49.
- Warrington, E., & Shallice, T. (1980). Word-form dyslexia. *Brain*, *103*, 99-112.
- Wechsler, D. (1996). *Echelle d'Intelligence pour Enfants et Adolescents*, 3^{ème} édition. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Wechsler, D. (1974). *WISC-R – Wechsler Intelligence Scale for Children- Revised*. New York: Psychological Corporation. (Trad. It.: Orsini, A., (1993), *WISC - R. Contributo alla taratura italiana*. Firenze: O.S.).
- Westheimer, G. (2003). Visual acuity with reversed contrast charts. I. Theoretical and psychophysical investigations. *Optometry and Vision Science*, *80*, 745-748.
- Wheeler, D. D. (1970). Processes in word recognition. *Cognitive Psychology*, *1*, 59-85.
- Whitney, C. (2001). How the brain encodes the order of letters in a printed word: The SERIOL model and selective literature review. *Psychonomic Bulletin & Review*, *8*, 221-243.
- Whitney, C., & Cornelissen, P. (2005). Letter-position encoding and dyslexia. *Journal of Research in Reading*, *28*, 274-301.
- Wilmer, J. B., Richardson, A. J., Chen, Y., & Stein, J. F. (2004). Two visual motion processing deficit associated with different reading skills deficits. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16* (4), 528-540.
- Wimmer, H., (1993). Characteristics of developmental dyslexia in a regular writing system. *Applied Psycholinguistics*, *14*, 1-33.

- Wimmer, H., Mayringer, H., & Landerl, K. (2000). The double deficit hypothesis and difficulties in learning to read a regular orthography. *Journal of Educational Psychology, 92* (4), 668-680.
- Wimmer, H., Mayringer, H., & Raberger, T. (1999). Reading and dual-task balancing: Evidence against the automatization deficit explanation of developmental dyslexia. *Journal of Learning Disabilities, 32*, 473-478.
- Wolf, M., & Bowers, P. G. (1999). The “double deficit hypothesis” for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology, 91*, 1-24.
- Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities, 33*, 387-407.
- Wolford, G., & Chambers, L. (1984). Contour interaction as a function of retinal eccentricity. *Perception & Psychophysics, 36*, 457-460.
- Xue, G., & Poldrack, R. A. (2007). The neural substrates of visual perceptual learning of words: Implications for the Visual Word Form Area hypothesis. *Journal of Cognitive Neuroscience, 19* (10), 1643-1655.
- Yantis, S., & Johnston, J. C. (1990). On the locus of visual selection: Evidence from focused attention task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 16*, 135-149.
- Yu, D., Cheung, S. H., Legge, G., & Chung, S. T. L. (2007). Effect of letter spacing on visual span and reading speed. *Journal of Vision, 7* (2), 1-10.
- Ziegler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading Acquisition, Developmental Dyslexia, and Skilled Reading Across Languages: A Psycholinguistic Grain Size Theory. *Psychological Bulletin, 131* (1), 3-29.
- Ziegler, J. C., Perry, C., Ma-Wyatt, A., Ladner, D., & Schulte-Körne, G. (2003). Developmental dyslexia in different languages: Language specific or universal? *Journal of Experimental Child Psychology, 86* (3), 169-193.
- Zoccolotti, P., De Luca, M., Di Pace, E., Judica, A., Orlandi, M., & Spinelli, D. (1999). Markers of developmental surface dyslexia in a language (Italian) with high grapheme-phoneme correspondance. *Applied Psycholinguistics, 20*, 191-216.

- Zoccolotti, P., De Luca, M., Di Pace, G., Gasperini, F., Judica, A., & Spinelli, D. (2005). Word length effect in early reading and in developmental dyslexia. *Brain and Language, 93* (3), 369-373.
- Zorzi, M., Houghton, G., & Butterworth, B. (1998). Two routes or one in reading aloud? A connectionist dual-process model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*, 1131-1161.