



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Psicologia Generale

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN: Scienze Psicologiche

INDIRIZZO: Psicobiologia Sperimentale e Clinica

CICLO XXV

VERSO LA PREVENZIONE DELLA DISLESSIA EVOLUTIVA: UNO STUDIO CLINICO, LONGITUDINALE E RIABILITATIVO

Direttore della Scuola : Ch.ma Prof. Clara Casco

Coordinatore d'indirizzo: Ch.mo Prof. Alessandro Angrilli

Supervisore: Ch.mo Dott. Andrea Facchetti

Dottorando: Sandro Franceschini

Riassunto	4
Abstract	6
Scopo del progetto	7
PARTE I	
<i>Studio delle funzioni causali delle future abilità di lettura</i>	
Definire la Dislessia Evolutiva (DE)	9
Lo sviluppo delle abilità di lettura, il modello a due vie	10
Ipotesi eziologiche mono e multi fattoriali	13
Possibili predittori delle future abilità di lettura	23
Scopo della ricerca	25
Metodo: Partecipanti	26
Stimoli e procedure	27
Risultati	32
Discussione	40
PARTE II	
<i>Incrementare le abilità di lettura dei bambini con DE potenziando le abilità attentive</i>	
L'effetto dell'utilizzo di <i>video game</i> sulle abilità attentive e le relative abilità in soggetti con DE	44
Scopo della ricerca	51
Studio n.1 Comparazione delle prestazioni attentive di videogiocatori (VGP) e non videogiocatori (NVGP) adulti.	51
Metodo: Partecipanti	52
Stimoli e procedure	53
Risultati	55
Discussione	58
Studio n.2 <i>Video game</i> ed incremento delle abilità di lettura in soggetti con DE	60
Metodo: Partecipanti	60
Apparati, Stimoli e Procedura del trattamento	61
Stimoli e procedure delle prove sperimentali	62
Risultati	66
Discussione	73
PARTE III	
<i>La prevenzione della Dislessia Evolutiva</i>	
La strutturazione di un trattamento abilitativo	79
Le caratteristiche dei <i>mini game</i> sviluppati	82
Scopo della ricerca	86
Metodo: Partecipanti	86
Stimoli e procedure	87
Risultati	93
Discussione	99
Discussione generale	102
Bibliografia	107

Riassunto

La lettura è una capacità prettamente umana, una funzione cruciale per vivere nella società moderna, ma per circa il 10% dei bambini, imparare a leggere risulta estremamente difficile. Questi bambini soffrono di un disturbo neuroevolutivo chiamato dislessia. E' largamente condivisa l'idea che le persone affette da dislessia evolutiva siano caratterizzate da un difetto nei processi di elaborazione fonologica. Tali deficit interferirebbero con la competenza fondamentale per l'acquisizione della lettura, l'abilità di decodifica fonologica. Tuttavia, leggere utilizzando la decodifica fonologica, richiede di selezionare rapidamente ciascuna unità ortografica attraverso un orientamento seriale dell'attenzione. Ciascuna lettera deve essere individuata distinguendola dalle altre lettere circostanti attraverso un rapido orientamento dell'attenzione, che agirà precedendo l'esecuzione di una corretta associazione grafema-fonema. Nella prima parte di questa tesi, attraverso l'utilizzo di uno studio longitudinale di 3 anni, si dimostra che le abilità attentive possedute in periodo prescolare — valutate attraverso le performance in una ricerca visiva ed un compito Posner — risultano determinare le abilità di lettura sviluppate durante i primi due anni di Scuole Primarie, indipendentemente dalle influenze derivanti dall'età, dal QI non verbale, dalle abilità nel processare i suoni della lingua e dalle abilità di mappaggio cross-modale. Queste evidenze mostrano che l'eziologia della dislessia evolutiva è multifattoriale e che le abilità attentive visuo-spaziali giocano un ruolo fondamentale nell'acquisizione delle abilità di lettura.

Sappiamo dalla letteratura che l'utilizzo di *action video game* può modificare molti aspetti delle abilità attentive, migliorandone l'ampiezza e la risoluzione. Nella seconda parte della tesi, si dimostra che testando le abilità di attenzione focalizzata e diffusa in due campioni formati da soggetti adulti videogiocatori e non videogiocatori, le stesse funzioni attentive che sappiamo essere carenti nei bambini con dislessia evolutiva, risultano potenziate nei soggetti che utilizzano i *video game*.

Sulla base di queste evidenze e conoscendo l'elevato costo, in termini di risorse cognitive ed economiche, degli attuali trattamenti per la dislessia, si è testata l'ipotesi che gli *action video game* potessero incrementare le abilità attentive e di lettura. Si dimostra così che 12 ore di gioco — che non prevedono alcun training diretto delle abilità fonologiche o ortografiche — aumentano le abilità di lettura dei bambini con dislessia evolutiva. Si sono testate le abilità attenzionali, fonologiche e di lettura in due campioni di bambini con dislessia appaiati per età e gravità del disturbo, prima e dopo l'utilizzo di due tipologie di gioco, *action* e *non action*, per 9 incontri giornalieri di 80 minuti. Si è osservato che soltanto il gruppo che aveva utilizzato i *video game action* incrementava le proprie abilità, più di quanto non accadesse in 8760 ore di sviluppo spontaneo e con un livello superiore o equivalente a quello ottenuto con trattamenti tradizionali. Anche le abilità attentive risultano incrementate dal trattamento con i *video game action*. Le variazioni individuali rilevate nelle funzioni attentive visuo-spaziali e cross-modal, spiegano circa il 50% della varianza relativa ai miglioramenti nella lettura, anche controllando per età, QI e modifiche nelle abilità fonologiche.

Nell'ultima parte della tesi si presenta un nuovo strumento, un *serious game*, sviluppato per essere utilizzato al fine di incrementare le funzioni cognitive che influenzano la successiva acquisizione delle abilità di lettura. Si è chiesto ad un campione di bambini prescolari a rischio e non a rischio di sviluppo di dislessia

evolutiva, di giocare per una singola sessione al *serious game*. Si è dimostrato che i punteggi ottenuti nei *mini game* che coinvolgono le abilità attentive e fonologiche risultano discriminare le prestazioni dei due gruppi. Questi risultati suggeriscono che la futura realizzazione di un trattamento basato sull'utilizzo del *serious game* potrebbe portare ad un rafforzamento di queste funzioni ed un conseguente decremento della gravità o dell'incidenza della dislessia nei bambini a rischio.

Abstract

Reading is a unique, cognitive human skill crucial to life in modern societies, but, for about 10% of the children, learning to read is extremely difficult. They are affected by a neurodevelopmental disorder called developmental dyslexia. It is widely believed that impaired phonological processing characterizes individuals with developmental dyslexia. These phonological deficits would interfere with one of the most critical skills for successful reading acquisition, the phonological decoding ability. However, reading by phonological decoding also requires rapid selection of sublexical orthographic units through serial attentional orienting. Letters have to be precisely selected from irrelevant and cluttering letters by rapid orienting of visual attention before the correct letter-to-speech sound integration. In the first part of this dissertation, with a 3 year longitudinal study we show that prereading attentional abilities — assessed by serial search performance and spatial cueing facilitation — capture future reading acquisition skills in grades 1 and 2 after controlling for age, nonverbal IQ, speech-sound processing, and nonalphabetic crossmodal mapping. These evidences show that the etiology of dyslexia is multifactorial, and visuo-spatial attention abilities play a fundamental role in the reading acquisition.

We know from literature that the simple act of playing action video game could change many aspects of visuo-spatial attention abilities, enhancing attentional capacity and resolution. In the second part of the dissertation, we show that testing two samples of adults video game players and non video game players on their diffused and focused spatial attention abilities — the same functions that are deficient in children with dyslexia — resulted enhanced in people that use video game.

Starting from these evidence, and the fact that current treatments are high resource demanding, we tested the hypothesis that action video games could increase attentional and reading abilities. We demonstrate that only 12 hours of playing action video games — not involving any direct phonological or orthographic training — improve the reading abilities of children with dyslexia. We tested reading, phonological, and attentional skills in two matched groups of children with dyslexia before and after playing action or non-action video games for 9 daily sessions of 80 minutes. We found that only the group playing action video games improved their reading abilities, more so than after one year of spontaneous reading development and more or equal to highly-demanding traditional reading treatments. Attentional skills also improved during video game training. Individual differences in visual-spatial and cross-modal, temporal-attention improvements accounted for about 50% of the unique variance in the reading enhancement after controlling for age, IQ, and changes in phonological skills.

In the last part of the dissertation, we present a new instrument, a serious game, developed to be used to increase all the cognitive functions that proved their influences on future reading abilities. We show that comparing the serious game scores obtained after a single session evaluation of a sample of preschooler children with and without familial risk for developmental dyslexia, we found differences in the mini games where attentional and phonological performances where tested. These results suggest that the future realization of a treatment based on this serious game could lead to the strengthening of these functions and the decrease in the severity and the incidence of developmental dyslexia in at risk children.

Scopo del progetto

Tre anni orsono, la Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo ha stanziato un finanziamento per una borsa di studio dal titolo “Verso la prevenzione della dislessia evolutiva: uno studio clinico, longitudinale e riabilitativo”. Vincitore di tale borsa mi sono adoperato in questi tre anni, per adempiere a quello che era l’obiettivo ad essa vincolato: agganciandomi al filone di ricerche sulle cause della dislessia evolutiva, portato avanti dal gruppo guidato dal ricercatore Andrea Facchetti, abbiamo dato vita ad un ampio progetto, suddivisibile sommariamente in tre diverse parti.

In una prima parte, si sono indagate le funzioni neurocognitive deficitarie nei bambini che svilupperanno la dislessia evolutiva. Per fare questo, si è utilizzato uno studio longitudinale nel quale si è seguito un gruppo di bambini dall’ultimo anno della scuola d’infanzia, fino al secondo anno di scuola elementare, momento in cui è possibile individuare, in termini diagnostici, i bambini che hanno sviluppato problemi di lettura e di conseguenza capire quali fossero le caratteristiche cognitive che li contraddistinguevano due anni prima, quando ancora le abilità di lettura non erano sviluppate.

In una seconda parte del progetto, ci si è mossi per individuare gli strumenti che potessero risultare adatti per lo sviluppo delle funzioni cognitive deficitarie.

A tale scopo ci siamo avvalsi principalmente delle scoperte del gruppo di ricerca del gruppo di Bavelier, che negli ultimi anni ha ripetutamente evidenziato come sia possibile potenziare numerose abilità cognitive utilizzando determinate tipologie di *video game*. Abbiamo così provato ad applicare simili metodi di intervento su bambini con dislessia, nel tentativo di indagare quanto le funzioni cognitive di nostro interesse, principalmente legate alla componente attentiva, fossero modificabili in questa tipologia di soggetti e quanto un simile intervento indiretto potesse incidere sulle abilità di lettura.

Nella terza parte, si mostrano le prime verifiche riguardanti l’applicabilità di uno strumento per l’abilitazione delle funzioni cognitive risultate importanti per il futuro sviluppo delle abilità di lettura. Il trattamento è stato da noi sviluppato per aiutare quei soggetti che in fase prescolare, risultino a rischio di sviluppo di dislessia evolutiva. Per la progettazione di questi *serious game* abbiamo usufruito dei risultati della prima e della seconda parte di questo stesso progetto, per la realizzazione pratica ci siamo avvalsi dell’aiuto del Dipartimento di Matematica dell’Università di Padova.

Non dobbiamo dimenticare che l'intera ricerca ha avuto come obiettivo finale la possibilità di costruire un intervento abilitativo, piuttosto che riabilitativo, delle funzioni necessarie alla lettura, in quanto si ritiene che un intervento sulle strutture cognitive prima che queste siano coinvolte nell'acquisizione della lettura, possa favorire la corretta interazione dei meccanismi implicati nella sequenza di decodifica di un simbolo nel suo corrispondente suono e significato. Un intervento a posteriori, quando il disturbo è già conclamato, risulta, anche se ovviamente necessario, indubbiamente più difficile, in quanto il sistema di lettura prevede già un meccanismo di funzionamento alterato, più difficile da modificare e correggere.

Altre ricerche hanno fatto da corollario al filone principale appena descritto. Ad esempio, anche se verranno riportati i risultati soltanto della prima ricerca longitudinale, durante questi anni sono stati in realtà realizzati tre studi con la stessa struttura, partiti e portati avanti nei tre diversi anni di dottorato. Sono stati condotti altri studi relativi alle abilità cognitive coinvolte nella lettura, in bambini già diagnosticati come dislessici, confrontati con gruppi di bambini di pari età frequentanti le scuole Primarie e sono state condotte altre ricerche su simili funzioni in soggetti adulti, frequentanti l'università.

PARTE I

Studio delle funzioni causali delle future abilità di lettura

Parte dei dati di questa ricerca sono stati pubblicati in:

Franceschini S., Gori S., Ruffino M., Pedrolli K., & Facoetti A. (2012). A Causal Link between Visual Spatial Attention and Reading Acquisition. *Current Biology*, 22, 814-819.

Definire la Dislessia Evolutiva (DE)

Secondo le indicazioni fornite dal Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali (DSM-IV, American Psychiatric Association, 1994) per formulare una diagnosi di DE devono essere confermati i seguenti criteri:

- Il livello di lettura raggiunto, misurato mediante test standardizzati somministrati individualmente sull'accuratezza, sulla velocità o sulla comprensione della lettura, sia sostanzialmente al di sotto di quanto previsto in base all'età cronologica del soggetto, alla valutazione psicometrica dell'intelligenza e ad un'istruzione adeguata all'età;
- L'anomalia descritta interferisca in modo significativo con l'apprendimento scolastico o con le attività quotidiane che richiedano capacità di lettura;
- Qualora fosse presente un deficit sensoriale, le difficoltà di lettura devono andare al di là di quelle solitamente associate al deficit sensoriale in questione.

Sinteticamente, affinché si possa parlare di DE, le difficoltà nella lettura non devono poter essere riconducibili a problematiche relative ad un basso quoziente intellettivo, o ad altre difficoltà derivanti da problematiche prettamente sensoriali.

La prevalenza del disturbo varia in relazione alla trasparenza della lingua; è stimata generalmente tra il 3 e il 17% della popolazione scolastica (Shaywitz & Shaywitz, 2005); secondo le stime, l'8% della popolazione europea è interessato dal problema, tuttavia essendo l'italiano, come anche il tedesco, una lingua altamente trasparente, la presenza di dislessici nel nostro paese risulta più bassa, ed è valutata intorno al 2,5-3,5% (Associazione Italiana Dislessia, 2002).

La definizione del disturbo risulta direttamente riferita alle sue caratteristiche comportamentali più evidenti, le difficoltà nella lettura di un testo, mentre non viene fatto alcun riferimento ai possibili meccanismi cerebrali coinvolti; questo riconduce al fatto che sebbene vi sia accordo sul fatto che debba esservi una alterazione neurobiologica alla base del

disturbo stesso (Habib, 2000), non vi è accordo su quale sia, o piuttosto quali siano (Rutter & Yule, 1975), le strutture cognitive coinvolte causalmente nello sviluppo della DE.

Sebbene si ritengano molto importanti le influenze ambientali, la DE è anche caratterizzata da un certo tasso di ereditarietà: figli di genitori dislessici, risultano avere maggiori probabilità nello sviluppo di difficoltà di lettura; lo stesso dato si riscontra in fratelli di bambini dislessici, con variazioni nelle percentuali di concordanza variabili in base alla quantità di geni in comune fra i fratelli (Marino et al., 2004; Schumacher et al., 2006). I geni ritenuti collegati alla manifestazione di disturbi della lettura, sono quelli determinanti lo sviluppo neurologico, specificatamente coinvolti nel corretto posizionamento e accrescimento dei neuroni nelle diverse aree cerebrali (Galaburda, LoTurco, Ramus, Fitch & Rosen, 2006). Risultano essere presenti anche possibili relazioni fra geni che regolano le capacità attentive (Parasuraman, Greenwood, Kumar, & Fossella, 2005) e le abilità di lettura. Anche cercando di definire l'eziologia del disturbo da un punto di vista strettamente genetico, la sua origine risulta comunque non associabile ad un solo elemento, ma di natura poligenetica (Ruffino, 2008).

Lo sviluppo delle abilità di lettura, il modello a due vie

Per comprendere da dove possano originare le difficoltà nell'acquisizione della lettura, è necessario definire i processi coinvolti nel suo sviluppo.

La lettura è indubbiamente una delle più complesse capacità che l'uomo ha modo di sviluppare nel corso della vita, nella quale sono coinvolte abilità uditive-fonologiche, per altro alla base anche dell'acquisizione del linguaggio, abilità attentive, visuo-percettive, motorie ed associative.

Il modello più spesso utilizzato per spiegare i meccanismi implicati nel processo di lettura e la loro interazione è il cosiddetto *modello a due vie* (Marshall & Newcombe, 1973; Coltheart, Rastle, Perry, Langdon & Ziegler 2001; Castles & Coltheart, 1993). In questo modello, si definiscono le possibili strategie applicabili per la lettura di una stringa di lettere. Sono così individuati due possibili metodi: il primo fa ricorso alla segregazione di ciascuno stimolo componente la stringa e ad una elaborazione seriale degli stessi; il secondo, che si svilupperebbe tramite l'esperienza, fa ricorso ad un metodo di riconoscimento globale dello stimolo, l'intera stringa verrebbe processata in un unico momento, facendo uso delle informazioni immagazzinate in memoria per elaborare stimoli con simili caratteristiche. Il primo metodo, viene definito processamento sub-lessicale (o fonologico), il secondo visivo-lessicale.

Entrambi i metodi avrebbero inizio nel sistema di analisi visiva, che permetterebbe una prima percezione globale della stringa grafemica mediante meccanismi di attenzione distribuita. Tramite questa prima analisi, le stringhe sarebbero classificate, da un lettore con esperienza, come parole (riconoscibili) o come non-parole (forme non in memoria). L'appartenenza all'una o all'altra categoria determinerebbe il passaggio di elaborazione successivo e conseguentemente l'attivazione dei meccanismi per una analisi visivo-lessicale o sub-lessicale.

Un bambino, non possedendo una memoria di stringhe già processate, non avrà altro modo per analizzare le stesse, se non trattandole come non-parole. Studi longitudinali sullo sviluppo delle abilità di lettura hanno dimostrato che i bambini che accedono alle scuole primarie, sia per la lettura silente sia per quella ad alta voce, utilizzano primariamente la via sub-lessicale (Sprenger-Charolles, Siegel, Bechénec & Serniclaes, 2003). La via lessicale verrà utilizzata quindi soltanto quando la memoria della stringa sarà consolidata e fruibile per un processamento meno dispendioso in termini attentivi e di attivazione cognitiva.

In caso di processamento attraverso la via sub-lessicale, la stringa di grafemi verrebbe quindi scomposta nelle sue unità costituenti (le singole lettere), ed il grafema o l'insieme di grafemi, una volta riconosciuti, permetterebbero quindi l'accesso al segmento fonemico corrispondente; questo verrebbe poi mantenuto attivo in memoria e l'insieme dei grafemi riconosciuti consentirebbe al termine dell'analisi in sequenza la ricostruzione dell'intera pronuncia della stringa, corrispondente alla sintesi fonologica.

In sunto, le due vie analizzerebbero tipologie differenti di stringhe: la via sub-lessicale, basandosi sulle corrispondenze grafema-fonema, consentirebbe la lettura di parole non familiari e di non-parole tramite il riconoscimento delle singole sub-componenti; la via lessicale invece permetterebbe di leggere solo parole conosciute, mediante l'immediato accesso della parola scritta alle rappresentazioni presenti nel lessico visivo mentale, immagazzinate dal soggetto durante le precedenti esperienze di lettura.

Entrambe le vie convergerebbero poi nel buffer fonemico, che definirebbe i suoni linguistici distintivi, consentendo così la pronuncia corretta della parola.

La bontà del modello appena esposto, risulterebbe confermata dalla possibilità di riscontrare nella letteratura descrizioni relative alle patologie derivanti da traumi cerebrali specifici, casi di individui con difficoltà nella lettura riconducibili al danneggiamento di ciascuna delle specifiche vie,

individuando così soggetti che presentano difficoltà nella lettura di parole non familiari e non-parole, quindi ciò che viene processato della via sub-lessicale (dislessia fonologica) e soggetti che presentano difficoltà nella lettura di parole irregolari, di norma processate rifacendosi alle modalità di lettura precedentemente memorizzate (dislessia superficiale). Anche a livello di diagnosi di DE può essere utilizzata la stessa distinzione, anche se spesso si trovano negli stessi soggetti difficoltà attribuibili ad entrambe le vie. Questo è comprensibile considerando che un iniziale processamento sub-lessicale carente, inciderà ovviamente anche sullo sviluppo dell'analisi tramite via lessicale; di conseguenza, sia che il bambino si trovi ad affrontare l'acquisizione di una lingua trasparente, sia di una lingua opaca, dovrà far spesso ricorso alle abilità di conversione grafema-fonema (Ziegler, Perry, Wyatt, Ladner & Schulte-Korne, 2003). Se tale modello cognitivo risulta replicabile attraverso modelli di reti neurali (Perry, Ziegler & Zorzi, 2007), non risulta tuttavia esente da critiche, principalmente legate, oltre a questioni metodologiche, alla visione multifattoriale delle possibili cause che il modello lascia intuire essere alla base delle difficoltà di lettura (Snowling, Bryant & Hulme, 1996).

Dalle caratteristiche proposte nel modello infatti, risulta facilmente comprensibile che l'analisi del testo attraverso la via sub-lessicale, in aggiunta a buone abilità fonologiche, richiede competenze visuo-spaziali di selezione degli stimoli (attenzione selettiva visiva) che permettano la percezione ed elaborazione del singolo grafema all'interno della stringa. E' infatti il sistema attentivo che deve inquadrare lo stimolo da analizzare e permettere una adeguata percezione dello stesso, attraverso la combinazione di meccanismi eccitatori di incremento dell'elaborazione delle informazioni rilevanti e di meccanismi inibitori di esclusione delle informazioni non rilevanti, definendo così cosa di ciò che sta venendo percepito debba essere considerato segnale e cosa debba essere considerato rumore.

E' dunque in questa ottica che le abilità di attenzione visuo-spaziale, che mediano il processo di segmentazione visiva di una stringa di lettere nei suoi grafemi costituenti (i.e. segregazione grafemica), le abilità di associazione grafema-fonema e le abilità fonologiche, risultano tutte contribuire allo sviluppo delle abilità di lettura, provvedendo ciascuna a fornire gli elementi necessari durante i diversi passaggi obbligati: l'attenzione visuo-spaziale provvederebbe all'elaborazione seriale di ciascun grafema mediante la combinazione di meccanismi di incremento del segnale (i.e., lo specifico grafema da decodificare) con quelli di esclusione del rumore (i.e., i grafemi laterali che interferiscono con

l'elaborazione del grafema che deve essere decodificato); le abilità di associazione grafema-fonema, andrebbero a permettere la formazione delle corrette connessioni fra i suoni e gli specifici grafemi, mentre le abilità fonologiche permetterebbero di monitorare la giusta associazione fra lettere ed i suoni conosciuti come componenti le parole della propria lingua, ed appresi durante l'acquisizione del linguaggio stesso. Di fatto, come già indicato, non tutti gli autori delle diverse teorie sulle cause della DE concordano sulla reale necessità dell'esistenza delle due vie, ed ipotizzano l'esistenza di meccanismi di funzionamento diversi, si veda ad esempio la modellistica relativa al continuum fra DE e disturbi specifici del linguaggio descritta da Bishop (Bishop & Snowling, 2004).

Ipotesi eziologiche mono e multi fattoriali

I modelli per la spiegazione dell'eziologia della DE sono molteplici, alcuni prendono avvio da un ottica del disturbo come generato da uno specifico deficit in una specifica funzione neurale sottostante le abilità di lettura, altri prevedono che lo sviluppo di un funzione complessa e non innata quale la lettura, si evolva e di conseguenza possa essere resa difficoltosa, dal mancato funzionamento di più sistemi neuro cognitivi.

Un importante filone di ricerca vede quale unica causa delle difficoltà di lettura, un problema di consapevolezza fonologica (Vellutino, Fletcher, Snowling & Scanlon, 2004; Snowling, 2000). Il problema alla base della DE verrebbe individuato non tanto nella produzione dei suoni del linguaggio, quanto nelle abilità di comparare, segmentare e discriminare le parole della propria lingua sulla base della loro struttura fonologica. Queste competenze si possono testare valutando in un individuo l'abilità di identificazione del numero di sillabe o fonemi che compongono una parola, chiedendo di identificare in un insieme di parole quale differisca per il suono con il quale inizia, per il suono che si trova nel mezzo, oppure con il quale termina; si possono utilizzare compiti di rima, discriminazioni o creazioni delle stesse. Esercizi più complessi per testare le abilità fonologiche possono anche valutare le funzioni esecutive e la memoria, attraverso la richiesta di manipolazioni di parole, chiedendo al soggetto di eliminare, aggiungere o trasporre suoni (Bishop & Snowling, 2004; Hulme, 1981). Risulterebbero comunque non coinvolte quali fattori causali della DE le abilità di produzione. La sede del deficit risulterebbe essere nel lobo parietale sinistro, dove si trovano le principali aree del linguaggio. L'effettiva importanza delle competenze fonologiche, risulta avvalorata dall'influenza delle stesse sulle futura abilità di lettura, dimostrata anche con ricerche longitudinali (Bradley & Bryant, 1983; Wagner, Torgesen &

Rashotte, 1994). A livello riabilitativo, i risultati ottenuti utilizzando training della consapevolezza fonologica sono risultati moderatamente positivi (Ehri et al., 2001) e solo la combinazione con altre tipologie di intervento, mirate ad ampliare la conoscenza delle lettere, l'abilità nella lettura delle parole e l'associazione esplicita fra unità fonologiche e ortografiche, è risultata più incisiva (Harm, McCandliss & Seidenberg, 2003, Hatcher, Hulme & Snowling, 2004), ma anche in questo caso, non tutti i soggetti trattati nelle ricerche hanno dimostrato di essere sensibili a queste tipologie di trattamenti ed ottenerne dei benefici (Torgesen, 2000).

Ramus (2004), in una disamina dei possibili deficit legati alle cause fonologiche della DE, distingue tre possibili componenti fondamentali: una scarsa consapevolezza fonologica, una lentezza nel recupero del lessico (ad esempio nei compiti di riconoscimento seriale di lettere, numeri o oggetti), ed una scarsa memoria a breve termine verbale (testabile con un test di *digit span* o di ripetizione di non parole). Qualunque altro disturbo rilevabile, viene visto come un elemento correlato in modo non causale con il disturbo della lettura. In altre parole, esclusivamente un problema all'interno delle aree cerebrali del linguaggio, o delle aree contenenti la forma visiva delle parole (Shaywitz e Shaywitz, 2005), sarebbe alla base di un possibile disturbo di lettura.

Altri autori vedono alla base della DE un possibile deficit di natura strettamente uditiva. E' di questa idea la Tallal (*rapid auditory processing theory*, Tallal, 1980, 2004) che definisce il deficit fonologico riscontrabile nei bambini affetti da DE, dovuto ad una difficoltà nell'elaborazione dei suoni presentati in rapida sequenza. Questa difficoltà di discriminazione dei suoni che compongono le parole, porterebbe ad una errata categorizzazione ed una difficoltà di riconoscimento del fonema al variare delle sue caratteristiche acustiche (costanza fonemica). L'origine del disturbo sarebbe da attribuire ad un deficit nel processamento temporale, più lento nei soggetti che svilupperanno la dislessia rispetto ai soggetti di controllo. A riprova di questa ipotesi è stato dimostrato che i soggetti dislessici necessitano di tempi più lunghi rispetto ai soggetti normo lettori nella discriminazione della sequenza di due suoni (Tallal 1980, Tallal & Piercy, 1973). Secondo questo approccio, quindi, il deficit non sarebbe soltanto legato alla capacità di elaborazione delle componenti del parlato, ma più genericamente nella percezione di eventi acustici di breve durata, come lo sono del resto le pronunce di molte delle consonanti nelle diverse lingue. Tale ipotesi, concorda in parte con la teoria del deficit magnocellulare, in quanto le stesse informazioni ritenute analizzate in maniera inefficace da Tallal, potrebbero proprio essere quelle

normalmente veicolate dalla via magnocellulare, che sembrerebbe coinvolta nei processi uditivi come in quelli visivi. Tallal (Tallal et al., 1996) ha cercato di modificare nei bambini dislessici le tracce fonologiche errate, utilizzando uno specifico trattamento sviluppato dal suo gruppo e utilizzabile su pc, denominato *Fast For Word*, con il quale si manipola la durata dei suoni della lingua parlata, allungandoli in modo tale da renderli più facilmente discriminabili ed acquisibili. I risultati del trattamento, sebbene promettenti, risultano comunque poco chiari quando paragonati a quelli ottenuti da gruppi che svolgono trattamenti diversi (Tallal, 2004; Strong, Torgerson & Hulme, 2011).

I disturbi individuati da Tallal, sono stati interpretati da altri autori utilizzando una diversa prospettiva, quella dell'efficienza percettiva (Hartley & Moore, 2002). Secondo questa teoria, il problema non risiederebbe nella dimensione della finestra temporale, quanto nel rapporto fra segnale-rumore e abilità di elaborazione. Tali difficoltà si riscontrerebbero sia sul canale visivo che uditivo.

Anche altri autori ipotizzano che le difficoltà di lettura potrebbero generarsi da un deficit uditivo. L'attenzione è posta però in questo caso sulla percezione del linguaggio e sulla sua composizione in onde specifiche, elaborate a livello cerebrale a seconda delle loro diverse bande di frequenza e tipologie di ritmo. Goswami (2011), propone che le difficoltà risiedano nella elaborazione di specifiche frequenze d'onda, ed in particolare le difficoltà risiederebbero nell'analisi degli incrementi di frequenza presenti nel parlato, l'elaborazione dei quali veicola la maggiore quantità di informazione per la discriminazione dei suoni componenti le parole.

Una difficoltà a livello fonologico quindi risulterebbe cruciale per l'esacerbarsi, negli anni successivi, di problematiche a livello di lettura. Di fatto, non sempre in letteratura si è riscontrata una effettiva predittività della consapevolezza fonologica in relazione al rischio di sviluppo DE nei bambini (Blomert & Williams, 2010).

Altri autori, vedono invece deficit cerebellari come possibili fattori causalmente relati ai disturbi della lettura. In una disamina della letteratura, De Smet (De Smet, Bailieux, De Deyen, Mariën & Paquier, 2011), indica come lesioni al cervelletto, in particolare (ma non solo) all'emisfero destro, controlaterale all'emisfero cerebrale del linguaggio, risultino legate a difficoltà nel recupero dell'informazione semantica nelle performance relative alla fluenza verbale; disturbi a livello cerebellare risulterebbero connessi con difficoltà di linguaggio, agrammatismo e anomia, difficoltà nel nominare oggetti o nel trovare le parole, un

aumento nel numero di errori nella lettura, che potrebbero essere legati anche a difficoltà nei movimenti oculari, così come nella modulazione temporale (i.e. analisi del timing), fondamentale anche per una corretta analisi fonologica nel linguaggio.

I principali sostenitori della teoria cerebellare (Nicolson & Fawcett, 1994; Nicolson & Fawcett, 2011) ipotizzano che la dislessia si sviluppi in relazione ad una difficoltà nell'acquisizione ed automatizzazione della lettura. Il cervelletto gioca infatti un ruolo fondamentale nell'automatizzazione dei compiti che verranno iper-appresi, come guidare, scrivere a computer, leggere. Un deficit nella capacità di rendere automatica una azione, risulterebbe dannoso nell'acquisizione di qualunque tipologia di regola e potrebbe rendere difficoltosa, nel caso della lettura, l'associazione grafema-fonema. Nei loro studi, questi autori dimostrano come anche in compiti diversi da quelli legati alla lettura, i bambini con DE, risultino essere maggiormente proni all'errore, specialmente nelle fasi iniziali dell'acquisizione, pur mantenendo una buona capacità di acquisizione delle regole stesse (Nicolson & Fawcett, 2000, per un esempio di utilizzo anche di videogiochi) e proni a commettere errori che tendono a permanere anche in seguito a più lunga esperienza (Brachacki, Nicolson & Fawcett, 1995; Eckert al., 2003).

Non sempre tuttavia, nei soggetti dislessici è possibile ritrovare deficit nella postura o a livello sensi motorio. Seppur considerate queste solo come problemaitche secondarie (e non causali) dagli stessi autori, rispetto a più importanti deficit articolatori e di automatizzazione delle regole (si veda la modellistica in Nicolson & Fawcett, 2011), la teoria cerebellare rimane fortemente criticata (Ramus, 2004). I trattamenti basati su teorie cerebellari, risultano inoltre criticati per le difficoltà nel discriminare gli effetti diretti alla riabilitazione delle componenti cerebellari e quelle relative alla diretta riabilitazione della lettura stessa (Alexander & Slinger-Constant, 2004).

I deficit cerebellari risulterebbero spiegabili anche utilizzando la teoria magnocellulare; Il cervelletto risulta connesso a numerose aree corticali attraverso neuroni della via magnocellulare. Un deficit su tale sistema potrebbe quindi spiegare le difficoltà che i dislessici mostrano talvolta di avere anche in altre funzioni, non strettamente connesse alla lettura.

L'ipotesi magnocellulare nasce dall'osservazione che un discreto numero bambini dislessici presenterebbe un disturbo specifico di questo canale (Stein & Walsh, 1997; Stein, 2001; Slaghuis & Ryan, 2006). Questo sistema di cellule si sviluppa dalla retina, dalle grandi cellule gangliari, si estende verso gli strati 1 e 2 del nucleo genicolato laterale, prosegue nella

corteccia visiva primaria, nelle aree V2, V3 e raggiungere l'area medio-temporale preposta all'analisi del movimento degli stimoli. Da qui, il sistema di cellule raggiunge numerose altre aree corticali, fra le quali il solco intraparietale, la corteccia parietale posteriore e coinvolgerebbe aree di rapida elaborazione uditiva e di coordinazione motoria. Un malfunzionamento di questo sistema si rifletterebbe sulle funzioni implicate nella lettura: controllo del movimento oculare, visione periferica, percezione del movimento e posizione degli stimoli e di riflesso, problemi attenzionali (in particolare visuo-spaziali ed uditivo-spaziali).

Le difficoltà percettive nel canale visivo (ma di fatto presenti anche sul canale uditivo) sarebbero quindi spiegabili da un mancato funzionamento del sistema magnocellulare in interazione con il sistema parvocellulare, che darebbe origine alle difficoltà di processamento percettivo (e.g., Stein & Walsh, 1997; Stein & Talcott, 1999).

L'attivazione cerebrale nelle aree deputate all'analisi del movimento (i.e. MT+), risulterebbero diverse fra soggetti dislessici e non, quando viene proposto loro un compito di discriminazione di movimento (i.e. *coherent motion*). Il dato risulta significativo analizzando tramite osservazione dell'EEG sia le prestazioni di soggetti adulti (Schulte-Körne, Bartling, Deimel & Remschmidt, 2004) che di bambini (Jednoróg, Marchewka, Tacikowski, Heim & Grabowska, 2011), seppur in componenti elettrofisiologiche diverse.

Felmingham e Jakobson (1995), dimostrarono che i deficit nella via magnocellulare sono riscontrabili utilizzando tipologie di compiti diverse, sia a livello subcorticale, che a livello corticale, descrivendo nei partecipanti allo studio affetti da DE, una ridotta abilità nel riconoscimento di strutture in movimento (lettere composte da punti in movimento), nell'afferrare gli oggetti con precisione, oltre che un lieve deficit nella stereoacuità, deficit ripreso e sostenuto anche da Stein (2001), il quale propone la attenta valutazione delle variazioni nelle abilità di lettura di un individuo dislessico, quando la prova viene fatta con entrambi gli occhi, oppure con un solo occhio aperto, ed anche con l'utilizzo di lenti filtranti che favoriscano a livello percettivo i canali visivi deficitari (Ray, Fowler, & Stein, 2005). L'ipotesi magnocellulare si avvicina e spiega quindi anche parte della sintomatologia rilevata in alcune ricerche sui bambini dislessici, ed alla base della teoria visuo-percettiva, sviluppatasi dalle evidenze di Boder (1973) e riferita principalmente alle differenze fra soggetti normolettori e con DE nei movimenti oculari, nella visione binoculare e nella stereopsi.

In un'ottica che lega la via magnocellulare alle funzioni attentive, la via dorsale, veicolerebbe le informazioni visive in ingresso, funzionando come una sorta di meccanismo di selezione, che assisterebbe la via ventrale per una analisi delle caratteristiche delle lettere nel giusto ordine (Pammer & Vidyasagar, 2005; Kennedy & Pynte, 2005), così come delle caratteristiche ortografiche della parola (Pammer, Connell & Kevan, 2010). Un mancato funzionamento della via dorsale, porterebbe di conseguenza ad un' impossibilità di utilizzo, per il bambino che impara a leggere, della via fonologica, basata su una decodifica fonologica lettera per lettera (Vidyasagar & Pammer, 1999).

Allargandosi alle problematiche che un difetto lungo la via magnocellulare potrebbe portare sul canale uditivo, le difficoltà si presenterebbero probabilmente nella stessa forma descritta per il canale visivo, impedendo al soggetto di compiere una corretta sequenziazione degli stimoli. Come già riportato, l'ipotesi di Tallal (1980), indica proprio in un deficit di elaborazione temporale degli stimoli acustici, il fulcro della DE, che darebbero origine di conseguenza a problemi nell'immagazzinamento e memorizzazione dei fonemi. La teoria magnocellulare, potrebbe quindi fare da ponte fra le teorie uditive, percettivo visive e cerebellari (Kujala et al., 2007).

Le performance in compiti mirati a testare il funzionamento della via magnocellulare, quali il *frequency doubling*, risulterebbero di fatto correlate alle future performance di lettura ed alle competenze ortografiche (Pammer & Kevan, 2007; Kevan & Pammer, 2008, 2009). È interessante notare che gli stessi autori, svolgendo uno studio longitudinale, trovarono risultati diseguali utilizzando compiti che andavano a testare il funzionamento della via magnocellulare a livelli diversi, ottenendo disuguaglianze anche a livello di predittività della tipologia di compiti attentivo-percettivi somministrati, dimostrando come, indagare la presenza di un eventuale deficit nel funzionamento della via dorsale con strumenti che vadano a valutare la stessa a livelli diversi di profondità (subcorticale, corticale), possa portare a risultati dissimili (Kevan & Pammer, 2009). In una successiva rassegna la stessa problematica è stata affrontata proprio per discutere le numerose critiche rivolte alla teoria magnocellulare, critiche che non terrebbero di conto delle molteplici modalità nelle quali il deficit potrebbe manifestarsi e della conseguente difficoltà di rilevazione del malfunzionamento lungo i diversi passaggi della via (Vidyasagar & Pammer, 2010).

La prospettiva di un deficit magnocellulare alla base della DE è stata criticata, in quanto i disturbi indicati come relativi ad un danno a questa

specifica via, risulterebbero confutabili. La differenza nelle performance fra soggetti con e senza DE risulterebbe spiegabile ricorrendo ad un diverso effetto del “rumore” sul segnale nei soggetti dislessici, piuttosto che di un malfunzionamento sul canale megnozellulare. Determinanti in questo senso le pubblicazioni di Sperling (Sperling, Manis & Seidenberg, 2005, 2006) dove si dimostra la rilevanza del rumore piuttosto che la natura della via (magnocellulare o parvocelulare) coinvolta nell’analisi dello stimolo (si veda comunque Kevan & Pammer, 2009; e Pammer & Kevan, 2007).

Tale prospettiva, pone ancor di più l’accento sulle abilità percettive ed attentive del bambino con DE. Al riguardo, risulta interessante il lavoro di Liu (Liu, Fuller & Carrasco, 2006), nel quale attraverso una variante del compito Posner (Posner, 1980), viene mostrata l’influenza delle abilità attentive sulle abilità di discriminazione del movimento coerente. Le diverse performance ottenute nel compito di movimento coerente in base alla possibilità o meno di impiego della focalizzazione attentiva, mostrano quanto tali meccanismi possano incidere sull’abilità di percepire un segnale in presenza di rumore ed il rischio di incappare in una circolarità nella definizione del problema.

Si parlerebbe quindi di diversi gradi di efficienza nell’elaborazione percettiva del segnale (Hartley & Moore, 2002), abilità nella quale i bambini con DE si rivelerebbero particolarmente carenti (Di Lollo, Hanson & McIntyre, 1983), mostrando un tasso di elaborazione dell’informazione più lento dei normolettori, sia in compiti nei quali devono essere analizzati stimoli comprendenti lettere, sia altre tipologie di stimoli. Di conseguenza i segnali (in questo caso visivi) risulterebbero più facilmente soggetti a mascheramento visivo all’indietro. Il mascheramento, inoltre, agirebbe anche quando il target viene affiancato dai distrattori (mascheramento laterale), oltre a quando ne risulta coperto (Ruffino et al., 2010; Geiger, Lettvin & Fahle, 1994; Geiger et al., 2008). I fenomeni di mascheramento in persone con DE sarebbero verificabili non solo con stimolazioni visive, ma anche con segnali uditivi (e.g., Montgomery, Morris, Sevcik, & Clarkson, 2005).

L’attenzione risulta quindi giocare un ruolo essenziale nella codifica delle informazioni, determinando la bontà delle performance ottenibili dal soggetto con o senza il suo utilizzo in diverse tipologie di compito (Liu et al., 2006; Carrasco, Ling & Read, 2004). E’ quindi comprensibile che la prospettiva di un deficit attentivo, preveda la possibilità di una problematica emergente da un malfunzionamento della via magnocellulare, senza tuttavia che sia preclusa la possibilità che siano

altre le strutture cerebrali deficitarie, vista l'estensione delle strutture attentive all'interno del sistema nervoso centrale.

I circuiti attentivi, così come individuati da Posner e Petersen (1990) risultano distribuiti in diverse parti del sistema nervoso e ciascuna delle tre componenti, allerta, orientamento e controllo esecutivo, agisce tramite circuiti comunicanti ma parzialmente indipendenti. Il sistema di allerta, risulterebbe dislocato nelle aree frontali e parietali dell'emisfero destro, regolato principalmente dal sistema noradrenergico. Il sistema di orientamento risulterebbe svilupparsi all'interno del lobo parietale superiore (principalmente impiegato nel direzionamento dell'attenzione) e nella giunzione temporo-parietale (legata al disancoraggio e riancoraggio dell'attenzione). Il sistema di controllo esecutivo, legato alla risoluzione dei conflitti fra informazioni in elaborazione, risiederebbe nel cingolato anteriore, collegato anche alle elaborazioni del sistema limbico e nella corteccia prefrontale. Tali aree sarebbero coinvolte nell'analisi dell'operato da parte di altri sistemi e nella valutazione degli errori commessi (Bush, Luu & Posner, 2000).

Sebbene, come sarà possibile dimostrare nei successivi capitoli della tesi, tutte le parti del sistema attentivo risultino poter giocare un ruolo decisivo nello sviluppo e potenziamento delle abilità di lettura, la componente ritenuta maggiormente implicata risulta essere l'abilità di orientamento spaziale (i.e. la capacità di dirigere l'attenzione verso una specifica area, inibendo al tempo stesso le informazioni provenienti dalle aree circostanti).

L'attenzione può essere orientata in modo esplicito con movimenti del capo e degli occhi (movimenti saccadici) volti a direzionare la fovea su una particolare area per ispezionare i dettagli, ed in modo implicito, senza che vi siano tali spostamenti. Allo stesso tempo, può essere catturata implicitamente da uno stimolo saliente nell'ambiente, o esservi direzionata in modo volontario. L'ampiezza del fuoco attentivo varia a seconda delle caratteristiche del compito da svolgere e ad un suo aumento corrisponde in genere una diminuzione dell'efficienza di elaborazione. La corteccia parietale posteriore destra, come precedentemente indicato, potrebbe quindi essere la sede di possibili disfunzioni alla base della DE. Persone con disturbi della lettura possono infatti mostrare un lento orientamento dell'attenzione automatica (i.e. *sluggish attentional shifting*) e fenomeni di *left mini neglect*, per cui le informazioni provenienti dall'emicampo visivo sinistro verrebbero processate con tempi più lunghi, mentre le informazioni dell'emicampo visivo destro, sarebbero al contrario più difficilmente escludibili

dall'elaborazione selettiva. La diversa distribuzione dell'attenzione in persone con DE è stata dimostrata attraverso l'utilizzo di compiti di giudizio di ordine temporale (Hari & Renvall, 2001), compiti di orientamento e focalizzazione dell'attenzione (Facoetti & Turatto, 2000; Facoetti & Molteni, 2001; Facoetti, 2004) ed abilità di bisezione di segmenti (Waldie & Hausmann, 2010). In quest'ultima tipologia di esperimenti, Waldie osserva come bambini con sindrome da deficit di attenzione ed iperattività (ADHD) e bambini dislessici condividano simili tipologie di deficit nelle funzioni di allerta e di attenzione, oltre ad osservare che una diversa severità del danno all'interno del circuito fronto-parietale destro, assieme ad altre disfunzioni all'interno delle vie di comunicazione fra l'emisfero destro ed il sinistro (ad esempio nel corpo calloso o in sezioni successive del percorso che lega le aree di elaborazione del segnale dell'emisfero destro alle aree dell'emisfero sinistro), potrebbero contribuire a spiegare le diverse sintomatologie.

Risulta quindi chiaro come siano numerose le influenze che le diverse componenti del sistema attentivo possono operare nell'analisi dell'informazione e come non solo i sistemi di orientamento, ma di fatto anche i sistemi di allerta ed esecutivo centrale, siano necessariamente coinvolti nell'analisi dello stimolo e di conseguenza possano contribuire alla genesi della DE.

A conferma dell'importanza delle funzioni attentive, nell'approccio neuro-psicofisiologico sviluppato da Bakker (1992), le prime fasi di apprendimento della lettura sono indicate come guidate dall'emisfero destro, in particolare sarebbe l'area parietale posteriore ad essere coinvolta e soltanto in seguito questa tenderebbe poi a diminuire la sua attivazione, con un contemporaneo accentuarsi del coinvolgimento delle aree frontali e temporali sinistre (Turkeltaub, Gareau, Flowers, Zeffiro & Eden, 2003), dove la regione del giro frontale inferiore, parieto-temporale ed occipito-temporale, si specializzerebbero nell'articolazione ed analisi della parola, nell'analisi delle sue componenti e nell'immagazzinamento della forma della parola, indipendentemente dalle specifiche di dimensione e carattere (area della forma visiva della parola, Cohen et al., 2000).

Wolf (Wolf & Bowers, 1999; Wolf, Bowers & Biddle, 2000) con la sua teoria del doppio deficit, ha provato a coniugare assieme le difficoltà spesso riscontrate a livello fonologico ed a livello di processamento rapido delle informazioni, testabili queste ultime con i compiti di denominazione rapida di lettere, numeri ed oggetti (i.e. *Rapid Automated Naming*, Denckla & Rudel, 1976); l'autrice prevede quindi la possibilità che fattori

quali la consapevolezza fonologica, l'accesso alla rappresentazione scritta delle lettere e le abilità di analisi di stimoli complessi, possano concorrere assieme nella formazione delle abilità di lettura del bambino. A favore di questa teoria risultano le evidenze riguardo ai numerosi fattori cognitivi alla base dei compiti di denominazione rapida (Neuhaus, Foorman, Francis & Carlson, 2001; Neuhaus & Swank, 2002; Plaza & Cohen, 2006) e le evidenze derivanti da studi longitudinali nei quali i compiti di denominazione rapida con stimoli alfanumerici e non alfanumerici risultano predittivi delle future abilità di lettura (Leppanen, Aunola, Niemi & Nurmi, 2008; Lervåg, Bråten & Hulme, 2009; Lervåg & Hulme, 2009). Tuttavia, la posizione di Wolf è stata fortemente criticata, in quanto una teoria unitaria dove i deficit dei bambini con DE siano da ricercare esclusivamente nelle difficoltà di associazione grafema-fonema, risulterebbe ugualmente efficace nello spiegare le difficoltà riscontrate (Vaessen, Gerretsen & Blomert, 2009). Allo stesso modo, i diversi punti di vista sulle possibili cause della DE, vengono criticati in quanto secondo alcuni autori, molti disturbi, quali ad esempio i deficit visivi, attentivi, cerebellari ed associativi, risulterebbero essere fattori secondari e non relati causalmente alle difficoltà presenti nella DE, mentre esclusivamente le competenze fonologiche, risulterebbero collegabili con nesso causale al disturbo (Vellutino et al., 2004; Ramus et al., 2003). Viene tuttavia sottovalutato il fatto che, come le componenti visuo-attentive e cerebellari potrebbero variare come conseguenza della mancata acquisizione delle abilità di lettura, la stessa problematica appare presente per le abilità di consapevolezza fonologica, che risultano in stretta connessione con lo sviluppo delle abilità di lettura, finendo per essere esse stesse influenzate dalle capacità di lettura, invertendo la relazione causale (Nation & Hulme, 2011).

La molteplicità di fattori riconosciuti come possibili elementi alla base dei disturbi della lettura, porta a comprendere quanto i meccanismi legati a questa abilità siano connessi a numerose altre funzioni cognitive, non sempre riconducibili direttamente alle capacità di lettura e per questo difficilmente discriminabili come possibili elementi causali del disturbo o come suoi corollari. Il metodo migliore, per l'individuazione delle effettive cause della DE, risulta quindi l'analisi di questi meccanismi cognitivi prima che il bambino impari a leggere, in modo tale da poter ricondurre alle funzioni carenti prima dell'acquisizione della competenza, le successive problematiche nella lettura.

Possibili predittori delle future abilità di lettura

L'individuazione delle funzioni cognitive alla base dell'acquisizione della capacità di lettura, permetterebbe di determinare il successivo sviluppo di tale competenza e quindi di intervenire tempestivamente per evitare l'insorgere della DE.

Un disegno di ricerca longitudinale risulta il metodo più efficace per stabilire i nessi causali fra le diverse funzioni cognitive coinvolte nella successiva acquisizione di una competenza. In accordo con l'approccio neurocostruttivista, le caratteristiche di un possibile deficit cognitivo devono così essere esaminate il più presto possibile, studiando longitudinalmente la loro interazione prima e durante il processo di sviluppo (Goswami, 2003; Karmiloff-Smith, 1998).

L'analisi delle funzioni cognitive ritenute implicate nella lettura nel periodo prescolare, permette l'identificazione e la prevenzione di future difficoltà nella lettura (Scaranborough, 1991; Torgensen, Wagner, & Rashotte, 1994).

Ricerche che prevedevano l'approccio longitudinale e lo studio di popolazioni a rischio, hanno evidenziato che una scarsa consapevolezza fonologica, scarse abilità nella discriminazione di fonemi e difficoltà nel riconoscimento delle lettere, caratterizzano i bambini a rischio di sviluppo DE (Byrne, Fielding-Barnsley, Ashley & Larsen, 1997; Elbro, 1996; Elbro, Borstrom & Petersen, 1998).

Anche altre abilità, quali l'ampiezza del vocabolario, la capacità di produzione del linguaggio, l'uso delle regole grammaticali, risultano predittive delle successive abilità di lettura (Scaranborough, 1990, 1991), resta tuttavia difficile, utilizzando questi predittori, distinguere i bambini con DE dai poveri lettori facenti parte della cosiddetta *garden variety* (Stanovich, 1988), oltre che definire le specifiche funzioni cognitive generanti tali competenze.

Come sopra riportato, all'origine della DE, oltre ad un possibile *core deficit* a base fonologica, sembrano esservi altre anomalie funzionali. L'ottica di un deficit lungo il sistema magnocellulare, ad esempio, oltre a non escludere la possibile presenza di difficoltà a livello fonologico, apre la strada alla possibile presenza di altre difficoltà causalmente connesse ai problemi di lettura. L'importanza del ruolo della via magnocellulare, viene evidenziato attraverso studi che indagano l'influenza nella detezione di frequenze uditive, delle abilità di percezione del movimento coerente e della discriminazione dei suoni nel rumore, funzioni che andrebbero poi ad incidere sulla consapevolezza fonologica e le abilità di denominazione rapida (i due nuclei individuati da Wolf), fattori legati delle futura abilità di

lettura. Anche in questo caso, come precedentemente esposto, tramite studi longitudinali è stato possibile dimostrare la predittività del funzionamento della via magnocellulare (ad esempio con valutazioni attraverso compiti di *frequency doubling* e *coherent dot motion* sul canale visivo, compiti di detezione di modulazioni di frequenza sul canale uditivo) rilevata in età prescolare, rispetto abilità di lettura testate gli anni successivi (Boden & Giaschi, 2007; Boets, Wouters, van Wieringen & Ghesquiere, 2007; Boets, Wouters, van Wieringen, De Smedt & Ghesquiere, 2008; Kevan & Pammer, 2009; Vidyasagar & Pammer, 2010). Altri studi (Plaza & Cohen, 2005; 2007) hanno indagato il ruolo dell'attenzione visuo-spaziale sullo sviluppo delle abilità di lettura, indipendentemente dalle funzioni mediate dalla via magnocellulare, tali ricerche individuano nelle abilità fonologiche e visuo-attentive le fondamenta delle abilità di lettura, anche se il ruolo delle abilità attentive sembrerebbe maggiore nelle primissime fasi di sviluppo di tale competenza, per poi perdere di importanza già alla fine del primo anno di Scuola Primaria, quando la consapevolezza fonologica e le abilità di denominazione rapida risulterebbero invece svolgere un ruolo principale. Questo dato porterebbe quindi a prevedere un modello di acquisizione delle abilità di lettura dinamico, nel quale certe funzioni sarebbero coinvolte solo in certi momenti, per poi perdere di importanza e cedere il posto ad altre competenze. Tale idea è in accordo con il modello a due vie (Castles et al., 1993), dove da un iniziale utilizzo principalmente della via sub lessicale, si prevede il passaggio ad un utilizzo della via lessicale, meno dispendiosa in termini di coinvolgimento volontario dell'attenzione e di altre funzioni cognitive.

Un simile punto di vista è espresso da Brunswick (Brunswick, Martin & Rippon, 2012) il quale, sempre attraverso una ricerca con struttura longitudinale, dimostra come le funzioni attentive, fonologiche e associative, rivestano tutte un ruolo importante, ma in momenti diversi rispetto all'evoluzione della lettura.

Emerge così, dall'insieme delle ricerche fin qui esposte, quanto ricco sia il quadro relativo agli studi sulle cause della DE, quante siano le ipotesi relative ai fattori ritenuti alla base del disturbo.

Le diverse prospettive pongono un diverso accento sulle possibili cause e assegnano ai fattori sopra esposti ruoli ed importanza diversi. Sebbene il filone di ricerca principale individui nelle competenze fonologiche il solo *core deficit* della DE, le ricerche sopra esposte, nel complesso suggeriscono la possibilità di ruoli attivi anche di competenze diverse da quelle fonologiche, quali quelle attentive ed associative.

Restano tuttavia ancora pochi gli studi che abbiano affrontato la disamina delle cause della DE affrontando il problema in ottica longitudinale, studiando quindi le possibili cause prima che questa si sia manifestata; rimane quindi ancora da chiarire quale potrebbero essere il ruolo delle abilità attentive visuo-spaziali.

Scopo della ricerca

Lo scopo della prima parte di questa tesi di dottorato è stato quello di indagare le relazioni tra le diverse abilità cognitive, quali le competenze attentivo-percettive, le abilità fonologiche ed associative misurate in età prescolare e le abilità di lettura dei bambini misurate durante i primi due anni di scuola primaria. A tal fine, è stato utilizzato un metodo di ricerca a disegno longitudinale.

Come precedentemente esposto, questo risulta il modo più efficace per valutare il funzionamento dei meccanismi neuro cognitivi ipotizzati alla base della DE. Studiando queste funzioni prima che il bambino impari a leggere, si minimizza la possibilità di indagare effetti conseguenti al mancato sviluppo delle abilità di lettura, o fattori co-occorrenti, invece che le cause del disturbo (Vellutino et al., 2004; Ramus, 2004). Di conseguenza, le relazioni osservate fra le diverse abilità cognitive valutate in età prescolare e le abilità di lettura testate nei primi due anni di scolarizzazione, potranno dare una indicazione dell'effetto causale fra le funzioni cognitive e le future abilità di lettura.

L'ipotesi alla base della ricerca, trova fondamento nella idea che le abilità attentive di tipo visuo-spaziale possano essere legate al successivo livello di competenza nella lettura, proprio per il ruolo primario rivestito dall'attenzione visuo-spaziale nella prima fase del processo di lettura, la segregazione grafemica. Un efficiente e rapido meccanismo di orientamento dell'attenzione spaziale visiva è indispensabile per realizzare il primario processo di segmentazione della stringa di lettere (e.g., Cestnick & Coltheart, 1999; Facoetti et al., 2006). Difficoltà nell'esecuzione del processo di segregazione grafemica potrebbero essere ricondotte ad un rallentamento della cattura automatica dell'attenzione visiva, sia nella sua componente temporale (Hari & Kovikko, 1999; Facoetti, Ruffino, Peru, Paganoni & Chelazzi, 2008) sia in quella spaziale (e.g., Facoetti, Paganoni, Turatto, Marzola & Mascetti, 2000; Hari, Renvall, & Tanskanen 2001). L'influenza dell'attenzione spaziale si manifesterebbe infatti sia in termini temporali, attraverso i rapidi processi di ancoraggio e di disancoraggio, sia in termini spaziali, attraverso i processi di orientamento e di focalizzazione, permettendo con queste funzioni l'analisi dei singoli grafemi, facilitando

l'elaborazione percettiva e inibendo l'interferenza prodotta dalle lettere vicine.

Ci aspettiamo quindi che i bambini della Scuola dell'Infanzia che ottengono performance peggiori nelle prove attentive, siano quelli che in futuro svilupperanno abilità di lettura peggiori.

Poiché la DE viene valutata come un disturbo di natura multifattoriale, si ritiene siano molteplici le funzioni cognitive che potrebbero rivelarsi scarsamente funzionanti in fase prescolare e di conseguenza da analizzare e tenere sotto controllo durante la ricerca. Sono state quindi misurate anche le influenze della consapevolezza fonologica (Vellutino et al., 2004; Snowling, 2000) posseduta dai bambini e le abilità di mappaggio, quindi di associazione ad uno stimolo visivo, di una etichetta verbale (Ramus, 2004). Tuttavia secondo la nostra ipotesi, le abilità attentive visuo-spaziali possedute dai bambini in età prescolare, si dovrebbero dimostrare capaci di predire le abilità di lettura sviluppate negli anni successivi, anche controllando l'influenza delle abilità di consapevolezza fonologica e di mappaggio cross-modale possedute in età prescolare.

Metodo

Partecipanti

Hanno inizialmente preso parte allo studio, 96 bambini (44 femmine e 52 maschi) con età media di cinque anni e mezzo, frequentanti l'ultimo anno di Scuola dell'Infanzia in quattro diverse scuole del nord Italia. La partecipazione avveniva a seguito dell'ottenimento del consenso informato di entrambi i genitori, mediante il quale garantivano la disponibilità a far prendere parte al figlio a tutte e tre le diverse fasi del presente studio. Il progetto di ricerca si è esteso, infatti lungo un arco temporale di tre anni: i bambini sono stati testati inizialmente alla fine dell'ultimo anno della Scuola dell'Infanzia (T1), in seguito sono stati incontrati alla fine del primo anno (T2) ed infine valutati alla fine del secondo anno di Scuola Primaria (T3). Ogni anno è stato ricordato ai genitori che, nonostante il loro iniziale consenso a partecipare a tutte le fasi precedentemente esposte, sarebbero stati liberi di ritirarsi dal progetto in qualsiasi momento. Tutti i bambini erano di madrelingua italiana, senza alcuna documentazione di deficit cognitivi, visivi od uditivi. Le prove somministrate durante l'arco dei tre anni sono state le seguenti:

Stimoli e procedure

Compiti somministrati all'ultimo anno di Scuola dell'Infanzia (T1)

Carta-matita:

- a. Stima del QI: Disegno con Cubi, estratto della scala WPPSI (Wechsler, 1989);
- b. Abilità di mappaggio stimolo visivo - stimolo uditivo: RAN di colori (Denckla & Rudel, 1976);
- c. Consapevolezza fonologica: compiti fusione e segmentazione di parole familiari; compiti di discriminazione di parole e non-parole.
- d. Prova di attenzione visiva spaziale: Ricerca visiva seriale;

Al Computer:

- e. Orientamento dell'Attenzione Visiva Spaziale (Posner, 1980): Compito di Discriminazione delle Ellissi.
- f. Identificazione del Target: Compito di Discriminazione delle Ellissi versione *baseline*

Compiti somministrati al primo anno di Scuole Primarie (T2)

- g. Prove di lettura di singole lettere
- h. Lettura di liste di non parole
- i. Lettura di liste di parole
- j. Lettura di un brano

Compiti somministrati al secondo anno di Scuole Primarie (T3)

- k. Lettura di liste di parole
- l. Lettura di un brano

Tutti i test riportati nella precedente batteria sono stati somministrati da psicologi o studenti di psicologia opportunamente addestrati, in ambiente silenzioso e adeguatamente illuminato. Ogni bambino è stato testato individualmente, al di fuori della propria classe, in locali messi a disposizione dagli stessi Istituti all'interno delle scuole.

Sono di seguito riportate le strutture dei diversi compiti somministrati:

Compiti somministrati al termine dell'ultimo anno di Scuola dell'Infanzia

a. Test Disegno con Cubi

Per la stima del QI dei partecipanti è stato utilizzato questo subtest della scala WPPSI (Wechsler, 1989) relativo alle abilità non verbali.

b. Abilità di mappaggio (RAN di colori)

In questa prova al bambino erano presentati su due fogli A4, due serie di otto cerchi colorati (giallo, rosso, verde e blu), dei quali il bambino doveva indicare il più rapidamente possibile ed ad alta voce il colore. Era registrato il tempo impiegato per risolvere il compito e gli errori di denominazione.

c. Compiti consapevolezza fonologica

I test utilizzati per valutare le abilità fonologiche dei bambini sono stati estratti dalla batteria per la valutazione delle competenze metafonologiche (Marotta, Ronchetti, Trasciani & Vicari, 2004).

c.1 Compito di fusione sillabica

Lo sperimentatore pronunciava con un ritmo stabile (circa 1 secondo per sillaba) le singole sillabe che costituivano una parola, al bambino era chiesto di ripetere ciascuna singola parola risultante dalla fusione delle sillabe udite. Erano conteggiate le risposte errate nella lista di parole.

c.2 Prova di segmentazione sillabica (e/o fonetica):

Lo sperimentatore pronunciava una parola ad alta voce e il bambino aveva compito di ripeterla frammentandola nelle sillabe (o nei fonemi) costituenti. Erano conteggiate le risposte errate nella lista di parole.

c.3/4 Prove di discriminazione di parole e non parole:

Lo sperimentatore pronunciava due parole in successione (oppure due non-parole, nella versione costituita da non-parole) differenti per una sola unità fonemica (ad es. cane-pane, paca-baca). Il bambino doveva dire se le due parole ascoltate erano per lui uguali oppure diverse. Era assegnato 1 punto per ogni errore commesso.

Abilità visuo-attentive

d. Ricerca Visiva Seriale

L'abilità di allocazione dell'attenzione su una stringa di stimoli era testata utilizzando un compito di ricerca visiva. I bambini erano invitati, utilizzando una matita, a cancellare uno specifico simbolo target, la cui forma era riportata nella parte alta di un foglio posto di fronte a lui. Nella parte sottostante dello stesso foglio erano riportate 5 linee composte da

31 simboli (di dimensioni circa 5x5mm, 5 target e 26 distrattori). Il bambino era invitato a procedere nella ricerca spostandosi da sinistra verso destra, dal primo all'ultimo rigo, senza mai tornare indietro. Il compito era composto da due fogli, dove si manipolava la distanza fra i diversi simboli, nella condizione "largo" la distanza fra simboli era circa di 8 mm, nella condizione "fitto" la distanza era di circa 4mm (si veda Tabella 1.1).

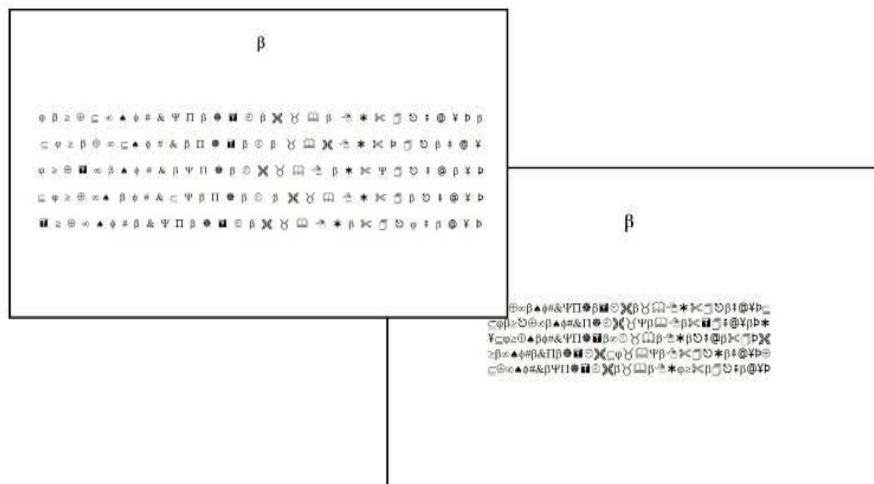


Tabella 1.1. Rappresentazione delle due ricerche visive seriali proposte ai bambini

e. Orientamento dell'Attenzione Visiva Spaziale (i.e. effetto Posner):
Compito delle Ellissi

Le abilità di orientamento automatico dell'attenzione erano misurate usando una variante del compito Posner (Posner, 1980). Il bambino sedeva davanti ad un monitor (15 pollici), ad una distanza di 42 cm. La distanza era mantenuta fissa tramite l'utilizzo di una mentoniera.

Una piccola croce (0,2°) era utilizzata come punto di fissazione. Ai lati di erano poste due barre orizzontali questa (ciascuna a 12° dal centro, 4° più in basso rispetto al punto di fissazione; dimensioni 6°x0,3°) di colore nero. L'indizio (*cue*) periferico consisteva in un inspessimento di una delle due barre nere (0,6°).

Il target era una ellisse (8°x4°, presentata a 12° di angolo dal punto di fissazione, alla sua sinistra o alla sua destra) che poteva apparire ruotata di 30, 60, 300 or 330 gradi. Il target poteva apparire da solo o affiancato da due figura composte ciascuna dalla somma delle 4 possibili rotazioni dell'ellisse. Tale condizione valutava l'effetto di *crowding* derivante dalla vicinanza fra gli stimoli. Lo spazio fra il centro del target ed il centro delle figure era 5°. Tutti gli stimoli erano neri, con una luminanza di 0.6 cd/m². Lo sfondo era bianco con una luminanza di 119 cd/m². Ogni prova

cominciava con la presentazione del punto di fissazione, dopo 500 msec comparivano le due barre laterali e dopo altri 500 msec compariva l'indizio visivo, il quale aveva una durata di 50 msec. Dopo un intervallo fra gli stimoli di 50 msec (i.e., *stimulus onset asynchrony*; SOA=100 ms), appariva il target per 180 msec. L'indizio non era predittivo rispetto al luogo dove sarebbe poi apparso il target (predittività al 50%). Dopo 600 msec, al bambino erano mostrate le 4 ellissi che potevano essere apparse come target, ed il bambino era invitato ad indicare quale di queste fosse appena comparsa, senza che gli fossero imposti limiti di tempo nella risposta. Era quindi valutata esclusivamente l'accuratezza. La risposta manuale del bambino era registrata al pc dallo sperimentatore. Non era fornito alcun feedback. La sessione sperimentale era composta da 72 prove, 36 con la presenza del mascheramento laterale, 36 senza tale effetto (18 prove prevedevano un indizio valido, 18 un indizio invalido). Si veda Tabella 1.3 Pannello B (in alto) per una rappresentazione grafica.

f. Identificazione del Target: Compito delle Ellissi *Baseline condition*
L'obiettivo di questa prova era quello di ottenere una condizione *baseline* per compararvi le performance (in accuratezza) ottenute nel compito precedente, dove erano coinvolti i meccanismi di pre-orientamento attentivo.

La struttura e la procedura erano esattamente le stesse del compito appena descritto, l'unica differenza risiedeva nel fatto che in questa versione del compito non era presentato l'indizio ed il target non subiva mai il mascheramento laterale. Si veda Tabella 1.3 panel B (in alto) per una rappresentazione grafica.

Compiti somministrati al primo anno di Scuole Primarie

g. Prove di riconoscimento di lettere

Al primo anno di scuola Primaria, le abilità di mappaggio erano testate nuovamente, questa volta utilizzando un compito di rapida associazione grafema-fonema (apprendimento cross-modale), un RAN di lettere (Denckla & Rudel, 1976). Si sono utilizzati per questa prova due fogli dove erano riportate 12 lettere (si erano selezionate 4 lettere: "A", "E", "B" "O" presentate ripetutamente per 4 volte). Si è registrato il tempo di esecuzione; gli errori, come da letteratura, erano praticamente assenti.

h. Lettura di liste di non parole

Al fine di valutare le abilità di decodifica fonologica, erano somministrate alcune liste di non-parole:

h.1. Tre liste di non-parole (liste 3, 6 e 14; Carriero, Vio, & Tressoldi, 2001). Le performance in queste liste furono valutate sia in termini di velocità di lettura che in termini di errori commessi. Le due rilevazioni, trasformate in punteggi z, sono state poi mediate per le analisi successive.

h.2. Due liste di non-parole (20 stringhe per ciascuna lista), composte da una o tre sillabe, furono utilizzate per misurare l'effetto lunghezza (i.e. le differenze in termini di tempo e numero di errori nella lettura delle due tipologie di liste).

i. Lettura di liste di parole

La fluenza e l'accuratezza nella lettura, al termine del primo anno di Scuola Primaria è stata valutata attraverso la somministrazione di due liste di parole bisillabiche (nove parole per ciascuna lista, Carriero et al, 2001). Si valuta in questo modo l'abilità di lettura indipendentemente dall'influenza del contesto, presente nella lettura di un brano. Le performance in queste liste furono valutate sia in termini di velocità di lettura che in termini di errori commessi. Le due rilevazioni, trasformate in punteggi z, sono state poi mediate per le analisi successive.

j. Lettura di un brano

Le abilità di lettura sono state valutate anche attraverso la somministrazione di un brano standardizzato (MT test, Cornoldi & Colpo, 1998), al fine di misurare le abilità di lettura in un contesto ecologico. Le performance di lettura del brano furono valutate sia in termini di velocità di lettura, sia in termini di errori commessi. Le due rilevazioni, trasformate in punteggi z, sono state poi mediate per le analisi successive.

Compiti somministrati al secondo anno di Scuole Primarie

k. Lettura di liste di parole

La fluenza e l'accuratezza nella lettura, al termine del primo anno di Scuola Primaria fu valutata attraverso la somministrazione di una serie di liste di parole (Sartori, Job, & Tressoldi, 1995). Le performance in queste liste furono valutate sia in termini di velocità di lettura che in termini di errori commessi. Le due rilevazioni, trasformate in punteggi z, sono state poi mediate per le analisi successive.

I. Lettura di un brano

Nuovamente, al secondo anno di Scuola Primaria, le abilità di lettura furono valutate attraverso la somministrazione di un brano standardizzato (MT test, Cornoldi & Colpo, 1998). Le performance di lettura del brano furono valutate sia in termini di velocità di lettura, sia in termini di errori commessi. Le due rilevazioni, trasformate in punteggi z, sono state poi mediate per le analisi successive.

Risultati

Deficit neurocognitivi alla base delle scarse abilità di lettura, analisi di gruppo

Sulla base dei punteggi ottenuti nella prova di lettura del testo alla fine del primo anno delle Scuole Primarie (Cornoldi & Colpo, 1998), il gruppo dei partecipanti è stato diviso in due sottogruppi, definiti normo lettori (NL) e poveri lettori (PL). Un bambino era assegnato al gruppo dei PL se il suo punteggio (in termini di z-score, valutato come media delle performance in velocità ed accuratezza) era inferiore a -1,5 deviazioni standard rispetto alla media del campione, era altrimenti inserito nel gruppo dei NL. I due gruppi risultarono così costituiti da 14 bambini PL e 68 bambini NL. Fra i due gruppi non si evidenziarono differenze nell'età o nei punteggi della stima del QI non verbale (disegno di cubi), valutate al momento della prima rilevazione (si veda Tabella 1.2 per una descrizione dei punteggi ottenuti).

Le performance nella lettura, valutate attraverso una serie di ANOVA univariate, risultavano significativamente diverse sia nella prova del brano, utilizzata per la suddivisione del campione ($F_{(1,80)}=141,37$, $p=0,001$ $\eta^2_p=0,639$), che nelle altre prove di lettura: a livello di prestazioni nella lettura di singole lettere ($F_{(1,80)}=7,51$, $p=0,008$ $\eta^2_p=0,086$), nella lettura di liste di non-parole ($F_{(1,80)}=45,41$ $p=0,001$ $\eta^2_p=0,362$) e di liste di parole ($F_{(1,80)}=21,33$ $p=0,001$ $\eta^2_p=0,21$; si veda Tabella 1.2). Anche l'effetto lunghezza delle non parole, calcolato mettendo a confronto il tempo impiegato e gli errori commessi nel leggere una lista di non-parole monosillabiche con le performance in una lista di non-parole trisillabiche, risultava significativamente diverso nei due gruppi (tempo impiegato $F_{(1,80)}=11,17$, $p=0,001$ $\eta^2_p=0,123$; errori: $F_{(1,80)}=16,66$, $p=0,001$ $\eta^2_p=0,172$).

I due gruppi risultavano quindi significativamente diversi in tutte le abilità di lettura testate al primo anno di Scuola Primaria, ed il risultato ottenuto nelle liste di parole con lunghezza diversa, era già indicativo di un diverso funzionamento dei meccanismi di segregazione grafemica fra coloro che

avevano ottenuto rispettivamente performance nella norma o al disotto di essa.

	<i>NL (n=68)</i>		<i>PL (n=14)</i>	
	M	DS	M	DS
Età (anni)	5,73	0,4	5,65	0,53
Disegno con i Cubi (standard score)	10,09	3,69	10,07	2,87
Lettura Testo (z-score)	-0,14	0,71	-2,92	1,14
Liste Parole (z-score)	0,29	0,99	-1,04	0,95
Liste di non-parole (z-score)	0,26	0,62	-1,18	1,13
Lettura singole lettere (sec.)	5,00	1,61	6,38	2,18
Effetto lunghezza (sec.)	22,35	11,67	34,87	17,62
Effetto lunghezza (errori)	1,60	1,78	5,17	6,21

Tabella 1.2. Media (M) e deviazione standard (DS) dell'età, e nel disegno con i cubi (punteggio standard, media= 10 deviazione standard =3; Wechsler, 1989) dei due gruppi di bambini rilevate all'ultimo anno di Scuola dell'Infanzia. Le abilità di lettura di un testo (punteggi Z), di liste di parole (punteggi Z), di liste di non-parole (punteggi Z), di denominazione di singole lettere (secondi) e l'effetto di lunghezza di liste di non parole (espresso in secondi impiegati ed errori commessi) sono stati valutati alla fine del primo anno di Scuola Primaria. Sono riportate separatamente le prestazioni dei gruppi di normo lettori (NL) e poveri lettori (PL). In grassetto sono evidenziate le variabili risultate significativamente diverse ad una analisi tramite t-test ($p < 0,05$).

Abilità attentive visuo-spaziali nei poveri lettori

Utilizzando una ANOVA mista 2 (Spaziatura fra i simboli: largo e fitto) *2 (Gruppo: PL e NL) si sono analizzati gli errori commessi nel compito di ricerca visiva seriale. E' risultato significativo l'effetto principale della Spaziatura ($F_{(1,80)}=5,45$, $p=0,022$, $\eta^2_p=0,064$), legato ad una maggiore quantità di errori commessi in condizione di spaziatura ridotta (media=5,1, DS=4,4) rispetto a quelli commessi con una spaziatura più larga (media=3,5, DS=3,9), spiegabile attraverso un incremento dell'effetto di *crowding* nella prima delle due condizioni (Bouma, 1970). Determinante per la nostra ipotesi, la presenza dell'effetto principale del Gruppo ($F_{(1,80)}=12,24$, $p=0,001$, $\eta^2_p=0,133$), dovuto alla differenza nel numero di errori commessi: i PL commettevano infatti un numero di errori più alto (media=14,5, DS=7,4) rispetto a quello commessi dai NL (media=7,4,

DS=6,8; si veda Tabella 1.3 Pannello A). Le analisi condotte utilizzando lo stesso disegno ma valutando i tempi di esecuzione della prova, non hanno portato ad ottenere effetti principali o interazioni significative.

Emerge da queste analisi che i PL, rispetto ai NL, risultavano carenti nelle abilità di individuazione e discriminazione di uno stimolo fra distrattori già prima che le abilità di lettura fossero state sviluppate.

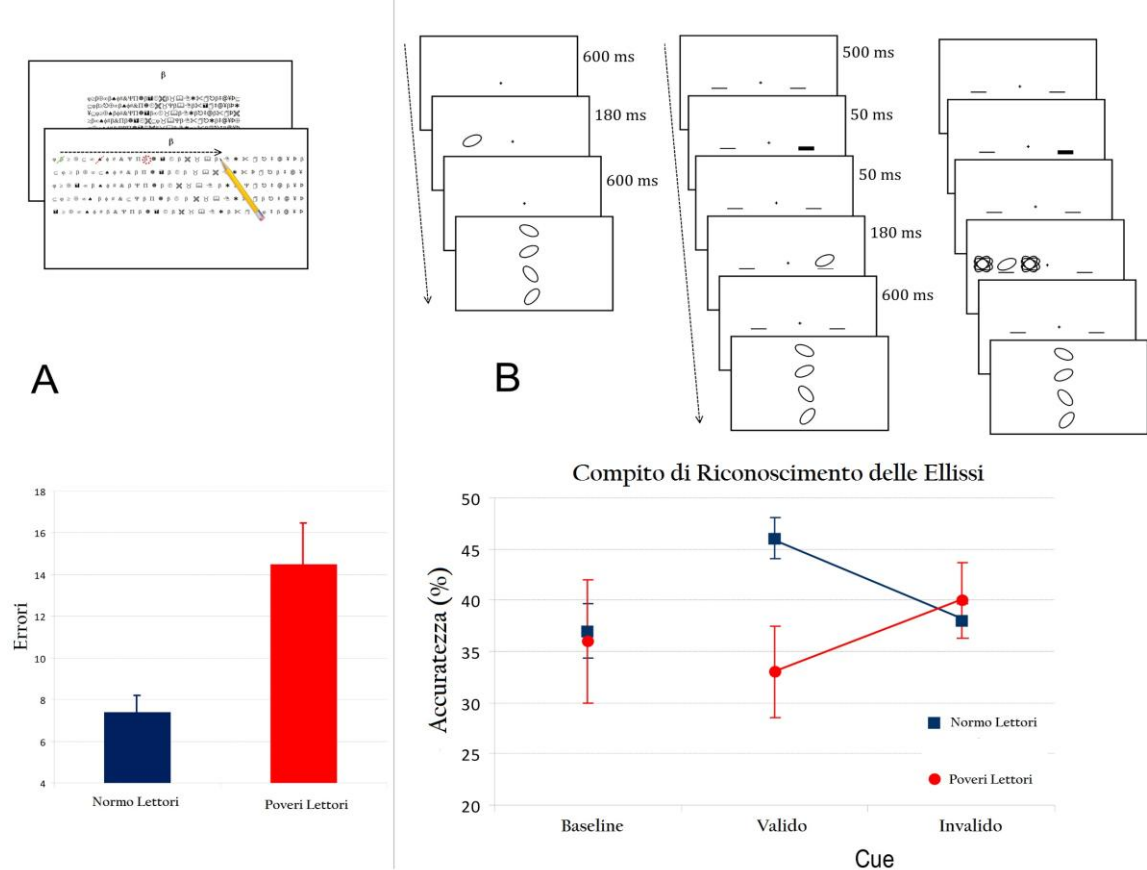


Tabella 1.3. Rappresentazione dei due compiti somministrati per valutare le competenze visuo-attentive. Pannello A: in alto sono rappresentate le due versioni della ricerca visiva seriale, In basso è riportato il numero complessivo di errori commesso dai normo lettori e dai poveri lettori. Pannello B: in alto sono rappresentate da sinistra le versioni *baseline* del compito di riconoscimento delle ellissi (priva dell'indizio visivo) e la versione di riconoscimento delle Ellissi precedute da un indizio visivo, senza e con l'effetto di mascheramento laterale. In basso a sinistra sono riportate le accuratèzze dei due gruppi nella condizione *baseline* e nelle due condizioni di indizio visivo valido e invalido. Le barre d'errore nei grafici rappresentano l'errore standard.

Le performance nel secondo compito somministrato durante la Scuola di Infanzia per valutare le abilità visuo-attentive, il compito delle Ellissi, furono valutate attraverso una ANOVA mista 2 (Cue: valido, invalido) * 2 (Presentazione del target: isolato o con maschere laterali) * 2 (Gruppo: PL e NL) relativa all'accuratèzza dimostrata dai bambini (proporzione dei target correttamente individuati; livello del caso =0,25).

Dalle analisi è risultato significativo l'effetto principale relativo alla modalità di Presentazione del target ($F_{(1,80)}=11,25$, $p=0,001$, $\eta^2_p=0,12$),

l'accuratezza nella condizione nella quale il target compariva isolato (media=0,44, DS=0,16) risultava maggiore rispetto all'accuratezza nella condizione nella quale l'ellisse compariva mascherata lateralmente (media=0,37, DS=0,14). Questo dato conferma la presenza anche in questo compito attentivo di un effetto del *crowding* sulle prestazioni dell'intero gruppo. Fondamentale per la nostra ipotesi, la presenza di una interazione Cue*Gruppo ($F_{(1,80)}=9,28$, $p=0,003$, $\eta^2_p=0,104$; si veda Tabella 1.3 Pannello B); mentre i bambini del gruppo NL risultavano capaci di utilizzare l'orientamento automatico dell'attenzione ($F_{(1,67)}=14,44$, $p=0,001$, $\eta^2_p=0,177$), migliorando le loro performance quando il target appariva nella stessa posizione dell'indizio (i.e. condizione valida; media=0,46, DS=0,18), rispetto a quando l'indizio appariva nella posizione opposta (i.e. condizione invalida; media=0,38, DS=0,14), i bambini del gruppo PL non mostravano l'effetto legato all'orientamento automatico dell'attenzione ($F_{(1,13)}=3,2$, $p=0,097$, $\eta^2_p=0,02$; condizione valida media=0,34, DS=0,12; condizione invalida media=0,41, DS=0,14).

Le prestazioni dei due gruppi differivano nella condizione di indizio valido ($F_{(1,80)}=6,5$, $p=0,013$, $\eta^2_p=0,075$), ma non nella condizione di indizio invalido ($F<1$, $\eta^2_p=0,004$). Allo stesso modo, analizzando i dati ottenuti dalla somministrazione dello stesso compito di Discriminazione delle Ellissi in versione *baseline*, dove non appariva l'indizio visivo e l'orientamento automatico dell'attenzione non era utilizzabile, nelle prestazioni dei due gruppi non si riscontravano differenze (gruppo PL media=0,36, DS=0,23; gruppo NL media=0,37 DS=0,22, $F<1$, $\eta^2_p=0,001$).

Il risultato ottenuto nella prova più "ecologica" di Ricerca visiva seriale, assieme al dato ottenuto nella variante del compito Posner, indica chiaramente che già in fase prescolare i poveri lettori dimostravano di essere caratterizzati da un deficit dell'orientamento dell'attenzione.

Abilità di processamento dei suoni del linguaggio nei poveri lettori

Tramite una ANOVA multivariata, con il Gruppo (PL e NL) quale variabile fra soggetti ed il numero di errori commesso nei compiti di fusione, segmentazione di parole familiari e nei compiti di discriminazione di parole e non-parole quali variabili entro i gruppi, si è indagato l'effetto delle competenze fonologiche. Non si è tuttavia riscontrato l'effetto principale del gruppo ($F<1$, $\eta^2_p=0,035$), soltanto nel compito di discriminazione di non parole i PL apparivano come tendenza compiere un numero maggiore di errori ($F_{(1,80)}=2,59$, $p=0,056$, $\eta^2_p=0,031$). Tale risultato

conferma la presenza di una difficoltà nella discriminazione dei suoni linguistici nei bambini che diverranno poveri lettori (si veda Tabella 1.4). Infine, nelle analisi con le stesse procedure, relative alle abilità di mappaggio cross modale utilizzando stimoli non alfabetici (RAN di colori), non si sono evidenziate differenze significative fra i due gruppi di PL e NL.

	Poveri Lettori (n=14)		Normo Lettori (n=68)	
	M	DS	M	DS
Discriminazione di parole (errori)	2.9	3.0	2.27	2.1
Discriminazione di non-parole (errori)*	3.42	2.4	2.39	2.12
Fusione sillabica (errori)	2.07	1.39	1.97	1.62
Segmentazione sillabica (errori)	3.18	2.3	3	2.7
RAN di colori (secondi)	19.03	6.4	18.67	7.57

Tabella 1.4. Media (M) e deviazione standard (DS) dei due gruppi nelle prove relative alla consapevolezza fonologica (errori) e nelle abilità di mappaggio (RAN di colori, secondi impiegati). Indicata in grassetto e con * la prova nella quale si riscontra una tendenza alla significatività nella diversa quantità di errori commessi dai due gruppi.

Predittività delle prestazioni nei compiti visuo-attentivi in relazione alle future abilità di lettura

Le abilità visuo-attentive, come dimostrato con le precedenti analisi, risultavano essere significativamente diverse fra i bambini che avrebbero sviluppato buone capacità nella lettura ed i bambini che avrebbero invece finito per incorrere in difficoltà. Per meglio interpretare questo dato, si è indagata a livello individuale l'influenza delle scarse competenze visuo-attentive, analizzando quale fosse la possibilità di individuare un bambino del gruppo dei PL utilizzando le performance nei due compiti attentivi. Otto bambini su quattordici, il 57% dei bambini che l'anno successivo sarebbero stati classificati come poveri lettori, avevano prestazioni inferiori di almeno una deviazione standard in almeno uno dei due compiti attentivi. Utilizzando gli stessi dati inoltre è stato calcolato un "Indice delle abilità attentive" per l'intero gruppo, valutando assieme le prestazioni in termini di errori nel compito di ricerca visiva e di accuratezza nella condizione di indizio valido nel compito di Discriminazione delle Ellissi. Su tale punteggio si è calcolato l'*odds ratio*, il rapporto fra la possibilità che un evento accada in un gruppo e la possibilità che l'evento possa accadere

nell'altro. Il valore dell'*odds ratio* era di 8,89, (intervallo di confidenza al 95% compreso fra 2,01 e 39,38), ad indicare una forte predittività delle abilità attentive sulle abilità di lettura. Per 1 PL che cadeva sotto il punteggio di -1DS nell'Indice delle abilità attentive, soltanto 0,16 NL cadevano sotto lo stesso punteggio, mentre nessun PL superava il punteggio di +1 DS.

Correlazioni e nessi causali fra le funzioni testate in T1 e le abilità di lettura mostrate in T2 ed in T3

Le analisi che avevamo potuto eseguire già al secondo anno della ricerca, quando si erano raccolti i dati relativi alle performance nella lettura alla fine del primo anno di Scuola Primaria, hanno dimostrato che le abilità visuo-attentive di futuri poveri lettori e normo lettori erano di fatto diverse. Al fine di meglio comprendere il nesso causale fra le funzioni neuro cognitive valutate al primo anno della ricerca (T1), l'emergere delle abilità di lettura (T2, primo anno di Scuola Primaria) ed il consolidamento delle abilità di lettura (T3, secondo anno di Scuola Primaria), si sono analizzate le correlazioni esistenti fra le diverse rilevazioni, valutando l'intero campione di bambini senza distinguerli attraverso un metodo di suddivisione arbitrario. Si è così evidenziato che le funzioni attentive, risultavano essere significativamente correlate a buona parte delle performance di lettura ottenute in T2 ed in T3. Anche le abilità associative, valutate con il RAN di colori, risultavano correlate con alcune delle abilità di lettura, ed anche le performance nella fusione sillabica, quindi connesse alla consapevolezza fonologica, risultavano correlare con performance di lettura in T2 ed in T3, anche controllando per età e punteggio di stima del QI (si veda Tabella 1.5).

Poiché le correlazioni fra le funzioni attentive e le abilità di lettura risultavano significative, si è proseguita l'analisi dei dati eseguendo una serie di regressioni lineari per blocchi ad entrata fissa, al fine di valutare l'influenza causale delle abilità attentive sulle abilità di lettura.

In sequenza, le variabili dipendenti utilizzate sono stati i punteggi ottenuti nei compiti in T2: (I) riconoscimento lettere (secondi impiegati), (II) lettura di liste di non parole (z score), (III) effetto lunghezza nella decodifica fonologica, (IV) abilità di lettura di liste di parole e (V) abilità di lettura nel testo. Nei tre blocchi sono stati controllati gli effetti misurati in T1 di (1) età e punteggio nel disegno con i cubi, (2) errori nel compito di fusione sillabica e fluenza nel RAN di colori, ed infine (3) errori nella ricerca visiva seriale e l'accuratezza nella condizione valida del compito di Riconoscimento delle Ellissi.

		<i>RAN di lettere T2 (tempo)</i>	<i>Liste di Non-parole T2 (z-score)</i>	<i>Effetto Lunghezza T2 (tempo)</i>	<i>Liste di Parole T2 (z-score)</i>	<i>Letture testo T2 (z-score)</i>	<i>Liste di Parole T3 (z-score)</i>	<i>Letture testo T3 (z-score)</i>
abilità Visuo-attentive	Ricerca visiva (Errori)	,42 ,000	-,29 ,008	,30 ,007	-,33 ,003	-,36 ,001	-,41 ,000	-,48 ,000
	Orientamento dell'attenzione (accuratezza)	-,15 ,177	,32 ,003	-,31 ,005	,27 ,018	,31 ,005	,30 ,007	,36 ,001
abilità associative	RAN di colori (tempo)	,30 ,008	-,23 ,047	,17 ,126	-,23 ,038	-,16 ,149	-,30 ,009	-,27 ,014
abilità fonologiche	Fusione sillabica (errori)	,028 ,807	-,25 ,025	-,21 ,063	-,24 ,035	-,13 ,247	-,28 ,014	-,24 ,030

Tabella 1.5. Sono riportate le correlazioni parziali (valore di r e p) fra le funzioni cognitive valutate in T1 (in riga) e le abilità di lettura, testate in T2 ed in T3 (riportate in colonna), controllate per età e stima del QI. Le correlazioni sono riferite alle prestazioni dell'intero campione di bambini. Sono evidenziate in grassetto le correlazioni significative.

Dalle analisi, le misure relative alla rapidità di mappaggio e di consapevolezza fonologica, inserite nel secondo blocco, erano in grado di spiegare una quota significativa della varianza nel compito di riconoscimento di lettere (R^2 change=,081), lettura di liste di non parole (R^2 change=,083) e di liste di parole (R^2 change=,082; si veda Tabella 1.6). Dato fondamentale per la nostra ipotesi, anche le misure relative alla valutazione delle abilità attentive rilevate in fase prescolare, inserite nell'ultimo dei tre blocchi di variabili, spiegavano una parte significativa della varianza del riconoscimento di lettere (R^2 change=,123), lettura di liste di non parole (R^2 change=,094), dell'effetto lunghezza nella decodifica fonologica (R^2 change=,101), della lettura di liste di parole (R^2 change=,093) e della lettura di un brano (R^2 change=,152) (si veda Tabella 1.6). Emerge così il ruolo causale assunto dalle abilità attentive sulle abilità di lettura sviluppate al primo anno di Scuola Primaria.

Come mostrato in Tabella 1.5, dopo aver controllato l'effetto dell'età e dei punteggi ottenuti nella stima de QI, le abilità relative alla consapevolezza fonologica, le capacità associative e le abilità visuo-attentive risultavano tutte significativamente correlate alle abilità di lettura valutate in T3, si è quindi proceduto nuovamente nell'analisi dei dati con due regressioni

lineari per blocchi ad entrata fissa, al fine di valutare l'influenza causale delle abilità attentive sulle abilità di lettura.

	Riconoscimento lettere		<i>Lettura liste non-parole</i>		Effetto lunghezza non-parole		<i>Lettura liste parole</i>		<i>Lettura brano</i>	
	R ² Change	p	R ² Change	p	R ² Change	P	R ² Change	p	R ² Change	p
1	.03	.282	.02	.486	.04	.234	.01	.896	.01	.696
2	.08	.04	.08	.034	.05	.108	.08	.043	.04	.251
3	.12	.005	.09	.021	.10	.015	.09	.025	.15	.002

Tabella 1.6. Regressioni lineari ad entrata fissa. Sono qui riportati I risultati delle cinque regressioni eseguite inserendo le performance nella lettura eseguite al primo anno di Scuole Primarie quali variabili dipendenti, valutando in tre blocchi ad entrata fissa l'effetto delle seguenti variabili misurate quando i bambini erano all'ultimo anno delle Scuole Materne (1) età e punteggio nel disegno con i cubi, (2) errori nel compito di fusione sillabica e fluenza nel RAN di colori, ed infine (3) errori nella ricerca visiva seriale e l'accuratezza nella condizione valida del compito di Riconoscimento delle Ellissi. Sono riportate in grassetto le varianze spiegate con un $p < .05$.

Come in precedenza, le variabili dipendenti utilizzate sono state i punteggi ottenuti nei compiti di lettura, questa volta somministrati in T3: (I) abilità di lettura di liste di parole e (II) abilità di lettura di un testo. Nei tre blocchi della regressione sono stati controllati ancora una volta gli effetti misurati in T1 di (1) età e punteggio nel disegno con i cubi, (2) errori nel compito di fusione sillabica e fluenza nel RAN di colori, ed (3) gli errori nella ricerca visiva seriale e l'accuratezza nella condizione valida del compito di Riconoscimento delle Ellissi. I risultati hanno evidenziato che le misure relative alla rapidità di mappaggio e di consapevolezza fonologica, inserite nel secondo blocco, erano in grado di spiegare una quota significativa della varianza nel compito di lettura di singole parole, (R^2 change=.125) ed anche nel compito di lettura del testo (R^2 change=.112). Ancora una volta, le misure relative alla valutazione delle abilità attentive rilevate in fase prescolare, inserite nell'ultimo dei tre blocchi, spiegavano una parte significativa della varianza nel compito di lettura di singole parole (R^2 change=.121), ed anche nel compito di lettura del testo (R^2 change=.192; si veda Tabella 1.7). Si riscontra quindi un effetto significativo delle variabili visuo-attentive misurate all'ultimo anno delle Scuole Materne, anche sulle abilità di lettura misurate al secondo anno di Scuole Primarie.

	<i>Lettura liste parole</i>		<i>Lettura brano</i>	
	R ² Change	p	R ² Change	p
1	.03	.34	.03	.288
2	.12	.005	.11	.012
3	.12	.004	.19	.0001

Tabella 1.7. Regressioni lineari ad entrata fissa. Sono qui riportati i risultati delle regressioni eseguite inserendo come variabili dipendenti le performance nella lettura eseguite al secondo anno di Scuole Primarie, valutando in tre blocchi ad entrata fissa l'effetto delle abilità misurate quando i bambini erano all'ultimo anno delle Scuole Materne (1) età e punteggio nel disegno con i cubi, (2) errori nel compito di fusione sillabica e fluency nel RAN di colori, ed infine (3) errori nella ricerca visiva seriale e l'accuratezza nella condizione valida del compito di Riconoscimento delle Ellissi. Sono riportate in grassetto le varianze spiegate con un $p < .05$.

Discussione

In questo studio, si è analizzata l'influenza di ciascuna delle principali funzioni neuro cognitive considerate dalla letteratura come funzionalmente connesse allo sviluppo delle abilità di lettura, cioè le abilità fonologiche (Ramus, 2003; Vellutino et al., 2004; Ziegler & Goswami, 2005; Tallal, 2004), le abilità di mappaggio cross-modale (Blomert, 2011; Blau et al., 2009; Blau et al., 2010) e le abilità attentive visuo-spaziali (Vidyasagar & Pammer, 2010; Roach & Hogben, 2007; Hari & Renvall, 2001). Si è dimostrato che i bambini i quali al primo anno di Scuola Primaria risultavano avere scarse competenze nelle abilità di lettura (i.e. poveri lettori), presentavano già in età prescolare delle carenze nelle abilità visuo-attentive, cioè nel compito di ricerca visiva seriale, dove commettevano un numero di errori significativamente più alto dei bambini che in seguito non avrebbero sviluppato difficoltà nella lettura (i.e. normo lettori). Anche nel compito di riconoscimento delle ellissi le prestazioni in termini di accuratezza dei poveri lettori risultavano significativamente inferiori a quelle dei futuri normo lettori, specificatamente nella condizione in cui l'indizio visivo appariva nella stessa posizione in cui sarebbe apparso il target. I due risultati, dimostrano che l'attenzione visuo-spaziale dei futuri poveri lettori risultava compromessa già prima che le abilità di lettura fossero acquisite. Queste evidenze indicano quindi che le carenze in compiti di ricerca visiva seriale che già erano riportati in letteratura come caratterizzanti i soggetti con DE (e.g., Casco, Tressoldi & Dellantonio, 1998), non sono da considerarsi solo

come semplici conseguenze di una mancata acquisizione delle abilità di lettura, ma piuttosto come possibili fattori alla base delle difficoltà stesse. Se si fossero dovute considerare isolatamente le difficoltà riscontrate nel compito di ricerca visiva seriale, un compito molto “ecologico” per la sua vicinanza alle operazioni effettivamente messe in atto durante la lettura (competenze fonologiche a parte), il dato potrebbe essere stato interpretato come semplice risultato di una possibile pre-esposizione alla lettura, per cui i bambini che ipoteticamente già avessero cominciato ad allenarsi in compiti di pre-lettura sarebbero potuti risultare avvantaggiati, quindi il risultato avrebbe potuto essere interpretato ancora una volta come una conseguenza delle precedenti esperienze, piuttosto che come un fattore causale. Tuttavia, la presenza di difficoltà nella variante del compito Posner (i.e. il compito di Riconoscimento di Ellissi) permette di escludere una interpretazione in tal senso. Le differenze emerse in questo secondo compito, presenti esclusivamente nel riconoscimento di stimoli pre-evidenziati da un indizio visivo, dimostrano che i bambini con difficoltà di lettura al primo anno di Scuola Primaria presentavano uno specifico malfunzionamento del sistema di facilitazione legato all’orientamento automatico dell’attenzione, già l’anno prima che le abilità di lettura fossero sviluppate. Al contrario, non si sono evidenziati deficit nelle condizioni nelle quali il *cue* forniva un indizio sbagliato e nella condizione nella quale non era fornito alcun tipo di indizio. Lo stesso vale per l’effetto derivante dalla condizione di *crowding*, dove non si sono riscontrate differenze fra i due gruppi, ad indicare che le difficoltà nella lettura non sembrano derivare da un generale deficit nella visione periferica, ma specificatamente da un deficit nell’orientamento dell’attenzione.

La mancanza di un effetto di facilitazione derivante dall’indizio visivo, è in accordo con l’ipotesi di un rallentamento nell’orientamento dell’attenzione (Hari & Renvall, 2001), ed in linea con i risultati di altre ricerche, dove si dimostra che la DE risulta associata ad un ritardo dell’orientamento dell’attenzione, in compiti che coinvolgono il canale visivo (Buchholz & McKone, 2004; Plaza & Cohen, 2007; Brunswick et al., 2012) ed anche compiti multisensoriali (Facoetti, Trussardi et al., 2010).

I dati ottenuti nelle due prove attentive, possono essere in parte considerati in accordo con l’ipotesi di deficit a carico della via magnocellulare, responsabile quest’ultima dell’analisi degli stimoli dinamici e della loro dislocazione nello spazio (Walsh, 1995; Witton, Talcott, Hansen et al., 1998). I risultati di precedenti studi longitudinali, del resto, avevano dimostrato il possibile coinvolgimento di tale sistema nello

sviluppo delle prime abilità di lettura (Boden & Giaschi, 2007; Boets et al., 2007; Boets et al., 2008; Kevan & Pammer, 2009).

La letteratura sulla DE dove si utilizzano neuroimmagini per lo studio delle aree coinvolte nella decodifica fonologica, ha evidenziato che gli individui con questo disturbo mostrano una carente attivazione delle aree circostanti la giunzione temporo-parietali bilaterali (si veda Eden & Zefiro, 1998, per una rassegna). Mentre le attivazioni di tali aree all'interno dell'emisfero sinistro sono legate al processamento delle informazioni dei suoni e del linguaggio, le stesse aree, all'interno dell'emisfero destro, svolgono un ruolo determinante nel network coinvolto nell'orientamento automatico dell'attenzione. Il funzionamento e lo sviluppo di entrambe, di conseguenza, potrebbe essere alla base della normale acquisizione delle abilità di lettura (Turkeltaub et al., 2003; Hoeft et al., 2006); buone abilità di orientamento attentivo permetterebbero di facilitare la percezione degli stimoli, intensificando il segnale all'interno del fuoco attentivo e diminuendo le influenze delle informazioni esterne ad esso (Yeshurun & Rashal, 2010); al contrario, un mancato funzionamento delle stesse, potrebbe portare ad una errata segregazione delle lettere e di conseguenza ad una difficoltosa associazione fra lo stimolo uditivo e lo stimolo visivo (Blau et al., 2009, 2010). I dati ottenuti confermano quindi la validità della modellistica che prevede alla base dello sviluppo dei meccanismi di lettura anche un adeguato funzionamento del sistema attentivo, impegnato nelle prime fasi del processo nel compito di segregazione grafemica (Roelfsema, van Ooyen & Watanabe, 2010).

I risultati conseguiti in questa ricerca, confermano inoltre le evidenze ottenute da altri gruppi, relative all'importanza dei fattori visuo-attentivi quali efficaci predittori delle future abilità di lettura (Plaza & Choen, 2006; Ferretti, Mazzotti & Brizzolara, 2008; Brunswick et al., 2012), ed integrano informazioni relative agli specifici meccanismi attenzionali coinvolti nell'acquisizione delle abilità di lettura. Il fatto che parte degli studi sia stato condotto in paesi dove le lingue parlate hanno diversi gradi di trasparenza rispetto all'italiano, consolida inoltre il dato qui riportato, escludendo che le variabili attentive giochino un ruolo esclusivamente nelle lingue ad alta trasparenza.

Uno degli obiettivi principali dello studio condotto era di incrementare le possibilità di individuare i bambini a rischio di sviluppo DE. I risultati mostrano che le problematiche nell'orientamento dell'attenzione sono piuttosto diffuse in questo gruppo, circa il 60% dei futuri poveri lettori erano almeno una deviazione standard al di sotto della media ottenuta nelle stesse prove dai normo lettori. Tali abilità si sono confermate

predittive delle successive competenze nella lettura sia al primo che al secondo anno di Scuole Primarie, anche dopo aver controllato l'influenza delle minime variazioni di età alla quale le prove erano state somministrate ai bambini, il punteggio ottenuto al test del disegno con i cubi, ed anche le abilità riguardanti la consapevolezza fonologica ed associative. Anche queste ultime risultano comunque legate all'andamento delle prove di lettura. Come dimostrato dai risultati ottenuti, i poveri lettori quando ancora erano all'ultimo anno di Scuola dell'Infanzia, mostravano lievi difficoltà a carico del processamento uditivo fonologico (discriminazione di non parole) e le successive analisi sull'insieme delle prove raccolte nella ricerca, hanno dimostrato che le abilità associative e la consapevolezza fonologica rivestono un ruolo causale nello sviluppo e nel consolidamento delle abilità di lettura, confermando i dati già presenti in letteratura al riguardo (Bradley & Bryant, 1983; Bowey, 2005). Al contrario di quanto previsto dalle teorie che riconoscono nella DE un disturbo con un singolo *core deficit* legato alla consapevolezza fonologica (Ramus, 2003; Vellutino et al., 2004; Ziegler & Goswami, 2005), i risultati della nostra ricerca confermano la necessità di inquadrare il disturbo dell'apprendimento della lettura in un'ottica multifattoriale (Brunswick et al., 2012; Menghini et al., 2010; Pernet, Andersson, Paulesu & Demonet, 2009; Siok, Spinks, Jin & Tan, 2009), dove non solo i deficit fonologici, ma anche i disturbi dell'attenzione visuo-spaziale sono causalmente implicati nello sviluppo della DE. L'utilizzo di più strumenti per la rilevazione del rischio di sviluppo della DE, basati sia sull'analisi delle competenze fonologiche che visuo-attentive, risulta quindi il metodo più efficace per l'individuazione dei bambini che necessitano di maggiori attenzioni ed eventuali trattamenti preventivi.

In un'ottica di massima fruibilità e utilità, tutti gli strumenti cartacei utilizzati nella ricerca (non coperti da *copyright* di altri sviluppatori), sono stati pubblicati online (<http://decone.psy.unipd.it>) al fine di renderne possibile l'utilizzo a chiunque volesse replicare i dati o utilizzare gli strumenti a livello clinico. La prova al computer utilizzata, sebbene non attenendovisi in modo fedele, è stata modificata e sviluppata al fine di renderla più simile ad un *serious game*, ed anche questa verrà nei prossimi mesi pubblicata online all'interno di un insieme più ampio di *serious game*, sviluppati per un intervento preventivo per bambini a rischio DE. Questo progetto verrà descritto nell'ultimo capitolo di questa tesi.

PARTE II

Incrementare le abilità di lettura dei bambini con DE potenziando le abilità attentive

Parte dei dati relativi alla seconda parte di questo capitolo sono stati accettati per la pubblicazione in:

Franceschini S., Gori S., Ruffino M., Viola S. & Facchetti A. (2013). Action Video Games Make Dyslexic Children Read Better. *Current Biology*, in press.

L'effetto dell'utilizzo di *video game* sulle abilità attentive e le relative abilità in soggetti con DE

In un qualunque momento si aprano gli occhi, salvo il caso si stia testando un *Ganzfield*, il mondo esterno invia al nostro cervello una quantità di informazioni molto più alta di quante possano essere elaborate coscientemente nello stesso momento. L'attenzione visuo-spaziale, modula quindi queste informazioni, definendo quelli che verranno considerati i dati rilevanti ed irrilevanti, per una corretta ricostruzione dell'ambiente circostante. L'attenzione visuo-spaziale agisce aumentando la salienza di determinate informazioni, incrementando le risorse di elaborazione nella regione spaziale dove si verifica o si verificherà un evento ed allo stesso tempo diminuisce le risorse deputate all'analisi di stimoli provenienti da altre aree, attraverso l'utilizzo di processi inibitori. Come per l'analisi di una qualunque parte dell'ambiente visivo, anche nell'analisi di una stringa di lettere, sarà necessario l'utilizzo delle abilità attentive, al fine di interpretarne il significato a livello simbolico (grafema) e di significato (conversione in fonema ed accesso al magazzino semantico).

Un errato posizionamento del fuoco attentivo impedisce la corretta analisi di una stringa di lettere, specie se questa va a comporre una non-parola, rispetto a quando l'insieme delle lettere forma una parola (Sieroff & Posner, 1988). Tuttavia ricordando che un bambino a causa della sua inesperienza è costretto ad analizzare ogni stringa come se fosse una non parola, un buon funzionamento dei meccanismi attentivi risulta essenziale per un corretto sviluppo del vocabolario di stringhe in memoria.

In riferimento alle possibilità di sviluppo delle abilità attentive, si esamineranno qui di seguito le evidenze riportate in letteratura, riguardo alle differenze nelle prestazioni attentive ottenute in soggetti videogiocatori e non videogiocatori in numerosi compiti e quando possibile, si esporranno anche le conoscenze relative alle performance di

soggetti con DE negli stessi compiti, o in compiti volti a testare le stesse abilità cognitive.

Negli ultimi due decenni, si sono moltiplicate le ricerche che hanno indagato gli effetti dei *video game* su molteplici funzioni cognitive. In particolar modo, numerose pubblicazioni, hanno dimostrato che proprio le abilità attentive risulterebbero quelle che maggiormente beneficiano del frequente utilizzo di questi strumenti.

Se fin dagli anni ottanta alcune ricerche segnalavano la possibilità di individuare differenze fra persone che utilizzavano *video game* e chi non ne faceva uso, in compiti di coordinazione oculo-manuale (Griffith, Voloschin, Gibb & Bailey, 1983) ed in compiti di rotazione mentale di oggetti (McClurg & Chaillé, 1987), soltanto successivamente sono state realizzate le prime ricerche che comparavano le abilità sviluppate da persone sottoposte a training che prevedevano l'utilizzo assiduo di *video game* (Greenfield, DeWinstanley, Kilpatrick & Kaie, 1994 per gli effetti sull'attenzione visiva divisa).

Alla base di molte altre pubblicazioni si trova l'articolo di Green & Bavelier (2003). In questo fu dimostrato che al contrario di quanto accade con l'utilizzo di strumenti che vadano a favorire il *perceptual learning*, utilizzato ad esempio in campo clinico per migliorare l'acuità visiva dei soggetti ed alleviarne i difetti percettivi (Sagi & Tanne, 1994; Fahle, 2004), ma le cui applicazioni sono rese difficoltose dalla scarsa generalizzazione delle funzioni acquisite, l'utilizzo di specifiche categorie di *video game*, porterebbe ad incrementi delle abilità attentive, che risulterebbero generalizzarsi anche in compiti che non ricalchino in modo diretto i *video game* impiegati.

Non sarebbe l'utilizzo di qualunque tipo di *video game* ad incrementare le abilità attentive, ma esclusivamente di una specifica tipologia di questi, gli *action video game* (AVG). Le caratteristiche che definiscono un *video game* "action", sono: una elevata velocità di gioco, un alto grado di carico percettivo, cognitivo e motorio (necessità di pianificazione di tracciare il movimento di più elementi, o di doverli mantenere in memoria, necessità di pianificare diverse strategie d'azione da mettere in pratica in modo rapido), imprevedibilità (temporale e spaziale) ed alta importanza degli avvenimenti che avvengono lontano dal centro dello schermo (Green, Li & Bavelier, 2009; Dye, Green & Bavelier, 2009a; b).

I giochi che maggiormente corrispondono a queste caratteristiche, come indicato dagli autori, sono in genere quelli nei quali il personaggio principale, osservato in prima o in terza persona, è impegnato in ambienti che richiedono di sparare ad una serie di stimoli che possono apparire in

diverse parti dello schermo e contemporaneamente prevedono di evitare ostacoli.

Anche se non tutte le pubblicazioni ne danno la stessa definizione, un individuo viene considerato un videogiocatore se negli ultimi 6 mesi ha giocato per almeno un ora al giorno per un minimo di quattro giorni alla settimana (Green & Bavelier, 2003). Tali parametri oscillano da una pubblicazione all'altra e una diversa selezione del campione, è ritenuta una possibile causa delle variazioni dei risultati ottenuti nelle performance. Per confutare l'ipotesi che gli effetti osservati nei diversi studi non derivino da una sorta di "selezione naturale" per la quale soltanto chi già possiede abilità attentive diventa un videogiocatore, Green e Bavelier (2003, 2006a; 2006b) hanno anche sviluppato training per persone che inizialmente non facevano uso di AVG, ottenendo in queste persone incrementi nelle funzioni attentive testate. Tuttavia non tutti i gruppi di ricerca confermano questo dato (Boot, Kramer, Simons, Fabiani & Gratton, 2008), ed i risultati pubblicati su Nature nel 2003 da Green e Bavelier, non sono stati completamente replicati da altri autori (Murphy & Spencer, 2009).

L'utilizzo degli AVG, porterebbe ad un incremento di numerose funzioni attentive. In primo luogo, a risultare potenziate, sarebbero le risorse attentive a disposizione del giocatore assiduo. A dimostrazione di questo, Green e Bavelier (2003) pubblicarono le differenze ottenute nel *Flanker compatibility task*, dove al soggetto è richiesto di valutare quale di due possibili forme target (ad esempio un quadrato o un rombo) fosse apparso in un insieme con numerosità variabile di figure distraenti. Gli autori dimostrarono con questo compito che le differenze nella velocità di processamento delle informazioni rimangono più a lungo stabili in chi utilizza regolarmente i *video game action* (VGP), al contrario di quanto accade a chi non utilizza *video game* (NVGP), i quali all'aumentare del carico delle informazioni da processare rallentano nei tempi di risposta. Anche in compiti quali il *multiple object tracking*, i VGP, risultano avere performance significativamente migliori dei NVGP (Green & Bavelier, 2003; 2006) sia quando si valutano le performance di soggetti adulti, che quando si valutano le performance di adolescenti (Trick, Jaspers-Fayer & Sethi, 2005). Un effetto paradossale della maggiore disponibilità di risorse attentive, viene trovato anche nel compito ANT (*attention network test*), un compito nel quale assieme alle variabili normalmente testate in un compito Posner (1980), si valuta anche l'influenza di distrattori che affiancano il target; testato in gruppi di partecipanti la cui età variava dai sette ai ventidue anni, i VGP risultavano complessivamente più accurati e

rapidi nelle risposte, subendo però in comparazione con i NVGP, un maggiore effetto dei *flanker*. I videogiocatori, avendo a disposizione una maggiore quantità di risorse attentive, processerebbero anche le informazioni aggiuntive (ed in questo caso non funzionali) portate dai distrattori, senza tuttavia subire un peggioramento nella performance globale, rispetto ai NVGP (Dye et al., 2009a). Sappiamo che le prestazioni di soggetti dislessici, nello stesso compito, risultano particolarmente compromesse. I soggetti con DE infatti non sarebbero in grado di inibire le informazioni portate dai distrattori che rendono il riconoscimento del target particolarmente difficile. Lo scarso funzionamento dell'esecutivo centrale inficerebbe le prestazioni di chi è affetto da DE al punto da renderne le performance significativamente peggiori di quelle dei soggetti di controllo (Bednarek et al., 2004).

Anche le abilità di distribuzione dell'attenzione visiva nello spazio, risultano aumentate nei VGP.

Nell'*Useful field of view task*, dove ai soggetti è chiesto di localizzare un target che può apparire a diverse eccentricità in numerose parti dello schermo, mantenendo tuttavia l'attenzione anche su di un elemento posto al centro dello schermo, ripetutamente è stato dimostrato che i VGP risultano in grado di ottenere prestazioni nel compito di localizzazione superiori rispetto ai NVGP, mantenendo inalterata l'accuratezza nel riconoscimento delle caratteristiche dello stimolo centrale (Green & Bavelier, 2003; 2006b; Feng, Spence & Pratt, 2007). Green e Bavelier (2003) dimostrano inoltre che somministrando a due gruppi di soggetti senza esperienze di utilizzo di *video game* due training che prevedevano l'utilizzo di due diversi giochi, uno con caratteristiche *action* e l'altro privo di queste, dopo dieci ore di gioco suddivise in altrettanti giorni consecutivi, si poteva osservare che coloro che erano stati trattati con un gioco *action* mostravano significativi incrementi di performance, al contrario degli altri partecipanti, che non mostravano simili incrementi.

L'*Useful field of view task* ha dato risultati simili testando partecipanti la cui età variava fra i sette ed i ventidue anni; è da notare tuttavia che gli autori, in questo caso, provando a realizzare un training utilizzando un gioco adatto all'età dei bambini, non sono riusciti ad ottenere un miglioramento significativo delle abilità visuo-attentive, proprio perché il gioco con molta probabilità non possedeva tutte le caratteristiche necessarie (Dye & Bavelier, 2010). Con lo stesso tipo di compito, sono state confrontate anche le prestazioni di soggetti di controllo, dislessici e con patologia ADHD (in questo caso nessuno era videogiatore), si è osservato che in questa tipologia di compito, i soggetti con DE mostravano

prestazioni significativamente peggiori dei controlli (Laasonen, et al., 2012). Questo dato è del resto in linea con le già note difficoltà da parte dei soggetti con DE in termini di processamento di stimoli posti a diverse eccentricità nello schermo (Facoetti, Paganoni & Iorosso, 2000), nel sopprimere le informazioni provenienti dalla periferia (Geiger et al., 1994) e nel dimensionamento del focus attentivo (Steinman, Steinman & Garzia, 1998).

Con un compito computerizzato che andava a testare in videogiocatori e non videogiocatori le stesse abilità visuo-spaziali, ma strutturalmente diverso (definito *Swimming task*), dove ai partecipanti era richiesto di individuare se fra molti nuotatori stilizzati che si muovevano (su sé stessi) su cerchi concentrici ve ne fosse qualcuno che si muoveva più rapidamente, altri autori hanno confermato, con soggetti adulti, la bontà del dato precedentemente ottenuto (West, Stevens, Pun & Pratt, 2008). Anche in un compito di ricerca visiva di lettere target fra altre lettere, nel caso di forte complessità dello scenario i giocatori di giochi *action* ottengono prestazioni migliori nei non videogiocatori (Hubert-Wallander, Green, Sugarman & Bavelier, 2011; si veda un risultato simile ma di diversa interpretazione in Castel, Pratt & Drummond, 2005). Sappiamo che in compiti simili, comparando le prestazioni di bambini affetti da DE e di controllo, le performance sono significativamente diverse fra i due gruppi (e.g., Siretenau et al., 2008).

Altri risultati sulle performance dei videogiocatori riguardano la distribuzione dell'attenzione e la capacità di discriminazione centrale ed in periferia di target mascherati lateralmente da altri oggetti. Anche in questa tipologia di compiti, i VGP risultano capaci di sfuggire dagli effetti di *crowding* più dei NVGP (Green & Bavelier, 2007). Gli effetti del *crowding* sui soggetti con DE sono ben noti e se ne conoscono anche gli effetti diretti sulla performance di lettura (Zorzi et al., 2012).

Rispetto alle caratteristiche temporali delle capacità attentive, i videogiocatori dimostrano una più alta sensibilità al contrasto, in particolar modo alle frequenze spaziali intermedie ed alte (Li, Polat, Makous & Bavelier, 2009). In questo caso però il training per ottenere simili risultati in soggetti che non erano videogiocatori raggiungeva le cinquanta ore. Ricerche sulla sensibilità al contrasto in soggetti dislessici, hanno portato a risultati divergenti (si vedano i diversi risultati in Stein & Walsh, 1997; Ben-Yehudah, Sackett, Malchi-Ginzberg & Haissar, 2001; Gross-Glenn, Skottun, Glenn et al, 1995).

Anche nei compiti dove si testa la durata temporale dell'*attentional blink*, i VGP dimostrano di avere un tempo di recupero nell'analisi delle

informazioni visive dopo la comparsa del primo target decisamente più rapido rispetto ai tempi di recupero mostrati dai soggetti di controllo (Green & Bavelier, 2003; Dye & Bavelier., 2010); anche in questo tipo di compito, un trattamento della durata di dieci ore con un gioco *action*, produce significativi incrementi di performance comparati con quelli ottenibili con un gioco non *action*; non tutte le ricerche tuttavia confermano questo dato (Boot et al., 2008).

Ulteriori ricerche, individuano differenze anche nell'effetto di mascheramento all'indietro (i.e. *Backward Masking*) in compiti di riconoscimento di stimoli *gabor* e la possibilità di incrementare queste competenze in soggetti non videogiocatori attraverso l'utilizzo di specifici training (Li, Polat, Scalzo & Bavelier, 2010). Anche nella disamina della letteratura riguardante le performance di soggetti con DE comparati a gruppi di controllo, si riscontrano difficoltà in termini di processamento temporale (oltre che spaziale) delle informazioni (Di Lollo et al., 1983; Enns & Di Lollo, 2000; Ruffino et al., 2010).

In relazione agli effetti dell'utilizzo di *video game* nel processamento di indizi esogeni, in letteratura si osserva un minore accordo. Il compito Posner (1980) e le sue varianti, probabilmente sono lo strumento migliore per testare tali competenze. Castel (Castel et al., 2005), utilizzando questo compito dimostrò che sebbene i tempi di risposta dei VGP fossero più rapidi di quelli ottenuti dai NVGP a qualunque SOA (i.e. *stimulus onset asynchrony*, variabile nell'esperimento fra 50 e 950 msec), le dinamiche di risposta agli stimoli in relazione alla validità o meno dell'indizio (valido solo nel 50% dei casi), erano le stesse. Di conseguenza, i meccanismi di risposta guidati da meccanismi di orientamento *bottom-up*, sembrerebbero funzionare nello stesso modo nei due gruppi.

Al contrario, West (West et al., 2008), utilizzando un giudizio di ordine temporale con stimoli visivi, dimostrò che i VGP mostrano una maggiore sensibilità al *cue* periferico non informativo; l'indizio risultava capace di catturare l'attenzione dei VGP in modo maggiore di quanto non avvenisse nei NVGP, sfavorendoli in questo variante del compito Posner nella valutazione relativa alla comparsa dei target nella posizione opposta al *cue*. I dati riportati da Dye (Dye et al. 2009a) utilizzando il compito ANT, sebbene siano stati in seguito rilette come a favore di una mancanza di differenze nell'utilizzo dell'indizio fra le due tipologie di soggetti (Hubert-Wallander et al., 2011), sono tuttavia poco chiari al riguardo, anche per la mancata manipolazione del tempo intercorrente fra l'indizio ed il target. Per lo stesso motivo, i risultati relativi agli effetti sui meccanismi di allerta risultanti non modificati dall'esperienza di gioco, rimangono difficili da

interpretare. Nelle persone con DE invece, si riscontrano spesso deficit legati alla velocità di orientamento automatico dell'attenzione, come indicato nella prima parte di questa tesi (si veda anche Franceschini, Gori, Ruffino, Pedrolli & Facoetti, 2012) e dalla letteratura (Facoetti et al., 2008; Facoetti, Lorusso, Cattaneo, Galli & Molteni, 2005).

Risulta chiaro dalle numerose ricerche, che specifiche tipologie di videogiochi sono capaci di modificare le prestazioni delle persone in numerose attività. Il fatto che i compiti utilizzati per testare le diverse abilità non andassero soltanto ad indagare i tempi di reazione dei videogiocatori, ma anche le abilità in termini di accuratezza, rende escludibile l'ipotesi che gli effetti osservati derivanti dall'utilizzo di videogiochi risultino esclusivamente la conseguenza di uno spostamento del rapporto fra velocità ed accuratezza nella risposta, a favore di una maggiore velocità a discapito del numero di errori (Nelson & Strachan, 2009). I miglioramenti osservati nei videogiocatori vengono riferiti a possibili modificazioni a livello sia delle aree primarie visive, ma soprattutto a carico del circuito parietale posteriore, che comprende la corteccia frontale, il lobo parietale posteriore, il nucleo laterale del pulvinar, il collicolo superiore, che vanno a formare il sistema coinvolto nel controllo e lo spostamento dell'attenzione volontaria ed involontaria (West et al., 2008). Il coinvolgimento della corteccia temporo parietale, ed anche delle aree frontali, è sottolineato da ricerche che hanno utilizzato lo studio dell'attività corticale di soggetti VGP (Krishnan, Kang, Sperling & Srinivasan, 2012).

Le migliori performance sarebbero così da attribuire ad un incremento nelle abilità di percepire il segnale in ingresso e ad una contemporanea soppressione delle informazioni distraenti (Mishra, Zinni, Bavelier & Hillyard, 2011), le due competenze, porterebbero così ad una più rapida acquisizione delle informazioni ed una conseguente più rapida risposta al segnale in arrivo. Green (Green, Li & Bavelier, 2009) ipotizza che l'utilizzo dei videogiochi permetta una migliore estrazione del segnale grazie ad una maggiore plasticità e rapidità nell'estrazione di statistiche di probabilità dall'ambiente, in relazione al compito da svolgere. Le aree sottostanti queste funzioni vengono da lui ipotizzate essere le aree intraparietali laterali, i *frontal eye field* ed i *supplementary eye field*, sebbene non escluda la possibilità di modifiche anche in aree di più basso livello, attraverso interventi rapidi di feedback.

Risulta quindi interessante mettere in relazione i risultati relativi alla letteratura appena descritta e la possibilità di incrementare le abilità visuo-attentive delle persone con DE, al fine di migliorarne le abilità di

lettura. Di fatto come dimostrato nella precedente parte di questa tesi, ed in una ampia letteratura analizzata precedentemente, è spesso possibile riscontrare deficit attentivi in individui con DE, ed anche in individui a rischio di sviluppo DE (Facoetti, Corradi, Ruffino, Gori & Zorzi, 2010); come appena esposto, con gli stessi strumenti si è osservato che i dislessici hanno prestazioni inferiori a quelle dei soggetti di controllo e si è visto che attraverso l'allenamento delle funzioni attentive con i *video game*, negli stessi compiti, persone con prestazioni nella norma potevano ottenere incrementi significativi. Pur essendo facile il nesso, non risulta tuttavia presente letteratura riguardo alla possibilità di utilizzare gli *action video game* quale possibile strumento per migliorare le abilità attentive delle persone con DE e di conseguenza le loro abilità di lettura.

Scopo della ricerca

Scopo di questa parte della ricerca era quello di valutare l'effettiva influenza dell'utilizzo dei *video game* sulle abilità attentive ed in maniera indiretta sulle abilità di lettura. Poiché l'utilizzo dei *video game* risulterebbe produrre, al contrario dei trattamenti di *perceptual learning*, una elevata generalizzabilità delle abilità attentive sviluppate, il loro utilizzo potrebbe risultare in un miglioramento delle specifiche funzioni svolte dall'attenzione in relazione alle abilità di lettura. Il possibile impiego di *video game* per aumentare le abilità attentive, risulterebbe indubbiamente funzionale per essere messo in pratica, sufficientemente modificato ed ampliato, con popolazioni di bambini ed adolescenti con DE, più difficilmente trattabili con metodologie simili al *perceptual learning* o rivolte in modo diretto all'incremento delle abilità di lettura, in quanto ripetitive, molto richieste per il bambino e quindi più facilmente soggette al *drop-out*.

Studio n.1 Comparazione delle prestazioni attentive di videogiocatori (VGP) e non videogiocatori (NVGP) adulti.

Ricorrendo ad una popolazione di individui adulti (soggetti universitari) si sono paragonate le performance in due varianti di un compito che, in popolazioni cliniche, sappiamo essere collegato alle effettive abilità di lettura: il *Visual attentional span task* (Bosse, Tainturier & Valdois, 2007; per la storia del paradigma si veda Averbach & Coriell, 1961). In questo modo si è testata la possibilità di modificare funzioni attentive che sappiamo essere direttamente in relazione con i deficit di lettura in soggetti con DE. Con la variante proposta, si valutavano in VGP e NVGP, oltre alle abilità di distribuzione dell'attenzione su più stimoli presenti

sullo schermo e quindi dell'analisi di più stimoli in parallelo (*Distributed spatial attention task*), anche le abilità di orientamento dell'attenzione su uno specifico stimolo, la cui posizione era pre-indicata da un indizio visivo (*Focused spatial attention task*).

Si testavano inoltre le differenze nell'orientamento automatico dell'attenzione.

Nei due compiti proposti si fornivano due indizi in sequenza. Il primo era di natura uditiva e non era informativo (50% predittività). Questo aveva il ruolo di spostare l'attenzione verso uno dei due lati dello schermo sul quale erano presentati gli stimoli. Il secondo era un indizio visivo informativo al 100%, indicante il target da discriminare fra gli altri stimoli. L'ipotesi principale, vista la precedente letteratura, era che soggetti che dichiaravano di avere una vasta esperienza di gioco con *video game* di tipo *action* (i.e. VGP), avrebbero dimostrato di avere capacità attentive più ampie dei NVGP nelle due versioni del compito proposto, avvalorando quindi l'ipotesi che funzioni attentive strettamente connesse con le funzioni di lettura, siano potenziabili con simili strumenti. L'analisi dell'influenza del segnale uditivo non informativo sulle performance, avrebbe permesso di valutare l'influenza di uno stimolo che in modo automatico cattura l'attenzione dei soggetti prima dello svolgimento del compito principale. Una effettiva maggiore cattura nei VGP dell'attenzione automatica da parte del segnale (West et al., 2008), avrebbe portato a prestazioni diverse in questo gruppo quando il suono non informativo ed il target si fossero presentati dallo stesso lato dello schermo, rispetto a quando il suono fosse stato presentato dal lato opposto a quello dove sarebbe stato posizionato il target. In alternativa, confermando gli studi di altri autori, il suono non avrebbe dovuto influenzare le performance dei VGP (Castel et al., 2005).

Metodo:

Partecipanti

Hanno partecipato a questo esperimento 26 soggetti, tutti maschi, il cui *range* di età variava dai 18 ai 32 anni, le cui abilità visive erano nella norma o corrette alla norma, tutti con educazione uguale o superiore al *college*. I soggetti erano reclutati tramite volantaggio all'interno dell'Università di Rochester (NY). Erano poi somministrati loro, all'interno del laboratorio, una serie di questionari. Era così valutata la loro esperienza di gioco con *video game* nell'ultimo anno e negli anni precedenti, ed era inoltre valutato il loro utilizzo dei media (*Media Use Questionnaire*, Ophir, Nass & Wagner, 2009). Con il primo questionario, si

valutava la tipologia di giochi utilizzati e la frequenza di gioco. Coloro che riportavano zero od un massimo di un'ora alla settimana di gioco ad *action video game*, erano classificati come non giocatori (NVGP n=14), erano considerati invece giocatori (VGP n=12) coloro che nella stessa tipologia di giochi riportavano un minimo di 5 ore alla settimana (in media) di gioco nell'ultimo anno. Il secondo questionario era somministrato per escludere dalla ricerca tutti coloro che risultavano essere *heavy media multitaskers* (Ophir et al., 2009), soggetti che dalla letteratura risultano essere particolarmente soggetti a forte distraibilità, le cui prestazioni attenzionali di conseguenza risulterebbero scadenti indipendentemente dalle esperienze di gioco. Tutti i partecipanti erano remunerati per la partecipazione alla sessione sperimentale.

Stimoli e Procedure

Focused spatial attention task

Stimoli

Lo stimolo uditivo iniziale era un suono (1000Hz) di 53 dB, presentato da una delle due casse ai lati dello schermo poste a 36° dal centro dello schermo.

Lo schermo utilizzato era un 18 pollici, 75Hz, risoluzione 1024*768.

Il punto di fissazione al centro dello schermo era un quadrato grigio (0,15°x0,15°; luminanza 70 cd/m²). Una stringa di sei stimoli non verbali (0,86°x1,4°) non ripetuti e controllati per simmetria (t, z, n, r, c, b, d, h), neri (luminanza 47 cd/m²), posti a sinistra ed a destra del punto di fissazione (eccentricità 2°, 4°, 6°) e mostrati simultaneamente erano i possibili target. L'effettivo target era uno dei simboli, indicato da un punto rosso (0,4°; luminanza 53 cd/m²) che appariva immediatamente sotto una delle sei possibili posizioni, prima della comparsa della stringa. Era poi utilizzata una maschera composta da 6 figure simili ad un otto digitale (0,86°x1,4°) nelle stesse posizioni dei sei stimoli non verbali. Tutti gli stimoli erano presentati su di uno schermo grigio (luminanza 88 cd/m²).

Procedura

Il compito era presentato su di uno schermo 18 pollici, ai cui lati erano presenti due casse, i soggetti sedevano davanti allo schermo, a 40 cm di distanza. Era utilizzata una mentoniera per mantenere fissa la posizione. I partecipanti erano istruiti nel tenere lo sguardo sul punto di fissazione per tutta la durata dell'esperimento. La prova poteva essere interrotta in

qualsiasi momento per eventuali pause. Ciascuna prova cominciava con la presentazione per 1500msec del punto di fissazione, dopo di che dalla cassa sinistra (50% delle prove) o dalla cassa destra ai lati dello schermo, per 40msec era presentato un suono. Il punto di fissazione permaneva per altri 40msec, compariva poi per 110msec la stringa dei sei simboli non verbali, ed alla loro scomparsa immediatamente sotto una delle sei posizioni compariva per 50msec il punto rosso indicante il target; era poi presentata una maschera nera per 30msec in coincidenza delle posizioni degli stimoli e dopo 1000msec, il soggetto era invitato ad indicare tramite l'utilizzo della tastiera numerata (i simboli erano etichettati in fase di risposta con dei numeri) il simbolo precedentemente comparso nella posizione indicata dal punto rosso; subito dopo con l'uso delle due frecce sulla tastiera, se il suono percepito fosse giunto dalla cassa destra o sinistra. Premendo nuovamente un qualsiasi tasto, il soggetto poteva passare alla prova successiva (si veda Tabella 2.1 Pannello A). Erano presentati un totale di 96 prove in questa condizione.

Distributed spatial attention task

Stimoli

Gli stimoli erano gli stessi del *Focused spatial attention task*

Procedura

La procedura era la stessa descritta per il *Focused spatial attention task*, fatta eccezione per il fatto che il punto rosso indicante il simbolo target, appariva in questo caso dopo la scomparsa della stringa di stimoli non verbali (si veda Tabella 2.1 pannello B). Erano presentati complessivamente 96 prove. Nella sessione sperimentale, le prove delle due differenti condizioni erano presentati in sequenza randomizzata.

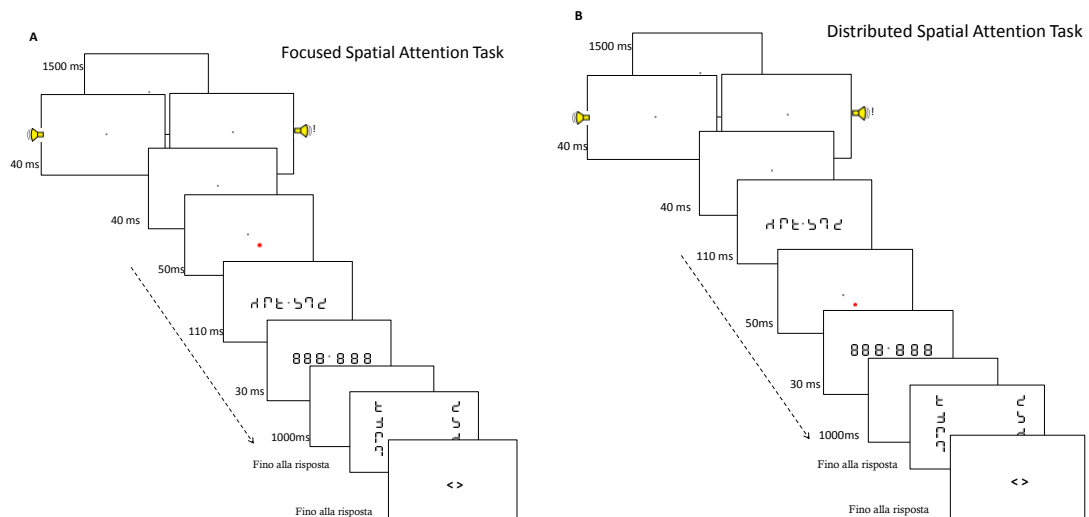


Tabella 2.1. Rappresentazione dei due compiti somministrati: pannello A *Focused spatial attention task*, pannello B *Distributed spatial attention task*

Risultati

Come precedentemente indicato, sono stati individuati 26 partecipanti all'Esperimento, suddivisi in base alle risposte sul questionario di utilizzo di *video game* in n=14 NVGP e n=12 VGP.

L'età media dei due gruppi di soggetti (NVGP=21,9 DS=3,3; VGP=21,3 DS=2,3), confrontata tramite t test, non risultava differire in modo significativo ($t_{(24)}=0,606$, $p=0,55$).

Per verificare le differenze nelle abilità attentive, è stata innanzitutto confrontata l'accuratezza nell'individuazione della direzione dalla quale era stato presentato il suono. Le performance dei due gruppi (NVGP=0,92 DS=0,07 e VGP 0,96 DS=0,03), non risultavano differire significativamente ($t_{(24)}=-1,89$, $p=,071$), indicando che entrambi i gruppi erano agganciati al compito per l'intera durata di ciascuna prova.

Sull'accuratezza delle risposte relative al target visivo, filtrate in base alla correttezza della risposta al suono iniziale, è stata eseguita una ANOVA mista, in cui i fattori entro i gruppi erano la tipologia di compito (*Focused/Distributed spatial attention*), l'eccentricità del target (1^a, 2^a e 3^a eccentricità, considerando l'ordine in base alla distanza dal punto di fissazione) e la direzione di comparsa del suono (lato coincidente con quello dal quale sarebbe apparso il target, o opposto), mentre la variabile fra i gruppi era l'esperienza di gioco (VGP e NVGP).

Dai risultati è risultato significativo l'effetto principale della tipologia di compito ($F_{(1,24)}=48,5$, $p=0,0001$, $\eta^2_p=0,67$), ad indicare una maggiore accuratezza nella condizione *Focused* (media=0,42) rispetto alla condizione *Distributed* (media=0,30). Risultava significativo l'effetto

principale relativo alla coincidenza fra lato di provenienza del suono e successivo posizionamento del target ($F_{(1,24)}=9,016$, $p=0,006$ $\eta^2_p=0,27$); nella condizione in cui suono e target comparivano dallo stesso lato dello schermo, l'accuratezza era più alta (media=0,37) di quando il suono ed il target si presentavano da lati diversi (media=0,35), indicando un effetto di orientamento cross-modale dell'attenzione. Anche l'effetto principale relativo all'eccentricità risultava significativo ($F_{(2,48)}=92,485$, $p=0,0001$ $\eta^2_p=0,79$), indice di un effetto della posizione del target sull'accuratezza di risposta (0,32, 0,17 e 0,60, medie delle accuratèzze rispettivamente alla 1^a, 2^a e 3^a eccentricità).

Avvalorando le nostre ipotesi, anche l'effetto principale del gruppo, era significativo ($F_{(1,24)}=40,426$, $p=0,002$ $\eta^2_p=0,34$), ad indicare una performance globale caratterizzata da una maggiore accuratezza nei VGP (0,43) rispetto a quella dei NVGP (0,29).

Risultava inoltre significativa l'interazione fra la tipologia di compito e l'eccentricità ($F_{(2,48)}=21,6$ $p=0,0001$ $\eta^2_p=0,47$); dalla quale si evince un diverso andamento dell'accuratezza alle tre eccentricità in relazione alla modalità focalizzato vs. distribuita dell'attenzione. Si nota comunque che indipendentemente dal compito, l'accuratezza alla seconda eccentricità permaneva pressoché stabile (*Distributed spatial attention task* accuratèzze medie alle tre eccentricità uguali rispettivamente a 0,23; 0,16; 0,52, nel *Focused spatial attention task* accuratèzze uguali a 0,42; 0,17; 0,67). Era inoltre significativa una triplice interazione fra tipologia di compito, eccentricità del target e provenienza del suono ($F_{(2,48)}=9,629$, $p=0,0001$ $\eta^2_p=0,29$), indice di un diverso effetto alle tre eccentricità della provenienza del suono nei due compiti, in base alla coincidenza di emicampo di provenienza del suono e del target visivo.

Importante per la nostra ipotesi, risultava significativa la duplice interazione tipo di compito e gruppo ($F_{(1,24)}=8,964$, $p=0,006$ $\eta^2_p=0,27$; Tabella 2.2), ad indicare un maggiore incremento di performance nel compito *Focused spatial attention* nei VGP rispetto ai NVGP (accuratèzza VGP=0,51 DS=0,08, accuratèzza NVGP=0,32 DS=0,14; confronto pianificato $t_{(24)}=-4,221$ $p=0,0001$) rispetto alle performance, nel compito *Distributed spatial attention*, dove comunque le prestazioni dei due gruppi erano significativamente diverse (accuratèzza VGP=0,35 DS=0,07, accuratèzza NVGP=0,25 DS=0,13; confronto pianificato $t_{(24)}=-2,192$ $p=0,038$).

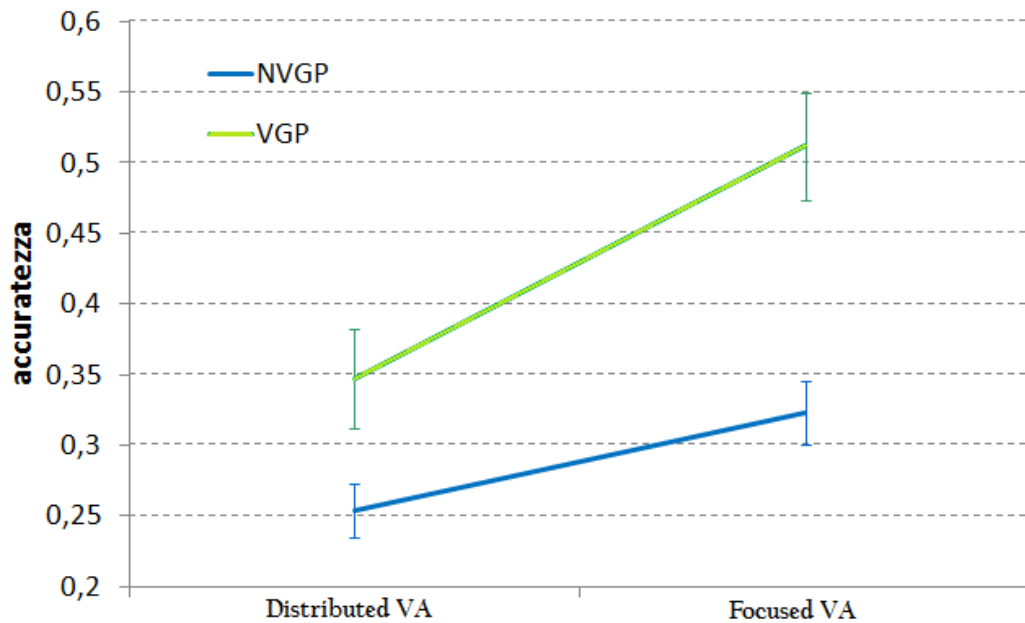


Tabella 2.2. Rappresentazione grafica dell'accuratezza dei due gruppi di videogiocatori e non videogiocatori nei due compiti *Distributed visual attention task* e *Focused visual attention task*. Le barre d'errore rappresentano l'errore standard.

Anche l'interazione gruppo per eccentricità del target risultava significativa ($F_{(2,48)} = 6,371$, $p = 0,004$ $\eta^2_p = 0,21$). Il gruppo dei VGP otteneva prestazioni sempre significativamente più alte dei NVGP (accuratezze rispettivamente per la 1^a, 2^a e 3^a eccentricità tutti i $p < 0,022$ VGP: 0,38; 0,19; 0,73; NVGP: 0,25; 0,14; 0,43) sebbene la maggiore differenza tra i due gruppi fosse proprio rilevata alla 3^a eccentricità. Anche la triplice interazione fra gruppo di appartenenza, tipo di compito ed eccentricità risultava significativa ($F_{(2,48)} = 7,49$, $p = 0,001$ $\eta^2_p = 0,24$). Attraverso una serie di confronti pianificati (si veda Tabella 2.3) si è osservato che l'accuratezza dei due gruppi nel compito atto a misurare l'attenzione distribuita, differiva significativamente alla terza eccentricità, confermando un campo visivo più ampio ed efficiente per i VGP. Inoltre, nel compito dove era possibile focalizzare l'attenzione, i VGP ottenevano prestazioni significativamente migliori dei NVGP alla prima ed alla terza eccentricità, dimostrando di possedere una aumentata capacità di rapida focalizzazione dell'attenzione sull'area di interesse.

Nella condizione di massimo *crowding*, in altre parole la seconda eccentricità, i due gruppi non risultavano differire, tuttavia, andando ad analizzare le performance dei singoli gruppi, si osservava che sia in condizione di attenzione diffusa ($t_{(11)} = 3,449$, $p = 0,005$) che focalizzata ($t_{(11)} = 2,497$, $p = 0,03$), solo le performance dei VGP erano sempre significativamente superiori al caso (i.e., livello dalla *chance* = 0,125),

dimostrando quindi che i VGP riuscivano anche in condizione di massimo *crowding* a discriminare alcuni dei simboli proposti (si veda Tabella 2.3 e 2.4). Confrontando i due gruppi alle tre eccentricità possiamo evidenziare il forte vantaggio dei VGP nell'utilizzare l'indizio spaziale nella condizione focalizzata rispetto a quella distribuita alla prima (VGP da ,23 a ,53=,30 vs. NVGP da ,22 a ,30=,8) e alla terza eccentricità (VGP da ,64 a ,83=,19 vs. NVGP da ,41 a ,51=,10), suggerendo che i VGP siano più rapidi a orientare il loro fuoco dell'attenzione sia vicino che lontano dalla fovea.

		NVGP		VGP	
		media	DS	Media	DS
<i>Distributed visual attention task</i>	eccentricità 1	,22	0,15	,23	0,10
	eccentricità 2	,13	0,07	,18	0,06
	eccentricità 3*	,41	0,25	,64	0,15
<i>Focused visual attention task</i>	eccentricità 1*	,30	0,15	,53	0,14
	eccentricità 2	,15	0,08	,20	0,10
	eccentricità 3*	,51	0,28	,83	0,10

Tabella 2.3. Risultati dei confronti pianificati relativi alle accuratze ottenute dai videogiocatori e non videogiocatori nei due diverse eccentricità. Sono segnalati in grassetto e con un asterisco i confronti la cui differenza sia risultata con un $p < 0,05$.

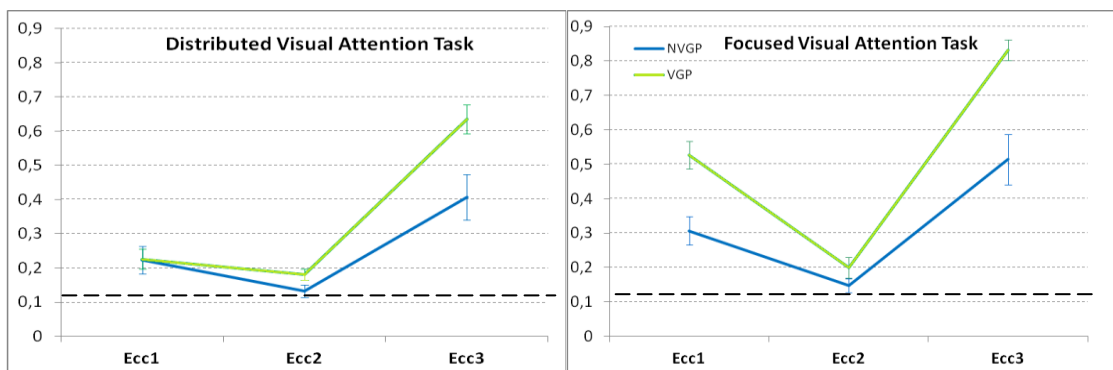


Tabella 2.4. Sono riportati i livelli di accuratezza (asse y) per le tre eccentricità (asse x) nelle due prove di attenzione distribuita e focalizzata dei gruppi di videogiocatori (VGP) e non videogiocatori (NVGP), è inoltre riportato tratteggiato il livello di accuratezza ottenibile rispondendo in modo casuale.

Discussione

Come noto in letteratura (Green & Bavelier, 2003) i giocatori di *action video game* possiedono maggiori capacità visuo-attentive. Come dimostrato in letteratura con altre tipologie di compiti, anche in questo caso l'effetto principale relativo alla variabile gruppo conferma che i VGP riescono a percepire ed elaborare in modo significativamente migliore gli elementi proposti loro sullo schermo. Il compito, basato esclusivamente su una rilevazione di accuratezza nella risposta, esclude completamente la possibilità di un comportamento guidato da una maggior propensione alla

risposta rapida a discapito dell'accuratezza come ipotizzato da Nelson (Nelson & Strachan, 2009), ed avvalorata piuttosto le teorie di Green, relative ad una maggiore capacità di estrazione ed elaborazione del segnale (Dye et al., 2009b; Green & Bavelier, 2012).

Il compito proposto ha permesso di identificare differenze fra il compito nel quale l'attenzione era distribuita sull'intera stringa e la condizione in cui il fuoco dell'attenzione poteva essere indirizzato su di uno specifico simbolo della stringa pre-individuato come target dall'apparizione dell'indizio visivo. I dati ottenuti indicano che i videogiocatori, oltre a possedere un fuoco attentivo più ampio, come rilevato nell'*Useful field of view* (Green & Bavelier, 2003) e nello *Swim task* (West et al., 2008), sono capaci di sfruttare le abilità di orientamento dell'attenzione e selezione delle informazioni in modo significativamente più accurato di quanto non riescano a fare i soggetti senza esperienza di gioco. La triplice interazione derivante dalle diverse accuratezze nei due compiti alle diverse eccentricità, dimostra che i VGP possiedono un più ampio focus attentivo rispetto ai NVGP e sono in grado di elevare le loro prestazioni all'eccentricità più esterna in caso di attenzione diffusa e di possedere un fuoco attentivo maggiormente funzionale di quello dei NVGP, capace di permettere loro di incrementare le prestazioni alla prima eccentricità e di portare quasi a soffitto le prestazioni nell'ultima eccentricità. Inoltre, anche alla seconda eccentricità, mantenuta volontariamente in fase di progettazione del test ad un alto livello di difficoltà legata ad un forte livello di *crowding*, in modo tale da avere una condizione di *baseline* per entrambi i gruppi, si è riscontrata una maggiore capacità discriminativa dei soggetti VGP, che pur ottenendo prestazioni di bassa accuratezza, hanno dimostrato di rispondere con un grado di precisione superiore a quello del caso, confermando che anche in condizione di forte mascheramento laterale, i VGP sono maggiormente capaci di sfuggire all'effetto di *crowding* (Green & Bavelier, 2007). Risulta più difficile da spiegare il basso livello di accuratezza generale nella prima eccentricità, ottenuto da entrambi i gruppi indipendentemente dalla condizione. Si può ipotizzare che per questa posizione si siano sommati gli effetti derivanti dal suono lateralizzato esterno al monitor e l'effetto di *crowding* derivante dagli stimoli vicini.

Studio n.2 *Video game* ed incremento delle abilità di lettura in soggetti con DE

Con il secondo studio, condotto presso l'IRCCS E. Medea di Bosisio Parini (LC), si è voluto testare in modo diretto l'effettiva efficacia dei *video game* nel miglioramento delle abilità attentive e di lettura di bambini con diagnosi di DE.

Seguendo le indicazioni definite da Green (Green & Bavelier, 2012) e le informazioni derivanti dalle critiche alle ricerche riguardo i possibili effetti dei videogiochi sull'attenzione (Boot, Blakely & Simons, 2011), si è strutturato un trattamento che utilizzasse due diverse tipologie di *video game*, che quindi per caratteristiche fossero simili a quelli definiti in letteratura come *action* (Green, Li & Bavelier, 2009), oppure che fossero giochi che richiedevano coordinamento motorio ma non possedessero le caratteristiche *action*. L'ipotesi alla base del training era che l'utilizzo dei *video game action* avrebbe permesso di allenare le funzioni attentive implicate nella lettura; di conseguenza, a fine trattamento, si sarebbero potuti osservare miglioramenti nelle performance attentive, ed anche di lettura. I diversi tipi di *video game*, in base alla letteratura, avrebbero dovuto portare ad incrementi di abilità di diversa dimensione. Specificatamente, i *video game* con le caratteristiche *action*, avrebbero dovuto determinare incrementi significativamente maggiori dei videogiochi privi di queste caratteristiche.

Metodo:

Partecipanti

Hanno partecipato al trattamento 20 bambini (10 maschi e 10 femmine, età media=9,8 anni, DS=1,4; range 7-13 anni) con diagnosi di DE effettuata presso l'IRCCS "E. Medea", i bambini erano selezionati da una lista di attesa per trattamento riabilitativo da effettuarsi sempre nel medesimo istituto. Tutti i bambini sono stati selezionati verificando: la presenza di un QI totale > 85 (misurato attraverso la somministrazione della scala WISC-R; Wechsler, 2006); l'assenza di deficit dell'attenzione con iperattività (ADHD); l'assenza di problemi comportamentali e/o emozionali gravi; le possibilità di accesso ad una istruzione normale; la presenza di una acuità visiva nella norma o corretta alla norma. Per la partecipazione dei bambini alla ricerca è stato ottenuto il consenso da parte di entrambi i genitori. Quest'ultimi hanno inoltre compilato un breve questionario circa le abitudini di utilizzo di *video game* da parte del proprio figlio, al fine di evitare la partecipazione al trattamento di videogiocatori già esperti.

I bambini così individuati sono stati suddivisi in due distinti gruppi, bilanciati per abilità di lettura dimostrate nelle performance nelle liste di parole e non parole (Sartori et al., 1995; si veda Tabella 2.6). Un gruppo avrebbe utilizzato *video game action* (AVG) durante il trattamento, gli altri avrebbero utilizzato altre tipologie di *video game* (NAVG).

	NAVG	AVG	$t_{(18)} p$ value
Età (mesi)	114,72(17,15)	121,43(17,35)	.40
QI	98,4(9,94)	100,6(10,23)	.63
Lettura liste di parole	-2,87(1,46)	-3,3(2,85)	.67
Lettura liste di non-parole	-2,48(1,51)	-2,05(1,31)	.50
Abilità di fusione fonemica (numero di fonemi corretti)	30,9(16,1)	32,6(15,52)	.80

Tabella 2.6. Media (e DS) dei gruppi partecipanti ai due diversi tipi di training. Sono riportati, l'età in mesi, il QI complessivo, le abilità di lettura di liste di parole (media dei punteggi standardizzati per età della velocità e dell'accuratezza), le abilità di lettura di liste di non-parole (media dei punteggi standardizzati per età della velocità e dell'accuratezza) e abilità di fusione fonemica (numero di fonemi correttamente riportati in una prova sperimentale).

Apparati, Stimoli e Procedura del trattamento

I partecipanti ai trattamenti sono stati testati la prima volta da 3 a 5 giorni prima dell'inizio del trattamento e ritestati da 1 a 3 giorni dopo la fine del trattamento. Gli stimoli per i test erano presentati su uno schermo LCD di 15.4 pollici, posto a 40 cm dal partecipante. I *video game* erano giocati sedendo a circa 200 cm da un televisore 27 pollici.

Training

I trattamenti, prevedevano entrambi una durata complessiva di 12 ore, suddivise in 9 incontri, della durata di 80 minuti circa ciascuno, distribuiti su un periodo di due settimane. Ad entrambi i gruppi è stato proposto il gioco "*Rayman Raving Rabbids*", *video game* sviluppato e commercializzato da Ubisoft™, utilizzato su console Nintendo Wii™. Il gioco utilizzato, è stato selezionato, oltre che per le caratteristiche dei *mini game* contenuti, in quanto valutato dalla PEGI (Pan European Game Information) adatto, per i contenuti, a giocatori dai sette anni in su. Tale gioco risulta composto da una serie di sotto parti (*mini game*), ciascuna valutata prima della ricerca per definire la presenza o meno delle caratteristiche riferibili a giochi *action* e non *action* (Dye et al., 2009a, 2009b).

Sono stati quindi creati due trattamenti, definiti *Action Video Game Training* e *Non-Action Video Game Training*, composti da diversi *mini game* appartenenti allo stesso gioco, al fine di escludere possibili effetti derivanti dall'utilizzo di giochi di diversa natura, o al training di funzioni completamente diverse (Boot et al., 2011). I giochi sono stati valutati per le loro caratteristiche (Green, Li & Bavelier, 2009).

Si riportano di seguito i titoli dei giochi che sono andati a comporre i due trattamenti, selezionati per maggioranza da un gruppo di 5 giudici in base alle caratteristiche, conformi o meno alla definizione di *video game action* (Dye et al., 2009a, 2009b). I *mini game action* dovevano riportare tutte le caratteristiche ad essi relative, ed i *mini game* maggiormente corrispondenti per caratteristiche, a quelli già utilizzati in letteratura sono stati proposti con maggiore frequenza (sezione "*Bunny Hunt*"). I *mini game non action* dovevano possedere al massimo una di queste caratteristiche. Sono stati quindi selezionati i seguenti titoli:

Action Video Game Training

Questo trattamento utilizzava le sezioni "*Bunny Hunt*" e "*Shake your Booty*". Dalla sezione "*Sport-Workout*", furono utilizzati i *mini game* "*Bunnies are Addicted to Carrot Juice*," "*Bunnies Can't Shear Sheep*," "*Bunnies Rarely Leave Their Burrows*" (1,2) e "*Bunnies are Bad at Peek-a-Boo*". Dalla sezione "*Sport-Precision*" furono selezionati "*Bunnies are A-mazing*," "*Bunnies Have a Great Ear for Music*," "*Bunnies Don't Use Toothpaste*" (1,2) e "*Bunnies Like to Stuff Themselves*" (1,2). Dalla sezione "*Sport-Skill*" si utilizzarono "*Bunnies are Slow to React*" (1,2,3), "*Bunnies Don't Like Being Shot At*," "*Bunnies Never Close Doors*" (1,2) e "*Bunnies Can't Jump*."

Non-action Video Game Training

Questo trattamento era composto dai seguenti *mini game*: dalla sezione "*Sport-Workout*" furono utilizzati "*Bunnies Don't Give Gifts*," "*Bunnies Like Surprises*," "*Bunnies Can't Fly*" (1,2), "*Bunnies Have Natural Rhythm*" (1,2), "*Bunnies Don't Milk Cows*" (1,2) e "*Bunnies Can't Play Soccer*". Dalla sezione "*Sport-Precision*" selezionammo "*Bunnies are Heartless with Pigs*" (1,2) e "*Bunnies Can't Slide*" (1,2). Dalla sezione "*Sport-Skill*" selezionammo "*Bunnies are Not Ostriches*," "*Bunnies Don't Understand Bowling*," "*Bunnies Have a Poor Grasp of Anatomy*," e "*Bunnies Don't Know What to Do with Cows*."

Stimoli e procedure delle prove sperimentali

Prove attenzionali al pc

Focused Spatial Attention Task

Stimoli

Il punto di fissazione era un quadrato verde (0,3°x0,3°). Una stringa di sei simboli non verbali (1,1°x1,8°) di colore nero, non ripetuti e controllati

per simmetria (t, z, n, r, c, b, d, h), tre in ciascuna metà dello schermo (eccentricità 1,1°; 3,6° e 6,1°) erano mostrati contemporaneamente. Il target era il simbolo non verbale indicato da un punto rosso (0,3° diametro) che appariva prima della stringa. Successivamente appariva una maschera (sei figure rappresentanti una stringa di 8 digitali rossi, 1,1x1,8°). Tutti gli stimoli erano presentati su uno sfondo bianco ed avevano una luminanza di 24 cd/m².

Procedura

I partecipanti erano istruiti sul tenere gli occhi sul punto di fissazione centrale per tutta la durata di ciascuna prova. I movimenti oculari erano monitorati attraverso l'uso di una telecamera. Ciascuna prova iniziava con la comparsa del punto di fissazione, dopo 1000msec compariva per 34msec un punto rosso immediatamente sotto il punto in cui sarebbe apparso il target. Compariva quindi la stringa di simboli (150msec) e dopo una pausa di 100msec dalla sua scomparsa, appariva una maschera composta da una serie di figura rappresentati una stringa di 8 digitali per 50msec. Dopo una ulteriore pausa di 1000msec, il partecipante era invitato ad indicare quale era lo stimolo target (si veda Tabella 2.7 pannello a) La risposta era registrata sul pc dallo sperimentatore. Non era dato alcun feedback. La procedura comprendeva 48 prove.

Distributed Spatial Attention Task

Stimoli

Gli stimoli erano gli stessi impiegati nel Focused spatial attention task

Procedura

La procedura era la stessa descritta nel *Focused spatial attention task*, eccezion fatta per la comparsa del punto rosso, che in questo caso appariva subito dopo la scomparsa della stringa di simboli non verbali (si veda Tabella 2.7 pannello b). La procedura comprendeva 48 prove.

Nella sessione sperimentale, le prove delle due differenti condizioni erano presentati in sequenza randomizzata.

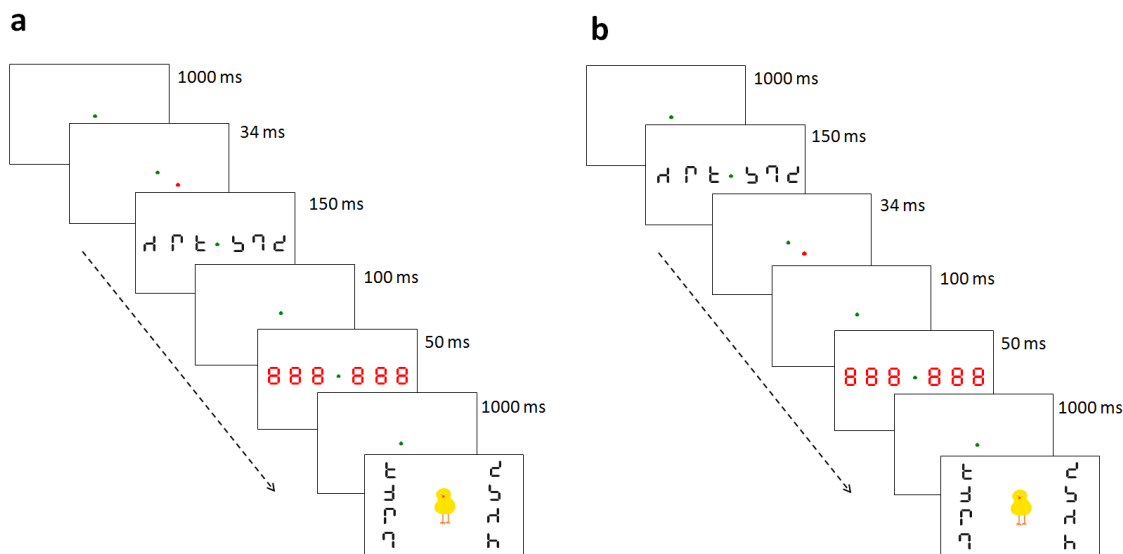


Tabella 2.7. Rappresentazione dei due compiti *Focused spatial attention* (Pannello a) e del *Distributed spatial attention* (Pannello b).

Cross-modal temporal attention task

Stimoli

Due cerchi ($5,7^\circ$) erano mostrati rispettivamente alla sinistra ed alla destra ($16,4^\circ$ di eccentricità entrambi) del punto di fissazione, che rappresentava un osso stilizzato ($2,9^\circ \times 2,1^\circ$). L'indizio spaziale uditivo era un tono puro di 1000 Hz presentato dalla cassa sinistra, destra o entrambe, posizionate a 4,5 cm dal punto di comparsa dei due cerchi. Il target era un cane stilizzato ($4,3^\circ \times 3,6^\circ$) che poteva apparire all'interno di uno dei due cerchi. Tutti gli stimoli erano neri presentati su di uno schermo bianco, con una luminanza di 24 cd/m^2 .

Procedura

I partecipanti erano istruiti sulla necessità di mantenere lo sguardo sul punto di fissazione per la durata di ciascuna prova. I movimenti oculari erano monitorati attraverso l'uso di una telecamera. Ciascuna prova cominciava con la comparsa del punto di fissazione e dei due cerchi laterali. L'indizio uditivo era presentato (durata 40 msec) dopo 500msec da una delle due casse o da entrambe. L'indizio era seguito dalla comparsa del target (durata 100 msec) dopo un intervallo indizio-target (SOA) variabile di 50 o 100 msec. Nelle prove che prevedevano la risposta da parte del soggetto, la probabilità che il target apparisse nel cerchio dallo stesso lato dello schermo dal quale era giunto l'indizio era del 50%

(l'indizio era quindi non informativo). Nella condizione di indizio neutro, il target era presentato il 50% delle volte nel lato destro ed il 50% delle volte nel sinistro. Nelle prove definite *catch trial*, presentate fra gli le altre prove in ordine randomizzato, all'indizio non seguiva la presentazione del target ed il partecipante non doveva quindi rispondere. Il partecipante era invitato a rispondere il più velocemente possibile alla comparsa del target visivo premendo uno di due tasti (C ed M) della tastiera, rispettivamente per la comparsa a sinistra o a destra del target. Erano registrati i tempi di risposta (massimo 1500 msec) e l'accuratezza. Lo sperimentatore controllava l'intervallo fra le prove. Erano presentati un totale di 56 prove (8 validi, 8 invalidi, 8 neutri e 4 prove senza target per ciascun intervallo indizio-target; si veda Tabella 2.8).

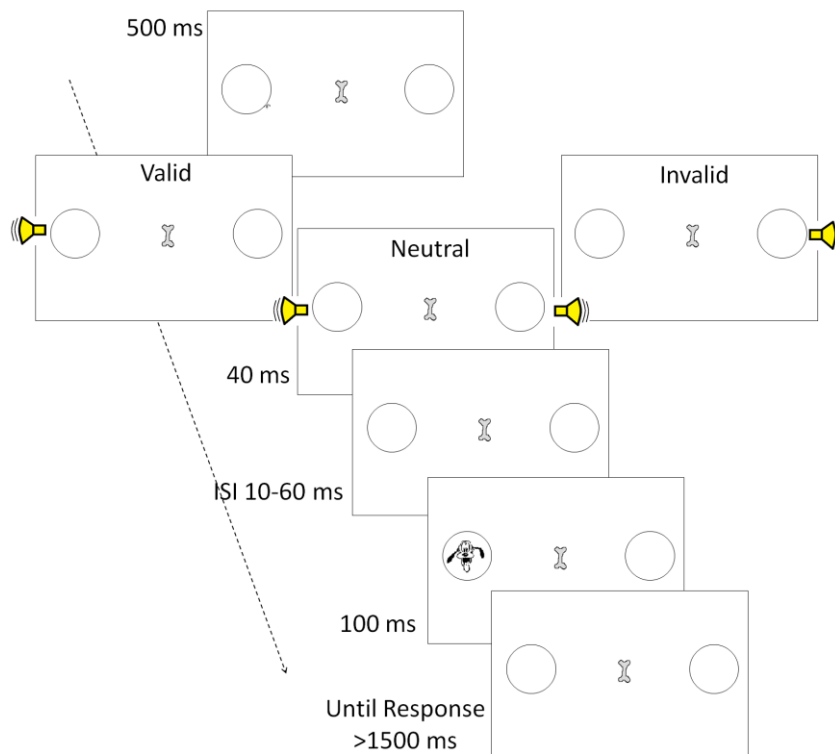


Tabella 2.8. Rappresentazione del compito Posner cross modale

Compiti fonologici

Fusione fonemica

Il compito di fusione fonemica misurava l'abilità del partecipante di fondere assieme una serie di fonemi pronunciati con ritmo regolare (ad intervalli di circa 1 sec) dallo sperimentatore e formanti una non-parola (10 non-parole per un totale di 76 fonemi; e.g., "N" + "O" + "S" + "I" + "T" + "R" + "A" = "nositra"). Si registrava l'accuratezza nella ripetizione di ciascun fonema.

Compiti di lettura per la valutazione iniziale

Letture di parole

Tale competenza è stata testata utilizzando una prova standardizzata composta da 112 parole suddivise in 4 liste (Sartori et al., 1995), valutando tempi ed accuratezza.

Letture di non-parole

Tale competenza è stata testata utilizzando una prova standardizzata composta da 48 non-parole suddivise in 3 liste (Sartori et al., 1995), valutando tempi ed accuratezza.

Compiti di lettura per la valutazione pre e post training

Letture di non-parole

L'abilità di decodifica fonologica è stata misurata attraverso la somministrazione di (I) 3 liste standardizzate di 48 non parole (Sartori et al., 1995), (II) 2 liste sperimentali di 15 non-parole controbilanciate nell'utilizzo in T1 (pre-) e T2 (post-trattamento) e (III) 2 test sperimentali di 46 non-parole, controbilanciati nel loro utilizzo in T1 e T2. I risultati ottenuti nelle prove di lettura ai due diversi tempi sono stati analizzati, procedendo per ciascuna al calcolo dell'indice di inefficienza (tempo di esecuzione in secondi/accuratezza).

Letture di un testo di parole

Al fine di misurare le abilità di lettura (fluenza ed accuratezza) in un contesto ecologico, è stata somministrata ai partecipanti una prova di lettura di un brano standardizzato per la classe frequentata, tratto da specifici test clinici (Cornoldi & Colpo, 1998).

Risultati

Nella valutazione di ciascuna prova di lettura è stato utilizzato il rapporto fra la velocità di esecuzione delle prove (in secondi) e l'accuratezza (percentuale di item corretti) al fine di ottenere un indice di inefficienza che valutasse contemporaneamente per entrambe le variabili le modifiche nelle performance (si veda Tabella 2.10). È stata condotta una ANOVA mista 2 (Compito: decodifica di non-parole e lettura del brano) * 2 (Tempo di rilevazione: T1 e T2) * 2 (Gruppo di appartenenza: AVG e NAVG; variabile fra i gruppi). La media fra gli indici di inefficienza delle tre prove di lettura di non parole e l'indice di inefficienza nella prova di lettura del brano è stato considerato quale indice delle abilità di lettura globali.

Si è ottenuto un effetto significativo del Tempo ($F_{(1,18)}=5,50$, $p=0,03$, $\eta^2_p=0,23$), indice di un generale miglioramento nelle abilità di lettura nei due gruppi, un effetto principale del Tipo di prova ($F_{(1,18)}=19,14$, $p<0,01$, $\eta^2_p=0,51$) ed una interazione significativa fra il Tempo ed il Tipo di prova ($F_{(1,18)}=5,02$, $p=0,04$, $\eta^2_p=0,22$), indice di una diversa variazione globale dell'efficienza nello svolgimento delle prove nel tempo. Fondamentale per la nostra ipotesi l'interazione Tempo per Gruppo ($F_{(1,18)}=6,40$, $p=0,02$, $\eta^2_p=0,26$); le abilità di lettura aumentavano significativamente nel gruppo AVG (media=39,33), rispetto al gruppo NAVG (media=-1,5). Questo si otteneva sia analizzando le variazioni ottenute complessivamente dai due gruppi (t test una coda $t_{(18)}=-2,53$, $p=0,01$; si veda Tabella 2.9 Pannello A), nelle liste di non-parole (t test una coda $t_{(18)}=-3,30$, $p<0,01$; si veda Tabella 2.9 Pannello B) o solo nel testo (t test una coda $t_{(18)}=-1,98$, $p=0,03$; Vedi Tabella 2.9 Pannello C),

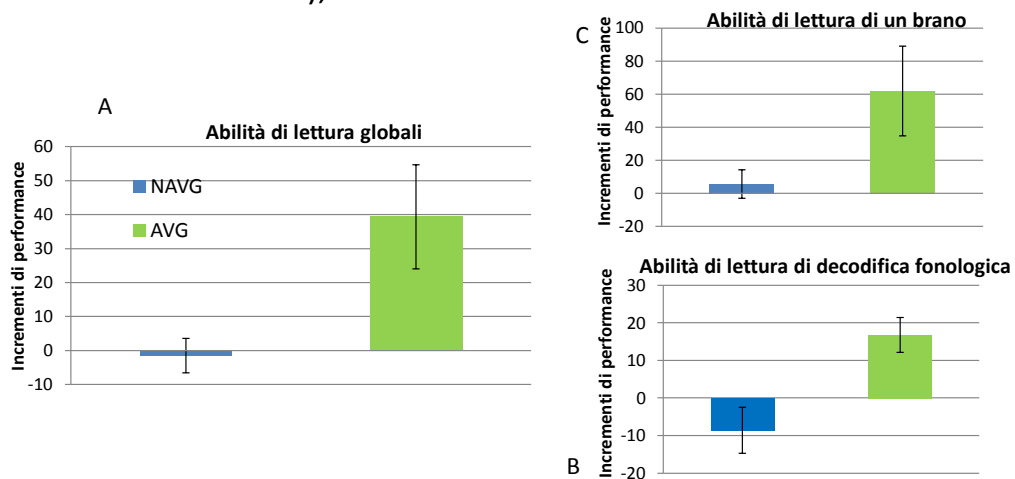


Tabella 2.9. Miglioramenti nell'indice di inefficienza ottenuti dai due gruppi sottoposti a training. Pannello A: incrementi nell'efficienza di lettura globale, valutata analizzando assieme le performance nelle prove di lettura di non-parole e del testo. Pannello B: differenza nelle performance nelle prove di lettura di non parole, Pannello C: guadagno in efficienza nelle performance di lettura del testo.

Al fine di stabilire a livello individuale l'effettiva stabilità del dato, si è eseguita una analisi del guadagno globale nelle abilità di lettura (la media dei guadagni nell'efficienza nelle prove di non parole e di lettura brano mostrata nella Tabella 2.9 Pannello A). Otto dei dieci bambini con dislessia del gruppo AVG ottenevano un guadagno significativamente più alto del guadagno ottenuto dal gruppo dei NAVG.

Si è inoltre eseguita una analisi in termini di guadagni in sillabe al secondo per stabilire le effettive variazioni nelle abilità di lettura a livello clinico. Si è così osservato che la media delle prestazioni del gruppo AVG (media=0,18 sill/sec DS=0,08) era significativamente più alta della media ottenuta dal gruppo NAVG (media=0,05 sill/sec DS=0,12; $t_{(18)}=2,79$,

$p=0,012$). Il guadagno osservato nel gruppo AVG utilizzando questo indice, risultava superiore a quello atteso in un anno di sviluppo spontaneo per un dislessico (0,15 sill/sec; Tressoldi, Stella & Faggella, 2001).

Procedendo nello stesso modo per l'analisi dei miglioramenti nella rapidità di lettura del brano, si osserva che l'incremento del gruppo AVG (media=0,39 sill/sec DS=0,32) era significativamente più alto di quello ottenuto dal gruppo NAVG (media=0,08 sill/sec DS=0,21, $t_{(18)}=2,52$, $p=0,02$). Inoltre il guadagno osservato nel gruppo AVG utilizzando questo indice, risultava ancora una volta superiore a quello atteso in un anno di sviluppo spontaneo per un dislessico (0,3 sill/sec).

Dopo circa due mesi dal T2, parte dei bambini, non sottoposti a successivo trattamento riabilitativo e facenti parte del gruppo AVG (n=6) si resero disponibili per un follow-up nel quale si verificarono le variazioni nella decodifica fonologica. Tali variazioni, analizzate tramite t-test, non si rivelarono significative ($t_{(18)}=2,13$, $p=0,09$), indicando una sostanziale stabilità delle variazioni ottenute nelle abilità di lettura ottenute in T2.

I risultati ottenuti, valutati analizzando assieme il *trade-off* fra velocità ed accuratezza, indicano che i miglioramenti ottenuti dal gruppo AVG non sono dipendenti da un comportamento volto ad aumentare soltanto la velocità, ma che i miglioramenti sono indice di un incremento delle performance relativo ad entrambe le variabili.

	Action Video Gamers (N=10)		$t_{(9)}p$	AVG (N=6)	Non-Action Video Gamers (N=10)		$t_{(9)}p$
	T1	T2			T3	T1	
Liste di non parole (prova cliniche)	170.8 (±67.1)	146.9 (±49.5)	.03	123.4 (±60.1)	247.9 (±173)	257.7 (±213.4)	.53
Liste di non parole (sperimentale)	57.1 (±20)	47.5 (±14.3)	.04	44.2 (±14.2)	70.7 (±33.8)	81.3 (±34.4)	.41
Brano di non parole (sperimentale)	109.4 (±36.8)	92.6 (±23.1)	.03	75.8 (±28.8)	156 (±74.6)	161.5 (±88.6)	.48
Brano di parole	259.5 (±173.5)	197.6 (±97.7)	.04	//	235.1 (±93.2)	229.4 (±110.2)	.53

Tabella 2.10. Per ciascun test di lettura somministrato, viene riportata in termini di indici di inefficienze (velocità/accuratezza) la performance media (e DS) di ciascun gruppo in ciascun momento (T1, T2, T3) di valutazione. Maggiore è il valore dell'indice, maggiori sono le difficoltà rilevate.

Si sono successivamente analizzate le performance, in termini di accuratezza, nei compiti attentivi *Focused spatial attention* e *Distributed spatial attention*.

Sono state condotte due ANOVA miste 2 (Tempo di rilevazione: T1 e T2) * 2 (Gruppo: AVG e NAVG), rispettivamente per la condizione in cui l'attenzione era focalizzata da un indizio su uno specifico elemento della stringa prima della comparsa dei simboli (condizione Focalizzata) e per quando l'attenzione era mantenuta distribuita su tutti gli elementi ed il puntino rosso compariva a seguito della scomparsa della stringa (condizione Distribuita).

Nella condizione di attenzione focalizzata si riscontrava l'effetto principale della variabile Tempo ($F_{(1,18)}=25,56$, $p<,01$, $\eta^2_p=,59$) e dell'interazione tempo per gruppo ($F_{(1,18)}=6,32$, $p=,02$, $\eta^2_p=,26$): il gruppo che aveva utilizzato giochi *action* incrementava significativamente le performance ($t_{(1,18)}=-5,69$, $p<0,01$), mentre il gruppo che aveva utilizzato giochi non *action* non mostrava incrementi significativi ($t_{(1,18)}=-1,70$ $p=0,12$; si veda Tabella 2.11 Pannello A, C e Tabella 2.13).

I dati relativi all'ANOVA mista riguardanti le prestazioni nel *Distributed spatial attention task*, ancora una volta indicavano la presenza di un effetto principale della variabile Tempo ($F_{(1,18)}=8,12$, $p=,01$, $\eta^2_p=,31$) e dell'interazione tempo per gruppo ($F_{(1,18)}=5,12$, $p=,03$, $\eta^2_p=,22$). Anche in questo caso gli AVG mostravano una differenza significativa fra le performance in T1 e in T2 ($t_{(1,18)}=-3,44$ $p<0,01$), mentre i NAVG non mostravano modifiche significative nell'accuratezza ($t_{(1,18)}=-,44$, $p=0,67$; si veda Tabella 2.11 Pannello B e D e Tabella 2.13).

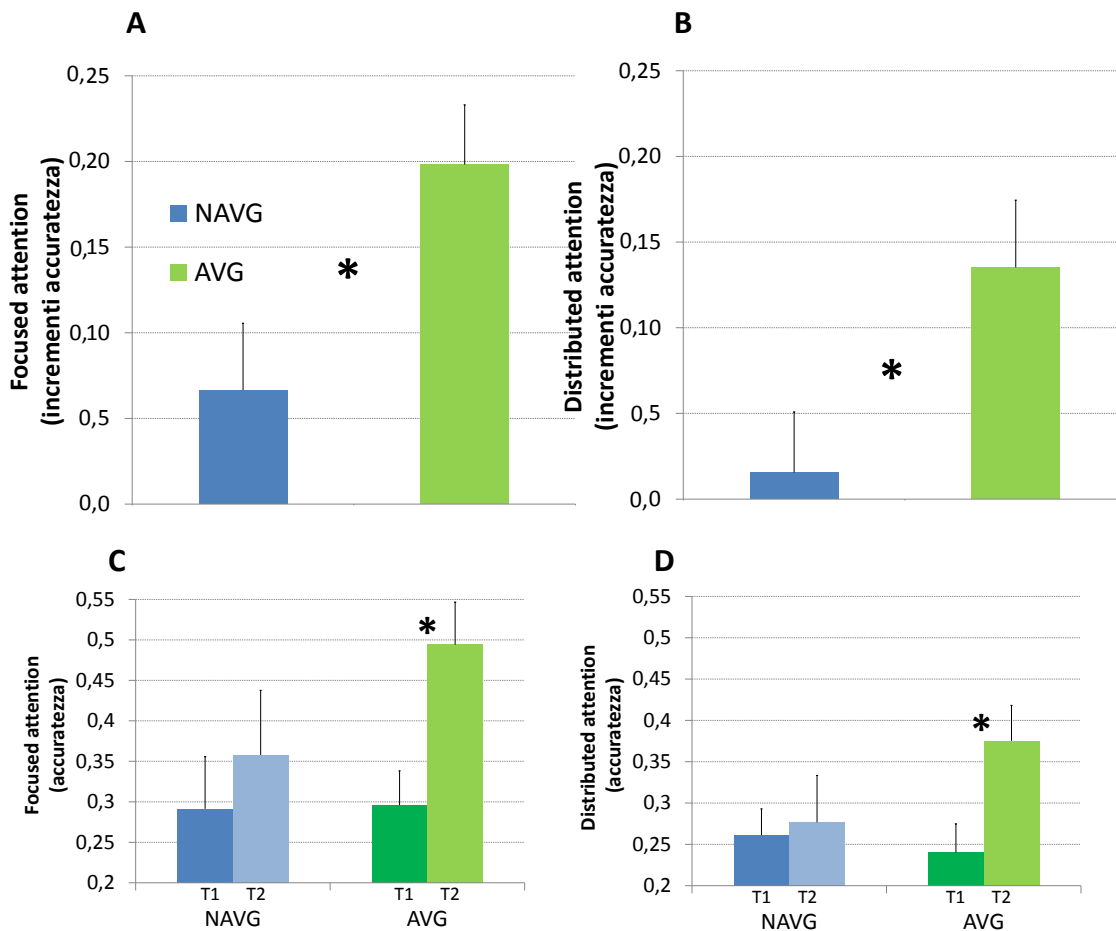


Tabella 2.11. Si riportano gli incrementi ottenuti dai due gruppi NAVG e AVG nei compiti di attenzione focalizzata e distribuita (rispettivamente pannelli A e B) e le prestazioni in accuratezza ottenute da entrambi i gruppi sia in T1 che in T2 nel *Focused spatial attention* (Pannello C) e del *Distributed spatial attention* (Pannello D). L'asterisco indica le differenze significative. Le barre d'errore rappresentano l'errore standard.

Per analizzare le prestazioni dei due gruppi nel compito *Cross-modal temporal attention*, è stata condotta una ANOVA mista nella quale si sono valutate le riduzioni dei tempi di reazione necessari per localizzare il target visivo nelle due posizioni (destra e sinistra), confrontando i guadagni dei soggetti in termini di tempi di risposta al SOA più lungo (100msec) rispetto al SOA più breve (50msec), in ciascuno dei due momenti di verifica (T1 e T2) di somministrazione. Si è così ottenuta un disegno 3 (Indizio: valido, neutro e invalido) * 2 (Tempo: T1 e T2) * 2 (Gruppo: AVG e NAVG). Da questa analisi risulta significativa l'interazione Tempo per Gruppo ($F_{(1,18)}=4,32$, $p=0,05$ $\eta^2_p=0,19$), il gruppo VGP mostra un incremento significativamente diverso da quello del gruppo NVG (t test una coda $t_{(18)}=2,08$, $p<0,05$), dimostrando di aver acquisito una maggior facilitazione di risposta al secondo SOA. La diminuzione dei tempi di risposta è infatti significativa nel gruppo AVG (t test una coda $t_{(18)}=1,9$, $p=0,04$), mentre non

lo è nel gruppo NAVG ($t_{(18)} = -0,93, p = 0,38$) (si veda Tabella 2.12 Pannello A, B e Tabella 2.13), legata probabilmente ad un incremento delle abilità di allerta.

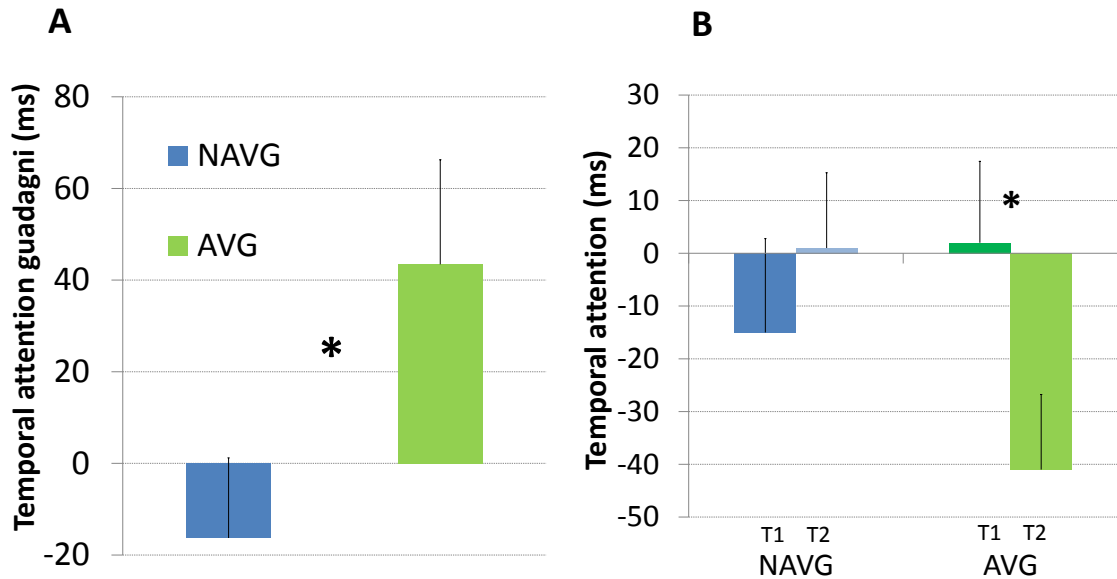


Tabella 2.12. Posner cross modale, guadagni complessivi (Pannello A) nella risposta al secondo SOA da parte di ciascuno dei due gruppi trattati con *video game non action* (NAVG) e *video game action* (AVG) e differenze nei tempi di risposta ai due SOA in T1 ed in T2 da parte di ciascuno dei due gruppi (Pannello B). Le barre d'errore rappresentano l'errore standard.

I dati relativi all'accuratezza nel compito Posner sono stati analizzati attraverso una ANOVA mista 2 (Tempo: T1 e T2) * 2 (intervallo cue-target 50 e 100 msec) * 3 (tipo di cue: valido, Neutro e Invalido), senza ottenere effetti significativi (si riportano in Tabella 2.13 i dati relativi all'accuratezza). Anche i dati relativi ai *catch trial* sono stati analizzati attraverso una ANOVA mista 2 (Tempo: T1 e T2) * 2 (Intervallo cue-target 50 e 100 msec) * 2 (Gruppo: AVG e NAVG), e non si sono individuati effetti significativi.

		Action Video Gamers		Non-Action Video Gamers	
		T1	T2	T1	T2
Distributed and Focused Spatial Attention tasks	Distributed spatial Attention Task (accuratezza)	,24 (\pm ,11)	,38 (\pm ,14)	,26 (\pm ,10)	,28 (\pm ,18)
	Focused spatial Attention Task (accuratezza)	,29 (\pm ,13)	,49 (\pm ,17)	,29 (\pm ,20)	,36 (\pm ,25)
Cross-modal temporal attention task	Primo SOA (msec)	375 (90)	361 (100)	435 (141)	401 (82)
	Secondo SOA (msec)	377 (107)	320 (74)	420 (162)	402 (100)
	Primo SOA accuratezza	,98 (,03)	,98 (,03)	,96 (,05)	,96 (,05)
	Secondo SOA accuratezza	,96 (,04)	,95 (,04)	,97 (,03)	,98 (,05)

Tabella 2.13. Dati relativi alle Prestazioni nei compiti attenzionali: nella parte superior sono riportati media (e DS) in accuratezza dei due campioni di partecipanti nei compiti *Distributed* e *Focused Spatial Attention* tasks in T1 e T2. Nella parte bassa si riportano le performance dei tempi di reazione e delle accuratezze al primo (50msec) ed al secondo (100msec) intervallo cue-target al tempo T1 e T2.

Si sono poi confrontati i guadagni ottenuti nel compito di fusione sillabica tramite una ANOVA mista 2 (Tempo: T1 e T2) *2 (Gruppo: NAVG e AVG). In tale analisi non si sono osservate variazioni significative fra i due gruppi e neppure all'interno di ciascun gruppo (tutti i $p > 0,45$).

Si è di seguito indagato se vi fosse relazione fra diverse variazioni nelle prestazioni attentive e di lettura ottenute dall'intero campione indagato. Sia gli incrementi nelle prestazioni nei compiti di attenzione spaziale (*Focused e Distributed spatial attention*) che nel compito temporale (*Cross-modal temporal attention*) risultavano essere correlati con l'incremento globale ottenuto nella lettura (rispettivamente $r = ,52$, $p < 0,01$ e $r = ,49$, $p = 0,03$). Al fine di determinare la possibile relazione predittiva fra i miglioramenti attentivi e nelle abilità di lettura, si è proceduto con una regressione multipla per blocchi ad entrata fissa, nella quale la variabile dipendente era l'incremento globale nelle performance di lettura, ed i predittori nei tre diversi blocchi erano: (I) età e punteggio totale del QI (II) variazioni nel compito di fusione sillabica e (III) variazioni nelle prestazioni dei compiti attenzionali (media degli incrementi in accuratezza nei compiti *Distributed e Focused spatial attention* e i miglioramenti nei tempi di risposta al secondo SOA nel *Cross modal temporal attention task*). Solo le

variazioni nelle performance attentive erano in grado di spiegare una quota significativa della varianza (variazione $R^2=0,48$ $p=0,03$; (si veda Tabella 2.14), dimostrando la presenza di un legame causale fra le variazioni nelle abilità attentive ed i miglioramenti nelle abilità di lettura conseguenti ai video games.

	Variazioni nelle abilità di lettura globali	
	R^2	p
1 Età e QI	0,03	0,80
2 Variazioni compito fusione fonemica	0,01	0,75
3 Variazioni nei compiti attentivi	0,48	0,03

Tabella 2.14. Regressione ad entrata multipla: la variabile dipendente era costituita dalla media delle performance nelle prove di lettura (i.e., decodifica fonologica e lettura del brano). Nel primo blocco era valutata l'influenza dell'età e del QI; nel secondo blocco si valutava l'influenza delle variazioni nelle competenze fonologiche, nel terzo blocco l'influenza degli incrementi nelle performance nei tre compiti relativi alle abilità attentive. Le variazioni significative sono riportate in grassetto.

Al fine di analizzare l'impegno nel trattamento, dal secondo giorno di trattamento (il primo era utilizzato come training), si è preso nota dei punteggi ottenuti in uno specifico *mini game*, appositamente somministrato ogni giorno. “*Bunnies Don't Like Being Disturbed on Holiday*” era il gioco utilizzato nel gruppo AVG e “*Bunnies Don't Understand Bowling*” era utilizzato per i giocatori del gruppo NAVG. I punteggi (trasformati in z-score) sono stati analizzati attraverso una ANOVA mista 8 (Tempo: punteggi durante i giorni di training) * 2 (Gruppi: AVG e NAVG). Si è ottenuto un effetto principale del Tempo ($F_{(7,126)}=3,51$, $p<0,01$, $\eta^2_p=0,16$). L'interazione tempo per gruppo non era significativa, ad indicare un simile incremento dei punteggi nel gioco durante il trattamento. I confronti pianificati mostrarono infatti un significativo incremento dei punteggi (giorno 2 confrontato con giorno 9) sia per il gruppo AVG (dal giorno due media=-2,08 DS=2,07 al giorno nove media=+1,32 DS=1,51; $t_{(9)}=5,55$, $p<0,01$) che per il gruppo NAVG (dal giorno due media=-1,1 DS=2,39 al giorno nove media =+1,95 DS=2,88; $t_{(9)}=2,93$, $p=0,02$).

Discussione

Come dimostrato nella prima parte di questa tesi e come indicato da precedenti ricerche in letteratura (Vidyasagar & Pammer, 2010; Stein & Walsh, 1997; Laasonen et al., 2012) le funzioni attentive svolgono un ruolo importante nello sviluppo delle abilità di lettura, nell'acquisizione dell'identità delle lettere e nel giusto posizionamento di queste all'interno della stringa grafemica. Le funzioni attentive, di fatto, risultano disturbate

non solo nei bambini dislessici (Lallier et al., 2010; Facoetti, Trussardi et al., 2010), ma anche nei bambini a rischio di sviluppo DE (Facoetti, Corradi et al., 2010).

Numerosi studi, nel corso degli ultimi anni, hanno evidenziato come l'allenamento con i videogiochi d'azione potenzi la performance in molteplici compiti cognitivi ed in particolar modo proprio le funzioni visuo-attentive risultano influenzate dall'utilizzo di tali strumenti. Con la nostra indagine, si è quindi voluto indagare se in modo indiretto, l'utilizzo di determinate tipologie di videogiochi, potesse influenzare, oltre le abilità attentive, anche le abilità di lettura.

Dall'analisi delle performance visuo-attentive, è emerso che il gruppo che si è allenato con videogiochi *action*, a seguito del trattamento, ha ottenuto un miglioramento significativo in termini di accuratezza nei due compiti visuo-spaziali (*Distributed* e *Focused spatial attention*). Tali miglioramenti indicano una plasticità nelle funzioni attentive di focalizzazione e distribuzione dell'attenzione dei bambini con DE e la possibilità di incrementare la loro abilità di riconoscimento di stimoli e quindi di lettere.

Il compito relativo all'attenzione cross modale temporale ha fornito dati che indicano un probabile incremento, attraverso l'utilizzo di *action video game*, delle abilità attentive connesse alle funzioni dell'allerta. Questa sembra infatti incrementare e permettere un miglior utilizzo dell'indizio uditivo fornito prima della comparsa del target visivo. La stessa competenza, potrebbe essere coinvolta nell'incremento della velocità di processamento delle informazioni (Kail, 1991) e di rapida allocazione dell'attenzione nelle aree di interesse.

Dai dati ottenuti risulta significativamente migliorata l'abilità di lettura del brano e di segregazione grafemica, alla base della quale, come esposto nella prima parte della tesi, si trova una buona abilità di orientamento dell'attenzione, focalizzazione ed estrazione del segnale.

I dati ottenuti in questi compiti confermano il quanto ottenuto con il primo esperimento di questa parte della tesi su un campione di adulti, i risultati ottenuti in soggetti adulti da Green e Bavelier, riguardanti la capacità dei videogiochi d'azione di potenziare l'individuazione ed il riconoscimento di segnali visivi (Green & Bavelier, 2003), uditivi (Green, Pouget e Bavelier, 2010) ed i dati ottenuti in successive ricerche dove si comparavano le abilità di bambini che facevano spesso uso di videogiochi e di coloro che indicavano di non farne uso (Dye & Bavelier, 2010).

I miglioramenti ottenuti nelle prove di lettura indicano che gli incrementi nelle funzioni attentive sono risultati trasferibili ad altre

competenze, ed i dati ottenuti con la regressioni per blocchi ad entrata fissa confermano questa ipotesi, mostrando una relazione diretta fra i guadagni nei meccanismi attenzionali sia spaziali che temporali ed i miglioramenti nella decodifica fonologica che nella lettura di un brano di parole. Il gruppo dei giocatori di AVG, dopo il trattamento, riporta un significativo incremento delle performance di lettura utilizzando un indice che valuta sia la velocità di esecuzione del compito che l'accuratezza. Questo avvalorava il fatto che il miglioramento ottenuto è frutto di un congiunto aumento della velocità di lettura senza una significativa diminuzione degli errori e ci permette di escludere che i bambini abbiano attuato un semplice spostamento di strategia che preveda un aumento della velocità a discapito della accuratezza, rischio che in letteratura viene consigliato di valutare (Nelson & Strachan, 2009).

Il mancato ottenimento di variazioni nella prova fonologica (fusione fonemica), può essere interpretato come una mancanza di influenza dei videogiochi su tali competenze, o una scarsa sensibilità della prova ad eventuali variazioni nelle competenze fonologiche. Di fatto, non erano attese variazioni in questa tipologia di prove, visto che il training non coinvolgeva queste funzioni, ed in letteratura non sono riportati dati al riguardo, sebbene i video giochi action sembrano in grado di migliorare anche l'efficienza di estrazione del segnale nella modalità uditiva (Green et al., 2010 Curr Biol).

Al fine di evitare di testare effetti a breve termine del gioco sul comportamento dei partecipanti, abbiamo preferito in sede di re-test, attendere almeno un giorno (da uno a tre) prima di valutare i bambini, in modo tale da evitare di rilevare possibili modificazioni nelle performance dovute esclusivamente ad una maggiore attivazione momentanea (Wang & Perry, 2006) o ad un puro effetto transitorio di modifica di strategia di risposta (Nelson & Strachan, 2009).

E' interessante notare che in termini clinici, gli incrementi ottenuti dai videogiocatori di AVG, misurati in sillabe/secondi, raggiungono nella decodifica fonologica i miglioramenti rilevati in un anno di sviluppo spontaneo in un bambino dislessico. Lo stesso risultato si ottiene anche nella fluenza della lettura di un brano.

I miglioramenti ottenuti si avvicinano a quelli riscontrabili in letteratura riguardanti interventi fonologici o di associazione grafema-fonema (Lorusso, Facoetti, Paganoni, Pezzani & Molteni, 2006; Tressoldi, Lorusso, Brenbati & Donini, 2008), ad altre tipologie di trattamenti, sempre direttamente rivolti al trattamento esplicito delle competenze associative

e diretti alla risoluzione delle specifiche difficoltà di lettura del bambino (Tressoldi, Brembati, Donini, Iozzino & Vio, 2012).

Il training proposto, quindi, pur non volendo essere considerato un trattamento vero e proprio, getta le basi per la strutturazione di interventi più complessi che prevedano l'utilizzo di strumenti atti ad incrementare nello stesso modo le abilità attentive, in contemporanea all'utilizzo di altri strumenti di intervento, al fine di ottenere miglioramenti nelle performance di lettura ancor più importanti.

A livello teorico, risulta difficile discriminare le possibili influenze delle componenti *top-down* e *bottom-up* nel valutare i miglioramenti ottenuti nei compiti attentivi e di lettura. I dati significativi ottenuti nei compiti attentivi, fanno ipotizzare un possibile coinvolgimento di entrambe le tipologie di meccanismi. Di fatto, anche rifacendosi alla letteratura, entrambe risultano coinvolte nei sistemi di lettura (Schuett, Heywood, Kentridge & Zihl, 2008).

I miglioramenti osservati nelle prove attentive e nelle prove di lettura, fanno ipotizzare che l'utilizzo dei videogiochi, possa aver agito sulla dimensione del *form-resolving field* (Geiger & Lettwin, 2000), cioè sulla distribuzione del mascheramento laterale, caratterizzato nei dislessici da uno scarso mascheramento nella periferia ed un certo grado di mascheramento vicino al centro dello sguardo, al contrario di quanto rilevato in normo lettori, che subirebbero uno scarso o nullo effetto di mascheramento al centro dello sguardo ed un forte mascheramento laterale (Geiger et al., 2008). Già attraverso trattamenti nei quali si proponeva di lavorare sulla coordinazione oculo-manuale e sul riposizionamento del focus attentivo durante la lettura, si era osservata una correlazione tra i miglioramenti nella lettura e nei rapporti delle dimensioni del *form-resolving field* (Geiger et al., 1994; Geiger & Lettwin 1987). Si può quindi ipotizzare che anche l'utilizzo dei videogiochi, dove è richiesta una buona coordinazione oculo-manuale, un buon controllo della periferia del campo visivo ed allo stesso tempo un ottimo controllo del centro dello sguardo (spesso identificabile con il mirino di gioco), agisca nello stesso modo. Se tale interpretazione dei dati fosse corretta, sarebbe tuttavia interessante in futuro indagare se un uso continuativo di specifici videogiochi non potrebbe portare ad un eccesso di accuratezza in periferia, che potrebbe finire per intaccare negativamente le performance nelle zone vicine al centro dello sguardo.

Le variazioni nel compito Posner, fanno ipotizzare che l'utilizzo dei *video game* possa modificare anche i meccanismi di processamento cross-modali dell'informazione, deficitari nei soggetti dislessici e probabilmente

connessi causalmente con lo sviluppo del disturbo (Virsu, Lahti-Nuuttila & Laasonen, 2003).

In termini strutturali, è possibile supporre, viste le caratteristiche dei videogiochi *action*, che il trattamento abbia previsto un'attivazione ripetuta del sistema Magnocellulare-Dorsale.

Le principali critiche in merito all'utilizzo dei videogiochi (Boot et al., 2008) riguardano il fatto che spesso, in ambito di ricerca, vengono trascurati importanti aspetti metodologici, ad esempio nella scelta dei compiti assegnati al campione di controllo, spesso lasciato senza attività nel periodo di trattamento del gruppo sperimentale o impegnato in attività chiaramente scollegate dai compiti sperimentali proposti prima e dopo il trattamento. Nel caso della nostra ricerca, entrambi i gruppi erano impegnati nello stesso gioco, con gli stessi personaggi, ma con sottoparti del gioco stesso che implicavano attivazioni di funzioni cognitive di diversa natura. Di conseguenza, un eventuale effetto placebo se presente, era potenzialmente attivato in entrambi i gruppi.

Essendo i due gruppi composti da bambini, si suppone nessuno potesse essere a conoscenza dei possibili effetti delle specifiche tipologie di gioco proposte, di conseguenza tale critica risulta poco plausibile. Le domande riguardanti i videogiochi già utilizzati, in letteratura considerate frutto di possibili effetti di aspettativa, erano poste ai genitori, non direttamente ai bambini, i quali sapevano semplicemente che avrebbero partecipato ad uno studio sui videogiochi.

Considerando anche l'aumento simile dei punteggi nei *video game* ottenuto dai partecipanti ai due trattamenti, si può dunque con sufficiente certezza escludere che le differenze ottenute nei due gruppi di giocatori nelle diverse prove sperimentali siano ascrivibili ad altre variabili non legate all'utilizzo di diverse tipologie di *video game*. In conclusione, confermando l'ipotesi iniziale, l'utilizzo dei *video game action* ha portato ad incrementi nelle funzioni attentive e questi si sono dimostrati connessi ad un incremento delle abilità di lettura. Il risultato apre la strada alla possibilità di utilizzare questa tipologia di videogiochi in associazione a metodi di trattamento più classici ed esplicitamente diretti all'acquisizione delle competenze di lettura, al fine di incrementare i potenziali miglioramenti.

I risultati ottenuti dalla nostra sperimentazione, pur non avendo l'ambizione di essere un *trial* clinico, confermano la possibilità di poter influenzare specifiche rappresentazioni cognitive ortografiche-fonologiche, indispensabili per una corretta e fluente lettura, mediante l'uso di determinate tipologie di videogiochi che allenano uno specifico circuito

neurobiologico Magnocellulare-Dorsale (Stein & Walsh, 1997; Hari & Renvall, 2001; Vydiasagar & Pammen, 2010; Facoetti, 2012).

PARTE III

La prevenzione della Dislessia Evolutiva

Parte dei dati di questa ricerca sono stati pubblicati in:

Gaggi, O., Galiazzo, G., Palazzi, C., Facoetti, A. & Franceschini, S. (2012). A serious game for predicting the risk of Developmental Dyslexia in pre-readers children. *Computer Communications and Networks (ICCCN)*, 1, 1-5.

La strutturazione di un trattamento abilitativo

Come ampiamente esposto nella prima parte di questa tesi, attraverso la realizzazione di ricerche longitudinali, è stato evidenziato come numerosi fattori cognitivi risultino connessi al successivo sviluppo delle abilità di lettura.

Una scarsa consapevolezza fonologica, scarse abilità nella discriminazione di fonemi e difficoltà nel riconoscimento delle lettere, caratterizzano i bambini a rischio di sviluppo DE (Byrne et al., 1997; Elbro, 1996; Elbro et al., 1998). Lo stesso vale per l'ampiezza del vocabolario (Scaranborough, 1990, 1991), predittivo delle successive competenze nella lettura. Anche le funzioni visive risultano connesse abilità di decodifica fonologica sviluppate negli anni successivi (Boden & Giaschi, 2007; Boets et al., 2007; Boets et al., 2008; Kevan & Pammer, 2009; Vidyasagar & Pammer, 2010), lo stesso vale per le competenze visuo-attentive (Plaza & Cohen, 2005; 2007). Non sono inoltre da escludere le competenze legate all'automatizzazione delle regole (Nicolson & Fawcett, 2011), indispensabili nell'acquisizione della corrispondenza grafema fonema, assieme ad una corretta percezione dei suoni e dei grafemi (Virsu et al., 2003).

Un inquadramento della DE come disturbo con base multifattoriale risulta quindi più adeguato di un inquadramento basato sull'individuazione di un singolo *core deficit* (Brunswick et al., 2012; Franceschini et al., 2012; Menghini et al., 2010; Pernet et al., 2009; Siok et al., 2009; si veda tuttavia per una diversa ipotesi Ramus, 2003; Vellutino et al., 2004; Ziegler & Goswami, 2005).

Partendo da questa prospettiva, un esame ed un adeguato intervento sui singoli possibili deficit cognitivi, se svolti in un momento nel quale le competenze di lettura non sono state ancora acquisite, potrebbero portare ad evitare che determinate strategie poco funzionali siano messe in pratica, riducendo così le possibilità di incappare in successive difficoltà di lettura, o comunque permettere di alleviarne la gravità. Di fatto, un rapido intervento che riesca a tenere alta la motivazione del bambino,

risulta avere maggiore probabilità di efficacia, rispetto ad un intervento attuato tardivamente e con scarso coinvolgimento del partecipante (Scaranborough, 1991; Torgensen, 2000; Vio & Toso, 2007).

Dal punto di vista delle competenze fonologiche, è stato dimostrato che un intervento condotto lavorando col bambino in modo esplicito sull'associazione grafema fonema, risulta più efficace di interventi mirati alle sole competenze di discriminazione delle competenze fonologiche (Swanson, 1999), ed il lavoro sugli specifici errori commessi dal bambino risulta più efficace di un intervento mirato al generale aumento delle competenze di lettura (Tressoldi et al., 2012). Un allontanamento da tali strategie di intervento, può risultare controproducente, aumentando il rischio di non ottenere miglioramenti significativi (Alexander & Slinger-Constant, 2004). Di fatto, ad esser stati confrontati con tecniche di trattamento direttamente legati alla lettura, sono stati principalmente i metodi basati su alcune delle teorie fonologiche, quali ad esempio quello sviluppati da Tallal (1980, 2004). Tuttavia, l'utilizzo di tecniche di intervento mirate al diretto intervento sulle abilità associative ortografiche-fonologiche, se pur di più probabile ma non certa efficacia (Alexander & Slinger-Constant, 2004), difficilmente può contribuire alla *compliance* del bambino già in difficoltà nel compito di decodifica e di conseguenza poco motivabile ad un aumento dell'impegno in tal senso

Non mancano del resto in letteratura strumenti di dimostrata efficacia, che in modo più o meno diretto, si basano anche sul miglioramento delle abilità attentive (Facoetti, Lorusso, Paganoni, Umiltà & Mascetti, 2003; Stevens, Fanning, Coch, Sanders & Neville, 2008), come nel caso degli interventi basati sulla teoria del *Balanced Model* di Bakker (per una prova dell'efficacia si veda Lorusso et al., 2006) o mirati ad un diretto intervento sulle abilità di rilevazione delle unità linguistiche (sillabe, parole, morfemi) con presentazione visiva ed uditiva dei materiali, con una guida visuo-attentiva per il partecipante, (per una prova dell'efficacia si veda Allamandri et al., 2007).

E' tuttavia da sottolineare che lavori riguardo all'efficacia del riposizionamento del fuoco attentivo in soggetti con dislessia acquisita legata a danni lungo la via visiva genicolato-corticale e quindi con capacità fonologiche e di vocabolario intatte, ma di fatto incapaci di leggere (indipendentemente dalla presenza dalla macchia cieca nel campo visivo), erano noti già dal 1917. Erano per questo suggeriti trattamenti dove il focus attentivo era corretto suggerendo al paziente di leggere utilizzando un bastoncino di legno da posizionare sotto la parola da leggere, specificatamente all'inizio o alla fine della parola, in modo tale da spostare

intenzionalmente l'attenzione e lo sguardo nella zona cieca del campo visivo (Poppelreuter, 1917, in Schuett et al., 2008). Su questo stesso principio di riposizionamento del focus attentivo si basa parte del trattamento di Geiger (Geiger & Lerrwin, 1987, 2000; Geiger et al., 1994), anche questo dimostratosi efficace nell'incrementare significativamente le abilità di lettura.

Da queste evidenze risulta quindi ancora una volta sottolineato che un trattamento per essere efficace, deve basarsi su una strategia di intervento multifattoriale. Il metodo di intervento strutturato da Wolf ne è un esempio. Questo mira infatti a rinforzare fin dal primo approccio con la lettura tutte le componenti legate allo sviluppo delle abilità necessarie (Wolf & Bowers, 1999; Lovett, Steinbach & Frijters, 2000).

E' quindi in quest'ottica che si è tentato di sviluppare un trattamento per bambini a rischio di sviluppo DE, che favorisse un buon sviluppo delle capacità attentive, uditive ed associative e che potesse essere adatto per caratteristiche di utilizzabilità a bambini di età prescolare.

Come nel caso del *GraphoGame* (Lyytinen, Erskine, Kujala, Ojanen & Richardson, 2009), un metodo dimostratosi efficace anche con un utilizzo di sole tre ore (Lovio et al., 2012), si è tentato di realizzare uno strumento che potesse essere utilizzato per aiutare i bambini a rischio di sviluppo di difficoltà di lettura, basandosi sull'utilizzo dei *serious game*, quindi di strumenti computerizzati, con i quali si propongono al bambino una serie di prove volte a sviluppare determinate abilità sotto forma di gioco.

Lo strumento, realizzato in collaborazione con i professori Gaggi e Palazzi e la dott.ssa Galiazzo del Dipartimento di Matematica dell'Università di Padova, è stato testato all'inizio di dello scorso anno scolastico, in modo tale da valutarne la giocabilità da parte dei bambini dell'ultimo anno della Scuola dell'Infanzia, per un successivo utilizzo in termini riabilitativi su un campione sperimentale della stessa età, durante l'anno scolastico attuale (ricerca al momento in fase di progettazione). Da questa somministrazione sono stati ricavati i risultati relativi ad una sola seduta di gioco. Sfruttando questi risultati in modo non del tutto proprio, visto che non è questo il fine con il quale i *serious game* erano stati sviluppati, si è valutata la loro capacità di discriminare i bambini a rischio e non a rischio di DE. Queste analisi saranno esposte più avanti.

L'utilizzo di *serious game* in un trattamento permette di proporre al soggetto prove che non siano costantemente dirette in modo esplicito allo sviluppo delle competenze di lettura.

I giochi sviluppati mirano principalmente all'incremento delle funzioni dimostratesi maggiormente implicate nell'acquisizione delle abilità di

lettura, cioè la coordinazione oculo-manuale, le capacità di ricerca visiva, compiti di detezione rapida del segnale visivo ed acustico, compiti di associazione di stimoli visivi ed uditivi (i.e. riconoscimento e discriminazione di lettere).

Sebbene sia possibile migliorare alcune delle competenze di lettura intervenendo anche solo con materiali non direttamente ad essa connessi, come dimostrato nella precedente parte di questa tesi con l'utilizzo di *video game* e come esposto anche in letteratura dagli stessi ideatori del *GraphoGame* (Kujala, et al., 2001), al fine di massimizzare i benefici e rendere lo strumento facilmente utilizzabile da un qualunque utente, nei *serious game* si è sempre utilizzato materiale direttamente rivolto all'acquisizione dei suoni e delle lettere del vocabolario italiano.

Si è così pensato di definire una serie di giochi, sviluppati per tablet e computer, nei quali si possono allenare diverse abilità utilizzando metodi di apprendimento esplicito ed implicito.

La tipologia di stimoli utilizzati era specificatamente calibrata per andare ad incidere su quelle che sono le difficoltà più spesso riscontrate nei soggetti con DE, andando quindi ad intervenire sull'esposizione alle lettere che per caratteristiche visive o uditive risultano più difficilmente discriminabili.

Di seguito si espone una breve descrizione dei giochi (in parte presentata anche da Galiazzo, 2012), al fine di rendere più chiari gli ambiti di intervento selezionati.

Le caratteristiche dei *mini game* sviluppati

Gioco dei percorsi

In questo gioco si vuole allenare la capacità di discriminare rapidamente immagini in fovea e nella zona circostante. Il gioco utilizza delle C (o dei cerchi) ruotate nelle quattro direzioni con le quali vengono costruiti dei percorsi obbligati che il bambino deve seguire per raggiungere il punto di arrivo (si veda Tabella. 3.1). Questo gioco coinvolge una forma di ricerca visiva, che implica un'abilità di processamento legata alla capacità di ancoraggio, focalizzazione e disancoraggio attenzionale.

Con questo compito il bambino viene quindi allenato ad eseguire un attento processamento dello stimolo al centro della fissazione, ed al contempo ad inibire le informazioni provenienti dall'ambiente circostante, costituito da stimoli identici a quello al centro del fuoco attentivo, ma contenente informazioni distraenti. Allo stesso modo, con l'acquisizione della pratica, il soggetto potrà allenarsi nel ridimensionamento del fuoco attentivo, allargando l'analisi dell'informazione anche all'elemento

accanto a quello precedentemente indagato, prima inibito ed adesso oggetto dell'attenzione (si veda Tabella. 3.1).

Prevedendo il trattamento una durata di circa quattro settimane con cinque sedute settimanali, verranno presentate ogni giorno 5 partite del gioco. Se una partita viene vinta, nella successiva il percorso cambierà, così come la dimensione dell'apertura delle C, che si farà sempre più ridotta. In caso di insuccessi verrà riproposto lo stesso percorso in modo da facilitare il bambino nel compito (difficoltà auto-adattiva).

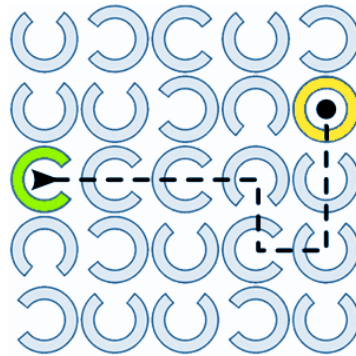


Tabella 3.1. Esempio di percorso nel Gioco dei Percorsi. il cerchio aperto verde rappresenta il punto di partenza, il cerchio giallo il punto di arrivo. In tratteggio il percorso che il giocatore deve eseguire cliccando in sequenza sulle C dove intende spostarsi.

Giochi di Ricerca Visiva (Locale e globale)

In questi giochi si vuole allenare l'attenzione del bambino ed allo stesso tempo lavorare sull'acquisizione implicita della forma e del suono delle lettere.

Lobiettivo è quello di allenare la capacità di orientamento dell'attenzione su varie parti dello schermo ed allo stesso tempo le abilità di attenzione sostenuta. La ricerca visiva è proposta in due versioni: una locale e una globale.

Nel primo caso (ricerca locale) viene chiesto di individuare in un'immagine uno specifico oggetto target nascosto fra un numero variabile di distrattori. Nel secondo (ricerca globale) invece viene chiesto di individuare una figura (una lettera in carattere maiuscolo, si veda Tabella 3.2) formata da una serie di oggetti, anche in questo caso la ricerca viene resa più o meno difficile dalla presenza di un numero variabile di distrattori. Si mira così ancora una volta a far giocare il bambino utilizzando diverse dimensioni del focus attentivo.

Ogni volta che il soggetto troverà un target, visivamente comparirà (per 150 msec) una lettera e contemporaneamente si sentirà il suono associato alla stessa, in modo da favorire un'acquisizione implicita dell'integrazione tra forma e suono della lettera (Sasaki, Nanez & Watanabe, 2010). In

questo modo, oltre all'attenzione, con questo *mini game*, si vuole allenare il bambino a rischio DE ad integrare l'associazione grafema-fonema, alla base dell'acquisizione della lettura.

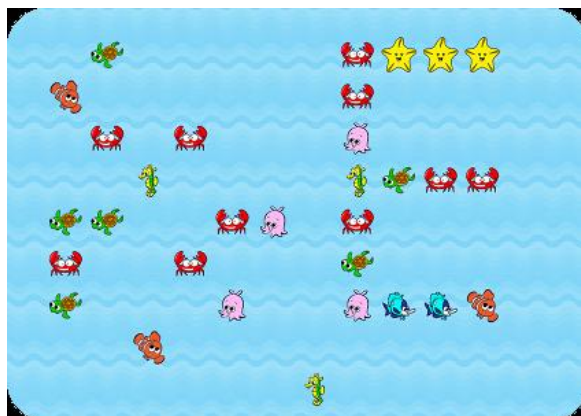


Tabella 3.2. Esempio di ricerca visiva Globale. Nel gioco di Ricerca visiva Locale erano utilizzati gli stessi stimoli, disposti in ordine randomizzato

Gioco dei Pesci dietro ai sassi

Il gioco sviluppato mira all'allenamento l'orientamento implicito ed esplicito dell'attenzione visiva, oltre alle funzioni di allerta ed elaborazione delle informazioni visive periferiche ai fini di discriminare il target.

Il bambino deve discriminare gli oggetti target (animali marini) che compariranno muovendosi, da dietro due sassi disposti uno a destra e uno a sinistra del centro dello schermo (si vedano le Tabelle 3.3, 3.8 e 3.9). La struttura del gioco, ricalca quanto accade nel compito Posner (1980), creando così condizioni di indizio valido, invalido e neutro. In più vengono proposte situazioni più o meno complesse in termini di velocità di movimento dei target e quantità di target presenti sullo schermo; si mira in questo modo a lavorare in termini quantitativi sull'efficacia del sistema percettivo-attentivo (Lavie & Cox, 1997) Come nel gioco precedente, in seguito alla corretta individuazione dell' target viene presentata una lettera nel punto di pressione dello schermo del tablet (o del computer), che verrà sia vista che udita.

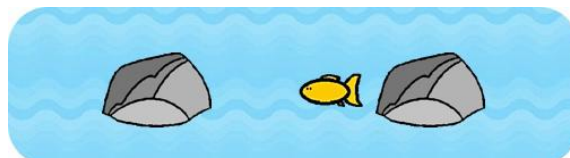


Tabella 3.3. Esempi di stimoli utilizzati durante il Gioco dei Pesci dietro i sassi.

Gioco delle Lettere in Gabbia

In questo gioco si vuole allenare il bambino a focalizzarsi sugli stimoli locali, ignorando la figura globale, che rappresenta una lettera, che verrà

comunque processata quale stimolo collegato alla ricompensa per il corretto svolgimento del compito (Roelfsema et al., 2010).

Al partecipante è chiesto di chiudere i buchi di un recinto, in modo da non far scappare uno o più animaletti che si trovano al suo interno e che stanno tentando di uscirne. Il recinto avrà la forma di una lettera parzialmente tratteggiata in corrispondenza delle aperture da chiudere (si veda Tabella 3.4).

Ogni volta che il bambino individuerà un buco nel recinto e lo chiuderà cliccandoci sopra, si evidenzierà la sagoma completa dello stesso (quindi la sagoma della lettera) e se ne sentirà il suono corrispondente, andando ancora una volta a rinforzare in maniera implicita l'integrazione grafema-fonema.

All'aumentare dei successi del giocatore, il grado di difficoltà aumenterà, incrementando il numero e la velocità degli animali nel recinto. In questo modo si andrà ad allenare nel bambino le capacità di attenzione distribuita, in quando dovrà essere in grado di controllare e cercare contemporaneamente più stimoli (gli animali nel recinto e le aperture sul recinto stesso).

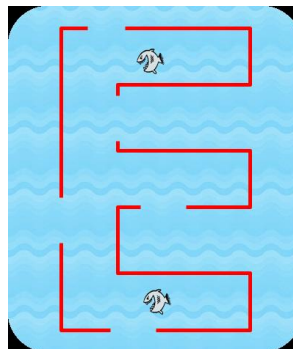


Tabella 3.4. Esempio di stimolo per il gioco Lettere in gabbia. Due target tentano di uscire dal recinto a forma di E.

Gioco dei Maghi

Il gioco proposto ricalca in parte la struttura delle prove utilizzate da Tallal (1980) per la discriminazione delle abilità fonologiche, prevede che dei suoni (lettere) vengano ascoltati dal bambino, il quale dovrà essere in grado di discriminarne l'ordine di presentazione. Vista la necessità di lavorare in modo diretto sull'associazione fra lettera e suono al fine di aumentare l'efficacia del trattamento (Scaranborough, 1991; Torgensen, 2000), il bambino nel gioco proposto ha modo di vedere sempre sullo schermo le lettere ascoltate, ed in fase iniziale la lettera udita è esplicitamente associata alla lettera presentata visivamente (si veda Tabella 3.5).

Si è tentato di rendere più piacevole l'esercizio ricreando un ambiente nel quale due maghi si sfidano nel compiere delle magie. Ad ogni mago è associata una lettera, che esso pronuncerà quando farà la propria magia. Il mago che dirà per primo la sua lettera trasformerà alcuni animali in mostri. Il bambino dovrà essere in grado di individuarlo, annullando in questo modo la magia e salvando gli animali.

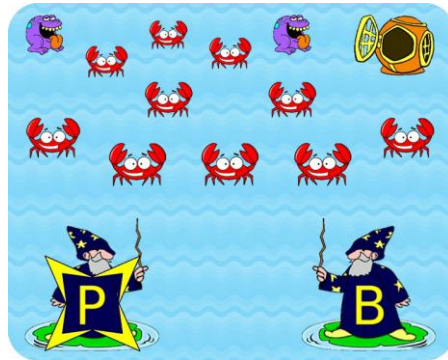


Tabella 3.5. Esempio di schema del Gioco dei Maghi. Al bambino sono presentati uditiivamente in ordine randomizzato e con intervalli fra gli stimoli diversi i suoni delle lettere rappresentate. Il bambino deve cliccare sul mago che per primo ha pronunciato la sua lettera. E' presente nell'immagine l'indizio visivo utilizzato nelle prime fasi di gioco.

Scopo della ricerca

Si riportano qui di seguito i risultati della prima somministrazione dei giochi sopra descritti. Tale somministrazione, come precedentemente esposto, aveva come prima intenzione dei colleghi del Dipartimento di Matematica, la verifica dell'effettiva giocabilità dei *mini game*, quindi valutare la gradevolezza delle immagini utilizzate, l'usabilità degli strumenti (Tablet) e dei giochi stessi da parte di bambini, l'effettivo funzionamento dei programmi nella loro sequenza e la capacità di registrazione delle informazioni. In questa occasione, si è quindi voluto testare anche la predittività del rischio di DE dei *serious game* sviluppati, ipotizzando che le specifiche funzioni testate dai singoli giochi (vista la parziale somiglianza di alcuni di questi con strumenti sperimentali quali la ricerca visiva, il compito Posner ed il giudizio di ordine temporale, che già si sono dimostrati utili nella discriminazione del rischio DE) potessero renderli capaci di distinguere nelle performance di gioco i bambini che potevano essere a rischio familiare (poiché figli di dislessici) di un successivo sviluppo di DE e bambini che non lo erano.

Metodo:

Partecipanti

Hanno partecipato allo studio un gruppo di 24 bambini frequentanti l'ultimo anno della scuola dell'infanzia, previo consenso informato di

entrambi i genitori. Questi ultimi hanno inoltre compilato la versione italiana del questionario *Adult Dyslexia Checklist*, (ADCL, Vinegrad, 1994), con la garanzia di privacy dei propri dati personali. Attraverso i punteggi calcolati sugli item tale somministrazione è stato possibile calcolare il grado di rischio di DE per i loro figli.

Si sono suddivisi i bambini sulla base dei punteggi ottenuti dai genitori nel questionario ADCL.

I figli di coloro che fornivano una quantità di risposte positive superiore ad 1 DS della media del gruppo delle madri (*range* 0-4), o dei padri (*range* 0-5), agli item critici, sono stati valutati come a rischio.

Ne sono quindi risultati due gruppi:

- Gruppo a Rischio (N=6), comprendente bambini prescolari figli di genitori potenziali poveri lettori o dislessici;
- Gruppo Non a Rischio (N=18), o gruppo di controllo, comprendente bambini prescolari figli di genitori potenziali normolettori.

Stimoli e procedure

Stima del QI: Test delle Somiglianze

Per la stima de QI è stato utilizzato il test delle somiglianze sub-test della scala WPPSI (Wechsler, 1989).

Ricerca Visiva Seriale

Le abilità di allocazione dell'attenzione su una stringa di stimoli era testata utilizzando un compito di ricerca visiva. Il bambino era invitato a cancellare utilizzando una matita uno specifico simbolo target la cui forma era riportata nella parte alta di un foglio posto di fronte a lui. Nella parte sottostante dello stesso foglio erano riportate 5 linee composte da 31 simboli (di dimensioni circa 5x5mm, 5 target e 26 distrattori). Il bambino era invitato a procedere nella ricerca spostandosi da sinistra verso destra, dal primo all'ultimo rigo, senza mai tornare indietro. Il compito era composto da due fogli, dove si manipolava la distanza fra i diversi simboli, nella condizione "larga" la distanza fra simboli era circa di 8 mm, nella condizione "fitto" la distanza era di circa 4mm (si veda Tabella 1.1)

Compiti di consapevolezza fonologica

I due test utilizzati per valutare le abilità fonologiche dei bambini sono stati estratti dalla batteria per la valutazione delle competenze metafonologiche (Marotta et al., 2004).

Compito di fusione sillabica

Lo sperimentatore pronunciava con un ritmo stabile (circa 1 secondo per sillaba) le singole sillabe che costituiscono una parola, al bambino era chiesto di ripetere ciascuna singola parola risultante dalla fusione delle sillabe udite per intero. Erano conteggiate le risposte errate nella lista di parole.

Prove di discriminazione di non parole

Lo sperimentatore pronunciava due non-parole in successione differenti per una sola unità fonemica (ad es. paca-baca). Il bambino doveva dire se le due parole ascoltate erano per lui uguali oppure diverse. Era assegnato 1 punto per ogni errore commesso

Serious game

Il test delle diverse componenti del *serious game* è avvenuto attraverso l'utilizzo di due dispositivi *touch* iPad2. Ogni bambino è stato testato individualmente, portandolo per un arco di circa mezzora fuori della propria classe, in una stanza messa a disposizione dall'istituto scolastico. I *mini game* sono quindi stati proposti ai bambini in ambiente silenzioso e adeguatamente illuminato. Le istruzioni sono state fornite individualmente, procedendo gioco per gioco e avvalendosi di immagini stampate come esempi e quando necessario l'uso diretto dell'iPad. Le prove prevedono un grado di difficoltà crescente, tuttavia, essendo il *serious game* sviluppato in un'ottica riabilitativa, queste tendono generalmente ad adattarsi (tramite *staircase*) alle abilità del soggetto, proponendogli un livello di difficoltà superiore a quello eseguito solo dopo che le prove del grado precedente sono state svolte con successo. Nel caso della presente somministrazione, tutti i bambini sono stati testati cominciando dal livello minimo di difficoltà prevista, ma ciascun soggetto ha progredito negli schemi proposti in base alle proprie abilità.

I risultati che verranno analizzati riguardano i seguenti *mini game*:

- Gioco dei Percorsi;
- Gioco della Ricerca Visiva (Globale e Locale);
- Gioco dei Maghi (giudizio di ordine temporale);
- Gioco dei Pesci dietro i sassi (compito Posner).

Il gioco relativo alle lettere in gabbia, per una difficoltà nell'utilizzo da parte dei bambini del *touch screen* nella corretta modalità e per la

necessità di revisione delle dimensioni degli stimoli, non ha portato a sufficienti somministrazioni valide per una analisi.

Di ciascun *mini game*, si fornisce una descrizione approssimativa, visto l'alto numero di variabili presenti e manipolate. I giochi erano proposti su un iPad posizionato su un piano a circa 40 cm di distanza.

Il Gioco dei Percorsi

Stimoli

Gli stimoli utilizzati, erano una serie di cerchi ($3,4^\circ$ di raggio) con una apertura di dimensione variabile ($1,1^\circ$ apertura iniziale) all'interno dei quali si muoveva un personaggio ($1,4^\circ \times 1,4^\circ$), attivato dal giocatore tramite pressione sullo schermo dell'iPad. La griglia complessiva di 5×5 cerchi componente lo schermo di gioco aveva una dimensione di $16^\circ \times 16^\circ$.

Procedura

Il Gioco dei Percorsi utilizza delle C ruotate nelle quattro direzioni, disposte in una griglia 5×5 , con le quali vengono costruiti dei percorsi obbligati, entro i quali il personaggio del gioco deve essere spostato (partendo da una C di colore verde) per raggiungere il punto finale (un cerchio giallo). I percorsi possono essere composti da un numero variabile di 7-10 passaggi. Il personaggio si trova inizialmente all'interno della C verde: compito del giocatore è raggiungere il cerchio giallo entro un tempo massimo variabile da schema a schema (trenta secondi circa), altrimenti la partita si considera persa. Per arrivare alla fine del percorso, il giocatore deve condurre il personaggio da una C all'altra, toccando sullo schermo quella in cui desidera spostarlo. La C dove spostarsi deve essere adiacente a quella dove si trova il personaggio. L'apertura della C nella quale si trova il personaggio vincola la scelta della direzione verso cui indirizzarlo (si veda Tabella 3.1 e 3.6). Il tempo a disposizione varia con il grado di difficoltà ed il numero di passaggi da compiere. Sono stati proposte 6 prove a ciascun bambino.



Tabella 3.6. Il Gioco dei Percorsi: schermata del gioco ed un esempio di percorso.

Il Gioco dei Maghi

Stimoli

Erano utilizzati due suoni (60dB), corrispondenti alle lettere A ed E, presentati tramite cuffie a diversi intervalli temporali.

Procedura

Il Gioco dei Maghi consisteva in un compito di giudizio di ordine temporale che richiede la discriminazione dell'ordine di presentazione di due stimoli uditivi. La coppia di lettere "a" ed "e" sono state utilizzate per la somministrazione a questi soggetti. Le lettere sono state presentate in cuffie. La durata dei fonemi aveva una durata di 150 msec. La variabile manipolata era l'intervallo di tempo che intercorreva tra la presentazione del primo e del secondo fonema (i.e. intervallo inter-stimolo, ISI).

Il gioco era composto da 36 prove, divise in 6 blocchi. Si iniziava dal livello più facile corrispondente alla condizione di ISI=200 msec, che era proposto per 6 volte, dopodiché, a seconda dei successi del giocatore (minimo 5/6), si poteva passare alla condizione successiva, che prevedeva un ISI=80 msec ed eventualmente all'ultima condizione, con ISI=30 msec. Il numero di partite giocate a ciascuna delle 3 condizioni (ISI=200 msec, ISI=80 msec, ISI=30 msec) dipendeva quindi dalle prestazioni del giocatore, che gli permettevano o meno di passare da un livello al successivo. Inoltre, nelle prove iniziali, al primo suono era sempre associato anche uno stimolo visivo (indizio) per aiutare il soggetto a capire il compito. Il bambino aveva 5 secondi di tempo per rispondere ad ogni prova, dopo di che questa era considerata errata (si veda Tabella 3.7). Ciascuna prova è separata da un intervallo di tempo di 1 secondo, dopo il feedback positivo

o negativo (gli animaletti vengono salvati oppure trasformazione degli animaletti in mostri).



Tabella 3.7. Struttura del Gioco dei Maghi: schermata iniziale (2000ms); la durata di emissione del fonema è di 150msec; l'intervallo (200, 80 e 30msec) fra i due fonemi ascoltabili varia durante il gioco in base all'andamento delle prove precedenti.

Il Gioco dei Pesci dietro i sassi

Stimoli

Erano utilizzate le rappresentazioni di due e quattro sassi ($4,6^{\circ} \times 2,9^{\circ}$), l'indizio era rappresentato da un aumento delle dimensioni del 20% di uno dei sassi, posti a $5,3^{\circ}$ dall'asse verticale dello schermo (in caso di 4 sassi la distanza orizzontale fra sasso e sasso era di 5°), gli stimoli target o distrattori erano animaletti (pesci, granchi o polpi) di tre differenti colori (giallo, arancione, viola) con le stesse dimensioni ($2^{\circ} \times 0,9^{\circ}$), che si muovevano a sinistra o a destra dei due sassi uscendo e rientrando dietro quest'ultimo (lunghezza percorso $2,1^{\circ}$ dal bordo del sasso al centro del pesce al momento di massima distanza).

Procedura

Nella prima parte del gioco il bambino doveva individuare gli oggetti target che potevano comparire da dietro due sassi disposti orizzontalmente, uno a destra e uno a sinistra dello schermo. Il target è distinguibile a seconda della specie cui appartiene l'animale (pesce, granchio, polipo) e/o per colore (giallo, arancione, viola). Le caratteristiche del target vengono scelte in modo randomizzato prima dell'inizio del gioco. Gli oggetti facevano la loro comparsa uno alla volta, muovendosi su di un asse orizzontale per 4500msec, dopo un indizio visivo (durata 50 msec) proveniente da uno dei due sassi sullo schermo da cui l'animaletto poteva

uscire esce. L'indizio fornito può essere corretto (valido), errato (invalido), o neutro (Tabella 3.8).

Sono stati proposte un totale di 24 prove, 10 valide, 8 neutre, 6 invalide; 8 prevedevano la non risposta (uscita di un distrattore al posto del target).

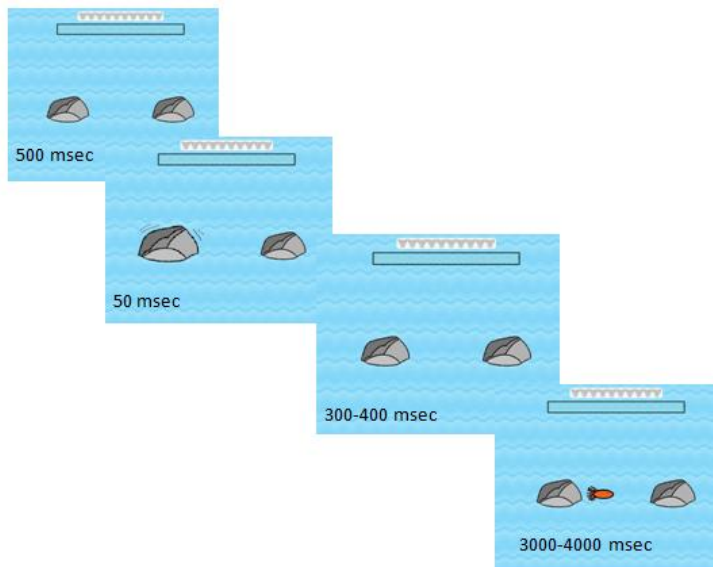


Tabella 3.8. Esempio di condizione valida del Gioco di Pesci e Sassi. La prova si presenta come un compito Posner sotto forma di gioco: i tempi di separazione fra l'indizio (movimento sasso) e uscita del possibile animale (target) variano in modo casuale.

Nella seconda condizione, i sassi da cui compaiono gli oggetti sono quattro. I possibili target presenti contemporaneamente nello schermo sono due (i target nella parte superiore dello schermo sono sfasati di un tempo variabile tra 800 e 1200msec): uno fuoriesce dalla coppia di sassi posizionata in alto, l'altro da uno dei sassi posizionati in basso (si veda Tabella 3.9).

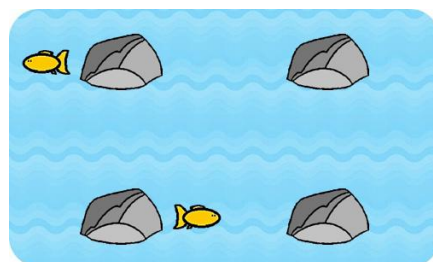


Tabella 3.9. Esempio del Gioco di Pesci e sassi nella seconda condizione (quattro sassi).

Gli oggetti target o distrattori restano visibili in questa fase per un tempo variabile di 3 o 4 secondi. Se il soggetto non è veloce ad individuarli e a toccarli sullo schermo, questi tornano dietro al sasso da cui sono usciti. I movimenti degli oggetti sono esclusivamente orizzontali. Sono proposte 48 prove in totale, 36 delle quali prevedono la presenza di oggetti target, mentre i rimanenti 12 sono stimoli che il bambino non deve cliccare, in

quanto diversi dal target. La proporzione di stimoli validi, invalidi e neutri è la stessa della condizione con 2 sassi.

Ricerche visive (locale e globale)

Stimoli

Gli stimoli utilizzati, all'interno di uno schermo, erano una serie di 6 possibili figure riprese da cartoni animati (1,5°x1,5°), che in base alle istruzioni potevano essere i singoli target, oppure questi potevano andare a formare le lettere target (dimensioni medie 8,6°x10°).

Procedura

Al bambino era mostrato il target (3000 msec), che in condizione di ricerca locale era uno specifico animaletto, mentre in condizione di ricerca globale era una specifica lettera composta da diversi animaletti, che dovevano essere cliccati indipendentemente dalle caratteristiche, purché fossero parte della lettera target. Erano proposte 5 partite successive. In caso di ricerca locale erano presentati 5 target e 15 distrattori. In caso di ricerca globale il numero di animaletti che componevano le lettere variavano in base alle dimensioni della lettera stessa, ma il numero di distrattori era lo stesso della ricerca locale. Ad ogni pressione sullo schermo erano forniti feedback sonori positivi o negativi.

L'ordine di presentazione dei *mini game* era a sequenza fissa e prevedeva, dopo una serie di schermate per la raccolta dati iniziale la partecipazione in sequenza ai mini game: gioco dei percorsi; gioco della ricerca visiva locale; gioco delle lettere in gabbia; gioco della ricerca visiva globale; gioco dei pesci dietro i sassi; gioco dei maghi.

Risultati

Un solo bambino, durante la somministrazione delle prove, ha deciso di non partecipare alla somministrazione complessiva, volendo soltanto vedere i giochi senza tuttavia parteciparvi attivamente, di conseguenza tale soggetto è stato escluso dalle analisi.

Come descritto in precedenza, dopo aver stabilito un *cut-off* di 1 DS dalla media del gruppo di genitori nelle risposte al questionario ADCL, i bambini sono stati suddivisi in due gruppi: il Gruppo a Rischio, e il Gruppo Non a Rischio (o gruppo di controllo).

	Gruppo	Media (DS)
Età (mesi)	A Rischio	64,1(2,12)
	Non a Rischio	63,6(2,38)
Test Somiglianze (Punteggio Ponderato)	A Rischio	10,5(2,66)
	Non a Rischio	8,9(1,58)

Tabella 3.10. Statistiche descrittive dei due gruppi di soggetti coinvolti nello studio (età cronologica, punteggio al Test delle Somiglianze). Tra parentesi è indicata la deviazione standard (DS) riferita alla media.

I due gruppi, confrontati tramite t test, non differivano significativamente né per età cronologica, né per stima del QI verbale (si veda Tabella 3.10).

Il compito di ricerca visiva seriale

I dati relativi ai due campioni sono stati confrontati tramite due ANOVA 2 (Spaziatura: fitta e larga) *2 (Gruppo: Soggetti a rischio e Non a rischio) valutando separatamente i tempi di esecuzione ed numero di errori commessi durante la prova. La prima analisi non ha evidenziato differenze significative tra i due gruppi. La seconda, riguardante gli errori, ha invece evidenziato un effetto principale della variabile Gruppo ($F_{(1,21)}=7,42$ $p=0,013$), dimostrando che il Gruppo a rischio (media=9,29 DS=4,6) commette in questo compito un più alto numero di errori rispetto al gruppo non a rischio (media=3,94 DS=3,98; si veda Tabella 3.11).

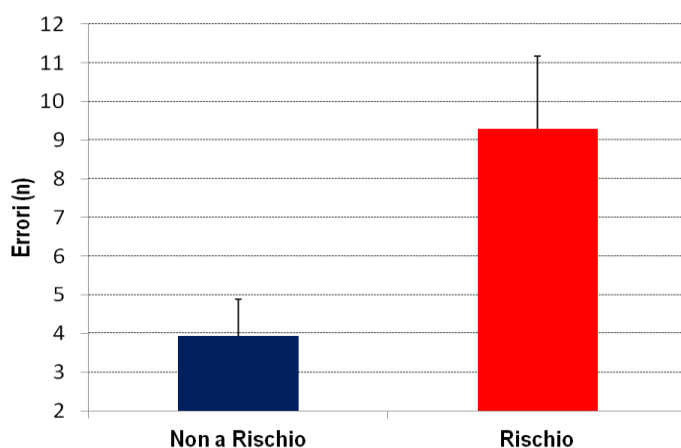


Tabella 3.11: Grafico relativo al numero di errori medio commesso da ciascun gruppo di soggetti nel compito di ricerca visiva seriale. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.

Compiti di consapevolezza fonologica

Nel compito di discriminazione di coppie di non parole i punteggi dei due gruppi non sono risultati significativamente diversi (gruppo non a rischio media errori=2,53, DS=2,03; gruppo a rischio media errori=4, DS=2,96). Neppure nel compito di sintesi fonemica le differenze fra i due gruppi sono risultate significative (gruppo non a rischio media errori=0,79, DS=1,11; gruppo a rischio media errori=1,9 DS=2,5). La mancata significatività delle differenze, potrebbe essere spiegata dalla ridotta dimensione del campione.

Gioco dei Percorsi

Sui dati del campione sono state condotte due analisi t di student, comparabili a quelle relative al compito di ricerca visiva seriale cartacea. In questo caso, è risultata significativa la differenza tra i due gruppi per quanto riguarda i tempi di risposta, cioè il tempo medio impiegato per spostare il personaggio da una C all'altra ($t_{(21)}=2,397$, $p=0,026$). I componenti del Gruppo a rischio risultano essere più lenti nel fornire le risposte (media=2458ms, DS=408ms) rispetto ai componenti del Gruppo non a rischio (media=2116ms, DS=256ms), come si osserva nel grafico in Tabella 3.12.

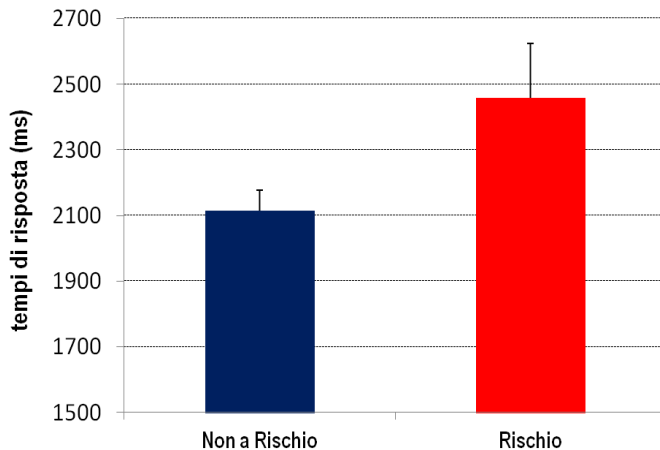


Tabella 3.12. Grafico relativo ai tempi medi di risposta (msec) di ciascun gruppo nel Gioco del Labirinto di C. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.

È risultata significativa anche la differenza nella percentuale di partite vinte dai giocatori dei due gruppi ($t_{(21)}=2,836$, $p=0,01$): i bambini non a rischio risultano vincere il 68% (DS=19%) di partite rispetto al 32% (DS=29%) di partite vinte dai bambini a rischio (si veda il grafico in Tabella 3.13).

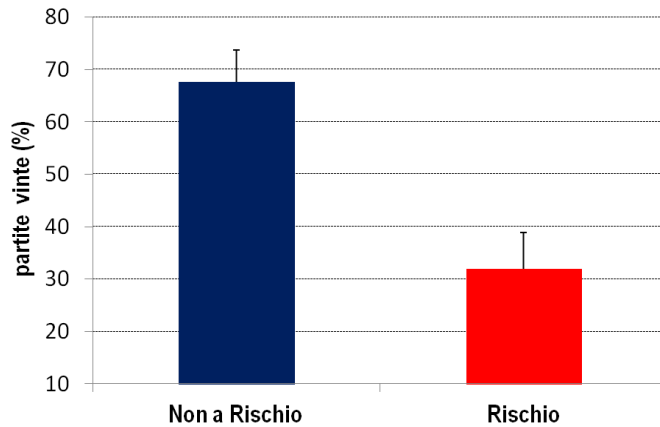


Tabella 3.13. Grafico che illustra la percentuale di partite vinte in media da ciascun gruppo nel Gioco dei Labirinti. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.

I Giochi delle Ricerche Visive (locale e globale)

Analizzando tramite t-test le performance relative ai tempi di risposta medi nella ricerca visiva locale (individua lo specifico target), le differenze nei tempi di risposta fra bambini a rischio (2423msec DS=174) e non a rischio (media 2225, DS=93) non risultano statisticamente significative. La stessa mancanza di differenze si ritrova anche nei punteggi relativi alla ricerca globale delle lettere, dove i bambini a rischio hanno dei tempi di risposta medi di 2287 msec (DS=315), comunque non statisticamente diversi dai tempi ottenuti dai bambini non a rischio, 2067 (DS=270). Le mancanze di differenze, sono forse riferibili alla relativa facilità delle prove utilizzate in questo livello di gioco.

Il Gioco dei Maghi

In questo gioco le prestazioni dei due gruppi sono state analizzate valutando il numero di prove svolte dai bambini per ciascun livello di difficoltà (corrispondenti agli intervalli inter-stimoli (ISI) che separavano la presentazione delle due lettere). Dalle analisi t-student condotte sulla quantità di partite giocate da ogni soggetto a ciascuna delle 3 condizioni del gioco, emergono delle differenze significative di gruppo nella prima condizione (i.e. ISI=200ms), $t_{(21)}=1,972$, $p=0,031$ e nella seconda condizione (ISI=80ms), $t_{(21)}=-2,492$, $p=0,021$ (Tabella 3.14).

Condizione	Gruppo	N	Media (DS)
ISI=200ms*	A Rischio	6	19,33(6,53)
	Non a Rischio	17	14,59(4,52)
ISI=80ms*	A Rischio	6	9,33(3,20)
	Non a Rischio	17	14,24(4,40)

Tabella 3.14. Statistiche di gruppo al Gioco dei Maghi relative al numero di partite giocate nella prima (ISI=200ms) e nella seconda condizione (ISI=80ms). Tra parentesi è riportata la DS rispetto alla media. L'asterisco indica le condizioni in cui le *performance* sono risultate significativamente diverse.

I bambini del gruppo a rischio svolgono un maggior numero di prove nella condizione più facile (i.e. ISI=200ms) rispetto ai bambini del gruppo non a rischio che, invece, svolgendo positivamente le prove di livello più basso, potevano giocare un maggior numero di prove nella seconda condizione (i.e. ISI=80ms). I risultati relativi all'ultima condizione (i.e. ISI=30ms) non evidenziano differenze significative tra i due gruppi (si veda il grafico in Tabella 3.15).

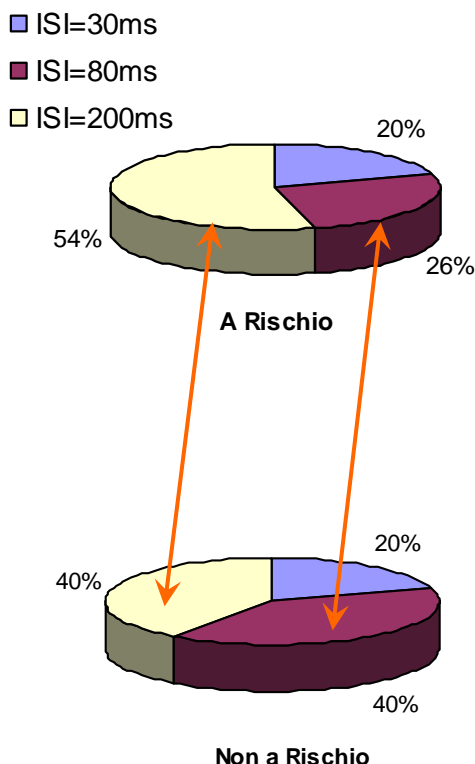


Tabella 3.15. Percentuali di partite giocate da ciascun gruppo ai diversi livelli di gioco raggiunti. I bambini a rischio tendono a compiere più errori nella prima condizione, ossia con ISI=200ms (in GIALLO) e di conseguenza giocano un numero maggiore di partite a tale livello.

Il Gioco di Pesci dietro i sassi

Relativamente ai tempi di risposta nella prova, al fine di raggiungere un numero sufficiente di prove è stata condotta un'analisi della varianza considerando complessivamente tutte le condizioni proposte (due e quattro sassi). Attraverso una ANOVA mista, si sono valutati i tempi di risposta durante il compito. Sono state considerate come variabile fra i gruppi il campione di appartenenza (i.e. Gruppo: a Rischio e Non a rischio) e come variabile entro i gruppi la validità dell'informazione fornita dall'indizio relativamente posizione di comparsa del target (Condizione: Valida, Invalida, Neutra). È quindi risultata una ANOVA 2 (Gruppo) * 3 (indizio). Dall'analisi è risultato significativo l'effetto principale della variabile Gruppo: $F_{(1,21)}=5,873$, $p=0,024$, indicando una differenza di performance fra i bambini a rischio (media 2067msec, DS=229ms) e non a rischio (media 1911ms, DS=170ms). I bambini a rischio sembrano globalmente più lenti nell'esecuzione del compito. Dalle analisi dei contrasti è risultata marginalmente significativa anche la duplice interazione Indizio spaziale per Gruppo: $F_{(1,21)}=3,113$, $p=0,092$, che consideriamo al fine di valutare il possibile diverso effetto dell'indizio nei due diversi gruppi. Il gruppo a rischio sembra avere un andamento differente nei tempi di reazione ai diversi tipi di indizio, rispetto al gruppo non a rischio. Mentre quest'ultimo mostra nei tempi di risposta il tipico effetto discendente fra le condizioni invalida, neutra e valida, il primo mostra un andamento in cui non sembrano essere presenti benefici per la condizione valida (il confronto tramite t-test fra i due gruppi in questa condizione risulta infatti significativo, $t_{(21)}=2,729$, $p=0,013$); inoltre il divario maggiore fra il gruppo a rischio e non a rischio sembra risiedere nella risposta in caso di indizio neutro (anche in questa condizione risultano significativamente diversi i tempi di risposta dei due gruppi, $t_{(21)}=3,164$, $p=0,005$). Le Tabelle 3.16 e 3.17 descrivono i risultati raggiunti. Il confronto fra i due gruppi relativo all'accuratezza nelle prove, ottenuto eseguendo un t test relativo ai punteggi di gioco, non è risultato significativo (gruppo non a rischio: media punteggio=7,4 DS=2; gruppo a rischio: media punteggio=7,2 DS=2,3), dimostrando comunque una simile accuratezza nello svolgimento del compito.

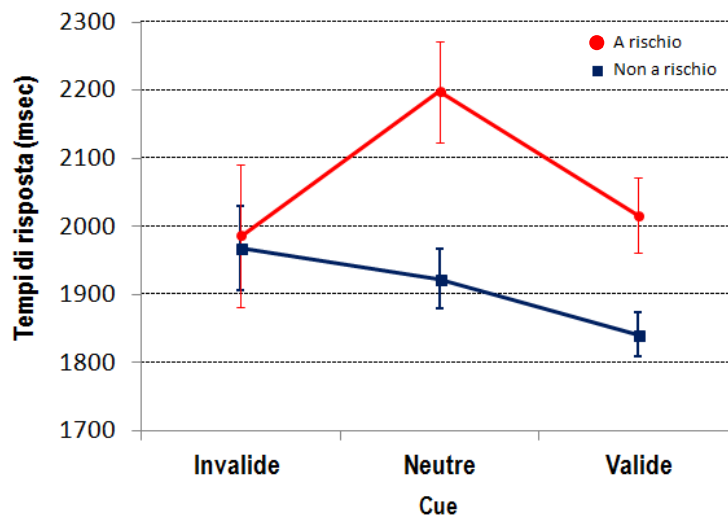


Tabella 3.17. Rappresentazione dei tempi di risposta dei due gruppi nel gioco dei pesci dietro i sassi. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.

Condizione	Gruppo	N	Media (DS)
INVALIDA	A Rischio	6	1987(394)
	Non a Rischio	17	1968(197)
NEUTRA*	A Rischio	6	2199(238)
	Non a Rischio	17	1924(162)
VALIDA*	A Rischio	6	2017(57)
	Non a Rischio	17	1842(151)

Tabella 3.17. Statistiche di gruppo al gioco dei pesci dietro i sassi relative ai tempi medi di risposta (msec) nelle 3 condizioni (*invalida*, *neutra* e *valida*). L'asterisco ed i dati in grassetto indicano le condizioni in cui le performance sono risultate significativamente diverse in seguito ad confronto pianificato eseguito tramite t-test.

Discussione

Le differenze nel numero di errori commesso dai componenti dei due gruppi nella prova carta-matita di ricerca visiva seriale, conferma la relazione dei risultati in questa prova con il rischio di sviluppo di DE (Facoetti, Corradi et al., 2010), dimostrando ancora una volta la relazione fra le funzioni visuo-attentive e le future abilità di lettura (Franceschini et

al., 2012). Non si ottiene invece lo stesso risultato con le ricerche visive non seriali, locale e globale, le differenze fra i due gruppi non sono significative a livello statistico. Tuttavia la mancanza di differenza, potrebbe essere facilmente spiegata dal ridotto numero di distrattori complessivo presentato al livello base di gioco sullo schermo (n=15), ed al basso rapporto in relazione al numero di target (1 target ogni 4 distrattori) fattori che potrebbero aver reso il compito troppo facile per entrambi i gruppi. L'importanza rivestita dalle abilità attentive è infatti riconfermata dai risultati nelle prove del gioco dei percorsi (labirinto di C), dove pur non essendo il compito di ricerca eseguito in modo ordinato e seriale sinistra-destra, bensì randomizzato in base alla sequenza delle aperture dei cerchi, i bambini a rischio ancora una volta dimostrano di dover spendere più tempo nell'analisi dello stimolo per decidere la successiva risposta. Tale dato risulta particolarmente importante perché al contrario del compito di ricerca visiva seriale, dove le differenze rilevate si potrebbero ipotizzare dovute ad una influenza delle istruzioni che il bambino in fase prescolare potrebbe già aver ricevuto dai genitori e dalle insegnanti sulle strategie per la futura lettura (dimostrando quindi semplicemente un vantaggio nell'esecuzione della prova per quei soggetti che in qualche modo sono già stati esposti alla lettura), in questo caso il totale svincolamento dalla direzione della lettura, fa ricadere le differenze di prestazioni proprio sul tempo di analisi dello stimolo (ed esclusione del rumore) e sul passaggio all'analisi dello stimolo successivo.

I punteggi ottenuti nel compito dei pesci dietro i sassi, variante del compito Posner (1980), rilevano un effetto principale del gruppo, che dimostra un tempo di esecuzione delle prove genericamente più lento da parte dei bambini a rischio di sviluppo di DE, che aprirebbe la strada ad una ipotesi di generale rallentamento delle abilità di processamento delle informazioni (Kail, 1991), ma non è da escludere neppure che il dato sia da riferire ad un più specifico deficit a livello del carico visuo-percettivo sostenibile dal bambino dislessico e dell'esclusione del rumore, che lo renderebbe più lento nel riconoscimento di stimoli presentati contemporaneamente sullo schermo (Lavie & Cox, 1997). Il marginale effetto di interazione fa la natura dell'indizio e del gruppo, lascia inoltre ipotizzare una maggiore difficoltà dei bambini a rischio DE nell'utilizzo dell'indizio in caso di condizione valida, ed una difficoltà nel ridimensionare in modo efficace il focus attentivo in caso di indizio neutro (Hari & Renvall, 2001; Facoetti & Molteni, 2001; Facoetti, Pagagnoni, Turatto et al., 2000; Facoetti et al., 2006; 2008; Laasonen et al., 2012), difficoltà compatibile con la teoria del carico percettivo.

Dal punto di vista delle competenze fonologiche, pur non ottenendo delle differenze significative nei due compiti di discriminazione di coppie di non parole e di fusione fonemica, il *mini game* relativo all'abilità di discriminazione di suoni presentati in rapida sequenza, mostra che i bambini non a rischio riescono a riconoscere l'ordine dei suoni presentati con maggior accuratezza di quanto non accada nei bambini a rischio, che a causa degli errori commessi, non riescono ad accedere alle prove di difficoltà più elevata (stimoli più ravvicinati fra loro). Questo dato, confermerebbe le ipotesi di Tallal (1980, 2004), relative ad una influenza delle abilità di rapido processamento delle informazioni uditive sulle successive abilità di lettura. La presentazione degli stimoli associata alla presenza delle lettere esplicitamente associate in alcune prove alla comparsa del suono, ci dovrebbe permettere in futuro di ottenere risultati positivi nel trattamento, lavorando in parte con metodi espliciti di associazione grafema-fonema (Alexander & Slinger-Constant, 2004).

I risultati ottenuti, complessivamente, indicano che buona parte delle prove sviluppate per un futuro training, se utilizzate per valutare il rischio di sviluppo di DE, risultano capaci di individuare differenze nelle competenze visuo-attentive ed uditive dei bambini attraverso le loro prestazioni di gioco. Questo permette di ipotizzare che le funzioni coinvolte nella lettura risultano effettivamente impiegate anche nella soluzione dei *mini game*. Le future ricerche verificheranno se l'impiego degli stessi per allenare le funzioni cognitive di interesse, potrà effettivamente ridurre l'incidenza e/o severità delle difficoltà di lettura nei soli bambini a rischio trattati.

Discussione generale

La lettura è una competenza unicamente sviluppata dall'uomo e riveste un ruolo cruciale nella società moderna, veicolando la possibilità di accedere alla cultura con metodi più classici, leggendo libri, o utilizzando strumenti più moderni di comunicazione, computer, tablet e cellulari per l'accesso alle informazioni diffuse nella rete. Un deficit nell'acquisizione di questa competenza si dimostra quindi particolarmente gravoso per un bambino, sia nel momento dell'apprendimento, che risulterà più difficoltoso e stressante, sia successivamente in ambito lavorativo e sociale.

Nella prima parte di questa tesi si è cercato di indagare quali siano le cause legate allo sviluppo della DE attraverso uno studio longitudinale; in una seconda parte si è valutata la possibilità di incrementare una specifica funzione cognitiva legata alle abilità di lettura, l'attenzione spaziale e temporale, mentre in una terza parte si è esposta la struttura di un trattamento sviluppato per l'incremento, in bambini prescolari, delle abilità cognitive riconosciute legate alla future abilità di lettura, ed anche i primi risultati ottenuti in relazione alla possibilità di utilizzare le sotto parti dello stesso per discriminare i bambini a rischio di sviluppo DE e non a rischio.

Il primo obiettivo di questa tesi era di dimostrare la necessità di inquadrare il disturbo dell'acquisizione delle competenze di lettura riconoscendone un'eziologia multifattoriale e di definire l'importanza delle diverse funzioni cognitive di base coinvolte nei processi di acquisizione delle abilità di lettura, in modo tale da poterne comprendere appieno i contributi e conseguentemente individuare i diversi momenti in cui ciascuna funzione, se deficitaria, può provocare un rallentamento o un'errata acquisizione delle strategie di decodifica fonologica.

Nella prima parte di questa tesi, attraverso uno studio longitudinale della durata di tre anni, si è dimostrata l'importanza delle competenze visuo-attentive durante i primi due anni di sviluppo delle abilità di lettura.

Due compiti, una ricerca visiva seriale, ed una variante del compito Posner (1980), svolti prima che il bambino accedesse alle Scuole Primarie, si sono dimostrati causalmente relati alle abilità di lettura sviluppate nei due anni successivi. Il numero di errori commessi nella ricerca visiva in età prescolare si è dimostrato discriminativo dei poveri lettori individuati al primo anno di Scuola Primaria e predittivo, assieme alle prestazioni nel compito Posner, delle performance di lettura dell'intero campione di bambini nello stesso anno e l'anno successivo. Questi dati lasciano ipotizzare che uno o più dei meccanismi attenzionali alla base dello svolgimento di questo compito (allerta, orientamento ed analisi dello

stimolo) possano essere coinvolti nell'acquisizione di adeguate capacità di lettura. Il secondo compito, variante del compito Posner, ci ha guidato in modo più specifico verso l'individuazione di un deficit specifico nell'orientamento automatico dell'attenzione, che impedisce ai futuri poveri lettori di riconoscere con la stessa accuratezza uno stimolo preceduto da un rapido indizio visivo periferico. All'interno dello stesso studio si è evidenziata inoltre l'importanza delle abilità fonologiche e delle abilità associative, anch'esse causalmente relate con le abilità di lettura successivamente sviluppate.

Con questa ricerca si sono quindi confermati i dati presenti in parte della letteratura, relativi ad una visione multifattoriale delle cause della DE (Brunswick, et al., 2012; Menghini et al., 2010; Pernet et al., 2009; Siok, et al., 2009; Boden & Giaschi, 2007), ma in particolare si sono mostrate le influenze delle funzioni attentive (Plaza & Cohen, 2005; 2007; Facoetti, Corradi et al., 2010), specificatamente dell'orientamento del fuoco attentivo, il cui funzionamento è ipotizzabile esser connesso all'integrità della via magnocellulare, che sappiamo essere alla base dei meccanismi di esplorazione dello spazio (Kevan & Pammer, 2009; Vidyasagar & Pammer, 2010).

Individuato tale importante *core deficit* della DE, nella seconda parte del progetto si è indagata l'influenza di un incremento delle funzioni attentive sulle abilità di lettura. Si è optato per uno strumento che potesse essere facilmente utilizzato con i bambini e che quindi non prevedesse la ripetitività delle tecniche caratterizzanti, ad esempio, il *perceptual learning*. Si è quindi seguito il filone della letteratura relativo all'aumento delle abilità attentive legato all'utilizzo di *action video game* (Green & Bavelier, 2003; Hubert-Wallander, Green & Bavelier, 2010; Castel et al., 2005; Feng et al., 2007). Oltre ad una alta fruibilità per la nostra tipologia di soggetti, ed una dimostrata efficacia con training di breve durata (Greenfield et al., 1994; Green & Bavelier, 2003; si veda il caso di un trattamento più lungo per lo sviluppo di una maggiore acuità visiva in Li, et al., 2009; e per risultati diversi Boot et al., 2008; Murphy & Spencer, 2009), l'utilizzo di *video game* ci ha permesso di ottenere un metodo di trattamento completamente scevro dall'influenza di variabili fonologiche, rendendo il trattamento puramente rivolto alle funzioni attentive.

I risultati ottenuti con soggetti adulti videogiocatori e non videogiocatori (privi di problematiche nella lettura), hanno evidenziato che in due varianti di un compito attentivo, che in soggetti dislessici si rivela correlato alle abilità di lettura (Bosse et al., 2007), i videogiocatori dimostrano di possedere uno span attentivo ed un'abilità di focalizzazione

dell'attenzione maggiore di quella dei soggetti che non hanno mai utilizzato *video game*, comprovando che anche in questa tipologia di compiti si osservano le differenze descritte in letteratura in altre prove attenzionali. Questi risultati ci hanno permesso di ipotizzare di poter utilizzare gli *action video game* per incrementare le stesse funzioni attentive in bambini dislessici, di ottenere anche in questa popolazione un simile o più ampio risultato in termini attenzionali, quindi un effetto indiretto di aumento delle abilità di lettura.

La sperimentazione con i gruppi di bambini con DE ha dimostrato la possibilità di incrementare in modo significativo le abilità di lettura di coloro che nel trattamento utilizzavano gli *action video game*. Tali incrementi si sono dimostrati causalmente relati alle variazioni osservate nelle abilità visuo-attentive di distribuzione e focalizzazione dell'attenzione, ed agli incrementi nell'allerta dimostrati in una variante cross modale del compito Posner. I miglioramenti ottenuti nei compiti di distribuzione dell'attenzione su una stringa di simboli e di focalizzazione su di un simbolo specifico, confermano quanto evidenziato dalla letteratura relativa ad un focus attentivo con distribuzione alterata nei dislessici (Bosse et al., 2007), risultante in genere deficitario in zone parafoveali ed eccessivamente svincolato da effetti di mascheramento in posizioni periferiche; i dati relativi alla prova di focalizzazione su di uno specifico target nella stringa confermano quanto già noto in relazione alle difficoltà di dimensionamento del focus attentivo (Facoetti & Molteni, 2001; Geiger et al., 2008). Risulta inoltre interessante mettere in relazione i risultati ottenuti con le evidenze esposte in letteratura da Geiger (Geiger et al., 1994). L'autore ipotizza che i dislessici sviluppino un focus attentivo distribuito in modo erroneo nello spazio, nel quale i meccanismi di *crowding* risulterebbero influire in modo disadattivo sulla lettura. Geiger dimostra che tale focus può essere efficacemente ridistribuito (ottenendo incrementi di performance nella lettura) attraverso un trattamento dove si utilizzano, oltre ad altri strumenti, guide esplicite per il posizionamento dello sguardo e dell'attenzione in specifici punti della stringa di lettere durante la lettura (Geiger et al., 1994).

E' importante evidenziare che una letteratura tutt'altro che recente già invitava ad utilizzare strategie di intervento in parte simili, con soggetti con un vocabolario intatto ma con difficoltà visuo-attentive (Poppelreuter, 1917, in Schuett et al., 2008). Il trattamento da noi utilizzato quindi si potrebbe considerare come una continuazione di questa tipologia di trattamenti, confermando l'efficacia di interventi volti ad incrementare le

competenze attentive, escludendo un possibile effetto derivante più semplicemente dall'utilizzo di materiale linguistico od ortografico.

Una utile chiave di lettura dei dati ottenuti e dei dati presenti in letteratura è fornita da Green (Green, Li & Bavelier, 2009) il quale ipotizza che una migliore elaborazione ed interpretazione delle informazioni provenga da una migliore analisi dello stimolo in ingresso ed una ricalibrazione della modalità di estrazione del segnale, che coinvolgerebbe meccanismi dell'esecutivo centrale e quindi delle aree prefrontali. Tale interpretazione non è di fatto in conflitto con quanto esposto precedentemente e con le teorie riguardo alle difficoltà di elaborazione dell'informazione da parte dei bambini con DE (Hartley & Moore, 2002). Non è inoltre da escludere, viste le caratteristiche dei *video game action*, che il training realizzato con i bambini, sia andato ad allenare il funzionamento della via magnocellulare dorsale, deputato all'elaborazione degli stimoli periferici transienti rapidi.

Si è evidenziato quindi in questa seconda parte della ricerca la possibilità di intervenire efficacemente sulle funzioni di lettura anche semplicemente agendo sulle competenze attenzionali. I dati ottenuti aprono la strada ad un nuovo modo di intervenire su casi di DE già diagnosticata, prevedendo la possibilità di unire ai possibili guadagni nelle abilità di lettura derivanti dall'incremento delle pure abilità attentive, i guadagni ottenibili attraverso i metodi di trattamento orientati a colmare le lacune nella consapevolezza fonologica e nelle abilità associative (Tressoldi et al, 2008, 2012).

Unendo i dati relativi all'importanza delle funzioni visuo-attentive, alla letteratura riguardante l'efficacia dei trattamenti basati sull'incremento delle abilità fonologiche e sull'esplicito intervento sulle competenze associative (grafema-fonema) dei bambini (Alexander & Slinger-Constant, 2004), si è lavorato nella terza parte del progetto alla realizzazione di uno strumento di intervento abilitativo, cioè di prevenzione dello sviluppo di difficoltà di lettura, che lavorasse su più meccanismi, attentivi, fonologici ed associativi. Perseguendo un'ottica di massima fruibilità, si è deciso di sviluppare il trattamento veicolandolo in un *serious game*, sfruttando la collaborazione con il Dipartimento di Matematica dell'Università di Padova.

Sono stati implementati una serie di *mini game* volti ad allenare le funzioni sopra descritte. In occasione della prova di giocabilità richiesta dai colleghi del Dipartimento di Matematica, si sono raccolti i dati relativi ad un'unica sessione di gioco (il trattamento prevedrebbe un utilizzo continuativo per circa un mese con sedute giornaliere di circa venti minuti). Ai genitori dei bambini è stato richiesto di compilare il questionario ADCL (Vinegrad,

1994), che ci ha permesso di individuare i bambini a rischio di sviluppo di DE e dimostrare che questi, in parte dei *mini game* somministrati, risultavano ottenere performance significativamente diverse da quelle dei bambini non a rischio di problematiche di lettura. In particolare, si sono confermate le difficoltà in compiti di distribuzione dell'attenzione, valutate tramite un particolare labirinto composto da una serie di cerchi aperti, ed ancora una volta in una variante del compito Posner, dove si è rilevato un generale rallentamento dei tempi di risposta ed una mancanza dell'effetto di facilitazione legato al rapido utilizzo di indizi visivi periferici. Anche in un compito di valutazione di giudizio di ordine temporale (Tallal, 1980, 2004), i bambini a rischio hanno dimostrato di possedere minori competenze nella discriminazione dell'ordine di presentazione dei suoni rispetto ai bambini non a rischio.

I risultati ottenuti in questa somministrazione sono ovviamente resi di più difficile interpretazione, vista l'elevato numero di variabili manipolate nello stesso momento nei *mini game* (dovuto al fatto che tali *mini game* non sono stati sviluppati in un'ottica di utilizzo diagnostico o di stima di rischio, ma per un utilizzo a livello clinico); si può comunque ancora una volta confermare, visti i risultati nelle prove attentive e fonologiche, l'influenza di molteplici fattori nel determinare il corretto sviluppo delle abilità di lettura. I risultati permettono di confidare, vista l'efficacia dimostrata nel testare le diverse funzioni, nella possibilità di ottenere degli incrementi nelle funzioni di interesse e di ridurre di conseguenza il rischio di sviluppo di DE nei bambini che prenderanno parte ad un trattamento. Di fatto, già esistono in letteratura evidenze relative agli importanti effetti che si possono ottenere sul successivo sviluppo delle abilità di lettura intervenendo sui fattori predittivi (Lovio et al., 2012) e più in generale su numerose competenze lavorando su meccanismi attenzionali (Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno & Posner, 2005).

BIBLIOGRAFIA

- Alexander, A.W. & Slinger-Constant, A.M. (2004). Current status of treatments for dyslexia: critical review. *Journal of Child Neurology*, 19, 744-58.
- Allamandri, V., Brenbati, F., Donini, R., Iozzino, R., Ripamonti, I., Vio C., Mattiuzzo T. & Tressoldi, P.E. (2007). Trattamento della dislessia evolutiva: un confronto multicentrico di efficacia ed efficienza, *Dislessia*, 4, 143-162.
- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th Edition). DC author, Washington.
- Associazione Italiana Dislessia (2002). *La Dislessia raccontata agli insegnanti*. Libri Liberi, Firenze.
- Averbach, E. & Coriell, A.S. (1961). Short-term memory in vision. *Bell Systems Technical Journal*, 40, 309-328.
- Bakker, D.J. (1992). Neuropsychological classification and treatment of dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 25,102-109.
- Bednarek, D.B., Saldana, D., Quintero-Gallego, E., Garcia, I., Grabowska, A. & Gomez, C.M. (2004). Attentional deficit in dylsexia: a general or specific impairment? *Neuroreport*, 1, 1787-1790.
- Ben-Yehudah, G., Sackett, E., Malchi-Ginzberg, L. & Haissar, M. (2001). Impaired temporal contrast sensitivity in dyslexic is specific to retain-and-compare paradigms. *Brain*, 124, 1381-95.
- Bishop D.V.M. & Snowling, M.J.(2004). Developmental dyslexia and specific Llanguage impairment: Same or Different? *Psychological Bulletin*, 130, 858-886.
- Blau, V., Reithler, J., van Atteveldt, N., Seitz, J., Gerretsen, P., Goebel, R. & Blomert, L. (2010). Deviant processing of letters and speech sounds as proximate cause of reading failure: a functional magnetic resonance imaging study of dyslexic children. *Brain*, 133, 868-879.
- Blau, V., van Atteveldt, N., Ekkebus, M., Goebel, R., & Blomert, L. (2009). Reduced neural integration of letters and speech sounds links phonological and reading deficits in adult dyslexia. *Current Biology*, 24, 503-508.
- Blomert, L. & Willems, G. (2010). Is there a causal link from a phonological awareness deficit to reading failure in children ad familiar risk for Dyslexia? *Dylslexia*, 16, 300-317.
- Blomert, L. (2011). The neural signature of orthographic-phonological binding in successful and failing reading development. *Neuroimage*, 57, 695-703.
- Boden, C., & Giaschi, D. (2007). M-stream deficits and reading-related visual processes in developmental dyslexia. *Psychological Bulletin*, 133, 346-366.

- Boder, E. (1973). Developmental dyslexia: a diagnostic approach based on free atypical reading spelling patterns. *Developmental Medical and Child Neurology*, 15, 663-687.
- Boets, B., Wouters, J., van Wieringen, A. & Ghesquière, P. (2007). Auditory processing, speech perception and phonological ability in pre-school children at high risk for dyslexia: A longitudinal study of the auditory temporal processing theory. *Neuropsychologia*, 45, 1608–1620.
- Boets, B., Wouters, J., van Wieringen, A., De Smedt, B. & Ghesquiere, P. (2008). Modelling relations between sensory processing, speech perception, orthographic and phonological ability, and literacy achievement. *Brain and Language*, 106, 29-40.
- Boot, W.R., Blakely, D.P., & Simons, D.J. (2011). Do action video games improve perception and cognition? *Frontiers in Psychology*, DOI: 10.3389/fpsyg.2011.00226
- Boot, W.R., Kramer, A.F., Simons, D.J., Fabiani, M. & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129, 387-398.
- Bosse, M.L., Tainturier, M.J. & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104, 198-230.
- Bowey, J.A. (2005). Predicting individual differences in learning to read. In *The science of reading: a handbook*, M.J. Snowling and C. Hulme, eds (Blackwell, Hong Kong), pp. 155–172.
- Brachacki, G.W.Z., Nicolson, R.I. & Fawcett, A.J. (1995). Impaired recognition of traffic signs in adults with dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 28, 297-308.
- Bradley, L. & Bryant, P. (1983). Categorizing sound and learning to read: a casual connection. *Nature*, 301, 419-421.
- Brunswick, N., Martin, G.N. & Rippon, G. (2012). Early cognitive profiles of emergent readers: a longitudinal investigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 268-285.
- Buchholz, J. & McKone, E. (2004). Adults with dyslexia show deficits on spatial frequency doubling and visual attention tasks. *Dyslexia*, 10, 24–43.
- Bush, G., Luu, P. & Posner, M.I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Science*, 4, 215-222.
- Byrne, B., Fielding-Barnsley, R., Ashley, L. & Larsen, K. (1997). Assessing the child's and the environment's contribution to reading acquisition: what we know and what we don't know. In B. Blachman (eds). *Foundation of Reading Acquisition and Dyslexia: Implications for early intervention*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 265-286.

- Carrasco, M., Ling, S., & Read, S. (2004). Attention alters appearance. *Nature Neuroscience*, 7, 308-313.
- Carriero, L., Vio, C. & Tressoldi, P.E. (2001). COST: un progetto europeo per lo studio della dislessia e la valutazione delle prime fasi di apprendimento della lettura. *Psicologia Clinica dello Sviluppo*, 2, 261,272.
- Casco, C., Tressoldi, P. & Dellantonio, A. (1998). Visual selective attention and reading efficiency are related in children. *Cortex*, 34, 531-546.
- Castel, A.D., Pratt, J. & Drummond, E. (2005). The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search. *Acta psychologica*, 119, 217-230.
- Castles, A. & Coltheart, M. (1993). Varieties of developmental dyslexia, *Cognition*, 47, 149-180.
- Cestnick, L. & Coltheart, M. (1999). The relationship between language-processing and visual-processing deficit in developmental dyslexia. *Cognition*, 71, 231-255.
- 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.
- 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.
- Cornoldi, C. & Colpo, G. (1998). *Prove di lettura MT per la scuola elementare*, Organizzazioni Speciali, Firenze.
- De Smet, H.J., Bailieux, H., De Deyen, P.P., Mariën, P. & Paquier, P. (2011). The Cerebellum and Language: The story so far. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 59, 165-170.
- Denckla, M. & Rudel, R.G. (1976). Rapid "automatized" naming (RAN): dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*, 14, 471-479.
- Di Lollo, V., Hanson, D. & McIntyre, J.S. (1983). Initial stages of visual information processing in dyslexia. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 623-935.
- Dye M.W.G. & Bavelier, D. (2010). Differential development of visual attention skills in school-age children. *Vision Research*, 50, 452-459.
- Dye, M.W.G., Green, C.S. & Bavelier, D. (2009a). The development of attention skills in action video game players. *Neuropsychologia*, 46, 1780-1789.
- Dye, M.W.G., Green, C.S. & Bavelier, D. (2009b). Increasing speed of processing with action video games. *Current Directions in Psychological Science*, 18, 321-326.

- 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, 482-494.
- Eden, G.F. & Zeffiro, T.A. (1998). Neural systems affected in developmental dyslexia revealed by functional neuroimaging. *Neuron*, 21, 279-282.
- Ehri, L.C., Nunes, S.R., Willows, D.M., Schuster, B., Yaghoub-Zadeh, Z. & Shanahan, T. (2001). Phonemic Awareness instruction helps children learn to read: evidence from the national reading panel's meta-analysis. *Reading Research Quarterly*, 36, 250-287.
- Elbro, C. (1996). Early linguistic abilities and reading development: a review and a hypothesis. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 8, 453-485.
- Elbro, C., Borstrom, I. & Petersen, D.K. (1998). Predicting dyslexia from kindergarten: The importance of distinctiveness of phonological representation of lexical items. *Reading Research Quarterly*, 33, 36-60.
- Enns, J.T. & Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking? *Trends in Cognitive Science*, 4, 345-352.
- Facoetti A (2012). Spatial Attention Disorders in Developmental Dyslexia: Towards the Prevention of Reading Acquisition Deficits. In J. Stein & Z. Kapoula, 'Visual Aspect of Dyslexia', Oxford University Press, Oxford, 8, 131-138.
- Facoetti A., Lorusso M.L., Paganoni P., Umiltà C. & Mascetti G.G. (2003). The role of visuospatial attention in developmental dyslexia: evidence from rehabilitation study. *Cognitive Brain Research*, 15, 154-164.
- Facoetti, A. & Molteni, M. (2001). The gradient of visual attention in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 39, 352-357.
- Facoetti, A. & Turatto, M. (2000). Asymmetrical visual field distribution of attention in dyslexic children: a neuropsychological study. *Neuroscience Letters*, 290, 216-218.
- Facoetti, A. (2004). Reading and selective spatial attention: Evidence from behavioral studies in dyslexic children. In H. D. Tobias (Ed.), *Trends in Dyslexia Research*, New York, Nova Science Publishers, 35-71.
- Facoetti, A. (2007). Il ruolo dell'attenzione visiva spaziale nell'apprendimento della lettura. In: Maffioletti S., Pregliasco, R. & Ruggeri, L. *Il bambino e le abilità di lettura: il ruolo della visione*: Franco Angeli Editore, Milano, 177-190.
- Facoetti, A., Corradi, N., Ruffino, M., Gori, S. & Zorzi, M. (2010). Visual spatial attention and speech segmentation are both impaired in preschoolers at familial risk for developmental dyslexia. *Dyslexia*, 16, 226-239.
- Facoetti, A., Lorusso, M.L., Cattaneo, C., Galli, R. & Molteni, M. (2005). Visual and auditory attentional capture are both sluggish in children with developmental dyslexia. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 65, 61-72.

- Facoetti, A., Paganoni, P. & Lorusso, M. L. (2000). The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Experimental Brain Research*, 132, 531-538.
- Facoetti, A., Paganoni, P., Turatto, M., Marzola, V. & Mascetti, G.G. (2000). Visuo-spatial attention in developmental dyslexia. *Cortex*, 36, 109-123.
- Facoetti, A., Ruffino, M., Peru, A., Paganoni, P. & Chelazzi, L. (2008). Sluggish engagement and disengagement of non-spatial attention in dyslexic children. *Cortex*, 44, 1221-1233.
- Facoetti, A., Trussardi, A.N., Ruffino, M., Lorusso, M.L., Cattaneo, C., Galli, R., Molteni, M. & Zorzi, M. (2010). Multisensory spatial attention deficits are predictive of phonological decoding skills in developmental dyslexia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 1011-1025.
- Facoetti, A., Zorzi, M., Cestnick, L., Lorusso, M.L., Molteni, M., Paganoni, P., Umiltà, C. & Mascetti, G.G. (2006). The relationship between visuospatial attention and non-word reading in developmental dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 23, 841-855.
- Fahle, M. (2004). Perceptual learning: A case for early selection. *Journal of Vision*, 4, 879-890.
- Felmingham, K.L. & Jakobson, L.S. (1995). Visual and visuomotor performance in dyslexic children. *Experimental Brain Research*, 106, 467-74.
- Feng, J., Spence, I. & Pratt, J. (2007). Playing an action video games reduce gender differences in spatial cognition. *Psychological science*, 18, 850-855.
- Ferretti, G., Mazzotti, S., & Brizzolara, D. (2008). Visual scanning and reading ability in normal and dyslexic children. *Behavioral Neurology*, 19, 87-92.
- Franceschini S., Gori S., Ruffino M., Pedrolli K., & Facoetti A. (2012). A Causal Link between Visual Spatial Attention and Reading Acquisition. *Current Biology*, 22, 814-819.
- Franceschini S., Gori S., Ruffino M., Viola S. & Facoetti A. (2013). Action Video Games Make Dyslexic Children Read Better. *Current Biology*, In press.
- Gaggi, O., Galiazzo, G., Palazzi, C., Facoetti, A. & Franceschini, S. (2012). A serious game for predicting the risk of Developmental Dyslexia in pre-readers children. *Computer Communications and Networks (ICCCN)*, 1, 1-5.
- Galaburda, A.M., LoTurco, J., Ramus, F., Fitch, R.H. & Rosen, G.D. (2006). From genes to behavior in developmental dyslexia. *Nature Neuroscience*, 9, 1213-1217.
- Galiazzo, G. (2012). Portable Rich Internet Application: un caso di studio applicato ai videogiochi. Tesi di laurea non pubblicata, Università degli Studi di Padova.

- Geiger, G. & Lettvin, J.Y. (1987). Peripheral vision in persons with dyslexia. *New England Journal of Medicine*, 316, 1238-1243.
- Geiger, G. & Lettvin, J.Y. (2000). Developmental dyslexia: A different perceptual strategy and how to learn a new strategy for reading. *Saggi Child Development and Disabilities*, 26, 73-89.
- Geiger, G., Cattaneo, C., Galli, R., Pozzoli, U., Lorusso, M.L., Facchetti, A. & Molteni, M. (2008). Wide and diffuse perceptual modes characterizes dyslexics in vision and audition. *Perception*, 7, 1745-1764.
- Geiger, G., Lettvin, J.Y. & Fahle, M. (1994). Dyslexic children learn a new strategy for reading: a controlled experiment. *Vision Research*, 34, 1223-1233.
- Goswami, U. (2003). Why theories about developmental dyslexia require developmental designs. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 7, 534-540.
- Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 3-10.
- Green, C.S. & Bavelier, D. (2006a) Enumeration versus multiple object tracking: the case of action video game players. *Cognition*, 101, 217-245.
- Green, C.S. & Bavelier, D. (2006b). Effects of action video game playing on the spatial distribution of visual selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 1465-1478.
- Green, C.S. & Bavelier, D. (2007). Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychological Science*, 18, 88-94.
- Green, C.S. & Bavelier, D. (2012). Learning, control, and action video games. *Current Biology*, 22, R197-R206.
- Green, C.S., Li, R. & Bavelier, D. (2009). Perceptual learning during action video game playing. *Topics in Cognitive Science*, 2, 1-15.
- Green, C.S., Pouget, A. & Bavelier, D. (2010). Improved probabilistic inference as a general learning mechanism with action video Games. *Current biology*, 20, 1573-1579.
- Greenfield, P.M., DeWinstanley, P., Kilpatrick, H. & Kaie, D. (1994). Action video games and informal education: effects on strategies for dividing visual attention. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15, 105-123.
- Griffith, J.L., Voloschin, P., Gibb, G.D. & Bailey, J.R. (1983). Differences in eye-hand motor coordination of video-game users and non-users. *Perceptual & Motor Skills*, 57, 155-158.
- Gross-Glenn, K., Skottun, B.C., Glenn, W., Kushch, A., Lingua, R., Dunbar, M., Jallad, B., Lubs, H.A., Levin, B., Rabin, M., et al. (1995). Contrast sensitivity in dyslexia. *Visual Neuroscience*, 12, 153-163.

- Habib, M. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia. *Brain*, 123, 2373-2399.
- Hari, H. & Kovikko, H. (1999). Left-sided minineglect and attentional sluggishness in dyslexic adults. *Society for Neuroscience abstract*, 25, 1634.
- Hari, R., & Renvall, H. (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends in Cognitive Science*, 5, 525–532.
- Hari, R., Renvall, H. & Tanskanen, T. (2001). Left minineglect in dyslexic adults. *Brain*, 124, 1373-1380.
- Harm, M.W., McCandliss, B.D. & Seidenberg, M.S. (2003). Modeling the successes and failures of interventions for disabled readers. *Scientific Studies of Reading*, 7, 155-183.
- Hartley, D.E. & Moore, D.R. (2002). Auditory processing efficiency deficit in children with developmental language impairments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 112, 2962-2966.
- Hatcher, P.J., Hulme, C. & Snowling, M.J. (2004). Explicit phonological training combined with reading instructions helps young children at risk of reading failure. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45, 338-358.
- Hoefl, F., Hernandez, A., McMillon, G., Taylor-Hill, H., Martindale, J.L., Meyler, A., Keller, T.A., Siok, W.T., Deutsch, G.K., Just, M.A., Whitfield-Gabrieli, S. & Gabrieli, J.D. (2006). Neural basis of dyslexia: A comparison between dyslexic and nondyslexic children equated for reading ability. *Journal of Neuroscience*, 26, 10700-10708.
- Hubert-Wallander, B. Green, C.S. & Bavelier, D. (2010). Stretching the limits of visual attention: the case of action video games. *WIREs Cognitive science*, Wiley, 1, 1-9.
- Hubert-Wallander, B. Green, C.S., Sugarman, M. & Bavelier, D. (2011). Changes in search rate but not in the dynamics of exogenous attention in action video game players. *Attention, Perception & Psychophysics*, 73, 2399-2412.
- Hulme, C. (1981). *Reading retardation and multi-sensory teaching*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Jednoróg, K., Marchewka, A., Tacikowski, P., Heim, S. & Grabowska, A. (2011). Electrophysiological evidence for the magnocellular-dorsal pathway deficit in dyslexia. *Developmental Science*, 14, 873-880.
- Kail, R. (1991). Development of processing speed in childhood and adolescence. *Advances in Child Development and behavior*, 23, 151-185.
- Karmiloff-Smith, A. (1998) Development itself is the key to understanding developmental disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 389-398.

- Kennedy, A. & Pynte, J. (2005). Parafoveal-on-foveal effects in normal reading. *Vision Research*, 45, 153-168.
- Kevan, A. & Pammer, K. (2009). Predicting early reading skills from pre-reading measures of dorsal stream functioning. *Neuropsychologia*, 47, 3174-3181.
- Kevan, A., & Pammer, K. (2008). Visual processing deficits in preliterate children at familial risk for dyslexia. *Vision Research*, 48, 2835-2839.
- Krishnan L., Kang A., Sperling G. & Srinivasan, R. (2012). Neural Strategies for Selective Attention Distinguish Fast-Action Video Game Players. *Brain Topography*, DOI 10.1007/s10548-012-0232-3.
- Kujala, J., Pammer, K., Cornelissen, P., Roebroek, A., Formisano, E. & Salmelin, R. (2007). Phase coupling in a cerebro-cerebellar network at 8-13 hz during reading. *Cerebral Cortex*, 17, 1476-1485.
- Kujala, T., Karma, K., Ceponiene, R., Belitz, S., Turkkila, P., Tervaniemi, M. & Näätänen, R. (2001). Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98, 10509-10514.
- Laasonen, M., Salomaa, J., Cousineau, D., Leppämäki, S., Tani, P., Hokkanen, L. & Dye, M. (2012). Project DyAdd: visual attention in adult dyslexia and ADHD. *Brain and Cognition*, 80, 311-327.
- Lallier, M., Tainturier, M.J., Dering, B., Donnadieu, S., Valdois, S. & Thierry, G. (2010). Behavioral and ERP evidence for amodal sluggish attentional shifting in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 48, 4125-4135.
- Lavie, N. & Cox, S. (1997). On the efficiency of visual selective attention: efficient visual search leads to inefficient distractor rejection. *Psychological Science*, 8, 395-398.
- Leppanen, U., Aunola, K., Niemi, P. & Nurmi, J.E. (2008). Letter knowledge predicts Grade 4 reading fluency and reading comprehension. *Learning and Instruction*, 18, 548-564.
- Lervåg, A. & Hulme, C. (2009). Rapid automatized naming (RAN) taps a basic constraint on the development of early reading fluency. *Psychological Science*, 20, 1040-1048.
- Lervåg, A., Bråten, I. & Hulme, C. (2009). The cognitive and linguistic foundations of early reading development: A Norwegian latent variable longitudinal study. *Developmental Psychology*, 45, 764-781.
- Li, R., Polat, U., Makous, W. & Bavelier, D. (2009). Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training. *Nature Neuroscience*, 12, 549-551.
- Li, R., Polat, U., Scalzo, F. & Bavelier, D. (2010). Reducing backward masking through action game training. *Journal of vision*, 33 1-13.

- Liu, T., Fuller, S. & Carrasco, M. (2006). Attention alters the appearance of motion coherence. *Psychonomic bulletin & Review*, 13, 1091-1096.
- Lorusso, M.L., Facoetti, A., Paganoni, P., Pezzani, M. & Molteni, M. (2006). Effects of visual hemisphere-specific stimulation versus reading-focused training in dyslexic children, *Neuropsychological Rehabilitation*, 16, 194-212.
- Lovett, M.W., Steinbach, K.A. & Frijters, J.C. (2000). Remediating the core deficits of developmental reading disability: a double deficit perspective. *Journal of Learning Disabilities*, 33, 334-358.
- Lovio, R., Halttunen, A., Lyytinen, H., Näätänen, R. & Kujala, T. (2012). Reading skill and neural processing accuracy improvement after a 3-hour intervention in preschoolers with difficulties in reading-related skills, *Brain Research*, 11, 42-55.
- Lyytinen, H., Erskine, J., Kujala, J., Ojanen, E. & Richardson, U. (2009). In search of a science-based application: A learning tool for reading acquisition. *Scandinavian Journal of Psychology*, 50, 668-675.
- Marino, C., Giorda, R., Vanzin, L., Nobile, M., Lorusso, M.L., Baschirotto, C., Riva, L., Molteni, M. & Battaglia, M. (2004). A locus on 15q15-15qter influences dyslexia: further support from a transmission/disequilibrium study in an Italian speaking population. *Journal of Medical Genetics*, 41, 42-46.
- Marotta, L., Ronchetti, C., Trasciani, M., & Vicari, S. (2004). *CMF: valutazione delle competenze meta fonologiche*. Erickson, Trento.
- Marshall, J.C. & Newcombe, F. (1973). Patterns of paralexia: A psycholinguistic approach. *Journal of Psycholinguistic Research*, 2, 175-199.
- McClurg, P.A., & Chaillé, C. (1987). Computer games: Environments for developing spatial cognition. *Journal of Educational Computing Research*, 3, 95-111.
- Menghini, D., Finzi, A., Benassi, M., Bolzani, R., Facoetti, A., Giovagnoli, S., Ruffino, M. & Vicari, S. (2010). Different underlying neurocognitive deficits in developmental dyslexia: a comparative study. *Neuropsychologia*, 48, 863-872.
- Mishra, J., Zinni, M., Bavelier, D. & Hillyard, S.A. (2011). Neural basis of superior performance of action videogame players in an attention-demanding task. *Journal of Neuroscience*, 31, 992-998.
- Montgomery, C.R., Morris, R.D., Sevcik, R.A. & Clarkson, M.G. (2005). Auditory backward masking deficits in children with reading disabilities. *Brain and Language*, 95, 450-456.
- Murphy, K. & Spencer, A. (2009). Playing video games does not make for better visual attention skills. *Journal of Articles in Support of the Null Hypothesis*, 6, 1-20.

- Nation, K., and Hulme, C. (2011). Learning to read changes children's phonological skills: evidence from a latent variable longitudinal study of reading and nonword repetition. *Developmental Science*, 14, 649-659.
- Nelson, R.A. & Strachan, I. (2009). Action and puzzle video games prime different speed/accuracy tradeoffs. *Perception*, 38, 1678-1687.
- Neuhaus, G., Foorman, B.R., Francis, D.J. & Carlson, C.D. (2001). Measures of information processing in rapid automatized naming (RAN) and their relation to reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 78, 359-373.
- Neuhaus, G.F., and Swank, P.R. (2002). Understanding the relations between RAN letters subtest components and word reading in first grade students. *Journal of Learning Disabilities*, 35, 158-164.
- Nicolson R.I. & Fawcett, A.J. (1994). Reaction times and dyslexia. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47, 29-48.
- Nicolson, R.I. & Fawcett, A.J. (2011). Dyslexia, dysgraphia, procedural learning and the cerebellum. *Cortex*, 47, 117-127.
- Nicolson, R.I. & Fawcett, A.J. (2000). Long-term learning in dyslexic children. *Journal of Cognitive Psychology*, 12, 357-393.
- Ophir, E., Nass, C. & Wagner, A. (2009). Cognitive control in media multi-taskers. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106, 15583-15587.
- Pammer, K. & Kevan, A. (2007). The contribution of visual sensitivity, phonological processing, and nonverbal IQ to children's reading. *Scientific Studies of Reading*, 11, 33-53.
- Pammer, K. & Vidyasagar, T.R. (2005). Integration of the visual and auditory networks in dyslexia: a theoretical perspective. *Journal of Research in Reading*, 3, 320-331.
- Pammer, K., Connell, E. & Kevan, A. (2010). Reading and spelling: Using visual sensitivity to explore separate or dual orthographic mechanisms. *Perception*, 39, 387-406.
- Parasuraman, R., Greenwood, P.M., Kumar, R. & Fossella, J. (2005). Beyond heritability: Neurotransmitter genes differentially modulate visuospatial attention and working memory. *Psychological Science*, 16, 200-207.
- Pernet, C., Andersson, J., Paulesu, E. & Demonet, J.F. (2009). When all hypotheses are right: a multifocal account of dyslexia. *Human Brain Mapping*, 30, 2278-2292.
- Perry, C., Ziegler, J.C. & Zorzi, M. (2007). Nested incremental modelling in the development of computational theories: The CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review*, 114, 273-315.

- Plaza, M. & Cohen, E. (2005). Influence of auditory-verbal, visual-verbal, visual, and visual-visual processing speed on reading and spelling at the end of Grade 1. *Brain and Cognition*, 57, 189-194.
- Plaza, M., & Cohen, E. (2007). The contribution of phonological awareness and visual attention in early reading and spelling. *Dyslexia*, 13, 67-76.
- Poppelreuter, W. (1917/1990). *Disturbances of lower and higher visual capacities caused by occipital damage* (J. Zihl & L. Weiskrantz, Trans.). Oxford, UK: Clarendon Press.
- Posner, M.I. & Petersen, S.E. (1990). The attention system of the Human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Ramus, F. (2003). Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction?. *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 212-218.
- Ramus, F. (2004). Neurobiology of dyslexia: A reinterpretation of the data. *Trends in Neurosciences*, 27, 720-726.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S.C., Day, B.L., Castellote, J.M., White, S. & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126, 841-865.
- Ray, N.J., Fowler, S. & Stein, J.F. (2005). Yellow filter can improve magnocellular function: motion sensitivity, convergence, accommodation and reading. *Annals New York Academy of Science*, 1039, 283-293.
- Roach, N.W. & Hogben, J.H. (2007). Impaired filtering of behaviorally irrelevant visual information in dyslexia. *Brain*, 130, 771-785.
- Roelfsema, P.R., van Ooyen, A. & Watanabe, T. (2010). Perceptual learning rules based on reinforcers and attention. *Trends in Cognitive Science*, 14, 64-71.
- Rueda, M.R., Rothbart, M.K., McCandliss, B.D., Saccomanno, L. & Posner, M.I., (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 102, 14931-14936.
- Ruffino, M. (2008). Disturbi dell'attenzione selettiva nella dislessia evolutiva: evidenze comportamentali, correlati neurobiologici, neurofisiologici e genetici. Tesi di laurea non pubblicata, Università degli studi di Padova.
- Ruffino, M., Trussardi, A.N., Gori, S., Finzi, A., Giovagnoli, S., Menghini, D., Benassi, M., Molteni, M., Bolzani, R., Vicari, S. & Facoetti, A. (2010). Attentional engagement deficits in dyslexic children. *Neuropsychologia*, 48, 3793-3801.

- Rutter, M. & Yule, W. (1975). The concept of specific reading retardation. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 16, 181-197.
- Sagi, D. & Tanne, D. (1994). Perceptual learning: learning to see. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 195-199.
- Sartori, G., Job, R. & Tressoldi, P. (1995). *Batteria per la valutazione della dislessia e della disortografia evolutiva*. Organizzazioni Speciali, Firenze.
- Sasaki, Y., Nanez J.E. & Watanabe, T. (2010). Advances in visual perceptual learning and plasticity, *Nature reviews Neuroscience*, 11, 53-60.
- Scaranborough, H.S. (1990). Very early language deficits in dyslexic children. *Child Development*, 61, 1728-1743.
- Scaranborough, H.S. (1991). Antecedents to reading disability: Pre-school language development and literacy experiences of children from dyslexic families. *Reading and Writing*, 3, 219-233.
- Schuett, S., Heywood, C.A., Kentridge, R.W. & Zihl, J. (2008). The significance of visual information processing in reading: insights from Hemianopic Dyslexia. *Neuropsychologia*, 46, 2445-2462.
- Schulte-Körne, G., Bartling, J., Deimel, W., & Remschmidt, H. (2004). Visual evoked potential elicited by coherently moving dots in dyslexic children. *Neuroscience Letters*, 357, 207-210.
- Schumacher, J., Anthoni, H., Dahdouh, F., Konig, I.R., Hillmer, A.M., Kluck, N. et al. (2006). Strong genetic evidence of DCDC2 as a susceptibility gene for dyslexia. *American Journal of Human Genetic*, 78, 52-62.
- Shaywitz, S.E. & Shaywitz, B.A. (2005). Dyslexia (specific reading disability). *Biological Psychiatry*, 57, 1301-1309.
- Sieroff, E. & Posner, M. (1988). Cueing spatial attention during processing words and letters strings in normals. *Cognitive Neuropsychology*, 5, 451-472.
- Siok, W.T., Spinks, J.A., Jin, Z. & Tan, L.H. (2009). Developmental dyslexia is characterized by the co-existence of visuospatial and phonological disorders in Chinese children. *Current Biology*, 19, 890-892.
- Siretenau, R., Goebel, C., Goertz, R., Werner, I., Nalewajko, M. & Thiel, A. (2008). Impaired serial visual search in children with developmental Dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145, 199-211.
- Slaghuis, W.L. & Ryan, J.F. (2006). Directional motion contrast sensitivity in developmental dyslexia. *Vision Research*, 46, 3291-3303.
- Snowling, M.J. (2000). *Dyslexia*. Oxford, Blackwell.

- Snowling, M.J., Bryant, P.E. & Hulme, C. (1996). Theoretical and methodological pitfalls in making comparisons between developmental and acquired dyslexia: Some comments on A. Castles & M. Coltheart (1993). *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 8, 443-451.
- Sperling, A.J., Lu, Z.L. & Manis, F.R. & Seidenberg M.S. (2006). Motion perception deficits and reading impairment: it's the noise, not the motion. *Psychological Science*, 17, 1043-1054.
- Sperling, A.J., Lu, Z.L., Manis, F.R. & Seidenberg M.S. (2005). Deficits in perceptual noise exclusion in developmental dyslexia. *Nature Neuroscience*, 8, 862-863.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L.S., Bèchennec, D. & Serniclaes, W. (2003). Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading, and spelling: a four year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 194-217.
- Stanovich, K.E. (1988). Explaining the differences between the dyslexic and the garden-variety poor reader. The Phonological-core variable-difference model. *Journal of Learning Disabilities*, 21, 590-604.
- Stein J. & Walsh, V. (1997). To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neuroscience*, 20, 147-152.
- Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, 7, 12-36.
- Stein, J.F. & Talcott, J.B. (1999). Impaired neuronal timing in developmental dyslexia-The magnocellular hypothesis. *Dyslexia*, 5, 59-78.
- Steinman, S.B., Steinman, B.A. & Garzia, R. (1998). Vision and attention. II: Is visual attention a mechanism through which a deficient magnocellular pathway might cause reading disability? *Optometry and Vision Science*, 75, 674-681.
- Stevens, C., Fanning, J., Coch, D., Sanders, L., and Neville, H. (2008). Neural mechanisms of selective auditory attention are enhanced by computerized training: electrophysiological evidence from language-impaired and typically developing children. *Brain Research*, 1205, 55-69
- Strong, G.K., Torgerson, C.J., Torgerson, D. & Hulme, C. (2011). A systematic meta-analytic review of evidence for the effectiveness of the 'Fast ForWord' language intervention program. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52, 224-235.
- Swanson, H.L. (1999). Reading research for students with LD: a meta-analysis of intervention outcomes. *Journal of Learning Disabilities*, 32, 504-532.
- Tallal, P. & Percy M., (1973). Developmental aphasia: impaired rate of nonverbal processing as a function of sensory modality, *Neuropsychology*, 11, 389-398.
- Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonetic, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 9, 182-198.

- Tallal, P. (2004). Improving language and literacy is a matter of time. *Nature Review Neuroscience*, 5, 721-728.
- Tallal, P., Miller, S.L., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S.S., Schreiner, C., Jenkins, W.M. & Merzenich, M.M. (1996). Language Comprehension in Language Learning Impaired Children Improved with Acoustically Modified Speech. *Science*, 271, 81-84.
- Torgesen, J.K., Wagner, R.K. & Rashotte, C.A. (1994). Longitudinal studies of phonological processing and reading. *Journal of Learning Disabilities*, 27, 276-286.
- Torgesen, J.K. (2000). Individual differences in response to early interventions in reading: The lingering problem of treatment resisters. *Learning Disabilities Research and Practice*, 15, 55-64.
- Tressoldi, P.E., Brembati, F., Donini, R., Iozzino, R. & Vio, C. (2012). Treatment of dyslexia in a regular orthography: efficacy and efficiency (cost-effectiveness) comparison between home vs clinic-based treatments. *Europe's Journal of Psychology*, 8(3), 375–390.
- Tressoldi, P.E., Lorusso, M.L., Brenbati, F. & Donini R. (2008). Fluency remediation in dyslexic children: does age make a difference? *Dyslexia*, 14, 142-52.
- Tressoldi, P.E., Stella, G. & Faggella, M. (2001). The development of reading speed in Italians with dyslexia: a longitudinal study, *Journal of Learning and Disabilities*, 34, 67-78.
- Trick, L.M., Jaspers-Fayer, F. & Sethi, N. (2005). Multiple object tracking in children: the “catch the spies” task. *Cognitive development*, 20, 373-387.
- Turkeltaub, P.E., Gareau, L., Flowers, D.L., Zeffiro, T.A, & Eden, G.F. (2003). Development of neural mechanisms for reading. *Nature Neuroscience*, 6, 767-773.
- Vaessen, A., Gerretsen, P. & Blomert, L. (2009). Naming problems do not reflect a second independent core deficit in dyslexia: Double deficits explored. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 202-221.
- 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, 2-40.
- Vidyasagar, T.R. & Pammer, K. (1999). Impaired visual search in dyslexia relates to the role of the magnocellular pathway in attention. *NeuroReport*, 10, 1283-1288.
- Vidyasagar, T.R. & Pammer, K. (2010). Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends in Cognitive Science*, 14, 57-63.

- Vinegrad, M. (1994). A Revised Adult Dyslexia Checklist. *Educare*, No. 48.
- Vio, C. & Toso, C. (2007). *Dislessia Evolutiva. Dall'identificazione all'intervento*. Carocci, Roma.
- Virsu, V., Lahti-Nuuttila, P. & Laasonen, M. (2003). Crossmodal temporal processing acuity impairment aggravates with age in developmental dyslexia. *Neuroscience Letters*, 23, 336, 151-154.
- Wagner, R.K., Torgesen, J.K., & Rashotte, C.A. (1994). Development of reading-related phonological processing abilities: Evidence of bi-directional causality from a latent variable longitudinal study. *Developmental Psychology*, 30, 73–87.
- Waldie, K.E. & Hausmann, M. (2010). Right fronto-parietal dysfunction in children with ADHD and developmental dyslexia as determined by line bisection judgements. *Neuropsychologia*, 46, 3650-3656.
- Walsh, V. (1995). Dyslexia. Reading between the laminae. *Current Biology*, 5, 1216-1217.
- Wang, X. & Perry, A.C. (2006). Metabolic and physiologic responses to video game play in 7- to 10-year-old boys. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 160, 411-415.
- Wechsler, D. (1989). *Wechsler Pre-School and Primary Scale of Intelligence, WPPSI*. Organizzazioni Speciali, Firenze.
- Wechsler, D. (2006). *Wechsler Intelligence Scale for Children III WISC-III*. Organizzazioni Speciali, Firenze.
- West, G.L., Stevens, S.A., Pun, C. & Pratt, J (2008). Visuospatial experience modulates attentional capture: evidence from action video game players. *Journal of Vision*, 13, 1-9.
- Witton, C., Talcott, J.B., Hansen, P.C., Richardson, A.J., Griffiths, T.D., Rees, A., Stein, J.F. & Green, G.G. (1998). Sensitivity to dynamic auditory and visual stimuli predicts nonword reading ability in both dyslexics and controls. *Current Biology*, 8, 791-797.
- Wolf, M. & Bowers, P. (1999). The double deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 415-438.
- Wolf, M., Bowers, P. & Biddle, K. (2000). Naming speed processes, timing and reading: A conceptual review. *Journal of Learning and Disabilities*. 33(4) 387-407.
- Yeshurun, Y., & Rashal, E. (2010). Precueing attention to the critical target location diminishes crowding and reduces the critical distance. *Journal of Vision*, 10, 1-12.

- Ziegler, J.C. & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131, 3-29.
- Ziegler, J.C., Perry, C., Wyatt, A., Ladner, D. & Schulte-Korne, G. (2003). Developmental dyslexia in different languages: Language-specific or universal? *Journal Experimental Child Psychology*, 86, 169-193.
- Zorzi, M., Barbiero, C., Facoetti, A., Lonciari, I., Carrozzi, M., Montico, M., Bravar, L., George, F., Pech-Georgel, C. & Ziegler, J. (2012). Extra spacing letter improve reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of sciences USA*, 109, 11455–11459.