

Attenzione visiva e Dislessia Evolutiva

Evidenze dagli Action Video Games

Sandro Franceschini, Simone Gori, Milena Ruffino, Luca Ronconi,
Simona Viola, Francesca Noce, Concetta Cataudella, Massimo Molteni
e Andrea Facchetti

Sommario

Si stima che la nostra mente nel corso della vita possa immagazzinare circa quindici trilioni di informazioni (Asimov, 1984). Gli anni di scolarizzazione prevedono che le nozioni da apprendere siano veicolate prevalentemente in forma scritta. Pur possedendo normali abilità cognitive, per circa il 10% dei bambini questa modalità risulta tuttavia difficile da utilizzare (Gabrieli, 2009). Fra le molteplici cause della Dislessia Evolutiva (DE) (Menghini et al., 2010), sembrano rivestire un ruolo fondamentale le funzioni visuo-attentive (Vidyasagar e Pammer, 2010; Gori e Facchetti, 2014). Una parte della recente letteratura evidenzia come queste stesse funzioni siano potenziabili tramite l'utilizzo di video games (Green e Bavelier, 2012). In questo articolo saranno quindi presi in esame i deficit visuo-attentivi riscontrabili in persone con DE e gli incrementi nelle stesse funzioni osservati in coloro che utilizzano determinate tipologie di video game. Saranno quindi considerati i primi risultati di un trattamento per bambini con DE che prevede l'utilizzo di specifici video game.

Parole chiave:

Riabilitazione, attenzione, percezione, via magnocellulare-dorsale, videogiochi.

VISUAL ATTENTION AND DEVELOPMENTAL DYSLEXIA: EVIDENCE FROM ACTION VIDEO GAMES

Abstract

It has been estimated that in the course of life our mind can store about fifteen trillion bits of information (Asimov, 1984). During the years of schooling most of the concepts to be learned are passed down in written form. For about 10% of children this modality is difficult to use, despite having normal cognitive abilities (Gabrieli, 2009). Among the multiple causes of Developmental Dyslexia (DE) (Menghini et al., 2010), visuo-attentional functions seem to play a key role (Vidyasagar and Pammer, 2010; Gori and Facoetti, 2014). Part of the recent literature indicates that these functions can be enhanced through the use of video games (Green and Bavelier, 2012). In this article we will examine the visual-attentional deficits found in people with DE and the increases in the same functions observed in those who use specific types of video games. Then, the first results of a treatment for children with DE that involves the use of specific video game will be considered.

Keywords:

Rehabilitation, attention, perception, magnocellular-dorsal pathway, video games.

Lettura e abilità visuo-attentive

Quando si aprono gli occhi, il mondo esterno invia al nostro cervello una quantità di informazioni molto più alta di quella che potrebbe essere elaborata coscientemente nello stesso istante. L'attenzione visuo-spaziale modula queste informazioni, definendo quelli che verranno considerati i dati rilevanti e irrilevanti per una ricostruzione funzionale dell'ambiente circostante, aumentando la salienza di determinate informazioni, incrementando le risorse di elaborazione nella regione spaziale dove si verifica o ci aspettiamo si verifichi un evento (Corbetta e Shulman, 2002) e, allo stesso tempo, facendo diminuire le risorse deputate all'analisi di stimoli provenienti da altre aree, attraverso l'utilizzo di processi inibitori (Reynolds e Desimone, 2003).

Come per l'analisi di una qualunque parte dell'ambiente visivo, anche nell'elaborazione di una stringa di lettere sarà necessario utilizzare le abilità visuo-attentive allo scopo di segregare ciascuna lettera o gruppo di lettere (Vidyasagar e Pammer, 2010), interpretarne il significato a livello simbolico (grafema) e di significato (conversione in fonemi e accesso al magazzino semantico).

Un errato posizionamento del fuoco attentivo impedisce la corretta analisi della stringa di lettere, specialmente qualora le lettere vadano a comporre una non-parola (una parola priva di significato), rispetto al caso in cui queste formino una parola con un significato (Sieroff e Posner, 1988). Poiché un bambino nei primi anni di scolarizzazione è costretto ad analizzare ogni stringa come se fosse una non-parola, un buon funzionamento dei meccanismi visuo-attentivi risulta essenziale per il corretto sviluppo del vocabolario di stringhe in memoria.



L'importanza delle abilità di rapida discriminazione dello stimolo target e successiva associazione del nome corrispondente è resa evidente dal legame causale presente fra le abilità di denominazione rapida e quelle di lettura (*Rapid Automated Naming-RAN*; Denckla e Rudel, 1976; Denckla e Cutting, 1999). In queste prove al partecipante è proposta una serie di stringhe di elementi familiari (colori, lettere, oggetti), che devono essere denominati il più rapidamente possibile.

Lo studio di Vandewalle e colleghi (Vandewalle et al., 2010) chiarisce il ruolo delle componenti del RAN. Utilizzando un campione di bambini con diagnosi di disturbo specifico del linguaggio, popolazione ad alto rischio di sviluppo di disturbi della lettura (Flax et al., 2003), la suddetta ricerca dimostra come le abilità di rapida elaborazione delle informazioni riescano a predire le future abilità di lettura, indipendentemente dalle abilità espresse in compiti di consapevolezza fonologica e di memoria verbale a breve termine.

L'importanza delle funzioni attentive, specificamente visuo-spaziali, nel determinare lo sviluppo delle abilità di lettura viene confermata anche da altre ricerche longitudinali, che saranno riprese e approfondite successivamente. Kevan e Pammer (2009) hanno dimostrato che le abilità di discriminazione del segnale visivo, testate attraverso il compito di percezione della reduplicazione delle frequenze spaziali (*frequency doubling*; test valutanti il funzionamento della via magnocellulare e del sistema dorsale), risultano causalmente connesse all'acquisizione delle future abilità di lettura. Tale differenza nelle prestazioni nel compito di percezione della reduplicazione delle frequenze spaziali viene mantenuta anche se i bambini con DE vengono comparati con bambini più piccoli senza DE, ma con le loro stesse abilità di lettura (Gori et al., 2014).

Rilevazioni in forma computerizzata delle abilità di rapida analisi di stimoli in riga e di ricerca visiva si sono dimostrate predittive delle abilità di lettura di un testo possedute al primo anno di frequenza della scuola primaria (Ferretti, Mazzotti e Brizzolara, 2008). Le stesse abilità valutate alla scuola dell'infanzia con un semplice test cartaceo, insieme alle abilità di orientamento automatico dell'attenzione, risultano correlate alle abilità di lettura di parole, non-parole e brani sviluppate nel primo e nel secondo anno di scuola primaria (Franceschini et al., 2012). Inquadrandolo la DE in un'ottica multifattoriale (Menghini et al., 2010), è quindi evidente che le difficoltà nell'acquisizione delle abilità di lettura possono originare non solo da problematiche nell'analisi fonetica (Tallal, 2004; 2012; Power et al., 2013), ma anche da difficoltà di natura visuo-attentiva (si veda, ad esempio, Vidyasagar, 2013). Nelle prossime sezioni vedremo come queste siano risultate compromesse più volte e quali strumenti potrebbero essere utilizzati per modificarle.

Video game e abilità visuo-attentive

Negli ultimi due decenni si è assistito a un crescente utilizzo dei video game; si stima, ad esempio, che negli Stati Uniti li utilizzi il 59% della popolazione.¹ Contemporaneamente

¹ <http://www.theesa.com/facts/gameplayer.asp> (ultimo accesso: 1/10/2013).

all'incremento di diffusione dei video game, sono state condotte diverse ricerche che ne hanno indagato gli effetti sulle funzioni cognitive.

Fin dagli anni Ottanta, è stata descritta la possibilità di individuare differenze fra le persone che utilizzavano video game e quelle che non ne facevano uso, ad esempio in compiti di coordinazione oculo-manuale (Griffith et al., 1983) e in compiti di rotazione mentale di oggetti (McClurg e Chaillé, 1987). Solo successivamente sono state realizzate le prime ricerche che comparavano le abilità sviluppate da persone sottoposte a training nei quali si prevedeva l'utilizzo controllato di specifici video game (si veda Greenfield et al., 1994, per gli effetti sull'attenzione visiva divisa).

Due recenti meta-analisi, svolte in periodi differenti (Ferguson, 2007; Powers et al., 2013), hanno tentato di determinare gli effetti derivanti dall'utilizzo delle diverse tipologie di giochi sulle funzioni cognitive. Entrambe confermano che, se risultano contrastanti le evidenze relative alla possibilità di modificare le funzioni esecutive (quali le abilità di *multitasking* o l'intelligenza; si veda Powers et al., 2013), sono invece significative le maggiori abilità visuo-attentive rintracciabili in videogiocatori «esperti» e riproducibili in non videogiocatori allenandoli con giochi specifici, anche se Powers individua come «moderati» gli effetti riscontrabili nelle ricerche quasi sperimentali e «piccoli» quelli ravvisabili nelle ricerche sperimentali.

Rilevanti evidenze a favore della possibilità di modificare le abilità visuo-attentive si trovano nell'articolo di Green e Bavelier (2003). Per primi i due autori osservarono nei videogiocatori modificazioni nelle abilità di discriminazione degli stimoli nel campo visivo, nelle abilità di conteggio e di dislocazione temporale dell'attenzione (*attentional blink*). L'importanza del dato risiedeva proprio nella possibilità di generalizzare gli effetti derivanti dall'uso dei video game, cosa che in genere non accade nel *perceptual learning* (noto come l'abilità di modificare il proprio sistema percettivo tramite l'allenamento con stimoli specifici sotto o sopra la soglia di consapevolezza; si veda, ad esempio, Seitz et al., 2010), usato ad esempio in campo clinico per migliorare l'acuità visiva dei soggetti e alleviarne i difetti percettivi (Sagi e Tanne, 1994; Fahle, 2004). L'utilizzo di specifiche categorie di video game, come evidenziato da Green, porterebbe a incrementi delle abilità attentive, rilevabili anche in compiti che non ricalcano in modo diretto le abilità utilizzate nel gioco.

A incrementare le abilità visuo-attentive non sarebbe tuttavia il ricorso a qualsiasi tipo di video game, bensì principalmente l'impiego di una specifica tipologia di questi ultimi, definiti *Action Video Games* (AVG). Le caratteristiche che definiscono un AVG sono: un'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); notevole rilevanza degli avvenimenti che si manifestano lontano dal centro dello schermo (Green, Li e Bavelier, 2009; Dye, Green e Bavelier, 2009a; 2009b).

I giochi che corrispondono a queste caratteristiche, come indicato dagli autori sopracitati, sono spesso quelli nei quali il personaggio principale, osservato in prima o in terza persona, è impegnato in ambienti che richiedono di colpire una serie di stimoli che possono apparire in diverse parti dello schermo e, contemporaneamente, prevedono la necessità di evitare ostacoli (si osservi tuttavia la diversa classificazione di Powers et al., 2013).



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 5 giorni alla settimana (Green e Bavelier, 2007). I parametri oscillano da una pubblicazione all'altra e una diversa selezione del campione è una possibile causa delle variazioni dei risultati ottenuti nelle differenti pubblicazioni.

Per confutare l'ipotesi che gli effetti osservati nei diversi studi non derivino da una sorta di «selezione naturale», per la quale soltanto chi possiede già maggiori abilità visuo-attentive diverrebbe un videogiocatore, in alcune ricerche sono stati sviluppati training per persone che inizialmente non facevano uso di AVG, ottenendo incrementi nelle funzioni testate (si veda Green e Bavelier, 2003; 2006a; 2006b; Feng, Spence e Pratt, 2007; per il primo con partecipanti bambini: Franceschini et al., 2013; per interpretazioni opposte: Boot et al., 2008; van Ravenzwaaij et al., 2014). Risulta quindi interessante osservare in quali compiti visuo-attentivi gli AVG siano risultati connessi a incrementi prestazionali.

Action video game, dislessia e funzioni visuo-attentive

Utilizzando come filo conduttore le abilità visuo-attentive implicate in diverse tipologie di compiti, proveremo a osservare come i deficit riscontrati nella DE si sovrappongano agli incrementi di performance registrati con l'utilizzo degli AVG.

Una prima evidenza della potenzialità degli AVG è stata osservata nello studio di Laasonen (Laasonen et al., 2012). In questa ricerca venivano confrontate le performance di adulti con DE, di adulti con diagnosi di disturbo da deficit di attenzione/ipercattività (ADHD) e di un gruppo di controllo. Un compito somministrato era l'*Useful field of view task*: ai soggetti era richiesto di localizzare un target che poteva apparire a diverse eccentricità in numerose parti dello schermo. I partecipanti dovevano mantenere il proprio sguardo anche su di un elemento posto al centro del monitor, le cui variazioni dovevano anch'esse essere discriminate (figura 1). Laasonen (Laasonen et al., 2012) dimostra che solo i soggetti con DE, nella condizione priva di distrattori, necessitano di più tempo rispetto ai controlli per discriminare i target, indipendentemente dall'eccentricità a cui veniva posto lo stimolo.

Utilizzando sempre lo stesso test (Green e Bavelier, 2003; 2006b; Feng, Spence e Pratt, 2007; e un test simile ma con stimoli diversi: West et al., 2008), è stato dimostrato ripetutamente che persone che utilizzano AVG (AVGP) risultano in grado di ottenere prestazioni nel compito di localizzazione superiori rispetto a chi non usa video game (NVGP). L'*Useful field of view task* ha dato risultati simili testando partecipanti la cui età variava fra i 7 e i 22 anni (Dye e Bavelier, 2010). Il tentativo da parte degli autori di utilizzare un video game per incrementare le abilità visuo-attentive dei bambini non ha ottenuto risultati positivi, probabilmente per la mancanza nel gioco utilizzato delle caratteristiche necessarie per classificarlo come AVG (ibidem). Al contrario, con un campione di soggetti adulti, Green e Bavelier (2003) hanno dimostrato che, proponendo due training che prevedevano l'utilizzo di due diversi giochi, uno con caratteristiche *action* e l'altro privo di esse, a due gruppi senza esperienze di utilizzo di video game, dopo dieci ore di gioco suddivise in

altrettanti giorni, si osservava che solamente coloro che avevano utilizzato un AVG mostravano significativi incrementi di performance nel compito visuo-attentivo.

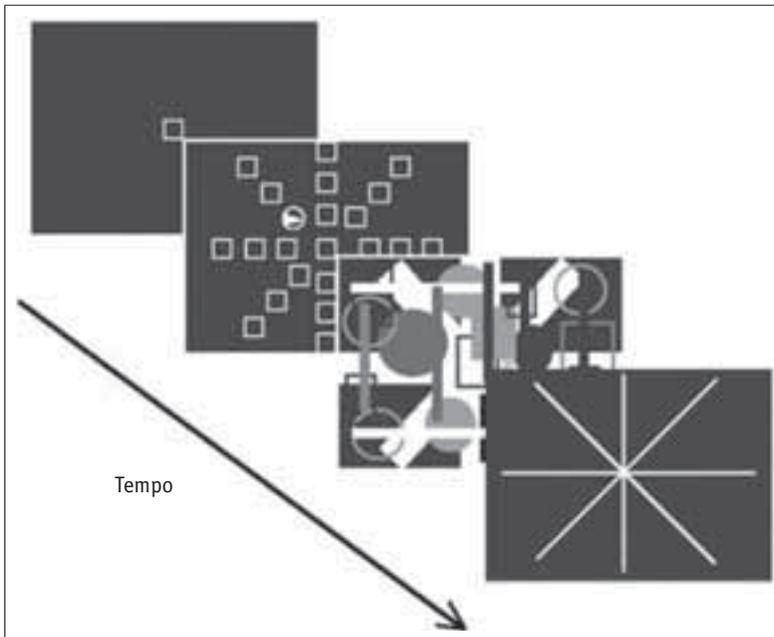


Fig. 1 Esempio di *Useful field of view*. Modificato dall'originale di Green e Bavelier (2003). In questa versione del compito il partecipante, tenendo lo sguardo sul punto centrale, deve individuare su quale degli otto segmenti presentati sull'ultima schermata sia comparso lo stimolo target (un triangolo). Nelle versioni più complesse, oltre al rilevamento del target si chiede di discriminare le variazioni accadute nel punto di fissazione, come, ad esempio, distinguere la lunghezza dei capelli (corti-lunghi) di uno *smile* centrale (Laasonen et al., 2012).

Le prestazioni nell'*Useful field of view* risultano correlate alle performance nei compiti di ricerca visiva e di *speed of processing* (Edwards et al., 2006). Bambini con DE, in compiti di ricerca visiva seriale, ottengono prestazioni inferiori al gruppo di controllo (ad esempio Casco, Tressoldi e Dellantonio, 1998); lo stesso si osserva comparando le prestazioni di bambini con e senza DE nello svolgimento di ricerche visive randomizzate (ad esempio Siretenau et al., 2008). Inoltre occorre evidenziare che le performance nelle ricerche visive seriali di stimoli non verbali misurate nei bambini pre-lettori, come già riportato, risultano essere predittive delle future abilità di lettura (ad esempio Ferretti, Mazzotti e Brizzolara, 2008; Franceschini et al., 2012).

Gli effetti degli AVG sono stati testati anche in compiti di ricerca visiva, dove al partecipante era chiesto di individuare una lettera target fra altre lettere (distrattori): nel caso di forte complessità dello scenario (ad esempio più di venti distrattori), gli AVGP ottengono prestazioni migliori dei NVGP (Hubert-Wallander et al., 2011). Anche con



compiti che non impieghino stimoli linguistici, sia gli AVGP che le persone senza esperienza di gioco che abbiano seguito un training con AVG risultano possedere competenze migliori dei rispettivi controlli (Wu e Spence, 2013). Lo stesso si osserva nelle abilità di discriminazione di quantità di stimoli sullo schermo, dove gli AVGP risultano capaci di performance più accurate dei NVGP (Green e Bavelier, 2003; 2006a).

Relativamente alle abilità di distribuzione dell'attenzione e di discriminazione degli stimoli e, in particolare, agli effetti dell'affollamento visivo (*crowding*), sono state evidenziate le difficoltà di bambini e adulti con DE, i quali riescono con maggiore difficoltà a disambiguare una lettera posta fra stimoli laterali distraenti, con un conseguente rallentamento della velocità di lettura (Martelli et al., 2009; Moores, Cassim e Talcott, 2011). L'effetto del *crowding* è stato dimostrato anche in prove ecologiche, dove si è visto che, utilizzando semplicemente una spaziatura più ampia nel testo scritto, si ottenevano miglioramenti nelle performance di lettura da parte di bambini con DE (Zorzi et al., 2012).

La distribuzione dell'attenzione e la capacità di discriminazione sia centrale che periferica di target mascherati lateralmente da altri oggetti sono state valutate da Green (Green e Bavelier, 2007): gli AVGP risultano capaci di discriminare con maggiore accuratezza stimoli target (una T con due diverse angolazioni) dagli stimoli distraenti posti al di sopra e al di sotto della stessa. A dimostrazione del ruolo causale dell'uso degli AVG, anche in questo caso gruppi diversi di NVGP sono stati addestrati per 30 ore con tipologie di gioco *action* e non *action*, e si è osservato un effetto diverso dei giochi sulle performance dei partecipanti alla ricerca, con un incremento rilevato soltanto tramite l'uso degli AVG. Occorre notare che l'utilizzo del gioco di controllo (Tetris) coinvolgeva ugualmente le funzioni visive, ma probabilmente, essendo principalmente legate alle abilità di rotazione mentale delle figure geometriche, non sortiva effetti nella rapida discriminazione degli stimoli.

Ai fini della comprensione delle funzioni attentive potenziate dagli AVG risulta interessante il paragone fra AVGP e NVGP performance nelle prove dell'*Attentional Network Task/ANT* (si veda Fan et al., 2002; Posner e Rothbart, 2007, per una rassegna; la figura 2 per un'esemplificazione). In questo compito, assieme alle variabili normalmente testate in un compito di orientamento implicito dell'attenzione visiva (o compito Posner; Posner, 1980), si esamina anche l'influenza di distrattori che affiancano il target, valutando il funzionamento del sistema di allerta, di orientamento e delle funzioni esecutive.

Somministrato a gruppi di partecipanti la cui età variava dai 7 ai 22 anni, gli AVGP risultavano complessivamente più rapidi nelle risposte, subendo comunque, in comparazione con i NVGP, un maggiore effetto dei distrattori (*flanker*). Questo dato viene interpretato dagli autori come un'evidenza di una maggiore disponibilità di risorse attentive, che verrebbero utilizzate per processare anche le informazioni aggiuntive (e in questo caso non funzionali) portate dai distrattori (Dye, Green e Bavelier, 2009a; si vedano anche i risultati del *Flanker Compatibility Task* in Green e Bavelier, 2003; per una spiegazione teorica si veda Lavie e Cox, 1997).

Nello stesso compito ANT, le prestazioni di soggetti dislessici appaiono compromesse: nello studio di Bednarek (Bednarek et al., 2004), i bambini con DE risultavano complessivamente meno accurati nelle risposte e nella condizione in cui comparivano i distrattori mostravano tempi di reazione più lenti rispetto al gruppo di controllo, lasciando

ipotizzare una difficoltà nell'inibire le informazioni portate dai distrattori, che rendevano però in questo caso anche più difficile il riconoscimento dello stimolo target. I ricercatori attribuivano le difficoltà al funzionamento del sistema esecutivo centrale.

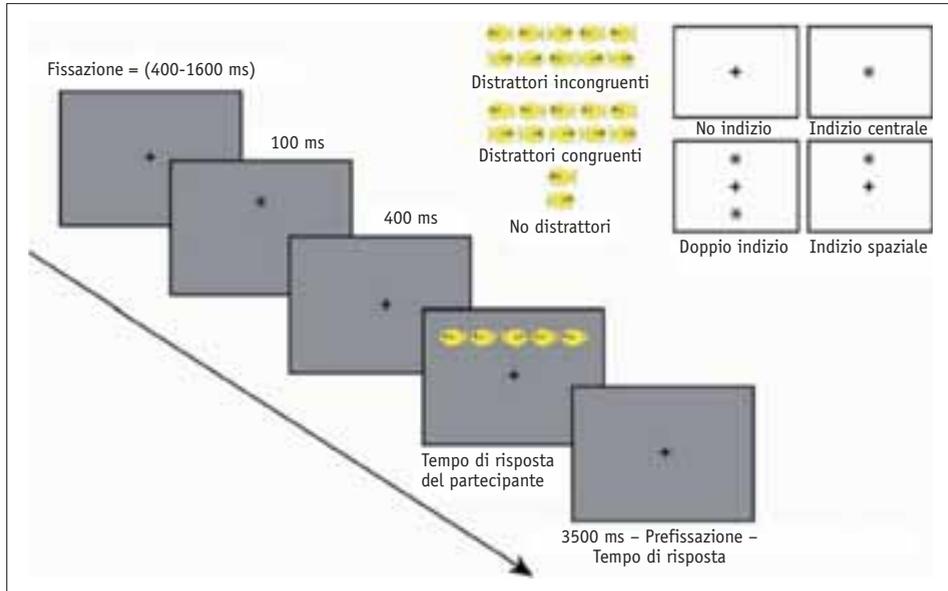


Fig. 2 Rappresentazione dell'Attentional Network Test tratto da Dye (modificato dall'originale di: Dye et al., 2009a). Al partecipante era richiesto di individuare in quale direzione stesse andando il pesciolino centrale. La comparsa delle figure poteva avvenire in due diversi punti dello schermo (sopra e sotto il punto di fissazione) ed era anticipata da diversi tipi di indizi.

Golfarb (Golfarb e Shaul, 2013), utilizzando lo stesso compito, mostra che, nei bambini con DE, sono riscontrabili un rallentamento generalizzato nei tempi di reazione rispetto a un gruppo di controllo e significative differenze a carico dei network sottostanti le funzioni esecutive e di orientamento; in particolare, solo nei bambini con DE le performance di allerta (non differenti dai controlli) risultano negativamente correlate alle prestazioni di orientamento: maggiori erano le abilità di analisi globale, più deboli risultavano le abilità di focalizzazione sull'area dalla quale occorreva estrarre l'informazione.

Questi risultati, uniti alle evidenze degli studi di Omtzigt (Omtzigt, Hendriks e Kolk, 2002; Omtzigt e Hendriks, 2004), in cui si dimostra il ruolo determinante del sistema magnocellulare-dorsale (M-D) nell'analisi dei flanker, lasciano ipotizzare che alla base della DE sia presente un'alterazione del funzionamento della via dorsale (Stein e Walsh, 1997; Gori e Facoetti, 2014; Stein, 2014) e del meccanismo di orientamento dell'attenzione (Franceschini et al., 2012; Facoetti et al., 2010). I due sistemi, come suggerito da Golfarb, non riuscirebbero a interagire in modo efficiente pregiudicando le abilità di analisi della stringa di lettere.



La via M-D, che rappresenta una delle due vie principali del sistema visivo ed è deputata alla percezione del movimento sia reale che illusorio (Livingstone e Hubel, 1987; Morrone et al., 2000; Gori et al., 2006; 2014; Gori, Giora e Stubbs, 2010; Agrillo, Gori e Beran, 2015; Ruzzoli et al., 2011), contiene anatomicamente la rete neurale responsabile per l'orientamento dell'attenzione. A sostegno di un deficit riguardante la via M-D nella DE vi sono le difficoltà in compiti di discriminazione del movimento globale o di percezione di griglie a specifiche frequenze spaziali (vedi sopra «Reduplicazioni delle basse frequenze spaziali»), rilevate in adulti e bambini con DE (ad esempio Buchholz e McKone, 2004; Pammer e Wheatley, 2001; Gori et al., 2014) e in bambini che svilupperanno difficoltà di lettura (Kevan e Pammer, 2009; per una diversa interpretazione si veda Olulade, Napoliello e Eden, 2013).

Recentemente è stato dimostrato che gli individui con DE risultano avere un deficit specifico della via M-D sia nella sua porzione più bassa (i.e. magnocellulare) che in quella più alta (dorsale), anche se gli individui con DE vengono comparati con bambini più piccoli senza DE ma con le loro stesse abilità di lettura (ad esempio Gori et al., 2014). Recentemente Gori et al. (2015) hanno individuato una possibile base genetica di questo deficit della via M-D utilizzando due illusioni di movimento (denominate *Rotating Tilted Lines Illusion*, Gori e Hamburger, 2006; Gori e Yazdanbakhsh, 2008; Yazdanbakhsh e Gori, 2008; *The Accordion Grating*, Gori et al., 2011; 2013; Yazdanbakhsh e Gori, 2011).

In parallelo, non mancano le evidenze delle maggiori competenze acquisite con l'utilizzo degli AVG in queste stesse tipologie di compiti: gli AVGP risulterebbero discriminare con maggiore velocità il movimento coerente di punti nello spazio e un trattamento con AVG riuscirebbe a fare ottenere risultati simili (si veda Green, Pouget e Bavelier, 2010; van Ravenzwaaij et al., 2014, per un dato opposto, ma si osservi la diversa metodologia di selezione del campione).

Pur non essendo state utilizzate le stesse frequenze spaziali testate nei dislessici, sono stati ottenuti incrementi di performance nel compito di detezione di frequenze spaziali con diverse soglie di contrasto, dove è stata riscontrata una maggiore sensibilità al contrasto negli AVGP, incrementabile in chi non era un AVGP (Li et al., 2009).

È interessante osservare che, se le carenze attribuite alla via M-D potrebbero altresì essere spiegate come una difficoltà puramente attentzionale da parte degli individui con DE, legata all'incapacità di utilizzare filtri attentivi adeguati per l'esclusione del rumore e la focalizzazione sull'elemento target (Sperling et al., 2005; 2006; Ruffino et al., 2010; 2014), l'utilizzo degli AVG rappresenterebbe ugualmente un ottimo allenamento per rinforzare entrambi i meccanismi di elaborazione dello stimolo ed esclusione del rumore (Green, Li e Bavelier, 2009).

Nelle persone con DE, come precedentemente evidenziato, si riscontrano deficit legati alla velocità di orientamento automatico dell'attenzione, abilità correlata con le abilità di lettura (Facoetti et al., 2005; 2008; si vedano anche le due recenti rassegne di Gori e Facoetti, 2014; 2015) e predittiva delle stesse (Facoetti et al., 2010; Franceschini et al., 2012). In soggetti senza problematiche di orientamento dell'attenzione, queste abilità risultano più difficilmente potenziabili attraverso l'uso di AVG: Castel et al., utilizzando un compito di orientamento implicito dell'attenzione visiva (Posner, 1980), dimostrò che, sebbene i tempi

di risposta degli AVGP fossero più rapidi di quelli ottenuti dai NVGP a qualunque SOA (*Stimulus Onset Asincrony*, variabile nell'esperimento fra 50 e 950 msec), le dinamiche di risposta agli stimoli, indipendentemente dalla validità o meno dell'indizio (periferico e non informativo, ovvero scatenante un orientamento automatico), risultavano essere le stesse nei due gruppi (Castel, Pratt e Drummond, 2005). Di conseguenza, i meccanismi di risposta guidati da sistemi di orientamento automatico sembrerebbero funzionare nello stesso modo nei due gruppi.

Di simile interpretazione appaiono i dati ottenuti da Hubert-Wallander in un compito simile a quello appena descritto (Hubert-Wallander et al., 2011) e anche in altre ricerche nelle quali si analizzava la preparazione di saccadi in risposta alla comparsa di stimoli visivi, dove le evidenze erano a favore di un incremento dell'influenza dei processi volontari sulla cattura involontaria dell'attenzione (Chisholm e Kingstone, 2012). Di diversa posizione è tuttavia il lavoro di West (West et al., 2008): utilizzando un compito di giudizio di ordine temporale con stimoli visivi, si dimostrava che gli AVGP manifestavano una maggiore sensibilità al *cue* periferico non informativo; l'indizio risultava capace di catturare l'attenzione degli AVGP in modo più accentuato di quanto non avveniva nei NVGP.

La letteratura riguardante le performance di soggetti con DE mostra che, alle evidenze sopra elencate riguardanti le difficoltà di analisi spaziale dell'informazione, si affiancano difficoltà anche nell'elaborazione temporale delle informazioni visive. L'*Attentional blink* (Raymond, Shapiro e Arnell, 1992) è un compito utile per valutare queste competenze: si compone di più stimoli mostrati in rapida sequenza, fra i quali sono presenti due target, e si valuta qual è la finestra temporale necessaria al soggetto per riconoscere il primo target e dare nuovamente avvio all'analisi attentiva per la discriminazione del secondo target (si veda la figura 3 per una rappresentazione).

Hari ha dimostrato la presenza in soggetti adulti con DE di tempi di disingaggio dell'attenzione dal primo target più lunghi rispetto a soggetti di controllo (Hari, Renvall e Tanskanen, 2001). Evidenze simili sono state replicate ed è stato mostrato che, nelle persone con DE, anche il riconoscimento del primo stimolo può essere reso più difficoltoso dalla comparsa di un secondo stimolo che interrompa l'elaborazione, sia nel caso che questo compaia nella stessa posizione spaziale (Ruffino et al., 2014; Facoetti et al., 2008; Di Lollo, Hanson e McIntyre, 1983), sia nel caso in cui compaia in posizioni diverse dello spazio (Visser, Boden e Giaschi, 2004).

Analizzando la letteratura relativa agli effetti degli AVG, nell'*Attentional blink*, gli AVGP dimostrano di avere tempi di recupero più rapidi rispetto ai NVGP (ad esempio Green e Bavelier, 2003; Dye e Bavelier, 2010). Anche in questo tipo di compito, un training della durata di dieci ore con un gioco *action* produce significativi incrementi di performance comparati con quelli ottenibili con un gioco non *action* (si veda Dye e Bavelier, 2010; Oei e Patterson, 2013, per un trattamento di diversa durata; Boot et al., 2008, per un diverso risultato).

Ulteriori ricerche individuano differenze anche nell'effetto di mascheramento all'indietro (*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 et al., 2010).

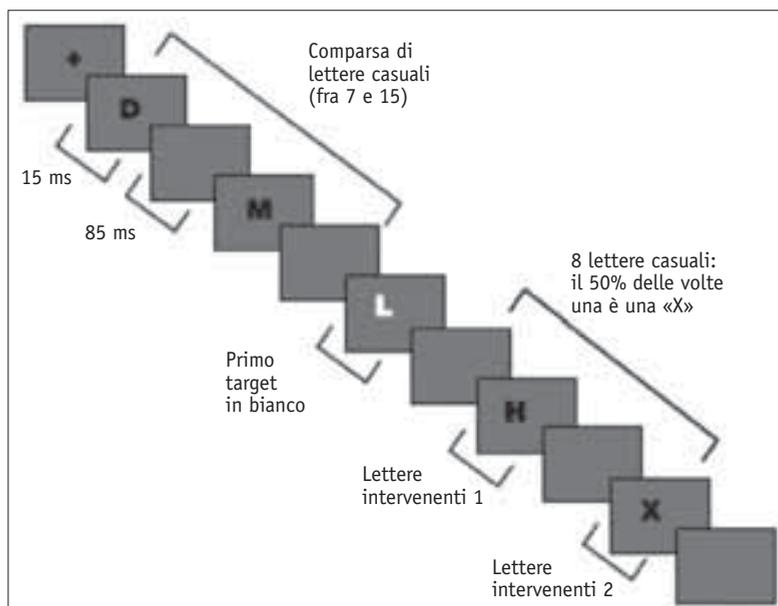


Fig. 3 Esempio di compito *Attentional blink*. Una serie di lettere (nere) sono presentate in rapida sequenza al centro dello schermo. Dopo una sequenza casuale di lettere viene presentato un primo target (lettera in bianco), che può essere seguita o meno (50% delle volte) da un secondo target (lettera X). Al partecipante in questa versione del compito è stato chiesto se il secondo target era stato presentato o meno (tratto da Green e Bavelier, 2003).

L'insieme di queste ricerche dimostra che specifiche tipologie di videogiochi sono capaci di modificare le prestazioni delle persone in numerose attività, spesso dimostratesi coincidenti con quelle nelle quali si registrano difficoltà in individui con DE. Il fatto che i compiti utilizzati per testare le diverse abilità indagassero non solo i tempi di reazione dei videogiocatori, ma anche le abilità in termini di accuratezza, rende escludibile l'ipotesi avanzata da Nelson (Nelson e Strachan, 2009), secondo la quale gli effetti osservati derivanti dall'utilizzo di videogiochi risulterebbero essere esclusivamente la conseguenza di uno spostamento del rapporto fra velocità e accuratezza nella risposta (cambio di strategia).

Le migliori performance sarebbero da attribuire a un incremento nelle abilità di percezione del segnale in ingresso e a una contemporanea soppressione delle informazioni distraenti (Mishra et al., 2011); le due competenze porterebbero così a una più veloce acquisizione delle informazioni e, di conseguenza, a una più rapida risposta al segnale in arrivo. Green e collaboratori ipotizzano che l'utilizzo degli AVG, in relazione al compito da svolgere, permetta una migliore estrapolazione del segnale grazie a una maggiore plasticità e rapidità nell'estrazione di statistiche di probabilità dall'ambiente (Green, Li e Bavelier, 2009). Osservando i dati delle ricerche sopra riassunte, non si può tuttavia escludere neppure un incremento delle funzioni percettive di base (cioè un' aumentata percezione attraverso un miglioramento nell'efficienza della via M-D), che permetterebbe di conseguenza maggiori performance in funzioni di più alto livello.

Video game, evidenze sulle abilità attentive ed effetti sulle abilità di lettura

Il parallelismo fra le difficoltà presentate in compiti visuo-attentivi da persone con (Vidyasagar e Pammer, 2010) o a rischio di sviluppo DE (Facoetti et al., 2010) e gli incrementi nelle stesse funzioni osservati nelle ricerche riguardanti gli AVG lascia intendere che un metodo (ri)abilitativo dei meccanismi percettivi e attenzionali potrebbe basarsi sull'utilizzo di videogiochi con specifiche caratteristiche. Una prima evidenza sperimentale in questo senso si è ottenuta con una ricerca nella quale si è andati a testare la modificabilità delle funzioni visuo-attentive e delle abilità di lettura attraverso l'utilizzo di AVG (Franceschini et al., 2013).

Un campione di 20 bambini (*range* di età compreso fra i 7 e i 13 anni), con diagnosi di DE e senza precedenti esperienze di utilizzo di AVG, è stato fatto giocare per 12 ore complessive (distribuite in un periodo di 2 settimane) a un gioco le cui diverse subcomponenti (*mini-game*) possedevano alcune i requisiti per essere classificate come *action*, altre come *non action*. Costituiti due gruppi di *mini-game* in base a queste caratteristiche, i bambini, suddivisi in due gruppi bilanciati per competenze di lettura, QI, età e abilità fonologiche, sono stati assegnati a uno dei due gruppi *action* (AVGP) e *non action* (NAVGP).

Le valutazioni ottenute in prove di lettura sia di non-parole che di un brano hanno mostrato miglioramenti significativi nel gruppo AVGP, sia in comparazione con i partecipanti che non avevano utilizzato AVG, sia in riferimento alle aspettative di efficacia per un trattamento clinicamente utile. Il guadagno riportato nel gruppo AVGP risultava superiore a quello atteso in un anno di sviluppo spontaneo per un soggetto dislessico sia nei compiti di decodifica fonologica, che nei compiti più strettamente connessi alla via lessicale (Tressoldi, Stella e Faggella, 2001).

I risultati ottenuti nelle prove di lettura, come atteso, erano altamente correlati agli incrementi nelle componenti attentive, rendendo infondata l'interpretazione fonologica proposta da Goswami (2015).

Le valutazioni effettuate prima e dopo il periodo di gioco hanno evidenziato che coloro che avevano utilizzato AVG in compiti di discriminazione di stimoli di una stringa di pseudole lettere (figura 4) ottenevano incrementi di performance sia nella condizione nella quale non era stata fornita alcuna indicazione riguardante la posizione dello stimolo che sarebbe stato chiesto loro di discriminare (Compito di Attenzione Distribuita; figura 4, riquadro b, e figura 5, riquadri b e d), sia nella condizione nella quale era stato fornito loro un indizio su quello che sarebbe stato lo stimolo da discriminare nella stringa (Compito di Attenzione Focalizzata; figura 4, riquadro a, e figura 5, riquadri a e c).

Attraverso la somministrazione di un compito di orientamento implicito dell'attenzione (Posner, 1980) cross-modale, nel quale a un indizio uditivo faceva seguito (dopo due possibili intervalli di tempo) un target visivo, si osservava che i bambini con DE, dopo il periodo di *training* con AVG, avevano acquisito una facilitazione di risposta al secondo SOA maggiore di quella ottenuta da chi aveva giocato con i *mini game non action*. Questo dato dimostra un effetto degli AVG sulle abilità di allerta dei partecipanti e la possibilità che il *training* eserciti degli effetti non solo sul canale visivo, ma anche sull'interazione fra i canali uditivo e visivo.

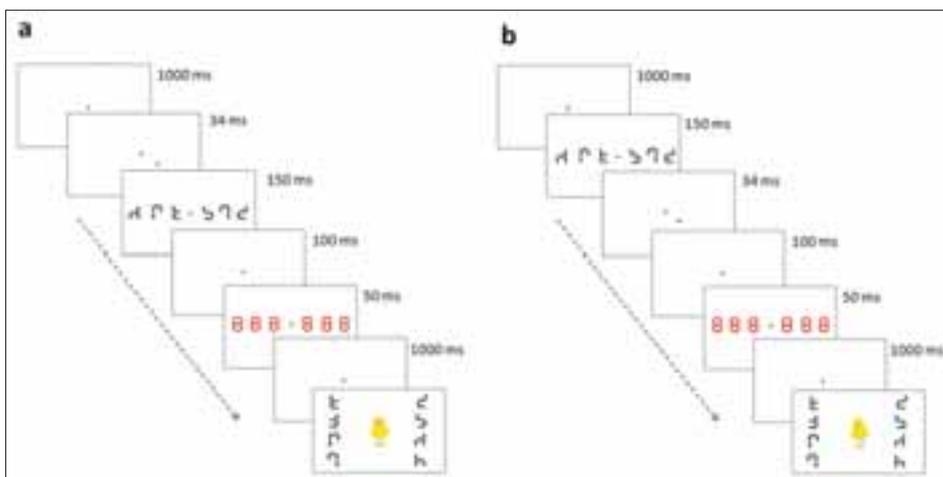


Fig. 4 Rappresentazione dei compiti di Attenzione Focalizzata (riquadro a), nel quale l'indizio visivo relativo a quello che sarà il target da riconoscere nell'ultima slide compare prima della stringa di pseudolettere e Attenzione Distribuita (riquadro b), nel quale l'indizio visivo relativo a quello che sarà il target da riconoscere nell'ultima slide compare dopo la scomparsa della stringa di pseudolettere (tratta da Franceschini et al., 2013).

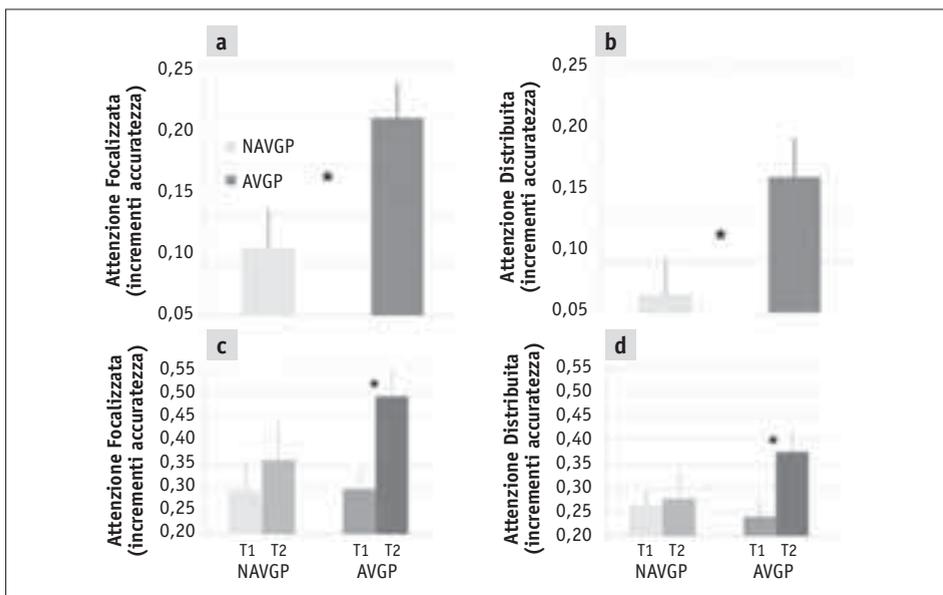


Fig. 5 Si riportano gli incrementi ottenuti dai due gruppi NAVGP e AVGP nei compiti di Attenzione Focalizzata e Distribuita (rispettivamente riquadri a e b) e le prestazioni in accuratezza riportate da entrambi i gruppi sia in T1 che in T2 nel Compito di Attenzione Focalizzata (riquadro c) e nel Compito di Attenzione Distribuita (riquadro d). L'asterisco indica le differenze significative. Le barre d'errore rappresentano l'errore standard (adattata da Franceschini et al., 2013).

Dall'analisi delle performance visuo-attentive è quindi emerso che il gruppo che si è allenato con AVG, a seguito delle ore di gioco, ha riportato un miglioramento significativo in termini di accuratezza nei due compiti visuo-spaziali (Attenzione Focalizzata e Distribuita); questi miglioramenti evidenziano 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 miglioramento osservato sia nell'Attenzione Focalizzata che in quella Distribuita rende il trattamento con AVG adatto sulla carta sia a lingue trasparenti come l'italiano, dove l'attenzione focalizzata sembra essere la più importante, che a lingue più opache come l'inglese, dove l'attenzione distribuita necessaria per individuare, ad esempio, i trigrammi acquisisce maggiore importanza (Gori e Facoetti, 2013).

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 incrementare e permettere un migliore utilizzo dell'indizio uditivo fornito prima della comparsa del target visivo. Ricordando i dati di Golfarb e Shaul (2013), relativi alla correlazione inversa fra abilità nei compiti di allerta e di orientamento, è possibile che l'utilizzo degli AVG, potenziando entrambe le competenze, riesca a modificare e annullare tale correlazione. In alternativa si potrebbe ipotizzare un incremento della velocità di elaborazione delle informazioni (Kail, 1991) e di rapida allocazione dell'attenzione nelle aree di interesse (Franceschini et al., 2012).

I miglioramenti nelle prove di lettura indicano che gli incrementi nelle funzioni visuo-attentive sono risultati incidere su altre competenze e i dati descritti nell'articolo, attraverso regressioni per blocchi a entrata fissa, confermano questa ipotesi, mostrando una relazione diretta fra i guadagni nei meccanismi attenzionali sia spaziali che temporali e i miglioramenti nella decodifica fonologica e nella lettura di brani. I dati ottenuti sia nelle prove attenzionali che in quelle di lettura dimostravano che gli incrementi non erano semplicemente dovuti a un cambio di strategia (si veda Nelson e Strachan, 2009), tant'è che nelle prove attenzionali i miglioramenti erano valutati in termini di incrementi in accuratezza e nelle prove di lettura si osservava il rapporto fra velocità e accuratezza, e non si registravano peggioramenti nel numero di errori commessi.

A livello fisiologico, risulta difficile discriminare le possibili influenze delle componenti *volontarie* e *automatiche* nel valutare l'origine dei miglioramenti ottenuti. Gli incrementi di performance nei compiti attentivi permettono di ipotizzare un possibile coinvolgimento di entrambe le tipologie di meccanismi. Indubbiamente, l'incremento delle abilità di diffusione dell'attenzione e di focalizzazione della stessa, insieme a un incremento dell'allerta, lascia ipotizzare che i risultati possano almeno in parte essere attribuiti a un potenziamento della via M-D e delle abilità di spostamento e focalizzazione delle abilità attentive, abilità in genere alla base di processi *automatici*.

Conclusioni

La possibilità di ricorrere a sistemi interattivi e divertenti per fini abilitativi (e riabilitativi), ad esempio attraverso l'utilizzo degli sport, della musica o della tecnologia, è

affascinante (Diamond e Lee, 2011; Tierney e Kraus, 2013; Bhide, Power e Goswami, 2013, per un training per DE basati sull'uso della musica). Per quanto riguarda il settore dei video game, insieme a promettenti evidenze di efficacia (Cardoso-Leite e Bavelier, 2014; Oei e Patterson, 2013; Morris et al., 2013), si sono osservate repliche che hanno messo in discussione le conclusioni raggiunte; la critica principale riguarda la possibile presenza dell'effetto placebo, in realtà potenzialmente presente pressoché in qualunque tipo di indagine, derivante dall'essere selezionato per una ricerca in base a determinate caratteristiche personali (utilizzo dei video game) o dall'essere addestrato a svolgere determinate attività (impiegare uno specifico tipo di video game piuttosto che un altro; si veda van Ravenzwaaij et al., 2014; Boot et al., 2008; 2013; Boot, Blakely e Simons, 2011; Owen et al., 2010). Tale critica tuttavia non può riferirsi alla ricerca sui bambini con DE, che possono essere considerati completamente ignari delle tipologie di gioco più adatte allo sviluppo delle abilità visuo-attentive.

La recente meta-analisi di Powers e colleghi (Powers et al., 2013) evidenzia che deve essere adoperata molta cautela nel valutare la letteratura riguardante l'influenza dei molteplici tipi di video game sulle diverse funzioni cognitive e che, se le evidenze riguardo i dati delle ricerche sperimentali confermano i miglioramenti a carico delle abilità di elaborazione visuo-spaziale, non sono supportate le affermazioni che i video game rendano le persone più intelligenti o più «svegli».

Concordi sulla necessità di evitare vaghe generalizzazioni e di manifestare precisione nel definire quali siano le funzioni stimolate in positivo e in negativo dai video game, riteniamo che a monte vi debba essere la consapevolezza che i video game, così come qualsiasi altro passatempo per ragazzi, non devono essere considerati un bene o un male in modo assoluto. I video game sono stati associati, ad esempio, al rischio di sviluppare obesità (ibidem); tuttavia è utile osservare che anche altre attività quali l'uso del pc o la lettura sono considerate sedentarie e, conseguentemente, correlate al problema obesità (Vandewater, Shim e Caplovitz, 2004). È quindi in un'ottica di uso misurato (e supervisionato da parte di una figura di riferimento, ovvero il neuropsicologo dello sviluppo e della riabilitazione) che si è mossa la nostra ricerca, interessata a individuare metodi di trattamento delle difficoltà di lettura alternativi a quelli già presenti, basati principalmente sull'allenamento esplicito delle abilità di decodifica fonologica (Strong et al., 2011).

Recenti ricerche confermano che, statisticamente, i bambini con DE difficilmente sono attratti da strumenti di alfabetizzazione (lettura o acquisto di libri, forme di studio attivo), mentre tendono a passare più ore dei compagni davanti al computer o alla televisione, dando vita a un circolo vizioso di incremento delle loro difficoltà (He et al., 2014). Queste evidenze non suonano poi così diverse dalla percezione che può avere un genitore o un insegnante. Si tratta quindi di tentare di utilizzare al meglio una delle attività più gradite da chi manifesta difficoltà di lettura, per modificare funzioni utili proprio alla lettura stessa.

Come esposto nella sezione precedente, le evidenze in letteratura dimostrano che in adulti e bambini è stato possibile potenziare, con l'utilizzo di AVG, numerose componenti delle loro abilità visuo-attentive. Il fatto che abilità visuo-attentive correlate alle abilità di lettura siano incrementabili in individui privi di patologie permette di ipotizzare che

gli stessi meccanismi, se nelle persone con DE risultano poco sviluppati, possano essere riabilitati utilizzando gli stessi strumenti.

Il nostro recente articolo (Franceschini et al., 2013), riguardante l'efficacia dell'utilizzo di una specifica tipologia di video game per l'incremento delle abilità di lettura, mediata dall'acquisizione di maggiori abilità visuo-attentive, apre la strada allo sviluppo di nuove modalità di trattamento della DE, che prevedano di affiancare a training specifici, effettuati utilizzando specifici materiali scolastici, strumenti che risultino più piacevoli e, allo stesso tempo, in grado di incrementare i risultati ottenibili con l'utilizzo dei trattamenti standard.

Ringraziamenti

Si ringraziano Sara Varotto e Irene Chiesi per la collaborazione.

Autori

SANDRO FRANCESCHINI

Developmental Cognitive Neuroscience, Dipartimento di Psicologia Generale, Università di Padova.

SIMONE GORI, LUCA RONCONI E ANDREA FACOETTI

Developmental Cognitive Neuroscience Lab, Dipartimento di Psicologia Generale, Università di Padova; Child Psychopathology Unit, IRCCS E. Medea, Bosisio Parini, Lecco.

MILENA RUFFINO

Child Psychopathology Unit, IRCCS E. Medea, Bosisio Parini, Lecco; UONPIA A.O. Sant'Anna di Como.

SIMONA VIOLA E MASSIMO MOLTENI

Child Psychopathology Unit, IRCCS E. Medea, Bosisio Parini, Lecco.

FRANCESCA NOCE E CONCETTA CATAUDELLA

Progetto «Apprendo», Padova.

Bibliografia

- Agrillo C., Gori S. e Beran M.J. (2015), *Do rhesus monkeys (Macaca mulatta) perceive illusory motion?*, «Anim Cogn», 2015 Mar 27, doi: 10.1007/510071-D15-0860-6.
- Asimov I. (1984), *Asimov's new guide to science*, New York, Basic Books.
- Bednarek D.B., Saldana D., Quintero-Gallego E., Garcia I., Grabowska A. e Gomez C.M. (2004), *Attentional deficit in dyslexia: A general or specific impairment?*, «Neuroreport», vol. 1, pp. 1787-1790.
- Bhide A., Power A. e Goswami U. (2013), *A rhythmic musical intervention for poor readers. A comparison of efficacy with a letter-based intervention*, «Mind Brain and Education», vol. 7, n. 2, pp. 113-123.
- Boot W.R., Blakely D.P. e Simons D.J. (2011), *Do action video games improve perception and cognition?*, «Frontiers in Psychology», vol. 2, n. 226, pp. 1-6.

- Boot W.R., Kramer A.F., Simons D.J., Fabiani M. e Gratton G. (2008), *The effects of video game playing on attention, memory, and executive control*, «Acta Psychologica», vol. 129, pp. 387-398.
- Boot W.R., Simons D.J., Stothart C. e Stutts C. (2013), *The pervasive problem with placebos in psychology. Why active control groups are not sufficient to rule out placebo effects*, «Perspective on Psychological Science», vol. 8, n. 4, pp. 445-454.
- Buchholz J. e McKone E. (2004), *Adults with dyslexia show deficits on spatial frequency doubling and visual attention tasks*, «Dyslexia», vol. 10, pp. 24-43.
- Cardoso-Leite P. e Bavelier D. (2014), *Video game play, attention, and learning: How to shape the development of attention and influence learning?*, «Current Opinion in Neurology», vol. 27, n. 2, pp. 185-191.
- Casco C., Tressoldi P. e Dellantonio A. (1998), *Visual selective attention and reading efficiency are related in children*, «Cortex», vol. 34, pp. 531-546.
- Castel A.D., Pratt J. e 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», vol. 119, pp. 217-230.
- Chisholm J. e Kingstone A. (2012), *Improved top-down control reduces oculomotor capture: The case of action video game players*, «Attention, Perception, & Psychophysics», vol. 74, pp. 257-262.
- Corbetta M. e Shulman G.L. (2002), *Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain*, «Nature Reviews Neuroscience», vol. 3, pp. 201-215.
- Dehaene S. (2009), *I neuroni della lettura*, Milano, Raffaello Cortina.
- Denckla M.B. e Cutting L.E. (1999), *History and significance of Rapid Automated Naming*, «Annals of Dyslexia», vol. 49, pp. 29-42.
- Denckla M.B. e Rudel R.G. (1976), *Rapid «Automatized» Naming (RAN): Dislexia differentiated from other learning disabilities*, «Neuropsychologia», vol. 14, pp. 471-479.
- Di Lollo V., Hanson D. e McIntyre J.S. (1983), *Initial stages of visual information processing in dyslexia*, «Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance», vol. 6, pp. 923-935.
- Diamond A. e Lee K. (2011), *Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old*, «Science», vol. 333, pp. 959-964.
- Dye M.W.G. e Bavelier D. (2010), *Differential development of visual attention skills in school-age children*, «Vision Research», vol. 50, pp. 452-459.
- Dye M.W.G., Green C.S. e Bavelier D. (2009a), *The development of attention skills in action video game players*, «Neuropsychologia», vol. 46, pp. 1780-1789.
- Dye M.W.G., Green C.S. e Bavelier D. (2009b), *Increasing speed of processing with action video games*, «Current Directions in Psychological Science», vol. 18, pp. 321-326.
- Edwards J.D., Ross L.A., Wadley V.G., Clay O.J., Crowe M., Roenker D.L. e Ball K.K. (2006), *The useful field of view test: Normative data for older adults*, «Archives of Clinical Neuropsychology», vol. 21, n. 4, pp. 275-286.
- Facoetti A., Corradi N., Ruffino M., Gori S. e Zorzi M. (2010), *Visual spatial attention and speech segmentation are both impaired in preschoolers at familial risk for developmental dyslexia*, «Dyslexia», vol. 16, pp. 226-239.
- Facoetti A., Lorusso M.L., Cattaneo C., Galli R. e Molteni M. (2005), *Visual and auditory attentional capture are both sluggish in children with developmental dyslexia*, «Acta Neurobiologiae Experimentalis», vol. 65, pp. 61-72.
- Facoetti A., Ruffino M., Peru A., Paganoni P. e Chelazzi L. (2008), *Sluggish engagement and disengagement of non-spatial attention in dyslexic children*, «Cortex», vol. 44, pp. 1221-1233.

- Fahle M. (2004), *Perceptual learning: A case for early selection*, «Journal of Vision», vol. 4, pp. 879-890.
- Fan J., McCandliss B.D., Sommer T., Raz A. e Posner M.I. (2002), *Testing the efficiency and independence of attentional networks*, «Journal of Cognitive Neuroscience», vol. 14, pp. 340-347.
- Feng J., Spence I. e Pratt J. (2007), *Playing an action video games reduce gender differences in spatial cognition*, «Psychological Science», vol. 18, pp. 850-855.
- Ferguson C.J. (2007), *The good, the bad and the ugly: A meta-analytic review of positive and negative effects of violent video games*, «Psychiatric Quarterly», vol. 78, n. 4, pp. 309-316.
- Ferretti G., Mazzotti S. e Brizzolara D. (2008), *Visual scanning and reading ability in normal and dyslexic children*, «Behavioral Neurology», vol. 19, pp. 87-92.
- Flax J.F., Realpe-Bonilla T., Hirsch L.S., Brzustowicz L.M., Bartlett C.W. e Tallal P. (2003), *Specific language impairment in families: Evidence for co-occurrence with reading impairments*, «Journal of Speech, Language, and Hearing Research», vol. 45, n. 3, pp. 530-543.
- Franceschini S., Gori S., Ruffino M., Pedrolli K. e Facoetti A. (2012), *A causal link between visual spatial attention and reading acquisition*, «Current Biology», vol. 22, pp. 814-819.
- Franceschini S., Gori S., Ruffino M., Viola S., Molteni M. e Facoetti A. (2013), *Action video games make dyslexic children read better*, «Current Biology», vol. 23, pp. 462-466.
- Gabrieli J.D. (2009), *Dyslexia: A new synergy between education and cognitive neuroscience*, «Science», vol. 325, pp. 280-283.
- Goldfarb L. e Shaul S. (2013), *Abnormal attentional internetwork link in dyslexic readers*, «Neuropsychology», vol. 27, n. 6, pp. 725-729.
- Gori S. e Facoetti A. (2013), *Is the language transparency really that relevant for the outcome of the action video games training?*. In D. Bavelier et al., *Cognitive development: Gaming your way out of dyslexia?*, «Current Biology», vol. 23, n. 7, R282-R283, [http://www.cell.com/current-biology/abstract/S0960-9822\(13\)00258-3#Comments](http://www.cell.com/current-biology/abstract/S0960-9822(13)00258-3#Comments).
- Gori S. e Facoetti A. (2014), *Perceptual learning as a possible new approach for remediation and prevention of developmental dyslexia*, «Vision Research», vol. 99, pp. 78-87.
- Gori S. e Facoetti A. (2015), *How the visual aspects can be crucial in reading acquisition? The intriguing case of crowding and developmental dyslexia*, «Journal of Vision», vol. 15, n. 1, doi: 101167/15.1.8.
- Gori S. e Hamburger K. (2006), *A new motion illusion: The Rotating-Tilted-Lines illusion*, «Perception», vol. 35, n. 6, pp. 853-857.
- Gori S. e Yazdanbakhsh A. (2008), *The riddle of the Rotating-Tilted-Lines illusion*, «Perception», vol. 37, pp. 631-635.
- Gori S., Agrillo C., Dadda M. e Bisazza A. (2014), *Do fish perceive illusory motion?*, «Scientific Reports», vol. 4, n. 6443, doi: 10.1038/5rep06443.
- Gori S., Giora E. e Stubbs D.A. (2010), *Perceptual compromise between apparent and veridical motion indices: The Unchained-Dots illusion*, «Perception», vol. 39, pp. 863-866.
- Gori S., Hamburger K. e Spillmann L. (2006), *Reversal of apparent rotation in the Enigma-figure with and without motion adaptation and the effect of T-junctions*, «Vision Research», vol. 46, pp. 3267-3273.
- Gori S., Cecchini P., Bigoni A., Molteni M. e Facoetti A. (2014), *Magnocellular-dorsal pathway and sub lexical route in developmental dyslexia*, «Frontiers in Human Neuroscience», vol. 8, n. 460, pp. 1-11.
- Gori S., Giora E., Yazdanbakhsh A. e Mingolla E. (2011), *A new motion illusion based on competition between two kinds of motion processing units: The accordion grating*, «Neural Network», vol. 24, pp. 1082-1092.

- Gori S., Giora E., Yazdanbakhsh A. e Mingolla E. (2013), *The novelty of the accordion grating*, «Neural Network», vol. 39, pp. 52.
- Gori S., Mascheretti S., Giora E., Ronconi L., Ruffino M., Quadrelli E., Facchetti A. e Marino C. (2015), *The DCDC2 intron 2 deletion impairs illusory motion perception unveiling the selective role of magnocellular-dorsal stream in reading (dis)ability*, «Cerebral Cortex», doi:10.1093/cercor/bhu234.
- Goswami U. (2015), *Sensory theories of developmental dyslexia: Three challenges for research*, «Nature Review Neuroscience», vol. 16, pp. 43-54, doi:10.1038/nrn3836.
- Green C.S. e Bavelier D. (2003), *Action video-game modifies visual selective attention*, «Nature», vol. 423, pp. 534-537.
- Green C.S. e Bavelier D. (2006a), *Enumeration versus multiple object tracking: The case of action video game players*, «Cognition», vol. 101, pp. 217-245.
- Green C.S. e 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», vol. 32, pp. 1465-1478.
- Green C.S. e Bavelier D. (2007), *Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision*, «Psychological Science», vol. 18, pp. 88-94.
- Green C.S. e Bavelier D. (2012), *Learning, attentional control and action video games*, «Current Biology», vol. 20, pp. 197-206.
- Green C.S., Li R. e Bavelier D. (2009), *Perceptual learning during action video game playing*, «Topics in Cognitive Science», vol. 2, pp. 1-15.
- Green C.S., Pouget A. e Bavelier D. (2010), *Improved probabilistic inference as a general learning mechanism with action video games*, «Current Biology», vol. 20, pp. 1573-1579.
- Greenfield P.M., DeWinstanley P., Kilpatrick H. e Kaie D. (1994), *Action video games and informal education: Effects on strategies for dividing visual attention*, «Journal of Applied Developmental Psychology», vol. 15, pp. 105-123.
- Griffith J.L., Voloschin P., Gibb G.D. e Bailey J.R. (1983), *Differences in eye-hand motor coordination of video-game users and non-users*, «Perceptual & Motor Skills», vol. 57, pp. 155-158.
- Hari R., Renvall H. e Tanskanen T. (2001), *Left mini-neglect in dyslexic adults*, «Brain», vol. 124, pp. 1373-1380.
- He Z., Shao S., Zhou J., Ke J., Kong R., Guo S. et al. (2014), *Does long time spending on the electronic devices affected the reading abilities? A cross-sectional study among Chinese school-aged children*, «Research in Developmental Disabilities», vol. 35, n. 12, pp. 3645-3654.
- Hubert-Wallander B., Green C.S., Sugarman M. e Bavelier D. (2011), *Changes in search rate but not in the dynamics of exogenous attention in action video game players*, «Attention, Perception & Psychophysics», vol. 73, pp. 2399-2412.
- Kail R. (1991), *Development of processing speed in childhood and adolescence*, «Advances in Child Development and Behavior», vol. 23, pp. 151-185.
- Kevan A. e Pammer K. (2009), *Predicting early reading skills from pre-reading measures of dorsal stream functioning*, «Neuropsychologia», vol. 47, pp. 3174-3181.
- Laasonen M., Salomaa J., Cousineau D., Leppämäki S., Tani P., Hokkanen L. e Dye M. (2012), *Project DyAdd: Visual attention in adult dyslexia and ADHD*, «Brain and Cognition», vol. 80, pp. 311-327.
- Lavie N. e Cox S. (1997), *On the efficiency of visual selective attention: Efficient visual search leads to inefficient distractor rejection*, «Psychological Science», vol. 8, pp. 395-398.
- Li R., Polat U., Makous W. e Bavelier D. (2009), *Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training*, «Nature Neuroscience», vol. 12, n. 5, pp. 549-551.

- Li R., Polat U., Scalzo F. e Bavelier D. (2010), *Reducing backward masking through action game training*, «Journal of Vision», vol. 10, n. 33, pp. 1-13.
- Livingstone M.S. e Hubel D.H. (1987), *Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement, and depth*, «Journal of Neuroscience», vol. 7, pp. 3416-3468.
- Martelli M., Di Filippo G., Spinelli D. e Zoccolotti P. (2009), *Crowding, reading, and developmental dyslexia*, «Journal of Vision», vol. 9, n. 14, pp. 1-18.
- McClurg P.A. e Chaillé C. (1987), *Computer games: Environments for developing spatial cognition*, «Journal of Educational Computing Research», vol. 3, pp. 95-111.
- Menghini D., Finzi A., Benassi M., Bolzani R., Facoetti A., Giovagnoli S., Ruffino M. e Vicari S. (2010), *Different underlying neurocognitive deficits in developmental dyslexia: A comparative study*, «Neuropsychologia», vol. 48, pp. 863-872.
- Mishra J., Zinni M., Bavelier D. e Hillyard S.A. (2011), *Neural basis of superior performance of action videogame players in an attention-demanding task*, «Journal of Neuroscience», vol. 31, pp. 992-998.
- Moores E., Cassim R. e Talcott J.B. (2011), *Adults with dyslexia exhibit large effects of crowding, increased dependence on cues, and detrimental effects of distracters in visual search tasks*, «Neuropsychologia», vol. 49, pp. 3881-3890.
- Morris B.J., Croker S., Zimmerman C., Gill D. e Romig C. (2013), *Gaming science: The «gamification» of scientific thinking*, «Frontiers in Psychology», vol. 4, n. 607, pp. 1-16.
- Morrone M.C., Tosetti M., Montanaro D., Fiorentini A., Cioni G. e Burr D.C. (2000), *A cortical area that responds specifically to optic flow, revealed by fMRI*, «Nature Neuroscience», vol. 3, n. 12, pp. 1322-1328.
- Nelson R.A. e Strachan I. (2009), *Action and puzzle video games prime different speed/accuracy tradeoffs*, «Perception», vol. 38, pp. 1678-1687.
- Oei A.C. e Patterson M.D. (2013), *Enhancing cognition with video games: A multiple game training study*, «PloS ONE», vol. 8, n. 3, e58546.
- Olulade O.A., Napoliello E.M. e Eden G.F. (2013), *Abnormal visual motion processing is not a cause of dyslexia*, «Neuron», vol. 79, n. 1, pp. 180-190.
- Omtzigt D. e Hendriks A.W. (2004), *Magnocellular involvement in flanked-letter identification relates to the allocation of attention*, «Vision Research», vol. 44, pp. 1927-1940.
- Omtzigt D., Hendriks A.W. e Kolk H.H.J. (2002), *Evidence for magnocellular involvement in the identification of flanked letters*, «Neuropsychologia», vol. 40, pp. 1881-1890.
- Owen A.M., Hampshire A., Grahn J.A., Stenton R., Dajani S., Burns A.S. et al. (2010), *Putting brain training to the test*, «Nature», vol. 465, pp. 775-778.
- Pammer K. e Wheatley C. (2001), *Isolating the M(y)-cell response in dyslexia using the spatial frequency doubling illusion*, «Vision Research», vol. 41, n. 16, pp. 2139-2147.
- Posner M.I. (1980), *Orienting of attention*, «Quarterly Journal of Experimental Psychology», vol. 32, pp. 3-25.
- Posner M.I. e Rothbart M.K. (2007), *Research on attention networks as a model for the integration of psychological science*, «Annual Review of Psychology», vol. 58, pp. 1-23.
- Power A.J., Mead N., Barnes L. e Goswami U. (2013), *Neural entrainment to rhythmic speech in children with developmental dyslexia*, «Frontiers in Human Neuroscience», vol. 7, n. 777, pp. 1-19.
- Powers K.L., Brooks P.J., Aldrich N.J., Palladino M.A. e Alfieri L. (2013), *Effects of video-game play on information processing: A meta-analytic investigation*, «Psychonomic Bulletin & Review», vol. 20, n. 6, pp. 1055-1079.
- Raymond J.E., Shapiro K.L. e Arnell K.M. (1992), *Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink?*, «Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance», vol. 18, n. 3, pp. 849-860.

- Reynolds J.H. e Desimone R. (2003), *Interacting roles of attention and visual salience in V4*, «Neuron», vol. 37, pp. 853-867.
- Ruffino M., Gori S., Boccardi D., Molteni M. e Facchetti A. (2014), *Spatial and temporal attention in developmental dyslexia*, «Frontiers in Human Neuroscience», vol. 8, n. 331, pp. 1-13.
- Ruffino M., Trussardi A.N., Gori S., Finzi A., Giovagnoli S., Menghini D. et al. (2010), *Attentional engagement deficits in dyslexic children*, «Neuropsychologia», vol. 48, pp. 3793-3801.
- Ruzzoli M., Gori S., Pavan A., Pirulli C., Marzi C. A. e Miniussi C. (2011), *The neural basis of the Enigma illusion: A transcranial magnetic stimulation study*, «Neuropsychologia», vol. 49, pp. 3648-3655.
- Sagi D. e Tanne D. (1994), *Perceptual learning: Learning to see*, «Current Opinion in Neurobiology», vol. 4, pp. 195-199.
- Seitz A.R., Protopapas A., Tsushima Y., Viahou E.L., Gori S., Grossberg S. e Watanabe T. (2010), *Unattended exposure to components of speech sounds yields same benefits as explicit auditory training*, «Cognition», vol. 115, n. 3, pp. 435-43.
- Sieroff E. e Posner M. (1988), *Cueing spatial attention during processing words and letters strings in normals*, «Cognitive Neuropsychology», vol. 5, pp. 451-472.
- Siretenau R., Goebel C., Goertz R., Werner I., Nalewajko M. e Thiel A. (2008), *Impaired serial visual search in children with developmental Dyslexia*, «Annals of the New York Academy of Sciences», vol. 1145, pp. 199-211.
- Sperling A.J., Lu Z.L., Manis F.R. e Seidenberg M.S. (2006), *Motion perception deficits and reading impairment: It's the noise, not the motion*, «Psychological Science», vol. 17, pp. 1043-1054.
- Sperling A.J., Lu Z.L., Manis F.R. e Seidenberg M.S. (2005), *Deficits in perceptual noise exclusion in developmental dyslexia*, «Nature Neuroscience», vol. 8, pp. 862-863.
- Stein J. (2014), *Dyslexia: The role of vision and visual attention*, «Current Developmental Disorders Reports», vol. 1, n. 4, pp. 267-280.
- Stein J. e Walsh V. (1997), *To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia*, «Trends in Neuroscience», vol. 20, pp.147-152.
- Strong G.K., Torgerson C.J., Torgerson, D. e 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», vol. 52, pp. 224-235.
- Tallal P. (2004), *Improving language and literacy is a matter of time*, «Nature Review Neuroscience», vol. 5, pp. 721-728.
- Tallal P. (2012), *Improving neural response to sound improves reading*, «Proceedings of the National Academy of Sciences», vol. 109, n. 41, pp. 16406-16407.
- Tiermey A. e Kraus N. (2013), *Music training for the development of reading skills*, «Progress in Brain Research», vol. 27, n. 10, pp. 2663-2672.
- Tressoldi P.E., Stella G. e Faggella M. (2001), *The development of reading speed in Italians with dyslexia: a longitudinal study*, «Journal of Learning and Disabilities», vol. 34, pp. 67-78.
- Van Ravenzwaaij D., Boekel W., Forstmann B.U., Ratcliff R. e Wagenmakers E.J. (2014), *Action video games do not improve the speed of information processing in simple perceptual tasks*, «Journal of Experimental Psychology», vol. 143, n. 5, pp. 1794-805.
- Vandewalle E., Boets B., Ghesquière P. e Zink I. (2010), *Who is at risk for dyslexia? Phonological processing in 5- to 7-year-old children with SLI*, «Scientific Studies of Reading», vol. 14, n. 1, pp. 58-84.
- Vandewater E.A., Shim M.S. e Caplovitz A.G. (2004), *Linking obesity and activity level with children's television and video game use*, «Journal of Adolescence», vol. 27, n. 1, pp. 71-85.

- Vidyasagar T.R. (2013), *Reading in to neuronal oscillations in the visual system: Implications for developmental dyslexia*, «Frontiers in Human Neuroscience», vol. 7, pp. 811.
- Vidyasagar T.R. e Pammer K. (2010), *Dyslexia: A deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing*, «Trends in Cognitive Science», vol. 14, pp. 57-63.
- Visser T., Boden C. e Giaschi D. (2004), *Children with dyslexia: Evidence for temporal processing deficits*, «Vision Research», vol. 44, pp. 2521-2535.
- West G.L., Stevens S.A., Pun C. e Pratt J. (2008), *Visuospatial experience modulates attentional capture: Evidence from action video game players*, «Journal of Vision», vol. 13, pp. 1-9.
- Wu S. e Spence I. (2013), *Playing shooter and driving videogames improves top-down guidance in visual search*, «Attention, Perception, & Psychophysics», vol. 75, pp. 673-686.
- Yazdanbakhsh A. e Gori S. (2008), *A new psychophysical estimation of the receptive field size*, «Neuroscience Letters», vol. 438, pp. 246-251.
- Yazdanbakhsh A. e Gori S. (2011), *Mathematical analysis of the accordion grating illusion: A differential geometry approach to introduce the 3D aperture problem*, «Neural Network», vol. 24, pp. 1093-1101.
- Zorzi M., Barbiero C., Facoetti A., Lonciari I., Carrozzini M., Montico M. et al. (2012), *Extra spacing letter improves reading in dyslexia*, «Proceedings of the National Academy of sciences USA», vol. 109, pp. 11455-11459.

Autore per corrispondenza

Sandro Franceschini
Università di Padova
Dipartimento di Psicologia Generale
Via Venezia, 8
35131 Padova
E-mail: sandro.franceschini@unipd.it