

Movimenti oculari di lettura, ecologia della lettura e paradigmi della singola parola

Mario Lecce (Pavia)

Confronto tra lettura naturale, con uso dei movimenti oculari, e, di contro, l'utilizzo di due strumenti comunemente impiegati nella valutazione e/o trattamento dei DSA (Disturbi Specifici dell'Apprendimento): lettura di liste di parole (e/o pseudo-parole) e proiezioni tachistoscopiche della parola singola. Attraverso una rassegna della letteratura si dimostrano: la necessità di movimenti oculari per la lettura efficiente, i limiti dei paradigmi della singola parola e le nuove prospettive aperte dalla ricerca con sistemi di analisi dei movimenti oculari. Proponiamo nuove ipotesi di span percettivo dinamico e affollamento del DOVE (contrapposto all'affollamento del COSA). Si evidenzia così la necessità di un approccio allo studio della lettura più ecologico e fondato sulle modalità di acquisizione del testo utilizzate dal soggetto adulto normale.

1. Introduzione

L'OMS ha fornito una definizione di Dislessia che la caratterizza come diagnosi per esclusione. Infatti, tra le varie condizioni da escludere, si prevede che il soggetto non debba presentare «*disturbi neurologici o sensoriali che possano giustificare la difficoltà di lettura come conseguenza indiretta*». Questo approccio è stato ribadito anche nell'ultima Consensus Conference sui Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA) del 2010: «*L'adozione di criteri diagnostici evidence based¹, può contribuire inoltre a distinguere i DSA dalle altre difficoltà curriculari aspecifiche, connesse di solito a fattori relativi al contesto familiare, ambientale e culturale dello studente, nonché dalle difficoltà di apprendimento che sono conseguenza di ritardo mentale o deficit neurologici, sensoriali o motori*» (A.A., 2010).

¹ Criteri diagnostici *evidence based*: criteri diagnostici fondati sulle migliori evidenze della ricerca disponibili, sull'esperienza clinica, e i valori del paziente (da *Evidence Based Medicine*).

1.1. Dal disturbo sensoriale alla visione come sistema di produzione di comportamento

Le valutazioni di routine eseguite sui DSA dal professionista della visione, volte ad escludere i deficit sensoriali, valutano l'Acuità Visiva da lontano (almeno oltre 3-4 metri), e solo raramente l'Acuità Visiva da vicino (dai 25 ai 40 cm), ossia alla distanza «ecologica» di lettura. Tali valutazioni verificano la presenza di vizi refrattivi (ad es. astigmatismo e/o ipermetropia), che penalizzano la definizione dell'immagine e aumentano lo «sforzo visivo» richiesto nella lettura, ed escludono patologie oculari. Tendono inoltre ad escludere la presenza delle gravi anomalie della visione binoculare (strabismi, microstrabismi e ambliopia) seppure solo raramente queste ultime interferiscano con le abilità di lettura (per approfondimenti vedi Bowan, 2002; Zeri, 2005).

Se si decidesse di introdurre nella routine diagnostica anche analisi visuoperceptive, il concetto di deficit sensoriale sarebbe superato da quello di deficit dell'elaborazione dell'informazione visiva; questa riguarda la percezione della forma (e tutte le sue sotto-componenti), la memoria visiva a breve termine e conduce alla valutazione dei disturbi visuospatiali e specificamente della Memoria di Lavoro (taccuino visuospatial).

Queste ultime componenti rientrano a pieno diritto in quella che definiremo «visuo-cognizione», perché escono definitivamente dalla prospettiva «sensoriale» («bottom-up» e «low-level») e cominciano a connotarsi come elaborazioni *top-down* (*high-level*).

Tuttavia, esistono funzioni misurabili che si riferiscono non più a «cosa gli occhi dicono al cervello» (prospettiva sensoriale: visione come sistema di input), ma a «cosa il cervello dice agli occhi di fare» (prospettiva delle prassie oculari: visione come sistema di output²).

L'output motorio osservabile e misurabile nel corso della lettura (escludendo la verbalizzazione da parte del lettore) è costituito dai movimenti di orientamento che consentono la foveazione (rapidi spostamenti della fissazione finalizzati a portare sulla fovea di ciascun occhio nuove parti di testo). L'osservatore potrà facilmente rilevare nel bambino, soprattutto nelle prime fasi dell'apprendimento della lettura (1a e 2a classe primaria), movimenti della testa e del busto (movimenti grossolani di orientamento): questi però si ridurranno col passare degli anni fino all'età adulta, tanto da non essere più rilevabili con la semplice osservazione³.

² *Output*: in informatica, dati che il programma trasmette verso un soggetto terzo per l'ulteriore elaborazione, modifica, registrazione o esecuzione.

³ Un test non standardizzato di origine optometrica, l'NSUCO Oculomotor Test di Maples (1995), prevede un annullamento dei movimenti visibili del corpo durante le saccadi (valutati da osservatore esperto) per le femmine entro gli 11 anni e per i maschi entro i 13 anni; per

Gli atti motori che invece sono presenti durante tutto il percorso di apprendimento della lettura fino all'età adulta, compreso il periodo del loro deterioramento nella terza età, sono i movimenti oculari di lettura (movimenti fini di orientamento).

Gli occhi non «slittano» lungo la riga di testo, ma eseguono rapidi spostamenti della fissazione finalizzati alla foveazione: le saccadi, il punto centrale del ciclo elementare fissazione-saccade-fissazione utilizzato per l'esplorazione efficiente dell'ambiente, delle scene, degli oggetti o dei volti. Solo in tempi recenti la scolarizzazione di massa ha richiesto il «riciclaggio» del comportamento rapido e «a basso dispendio energetico» di esplorazione visiva e orientamento dell'attenzione utilizzato nella scansione della scena, del viso e dell'oggetto nel comportamento saccadico di lettura: richiedendo in aggiunta l'efficiente automatizzazione della serializzazione da sinistra verso destra (nelle scritture occidentali) degli spostamenti dello sguardo, e l'adeguato abbinamento con i processi di elaborazione linguistica del testo.

Per ciò che riguarda la necessità di movimenti oculari per la lettura e l'influenza dei movimenti della testa sulla loro accuratezza, rimandiamo il lettore alla nostra precedente rassegna (Lecce, 2008) e agli studi che hanno dimostrato che la stabilità della fissazione diminuisce se la testa si muove (Skavenski, Hansen, Steinman e Winterson, 1979; Ferman, Collewijn, Jansen e Van den Berg, 1987).

1.2. Non esiste lettura ecologica senza movimenti oculari

In Italia la *Batteria per la Valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva – DDE-2* (Sartori, Job e Tressoldi, 2007), utilizzata per la diagnosi della dislessia evolutiva, comprende, tra gli altri test, anche liste di parole e non-parole: a tale proposito, è importante ricordare che Lowther, Rainey e Goss (2001) hanno stabilito che l'osservazione di liste di stimoli disposti in verticale è molto simile, a livello di performance, alla proiezione tachistoscopica di uno stimolo per volta e ai compiti di *rapid naming*⁴. Sono disponibili, inoltre, software per la presentazione tachistoscopica di parole⁵ sia in versioni on-line che off-line, per il training della

i movimenti della testa durante le saccadi, non è previsto l'annullamento, ma una marcata riduzione prossima all'assenza, per le femmine dai 9 anni e per i maschi oltre i 14 anni.

⁴ *Rapid Naming*: abilità di nomina veloce della parola.

⁵ Tachistoscopio – Strumento realizzato per presentare un'immagine per un tempo ben determinato (da pochi millisecondi a secondi) e che può prevedere la presentazione di un secondo stimolo di mascheramento post-esposizione: ciò ha lo scopo di annullare l'effetto di post-immagine \ persistenza visiva che può prolungare la permanenza del primo stimolo in modo indesiderato. Inizialmente si trattava di un apparato meccanico per la proiezione di

dislessia. L'uso di liste di parole può essere utile per valutare le difficoltà di elaborazione fonologica, di accesso lessicale e di *rapid naming*, mentre le proiezioni tachistoscopiche di una parola per volta si sono rivelate efficaci nel migliorare l'accuratezza della lettura o le abilità di compitazione nella dislessia evolutiva (Tressoldi, Vio, Lorusso, Facchetti e Lozzino, 2003; Lorusso, Facchetti e Bakker, 2011): ma chi utilizza questi strumenti dovrebbe essere consapevole dei loro limiti. Non si tratta, infatti, di paradigmi ecologici, perché molto lontani dal modo in cui il nostro sistema visivo si appropria in modo sequenziale e progressivo delle informazioni testuali.

Questa è anche l'opinione di ricercatori fortemente schierati a favore di un'interpretazione quasi unicamente linguistica degli EMR (*Eye Movements in Reading* – i movimenti oculari di lettura). Rayner e Liversedge⁶ (2011), ricercatori che usano l'*eye-tracking*⁷ allo scopo di indagare i processi cognitivi di tipo linguistico sottostanti alla lettura, affermano che:

[...] le metodologie nelle quali, parole singole e isolate vengono presentate centralmente sulla fissazione siano fortemente limitate per ciò che riguarda quanto possano acclarare i processi linguistici nucleari che avvengono durante la lettura normale. [...] un problema centrale per la ricerca negli anni a venire sarà quello di sviluppare modelli dell'elaborazione lessicale che siano validi ecologicamente in relazione al modo in cui l'informazione visiva delle parole diviene disponibile per elaborazione nel corso delle fissazioni della lettura.

Questo articolo nasce con lo scopo di evidenziare gli elementi della lettura rilevabili solo attraverso una valutazione degli EMR e non presenti nelle metodologie che utilizzano la singola parola: argomento comune ad altri autori che ne hanno scritto in un passato remoto (Rayner, 1975b, 1978; McConkie e Rayner, 1976b).

diapositive; oggi, grazie alla produzione di monitor ad elevata frequenza di *refresh* e schede grafiche di elevata potenza, si è evoluto sotto forma di software. È stato utilizzato nelle terapie per il miglioramento della velocità di riconoscimento, e la sua prima applicazione «terapeutica» risale alla Seconda Guerra Mondiale: Samuel Renshaw lo utilizzò per allenare i piloti dell'aviazione militare statunitense ad identificare rapidamente gli aerei nemici. L'applicazione nel settore della psicolinguistica è anteriore a quella, più popolare, di Renshaw: risale ad Edmund Huey (1908) che lo utilizzò per lo studio dello «span occhio-voce». Tra le terapie dell'accesso lessicale su presentazione tachistoscopica, da ricordare quella di Gonzalez-Rothi e Moss (1989) nel trattamento di un paziente con dislessia acquisita: lo scopo era l'inibizione della strategia di lettura «lettera per lettera».

⁶ È importante rammentare che Rayner, assieme ad Olson ed altri ricercatori di stampo psicolinguistico, ha contribuito in modo decisivo, alla fine degli anni '80, al tramonto dell'ipotesi oculomotoria dell'eziologia della dislessia evolutiva proposta da Pavlidis.

⁷ *Eye-tracking*: processo di misurazione del punto di sguardo (dove esattamente il soggetto sta guardando) o del movimento dell'occhio relativamente alla testa.

1.3. Elementi costitutivi della lettura non valutati dai paradigmi della singola parola

Sono moltissime le componenti tipiche della lettura ecologica assenti nei paradigmi della parola singola. Nell'impossibilità di essere esaustivi, abbiamo scelto gli argomenti che secondo noi sono i più importanti, anche se alcuni sono ancora oggetto di controversie tra ricercatori di diverso orientamento.

Nel secondo paragrafo parleremo della gestione dinamica dello sguardo nel *pattern* ripetuto saccade-fissazione-saccade. Passeremo a trattare tipi di movimento oculare tipici della lettura: le rifissazioni di lettura e le regressioni. Nel terzo paragrafo analizzeremo il contenuto volontario della guida dei movimenti oculari di lettura, esponendo una proposta di rete neurologica della saccade, la sua sovrapposizione con la rete attentiva, l'influenza del *task-set* sulla performance. Nel quarto paragrafo tratteremo l'influenza dell'affollamento e distingueremo un affollamento del COSA da un affollamento del DOVE.

Il quinto paragrafo sarà dedicato all'esposizione di tutti gli elementi che ci fanno propendere per l'esistenza di uno *span* percettivo dinamico che varia on-line nel corso del processo di lettura, approfondendo in particolare l'influenza del *task-set* sulle valutazioni dello *span*.

Il sesto paragrafo chiarirà la differenza tra Posizione di Osservazione Ottimale (POO) utilizzata in molti software tachistoscopici e la posizione di atterraggio preferenziale come concetto statistico relativo al punto medio di atterraggio della saccade sulla parola.

Il settimo paragrafo farà riferimento alle tematiche a sostegno della necessità di valutazioni più ecologiche che non è stato possibile approfondire.

2. Gestione dinamica dell'attenzione e calcolo oculomotorio

La parte mancante più evidente e ovvia nei paradigmi della parola singola rispetto alla lettura ecologica è lo «spostamento della fissazione». Lo spostamento della fissazione di un solo occhio (monoculare) da una parola all'altra del testo, nel ciclo fissazione-saccade-fissazione, nell'adulto avviene secondo una modalità complessa e solo parzialmente automatizzata: il lettore esperto è infatti in grado di alternare a piacimento uno stile di lettura automatico ad uno controllato; dalla lettura di più parole per volta in modo rapido e in sequenza da sinistra verso destra, alla

lettura sillabica di parole non conosciute e/o particolarmente lunghe, alle rifissazioni⁸ e alle regressioni⁹.

Negli ultimi 25-30 anni di ricerche è stato possibile scoprire la presenza di altre sotto-componenti del ciclo fissazione-saccade-fissazione. La durata della fissazione media del normolettore adulto è tra 250 e 300 ms, mentre il tempo di esecuzione della saccade varia tra un minimo di 20 e un massimo di 50 ms (Reichle, Pollatsek, Fisher, e Rayner, 1998; Reichle, Rayner e Pollatsek, 2003). All'interno del tempo di fissazione si possono eseguire due macro-distinzioni che, secondo tutti i modelli di EMR, sembrerebbero non comportare sovrapposizioni e fenomeni di elaborazione parallela:

1) un tempo minimo iniziale di acquisizione delle informazioni visive, sia foveali che parafoveali, di 60 ms, derivato dagli studi con uso del paradigma del testo che scompare (*disappearing text paradigm*)¹⁰ (Rayner, Inhoff, Morrison, Slowiaczek e Bertera, 1981; Ishida e Ikeda, 1989; Rayner, Liversedge, White e Vergilino-Perez, 2003; Liversedge et al., 2004; Rayner, Liversedge e White, 2006).

2) Un tempo di pianificazione della saccade successiva che, secondo i diversi modelli, può contenere parecchie sovrapposizioni parallele di elaborazioni differenti: calcolo oculomotorio, annullamento della saccade programmata e riprogrammazione successiva, elaborazione delle informazioni visuospatiali a bassa frequenza sulla destra della parola fissata, spostamenti seriali dell'attenzione dalla parola foveata alle parole parafoveali, identificazione lessicale di primo livello (familiarità) e secondo livello (vero accesso lessicale), attribuzione di livelli di attivazione neurologica alle parole foveali e parafoveali, ecc. (per una trattazione estensiva vedi Reichle, Rayner e Pollatsek, 2003; Engbert, Nuthmann, Richter e Kliegl, 2005; Engbert e Kliegl, 2011; Reichle, 2011).

Solo nell'ultima decade, la ricerca nel settore degli EMR si è rivolta alle componenti binoculari¹¹ delle saccadi di lettura, allo scopo di dimostrarne l'assoluta ininfluenza sulla struttura dei modelli teorici elaborati sulla base dei risultati di studi condotti con mezzi di rilevazione monocu-

⁸ Rifissazione – Ripetizione di più fissazioni sulla medesima parola.

⁹ Regressione – Saccade eseguita in senso opposto rispetto al senso normale della lettura (e quindi da destra verso sinistra ed eventualmente dal basso verso l'alto) per consentire la rilettura di porzioni di testo precedenti.

¹⁰ Paradigma del testo che scompare: paradigma sperimentale nel quale il soggetto legge a monitor un testo mentre uno strumento di misurazione dei movimenti oculari, assieme ad un software dedicato, determinano il momento di esecuzione della saccade e il locus della fissazione. Ogni volta che il soggetto fissa una nuova parola, questa rimane visibile per un tempo limitato determinato dallo sperimentatore, al decorrere del quale la parola fissata scompare, e ritorna visibile solo quando l'osservatore sposta la fissazione con una nuova saccade.

¹¹ Binocularità: per binocularità (sinonimo di visione binoculare) si intende sia la coordinazione motoria degli occhi, sia l'unificazione sensoriale delle due immagini retiniche in un singolo percepito fuso, con caratteristiche tridimensionali; la distinzione delle componenti sensoriali da quelle motorie è spesso artificiosa.

Movimenti oculari di lettura, ecologia della lettura e paradigmi della singola parola

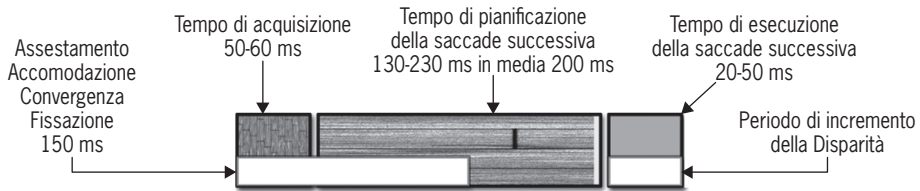


Fig. 1. Periodi di sovrapposizione (in bianco) tra disparità dinamica delle vergenze, fissazione (primi 2 riquadri) e saccade (terzo riquadro). Durante la saccade gli occhi aumentano progressivamente la loro disparità, che raggiunge il massimo all'inizio della fissazione e tende a decrescere per circa 150 ms successivi all'atterraggio (movimenti disgiunti post-saccadici).

lari (Heller e Radach, 1999; Liversedge, White, Findlay e Rayner, 2006; Kirkby, Webster, Blythe e Liversedge, 2008). A nostro parere, questi studi hanno ottenuto l'effetto contrario: hanno rivalutato componenti oculomotorie e di localizzazione spaziale trascurate fino a 10 anni fa. Nella figura 1 è visibile una particolare sovrapposizione dei 2 blocchi temporali, saccade e fissazione, con una nuova componente binoculare (in bianco): qui si verifica (nell'adulto, ancor più nel bambino e in misura ancora maggiore nel bambino dislessico) il fenomeno della Disparità Dinamica delle Vergenze¹² (Bucci e Kapoula, 2006). È stata ipotizzata una correlazione tra lunghezza della fissazione e tempo di assestamento/riduzione della disparità nel corso della fissazione (Lecce, 2008).

3. Sviluppo di sistemi di massimo controllo: dalla saccade riflessa alla saccade volontaria fino alla saccade automatizzata

Nel 1967, Yarbus scrisse un libro (*Eye movements and vision*) che ebbe un'enorme influenza sugli sviluppi successivi della ricerca sui movimenti oculari di esplorazione, e in particolare sugli EMR. I soggetti,

¹² Disparità Dinamica delle Vergenze (DDV) – La coordinazione binoculare nel corso delle saccade di lettura (diversamente dalla coordinazione binoculare verificata su liste di singole parole presentate una alla volta (McKeben *et al.*, 2004), o da quella «astratta dal compito» misurata in strumento – sinottofori, forotteri, ecc.) richiede un tempo di «assestamento» dell'allineamento oculare sul nuovo punto di fissazione (disparità dinamica delle vergenze, a sua volta composta da disgiunzione saccadica (= perdita di allineamento/coordinazione degli assi visivi nel corso della saccade in funzione del nuovo target da fissare binocularmente al termine della saccade stessa. Può essere divergente – gli occhi si disallineano con deriva verso le tempie – o convergente – occhi alla deriva verso il naso) e disgiunzione post-saccadica [Movimento disgiunto dei due occhi (entrambi verso il naso o entrambi verso le tempie) che si verifica al termine della saccade, ossia all'inizio della fissazione]).

sottoposti al suo classico compito di ricerca visiva, generavano *pattern* oculomotori differenziati secondo l'oggetto da ricercare (di recente Mills, Hollingworth, Van der Stigchel, Hoffman e Dodd [2011] hanno riconfermato questi risultati).

Nasce il concetto di *Task-Set*: la configurazione di processi cognitivi che viene attivamente mantenuta ai fini della successiva esecuzione di un compito o, in altre parole, la definizione (iniziale) del compito che condiziona tutta la performance successiva. Il *task-set* determinerebbe le localizzazioni delle fissazioni in interazione con le proprietà visive (salianza) dei loci ambientali (Gilchrist, 2011).

Nella lettura ecologica il *task-set* è il «reading for meaning», leggere per comprendere. Quindi, estremizzando il concetto, se esistesse una teoria forte di stampo psicolinguistico riguardante gli EMR, affermerebbe che il compito linguistico-cognitivo sarebbe in grado di guidare il comportamento oculomotorio in modo da determinarne ogni caratteristica. Ma la lettura ha caratteristiche ecologiche uniche che ne condizionano fortemente il *task-set*:

1) Ambiente bidimensionale: sulla pagina stampata è assente qualsiasi indizio di localizzazione spaziale sull'asse antero-posteriore della singola parola-oggetto: non esistono «percezione stereoscopica della parola», movimenti di parallasse o «indizi monoculari della stereopsi di parola».

2) Distanza di osservazione prossimale: il piano di lettura ha una distanza dal piano del viso che va dai 25 cm (nei bambini) ai 60-70 cm (lettura a computer). Nello spazio prossimale tutte le tolleranze riguardanti la corretta localizzazione spaziale d'oggetto si amplificano enormemente rispetto all'osservazione remota (Liversedge et al., 2006)

3) Assenza di salienza: nei sistemi di scrittura occidentali, elemento più importante che consente al lettore di distinguere una parola dall'altra (solo parzialmente nel senso dell'identificazione, soprattutto in quello della localizzazione spaziale) sono gli spazi inter-parola e quelli inter-riga.

Quindi potremmo dire che il *task-set* della lettura è: *estrarre significato da materiale visivo simbolico, bidimensionale, privo di salienza e disposto (da vicino) in ambiente bidimensionale secondo un ordine sequenziale culturalmente definito.*

Per svolgere questo compito è necessaria una rete neurologica che deve comprendere molte altre componenti, rispetto a quelle classicamente considerate dalla neuropsicologia della dislessia acquisita (via ventrale, area occipito-temporale ventrale sinistra e la rete sinistra del linguaggio implicata nella transcodifica): in questo paragrafo considereremo la rete neurologica della saccade.

La saccade è innescata da una centralina relè (collicolo superiore) verso una determinata direzione solo una volta raggiunta una certa soglia di attivazione di gruppi di neuroni a ciò deputati. Lo studio della circuiteria

1) una via retino-tettale: più primitiva, deputata alla rilevazione ambientale di insorgenze improvvise (abrupt onset) di stimoli allarmanti e alla generazione immediata di una saccade in quella direzione, con meccanismo quasi-riflesso (genera saccadi con latenza ≤ 100 ms dette saccadi espresse) (Plat et al., 2004; Mize e Salt, 2004).

2) Una via retino-genicolo-striata: che attiva aree progressivamente più dorsali e, dopo il passaggio attraverso le aree visive extrastriate, raggiunge la corteccia parietale (nell'uomo il Solco Intraparietale) e successivamente la corteccia frontale, dove, soprattutto i campi oculari frontali – FEF (con il supporto dei campi oculari supplementari – SEF – e della corteccia prefrontale dorsolaterale – DPFC) «scelgono» (sulla base di input motivazionali, emotivi, di memoria di lavoro e di *task-set*) quale vettore della saccade rendere dominante e quale inibire (tramite l'output della DLPFC mediato dai gangli basali) (White e Munoz, 2011).

Mentre le attivazioni della corteccia parietale sono ancora fortemente determinate da input ambientali (*stimulus dependent/linked*), quelle della corteccia frontale hanno la capacità di sovvertire l'ordine di importanza/salienza determinato dall'ambiente (come avviene ad esempio nel paradigma sperimentale dell'antisaccade¹³).

La rete di generazione della saccade (fig. 2)¹⁴ ha un'elevata corrispondenza con quella dello spostamento dell'attenzione visuo-spaziale (fig. 3 – Grosbras, Laird, e Paus, 2005 – vedi in particolare il ruolo della LIP nell'attenzione spaziale implicita e sua efferenza al CSI; Goldberg, Bisley, Powell, Gottlieb e Kusunoki, 2002; Bisley e Goldberg, 2003; Ipata, Gee, Gottlieb, Bisley e Goldberg, 2006; Goldberg, Bisley, Powell e Gottlieb, 2006 – per il ruolo attentivo del Collicolo superiore vedi la rassegna di White e Munoz, 2011 – per l'integrazione dei FEF nella rete dell'orientamento visuospatiale dorsale, vedi la rassegna di Petersen e Posner, 2012 – per quel che riguarda l'intervento dei FEF nel cambiamento di dimensioni del fuoco attentivo, vedi Ronconi, Basso, Gori e Fa-coetti, 2012). In particolare Françoise Vitu (2011), sostiene, nella sua teoria dell'economia percettiva, che tale corrispondenza tra le due reti sia totale nel corso dell'esecuzione delle saccadi di lettura. Ovvero: durante le saccadi di lettura non esisterebbe una dissociazione tra spostamento

¹³ Antisaccade – Movimento oculare volontario eseguito in direzione opposta rispetto al lato di comparsa dello stimolo. Nel paradigma di Fischer, il soggetto fissa per 1 sec un punto di fissazione centrale sullo schermo del computer. Il punto, poi, scompare per 200 ms (gap), al termine dei quali compare lo stimolo su uno dei due lati dello schermo: entro 699 ms il soggetto deve produrre l'antisaccade (guardare sul lato opposto rispetto a quello in cui è comparso lo stimolo).

¹⁴ Esclusi gli OPN, la formazione reticolare, il midollo spinale e i Gangli Basali, nello schema non sono rappresentate le componenti sottocorticali della circuiteria premotoria della saccade, per le quali si rimanda alla lettura di Cullen e Van Horn (2011).

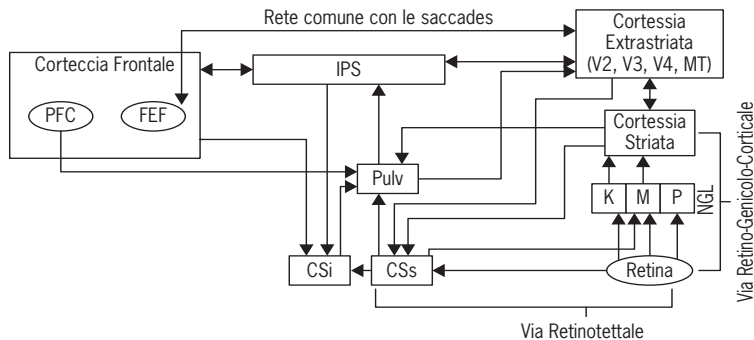


Fig. 3. Rete degli spostamenti impliciti dell'attenzione visuo-spaziale – Nostro adattamento grafico della rete proposta da Shipp (2004) e modificata da Wright e Ward (2008) qui presentato per evidenziare gli elementi comuni con la rete della saccade – PFC = Corteccia Prefrontale; IPS = Solco Intraparietale.

implicito ed esplicito dell'attenzione (che risulterebbe troppo costosa in termini di tempi di elaborazione – *time-consuming*), bensì una perfetta corrispondenza dei meccanismi. Questa modalità di gestione dell'attenzione volontaria esplicita sarebbe inoltre compatibile con i cosiddetti modelli del gradiente attentivo dei movimenti oculari di lettura: teorie GAG (*Guidance by Attentional Gradient*) o teorie PG (*Processing Gradient*) (vedi anche Hoffman e Subramanian, 1995). Queste teorie (ad es. il modello SWIFT di Engbert et al., 2005) si sono dimostrate capaci, quanto i modelli seriali come l'E-Z Reader 10¹⁵, di simulare il comportamento oculare del normolettore adulto (Reichle, Rayner e Pollatsek, 2003).

L'osservazione della rete neurologica della saccade rende evidente come l'«approccio sottocorticale» ai movimenti oculari in genere e a quelli di lettura in particolare, sia fallimentare: dato il numero di aree corticali (parietali, frontali e del cingolo) coinvolte, si può giungere ad affermare che i movimenti oculari siano l'espressione di una forma di visuo-cognizione non necessariamente legata ad una elaborazione di tipo linguistico.

Secondo diversi studi (Biscaldi, Fischer e Hartnegg, 2000; Fischer, Hartnegg e Mokler, 2000) esisterebbe una tendenza evolutiva nel controllo volontario frontale delle saccadi dei normolettori. Inoltre, i dislessici

¹⁵ E-Z Reader 10: Modello di EMR caratterizzato, in particolare, da 2 elementi: 1) nel corso di un'unica fissazione sul testo, l'analizzatore attentivo (spot) si sposta serialmente dalla parola fissata alle parole successive sulla destra (questa caratteristica lo accomuna ai modelli SAS – *Sequential Attentional Shift*); 2) calcolo del dove e quando gli occhi si spostino nel corso della lettura è fortemente determinato dallo stadio della identificazione della parola (Reichle, 2011).

mostrerebbero una tendenza evolutiva delle abilità antisaccadiche separata e deficitaria rispetto a quella dei normolettori (per una trattazione approfondita, vedi Lecce, 2009).

4. Interazione con l'ambiente-testo: vincere l'affollamento inter-parola e inter-riga (orizzontale e verticale)

Perché i movimenti oculari di lettura avrebbero bisogno di componenti volontarie aggiuntive rispetto a quelle determinate dal *task-set* linguistico-cognitivo? Secondo noi, per orientarsi nella riga e nella pagina e per scegliere al meglio la parola su cui atterrare. Per fare tutto ciò è necessario gestire in modo finalizzato le informazioni di bassa frequenza spaziale, fornite dalla via Magnocellulare¹⁶ ed elaborate dal sistema del DOVE¹⁷, riguardanti le parole a destra della parola fissata. Lo scopo è vincere l'affollamento per scegliere DOVE eseguire l'atterraggio (Schall, 2006).

Tuttavia questo approccio presuppone un modo differente di concepire l'affollamento, rispetto a quello classico, proveniente dallo studio dei casi di ambliopia. In origine, infatti, il *crowding effect* (effetto affollamento) era conosciuto come difficoltà di discriminazione di caratteri vicini tra loro da parte dell'occhio ambliope (l'occhio «pigro») durante l'osservazione foveale: si trattava di un affollamento del COSA, nel quale il riconoscimento di un carattere centrale poteva essere migliorato escludendo o allontanando i caratteri periferici (Bonneh, Sagi e Polat, 2004; Levi, Song e Pelli, 2007).

¹⁶ Via magnocellulare: nel classico modello di elaborazione parallela delle informazioni visive di Livingstone e Hubel (1988), la via magnocellulare parte dalle cellule gangliari M della retina, i cui assoni fanno afferenza nello strato magnocellulare del nucleo genicolato laterale. Da quest'ultimo arrivano informazioni segregate negli strati α della corteccia visiva primaria, e da qui le informazioni si diramano agli strati superiori dell'area V1, all'area V2, V3 ed MT nella rete visiva dorsale. Le informazioni visuo-spaziali, trasmesse ad elevata velocità, riguardano localizzazione spaziale, movimento e stereopsi. Per la relazione tra deficit magnocellulare e dislessia, vedi Stein e Walsh (1997) e Kevin e Pammer (2008).

¹⁷ Sistema del DOVE e sistema del COSA: Ungerleider e Mishkin (1982) avevano sostenuto che vi sono due vie (*streams*) che portano l'informazione dalla corteccia visiva primaria (area 17 o V1) ai centri superiori. La prima, posta dorsalmente (*dorsal stream*), termina nel lobo parietale ed è responsabile della localizzazione e posizione degli oggetti (via del dove o *where stream*). La seconda, posta ventralmente (*ventral stream*), termina nel lobo temporale e serve per la comprensione delle qualità degli oggetti (via del cosa o *what stream*) (Rizzolatti e Sinigaglia 2006). Successivamente, altri ricercatori (Milner e Goodale, 1993; Ungerleider e Haxby 1994; Goodale 2000) approfondiscono la funzione dello *stream* dorsale, il quale oltre alla posizione degli oggetti in relazione al proprio corpo ed in rapporto tra loro (*where*), media il controllo visivo dell'azione e dell'attività della mano (*how*) (Bundy, Lane e Murray 2002).

Il concetto dell'affollamento è stato esteso alla percezione di caratteri periferici rispetto al locus della fissazione, nel quale, al contrario del *crowding effect* dell'ambliope, la percezione è buona e priva di interferenze (Bouma, 1970; Pelli *et al.*, 2007; Legge e Bigelow, 2011).

Questo effetto si verifica nel normolettore adulto ed esperto, anche per intere parole, ossia: fissando una parola centrale (parola n) e percependo una parola lunga nella parafovea (parola $n + 1$), il lettore riceve importanti informazioni sulla parola $n + 1$ dalla sua prima lettera (indipendenti dalla distanza dalle altre lettere fiancheggiatrici) e dalla sua ultima lettera (più condizionate dai fiancheggiatori) (per una rassegna, vedi Johnson e Eisler, 2012); mentre le lettere interne, pur essendo importanti per la fluency della lettura (Rayner, White, Johnson e Liversedge, 2006; White, Johnson, Liversedge, e Rayner, 2008), condizionano in grado minore il riconoscimento della parola parafoveale. Si tratta in buona parte di affollamento percettivo, ossia del COSA, un tipo di affollamento presente in modo superiore alla norma nella popolazione dislessica per la lettura di parole ma non per la lettura di singole lettere (Martelli, Di Filippo, Spinelli e Zoccolotti, 2009). Tuttavia è probabile che si tratti anche di affollamento del DOVE, perché riguarda, ad esempio, anche l'eventuale decisione di saltare la parola successiva (vedi di seguito gli effetti del salto di parola [*word skipping*] e beneficio di pre-osservazione [*preview*] parafoveale). Ricordiamo che le informazioni di bassa frequenza spaziale provenienti da zone progressivamente più lontane dalla fovea sono indissolubilmente legate sia alla pre-osservazione [*preview*] parafoveale (vedi in seguito) sia al calcolo oculomotorio, e quindi sia al COSA sia al DOVE (Yu *et al.*, 2012): sono un esempio di questo legame, gli studi che hanno dimostrato che gli occhi del lettore ricadono leggermente più vicino all'inizio della parola se la parola inizia con un trigramma non comune; ossia le informazioni linguistiche provenienti dalla parola target della saccade successiva influenzano la programmazione oculomotoria (Hyönä, Niemi e Underwood, 1989; Underwood, Clews e Everatt, 1990; Hyönä 1995; Beauvillain, Doré e Baudouin, 1996; Inhoff, Briehl e Schwartz, 1996; Beauvillain e Doré 1998; Everatt, Bradshaw e Hibbard, 1998; Vonk, Radach e van Rijn, 2000).

A proposito di questo tipo di affollamento «misto», di recente McDonald (2006) lo ha rilevato in normolettori adulti. Egli ha manipolato la lunghezza della parola mentre ne ha mantenuto costante l'estensione orizzontale; ciò è stato ottenuto variando la larghezza del corpo delle lettere (ossia restringendolo sempre più all'aumentare del numero di lettere). La sua principale osservazione è stata che più lettere una parola contiene, maggiori e più lunghe fissazioni sono eseguite sulla parola, nonostante il fatto che le parole sottendano lo stesso angolo visivo. Mentre l'aumento

dei tempi di fissazione sulla parola più «densa» riportano alle difficoltà di discriminazione centrale/foveale tipici dell'affollamento del COSA, l'aumento del numero di saccadi (e fissazioni) testimonia una modulazione volontaria dello *span* percettivo che l'adulto sceglie di ridurre tramite un rimpicciolimento del focus attentivo che inevitabilmente modifica i rapporti tra informazioni centrali e periferiche, foveali e parafoveali, ad alta e bassa frequenza spaziale, influenzando di conseguenza il comportamento saccadico.

Esiste, secondo la nostra esperienza clinica, un terzo tipo di affollamento, di cui, anche in letteratura, si comincia a scorgere qualche traccia (Chung, 2004; Dakin, Greenwood, Carlson e Bex, 2011): l'affollamento del DOVE (o disorientamento nella pagina). Questo affollamento si esplicita al massimo della sua evidenza negli errori di riga commessi frequentemente da alcuni dislessici e da alcuni «cattivi lettori» quando sottoposti al DEM test (*Developmental Eye Movement test*), sulle righe di cifre centrali dell'item C, con la quasi totale esclusione di errori di localizzazione nelle prime 2-3 righe e nelle ultime 2-3 (Richman e Garzia, 1987; Garzia, Richman, Nicholson e Gaines, 1990; Tassinari e DeLand, 2005): in questo caso si può parlare di affollamento verticale o inter-riga (Chung, 2009). Rispetto al paradigma della spaziatura extra-large tra le lettere utilizzato da Zorzi *et al.* (2012) per ridurre l'affollamento all'interno della parola e tra parole¹⁸, nel caso dell'item C del DEM test l'affollamento orizzontale è estremamente ridotto, mentre è proporzionalmente più incisivo quello verticale: inoltre, in questo caso non è in gioco l'affollamento di parola evidenziato da Martelli *et al.* (2009). Perciò il DEM può produrre, in una popolazione ridotta di dislessici e cattivi lettori, un tipo di disorientamento spaziale che altri paradigmi non riescono evidenziare in modo altrettanto chiaro.

Sebbene questa difficoltà di localizzazione spaziale sia più evidente in testi pluri-riga per la presenza dell'interazione verticale tra righe, è plausibile che esista anche un affollamento orizzontale del DOVE sulla medesima riga: ossia, il soggetto avrebbe difficoltà di calcolo oculomotorio nel determinare esattamente dove sbarcare anche su una riga isolata (sebbene in misura minore rispetto al testo pluri-riga).

Gli studi sulla coordinazione binoculare dei dislessici nel corso della lettura, hanno aggiunto la dimensione antero-posteriore (la terza dimensione) a questa difficoltà di localizzazione spaziale: i dislessici infatti mostrano pattern della disparità dinamica delle vergenze estremamente irregolari rispetto ai normolettori abbinati per età, sia nel compito di lettura,

¹⁸ Utilizzato con successo allo scopo di rendere più veloce e accurata la lettura dei dislessici.

sia nei compiti di ricerca visiva in ambiente bidimensionale, ma non in ambiente tridimensionale (Bucci, Brémond-Gignac, e Kapoula, 2007, 2008; Kapoula *et al.*, 2009; Bucci, Nassibi, Gerard, Bui-Quoc e Seassau, 2012).

5. *Span* percettivo dinamico

Il training tachistoscopico della lettura della parola singola si presta ad una doppia interpretazione:

1) Linguistica: come esercizio della fusione dei fonemi, del riconoscimento di morfemi, dell'accesso lessicale, del *rapid naming*, ecc.

2) Visuo-percettiva (ampliamento dello *span* di riconoscimento¹⁹).

In entrambe le accezioni, siamo di fronte ad una concezione statica della gestione dell'attenzione nel corso della lettura, che non corrisponde alla realtà quotidiana della lettura, dove domina lo *span* percettivo dinamico. Per *span* percettivo dinamico intendiamo il numero di lettere, parole, simboli o cifre (o dimensione del campo nel quale sono contenuti) che possono essere correttamente identificati o percepiti durante una fissazione intersaccadica (posta tra 2 saccadi) e che si modifica «in corso d'opera» secondo differenti influenze ambientali, relazionali, posturali, linguistiche, percettive, attentive, emotive ed oculomotorie.

L'uso della proiezione tachistoscopica di parole è corretta nei casi in cui si voglia consapevolmente trattare/valutare prevalentemente gli aspetti linguistici di un problema di lettura (soprattutto accuratezza e compitazione; Tressoldi *et al.*, 2003; Lorusso *et al.*, 2011), ma lo è molto meno se si vuole ottenere un miglioramento dello *span* percettivo nella lettura naturale. Il rischio è infatti quello di incrementare lo *span* di riconoscimento, senza ottenere però una generalizzazione ottimale dell'apprendimento allo *span* percettivo dinamico. In altre parole, c'è il rischio di tralasciare componenti importanti che dovranno essere gestite in modo estremamente diverso, sia dal compito tachistoscopico sia dalla lettura di liste di parole, nel corso della lettura naturale.

5.1. Asimmetria dello *span* percettivo dinamico

Sappiamo che lo *span* percettivo non mostra asimmetrie nel primo anno di scolarizzazione, raggiunge la conformazione asimmetrica simile

¹⁹ *Span* di riconoscimento – il numero di parole, simboli o cifre (o dimensione del campo nel quale sono contenuti) che possono essere correttamente identificati o percepiti durante un tempo di esposizione sufficientemente breve da escludere il movimento oculare.

a quella adulta già dalla 2° elementare, e amplia progressivamente il proprio numero di caratteri verso destra fino all'età adulta (Rayner, 1986; Häikiö, Bertram, Hyönä e Niemi, 2009): nei lettori esperti anziani, invece, lo *span* ritorna ad una maggior simmetria, in concomitanza con un calo della performance di lettura (Rayner, Castelhana e Yang, 2009). Sappiamo inoltre che esiste una relazione lineare tra ampiezza dello *span* percettivo e velocità di lettura (Rayner, Slattery e Bélanger, 2010).

La ricerca sugli EMR che ha fatto uso del paradigma della *moving window*²⁰ (Rayner et al., 1981; Slowiaczek e Rayner, 1987; Ishida e Ikeda, 1989), ha accertato che, in inglese ed altre scritture occidentali e per il normolettore adulto, lo *span* percettivo dinamico va da 3-4 spazi-lettera a sinistra della fissazione (McConkie e Rayner, 1976a; Rayner, Well e Pollatsek, 1980; Underwood e McConkie, 1985) a 14-15 spazi a destra della fissazione (McConkie e Rayner, 1975; Rayner e Bertera, 1979; DenBuurman, Roersema e Gerrissen, 1981; Rayner, Well, Pollatsek e Bertera, 1982; Underwood e McConkie, 1985; Underwood e Zola, 1986). All'interno di questo *span* asimmetrico, l'acquisizione della parola fissata (n) riveste un ruolo primario nel mantenimento di una lettura fluente (Rayner, Liversedge, White e Vergilino-Perez, 2003; Liversedge et al., 2004): ma è stato dimostrato che la parola $n+1$ (immediatamente a destra della parola fissata n) è ancora più importante per il mantenimento della fluenza. Rimuovere o mascherare la parola $n+1$ dall'inizio della fissazione o dopo 60 ms, altera profondamente la performance di lettura del normolettore adulto (Rayner, Liversedge e White, 2006).

Ciò è in accordo con gli studi che hanno scoperto che il lettore adulto esperto mantiene una lettura fluente quando ha a disposizione le informazioni ortografiche della parola fissata più due parole alla destra, tutte della lunghezza media di 5,1 caratteri (Rayner et al., 1982; Rayner, 1986; Häikiö et al., 2009; Rayner, Castelhana e Yang, 2009).

Rayner (1998) ha stabilito che all'interno dello *span* percettivo si ottengono differenti tipi di informazione. L'informazione utilizzata per l'identificazione della parola è ottenuta da una regione che si estende a circa 7 o 8 spazi-carattere alla destra della fissazione (vedi fig. 4c). Oltre i limiti della regione di identificazione della parola, vengono acquisiti tipi più grossolani di informazione sulle forme delle lettere (con effetti di facilitazione sulle fissazione della parola successiva e ridondanza delle in-

²⁰ *Moving Window*: paradigma sperimentale nel quale il soggetto legge a monitor un testo mentre uno strumento di misurazione dei movimenti oculari, assieme ad un software dedicato, determinano il momento di esecuzione della saccade e il locus della fissazione, al fine di spostare una finestra di caratteri leggibili di varia ampiezza (variabile sperimentale) in corrispondenza della fissazione. Nella parte di testo al di fuori della «moving window», ciascuna parola viene sostituita con un numero di «x» equivalenti alla sua lunghezza.

Movimenti oculari di lettura, ecologia della lettura e paradigmi della singola parola

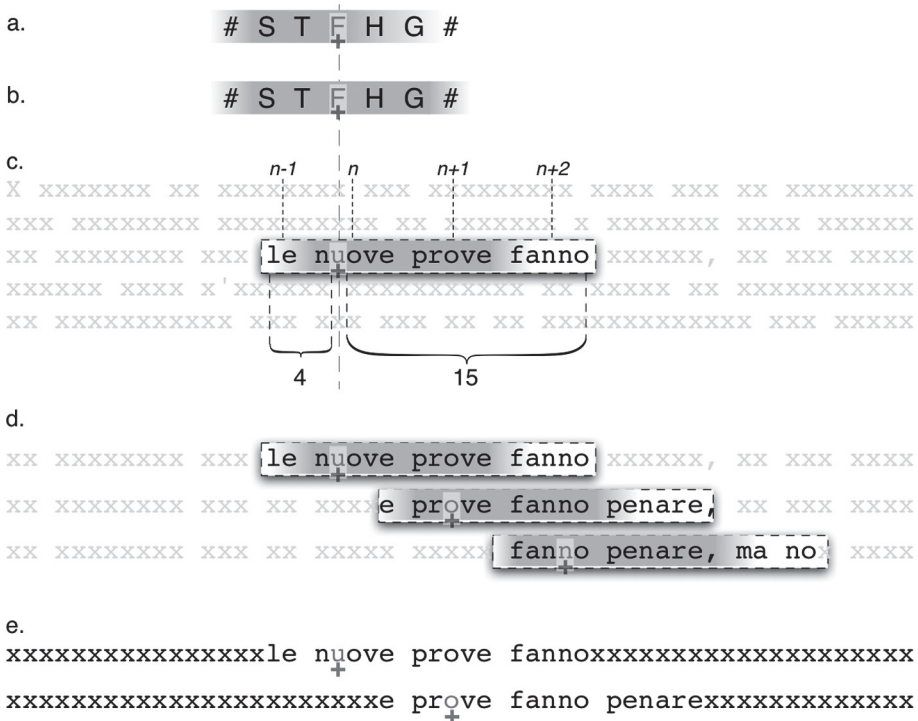


Fig. 4. Span percettivi a confronto. In grigio è rappresentata l'area di completa acquisizione di elementi ortografici; tratteggiata la finestra di 4 caratteri a sinistra e 15 caratteri a destra della fissazione. La croce grigia indica il locus della fissazione. La linea tratteggiata verticale evidenzia la corrispondenza del punto di fissazione nei 3 paradigmi.

a) lo span percettivo multi-elemento nel compito del rapporto globale, con il gradiente decrescente verso destra (i segni di cancelletto sono stati introdotti ai lati della serie di consonanti per mantenere costante l'interazione laterale/affollamento tra tutte le lettere da nominare); b) span percettivo multielemento nel compito del rapporto parziale, con acquisizione uniforme; c) lo span percettivo dinamico secondo gli studi che applicano il paradigma della moving window, che mostra in grigio l'asimmetria di 8-9 caratteri a destra della fissazione; d) ridondanza delle informazioni tra una fissazione e l'altra per una lunghezza media della saccade di 7 spazi-caratteri (Reichle et al., 2003); e) l'influenza della rimozione degli spazi interparola nel paradigma della moving window: la lettura diviene meno fluente.

formazioni) e sulla lunghezza della parola (con funzione di corretta localizzazione della saccade) (Reichle, Rayner e Pollatsek, 2003).

La proiezione tachistoscopica con rapporto verbale è stata utilizzata per la valutazione dello span percettivo perché si pensava fosse analoga

alla singola fissazione eseguita nella lettura. I limiti di questo metodo sono stati evidenziati nel passato remoto da Woodworth (1938) e verificati da Sperling (1960), che nel suo esperimento scoprì che i soggetti erano in grado di riportare verbalmente molto meno di quanto avessero realmente visto. Anche Geyer (1970) evidenziò che, anche se il rapporto verbale può coincidere esattamente con ciò che una persona vede nella proiezione tachistoscopica, non c'è alcuna ragione per credere che il rapporto verbale coincida veramente con la raccolta di informazioni tipica della fissazione eseguita nella lettura normale: il compito diverso può indurre strategie di acquisizione diverse.

Ai fini di una miglior comprensione, abbiamo scelto (tra i molteplici paradigmi tachistoscopici esistenti) di analizzare le caratteristiche del paradigma dello *span* di riconoscimento multi-elemento utilizzato (con diverse varianti) nelle ricerche del gruppo di Sylviane Valdois (Bosse e Valdois, 2003; Valdois, Bosse e Tainturier, 2004; Bosse e Valdois, 2009; Dubois *et al.*, 2010; Peyrin *et al.*, 2011; Valdois *et al.*, 2011; Valdois, Lassus-Sangosse e Lobier, 2012a, 2012b; Bosse, Chaves, Largy e Valdois, 2013). Il compito del rapporto globale / locale prevede la proiezione tachistoscopica (tempo di esposizione 200 ms per escludere movimenti oculari) di 5 consonanti (ad es. #MHTRD#) disposte in orizzontale ad una elevata distanza l'una dall'altra al fine di escludere l'effetto affollamento sulle lettere interne, precedute e seguite dal segno di cancelletto (#) per escludere l'effetto di priorità della prima e ultima lettera per il riconoscimento della parola foveale (per una rassegna, vedi Johnson e Eisler, 2012) e scelte per evitare qualsiasi effetto *top-down* di riconoscimento lessicale. Il soggetto deve riferire verbalmente l'intero gruppo osservato (rapporto globale) oppure una sola lettera indicata da un indizio (rapporto locale). In uno studio su adolescenti dislessici confrontati con un gruppo di controlli normali abbinati per età cronologica e con un gruppo con sviluppo normale abbinato per abilità di lettura, il compito del rapporto globale ha evidenziato nei due gruppi di normolettori un gradiente asimmetrico del riconoscimento, con il massimo dell'accuratezza verso sinistra e con un lento degradare dell'accuratezza verso destra nei soggetti normali. Tale asimmetria non era presente nel rapporto parziale.

Prendendo come riferimento la performance degli adolescenti normolettori, sembrerebbe che le caratteristiche qualitative e quantitative della asimmetria dello *span* percettivo dinamico siano in netto contrasto con quelle di questo *span* di riconoscimento multi-elemento statico come è visibile dalla figura 4a, b e c.

Forse tali differenze sono attribuibili al *task-set* differente, capace di condizionare ampiezza e funzioni della finestra attentiva. Nei paradigmi tachistoscopici mancano infatti:

a) la necessità di localizzare correttamente la saccade successiva nel testo: nella lettura normale questa necessità potrebbe alterare dimensioni e forma della finestra attentiva allo scopo di economizzare energie e ottimizzare il processo di lettura. Ciò potrebbe avvenire modificando la finestra per la selezione/acquisizione in funzione della finestra per la localizzazione (una sorta di «armonizzazione» del COSA in funzione del DOVE) (Pollatsek, Bolozky, Well e Rayner, 1981; Osaka e Oda, 1991). Ciò sarebbe in accordo con gli innumerevoli studi sullo spostamento dell'attenzione implicita che testimoniano una maggior accuratezza ed efficienza dell'acquisizione quando locus dello spostamento implicito e target saccadico coincidono (per una rassegna, vedi Wright e Ward, 2008);

b) gli effetti di sovrapposizione e ridondanza delle informazioni visive, ortografiche e linguistiche acquisite tra una saccade (e fissazione) e l'altra (vedi fig. 4d), che tratteremo parlando degli effetti legati alla trasmissione di informazioni tra una saccade e l'altra (paragrafo 8);

c) la necessità di procedere sequenzialmente da sinistra verso destra per la costruzione sintattica e l'acquisizione di significato;

d) una componente più globale di orientamento nell'intero testo. Infatti è stato scoperto che nei lettori adulti esperti gli spazi inter-parola, al di fuori della finestra di 4+15 spazi-carattere attorno alla fissazione, hanno un ruolo importante nell'esecuzione di una lettura fluente costituendo forse cardini visuospatiali per l'orientamento nel foglio: senza queste informazioni di bassa frequenza spaziale la performance di lettura decade (vedi fig. 4e; Rayner, 2009).

Il fatto che *task-set* differenti possano portare ad uno *span* percettivo dinamico di ampiezza, forma e probabilmente funzioni diverse sembrerebbe avallato dagli studi che evidenziano le diverse forme che esso assume in lingue con ordine di lettura diverso degli elementi ortografici: ad es. in ebraico (che si legge da destra verso sinistra) lo *span* è asimmetrico e più esteso verso sinistra (Pollatsek *et al.*, 1981); quando il giapponese viene scritto in verticale, lo *span* si estende verso il basso di 5-6 spazi carattere (Osaka e Oda, 1991). Nel caso di lettori bilingui inglese-ebraico, Pollatsek e Rayner (1982) hanno verificato l'inversione della asimmetria dello *span* passando dalla lettura di una lingua all'altra e viceversa. Se il *task-set* viene modificato passando dalla lettura alla ricerca visiva di una parola nel testo, lo *span* percettivo si modifica fino a comprendere la linea al di sotto di quella esaminata (Pollatsek, Raney, LaGasse e Rayner, 1993), cosa che non avviene nel corso della lettura normale, dove vengono acquisite informazioni ortografiche e semantiche solo dalla riga correntemente letta (Inhoff e Briihl, 1991; Inhoff e Topolski, 1992; Pollatsek *et al.*, 1993).

5.2. Elementi di dinamicità

Disparità Dinamica delle Vergenze – Dagli studi che usano il paradigma del testo che scompare, sappiamo che nel lettore normale, al termine dello sbarco della saccade, segue un periodo di fissazione di 50-60 ms utile all'acquisizione delle informazioni ortografiche, all'inizio del quale esiste la massima disparità di fissazione (Heller e Radach, 1999; Liverledge et al., 2006). Sappiamo che proprio nei primi 150-200 ms di fissazione si verificano movimenti oculari disgiunti volti alla riduzione della disparità (da esoFD o exoFD verso una tendenziale ortodisparità) (Liverledge et al., 2006). Questa disparità «in movimento», essendo massima all'inizio della fissazione, allarga lo *span* percettivo (e successivamente lentamente lo restringe), e per l'adulto normoletto può costituire un marcato vantaggio (Kirkby et al., 2011). Ciò non esclude la possibilità di una relazione opposta in caso di disparità elevate (ai limiti estremi dell'area di Panum²¹) all'inizio della fissazione: ossia che l'acquisizione della parola fissata venga ritardata e/o deteriorata da una disparità troppo elevata (Blythe et al., 2010).

A capo, rifissazioni e regressioni – McConkie et al. (1991) hanno scoperto che circa nel 21% dei casi per i lettori adulti e nel 34% per i bambini di prima elementare, il lettore esegue regressioni: negli adulti circa nel 70% dei casi si tratta di saccadi inter-parola. Queste ultime portano quasi invariabilmente gli occhi verso il centro della parola precedente, senza riguardi per la distanza del sito di lancio rispetto alla terminazione della parola precedente (Radach e McConkie, 1998; Vitu, McConkie e Zola, 1998; Vitu, 2005). Questa modalità di orientamento saccadico, così precisa nella localizzazione del centro di parola, fa supporre un tipo di calcolo completamente diverso da ciò che avviene nelle saccadi progressive da sinistra verso destra, e forse prevede una sorta di momentanea alterazione della asimmetria dello *span* percettivo, spostandola verso sinistra. È anche possibile che ciò costituisca un problema per i dislessici (Morris e Rayner, 1991) data la presenza in questa popolazione del fenomeno del mini-neglect, che comporta inibizione dei tempi di reazione nel campo visivo sinistro ed eccessiva facilitazione in quello destro (Hari et al., 2001; Facoetti e Molteni, 2001; Buchholz e Aimola-Davies, 2005; Sireteanu, Goertz, Bachert e Wandert, 2005; Facoetti et al., 2006; Liddle, Jackson, Rorden e Jackson, 2009; Ruffino et al.,

²¹ Area di Panum = Area nella retina di un occhio, nella quale qualsiasi punto venga stimolato contemporaneamente ad un singolo e specifico punto della retina dell'altro occhio, darà origine ad un percepito singolo e fuso.

2010). Anche se la letteratura si è occupata pochissimo delle saccadi di «a capo», perché sono state a lungo considerate come «rumore di fondo» da escludere dalle analisi statistiche delle registrazioni oculografiche, è probabile che anche per questo tipo di saccade si verifichi una sorta di «inversione del vettore» dello *span* percettivo, affinché il lettore non sbagli riga. Tutte queste inversioni dell'asimmetria dello *span* non sarebbero sorprendenti, considerata la gran quantità di studi che hanno dimostrato che lo *span* percettivo non è «cablato a livello di hardware», ma varia dinamicamente secondo il compito.

Prevedibilità e contesto – Balota, Pollatsek e Rayner (1985) hanno scoperto che i lettori ottenevano più informazioni a destra della fissazione quando la parola successiva era altamente prevedibile sulla base del testo precedente: quindi uno *span* percettivo modificabile sulla base della prevedibilità contestuale. Anche se disponessimo le parole di una lista su più righe orizzontali, e anche se queste parole appartenessero tutte alla stessa categoria semantica, non avremmo comunque un effetto contesto simile a quello rilevato da Balota e colleghi.

Illuminazione, contrasto e definizione – Legge *et al.* (Legge, Ahn, Klitz e Luebker, 1997) avevano già evidenziato (con il metodo RSVP – *Rapid Serial Visual Presentation*) la dipendenza dello *span* percettivo, a destra del punto di fissazione, dal contrasto²² (10 caratteri per testo ad elevato contrasto e 2 caratteri per testo a basso contrasto). Hyönä (2011) rileva che con l'aumento della precisione degli schermi (aumento di contrasto, luminanza e definizione nel passaggio dai CRT agli LCD di ultima generazione) il testo che compare nella parafovea destra è diventato più riconoscibile, e forse in passato si è sottovalutato l'impatto di queste caratteristiche dell'ambiente-lettura sullo *span* percettivo. (per ulteriori informazioni sull'effetto dell'illuminazione dell'ambiente, della dimensione dei caratteri, dello spazio interlinea sulla performance e l'affaticamento nella lettura con video-display, vedi Lee, Shieh, Jeng e Shen, 2008; Shen, Shieh, Chao, e Lee, 2009; Lee, Ko, Shen e Chao, 2011).

Dimensioni del font – Un recente studio di Rayner *et al.* (Rayner, Slatery e Bélanger, 2010) ha stabilito che lo *span* percettivo angolare non viene modificato dal tipo di font in modo significativo, ma che (a parità di ampiezza angolare dello *span*) il font con larghezza minore del corpo garantisce l'elaborazione di un maggior numero di lettere, e la spaziatura in-

²² Contrasto: in un'immagine è il rapporto (o differenza) tra valore più elevato (punto più luminoso) e valore più basso (punto più scuro) della luminosità dell'immagine stessa.

ter-parola maggiore accelera la velocità di lettura. Queste caratteristiche variano molto spesso da una riga all'altra nella grande maggioranza dei testi che adottano la formattazione «giustificata»: questo può sottendere sottili adattamenti dinamici dello *span* percettivo nella lettura ecologica, e/o un *trade-off* (contrattazione) continuamente modificato tra durata della fissazione e lunghezza delle saccadi.

Effetto stress – alcuni studi hanno testimoniato la riduzione del campo visivo percepito ed elaborato sotto stress in assenza di patologie organiche (vedi ad esempio Taich, Crowe, Kosmorsky e Traboulsi, 2004); altri la riduzione della consapevolezza periferica negli atleti sotto effetto dello stress e dell'ansia (Rogers, Alderman e Landers, 2003). Nel caso della lettura, le stesse difficoltà di elaborazione linguistica del testo possono essere una condizione di stress sufficiente a determinare un collasso dello *span* percettivo (per un dislessico si potrebbe aggiungere lo stress sociale indotto dal dover leggere ad alta voce in classe). Le difficoltà di elaborazione parallela, automatizzazione e attenzione divisa su diversi compiti impliciti nella lettura (visuopercezione, gestione della finestra attentiva, calcolo oculomotorio, gestione di accomodazione/convergenza; fusione di fonemi, sillabe; riconoscimento di parola; costruzione sintattica e costruzione della rappresentazione mentale di ciò che si è letto, con conseguente processo di comprensione) potrebbero essere una fonte di stress sufficiente (posto sulle funzioni esecutive) per soggetti con difficoltà ad uno o più livelli dell'intero processo.

Postura – Clinicamente spesso abbiamo osservato una distanza di lettura particolarmente ravvicinata nei cattivi lettori e nei dislessici. La distanza di osservazione ridotta potrebbe indurre una riduzione dello *span* percettivo, perché a parità di ampiezza angolare dell'area foveale, l'avvicinamento riduce il numero di caratteri che ricadono nella fovea e che quindi vengono visti nitidamente: questa opinione tuttavia è stata a lungo contrastata dall'idea che la distanza di osservazione non avesse alcuna influenza sulla performance di lettura (Morrison e Rayner, 1981), e di recente è stato confermato che lo *span* percettivo non è semplicemente il risultato dei limiti di acuità, ma dipende dalla gestione attiva/appresa di una «finestra attentiva» (Mielle, O'Donnell e Sereno, 2009). Sebbene fosse da tempo già stato pubblicato un articolo che metteva in relazione la riduzione della distanza di lettura con l'affaticamento visivo (Owens e Wolf-Kelly, 1987), solo di recente sono comparsi articoli che testimoniano la necessità di mantenere una distanza di lettura ottimale (per il cinese, 35 cm; Xu e Jordan, 2009) e che per la lettura a display di articoli scientifici, la distanza di osservazione preferita aumenta con l'aumentare

della grandezza del carattere (Shieh e Lee, 2007). È fuori dubbio che la relazione tra grandezza del carattere, distanza di osservazione e *span* percettivo sia molto più complessa di quanto finora ipotizzato, e probabilmente condizionata da caratteristiche individuali (età, scolarità, esperienza nella lettura, vizio refrattivo, disturbi funzionali e/o binoculari non strabici, alterazioni posturali acquisite, ecc.). Certamente, però, il training tachistoscopico non può indurre le alterazioni posturali «dinamiche» rilevate clinicamente, perché non richiede movimenti della testa e determina un *abrupt onset* (insorgenza improvvisa) che esime il soggetto dal gestire attivamente la propria attenzione, e la innesca in modo «quasi riflesso» con continui messaggi di allerta. È probabile che il minor sforzo volontario (per l'assenza di disancoraggio e spostamento dell'attenzione verso una localizzazione scelta) e gli elementi riflessi del compito tachistoscopico inducano movimenti di orientamento e alterazioni posturali diversi da quelli presenti nella lettura ecologica. Per le liste di parole disposte verticalmente valgono le medesime considerazioni, data l'assenza di movimenti oculari orizzontali.

Il modello della lente zoom applicato allo span percettivo – Mentre i modelli dello spostamento seriale dell'attenzione nel corso della singola fissazione si fondano su uno *span* percettivo «rigido», per i modelli PG (*Processing Gradient*) del dispiegamento dell'attenzione visiva nella lettura lo *span* percettivo (anche se interpretato come *span* di riconoscimento della parola, e dissociato dall'»attenzione per il movimento») è un concetto decisamente più flessibile e adattabile on-line. In particolare, la versione più avanzata del modello SWIFT (SWIFT 3; Engbert, Longtin e Kliegl, 2002; Engbert, Nuthmann, Richter e Kliegl, 2005) incorpora uno *span* percettivo modulato dinamicamente che si rifà al modello della lente zoom dell'attenzione (Eriksen e St. James, 1986; LaBerge e Brown, 1989; Schad, Nuthmann e Engbert, 2010). Secondo lo SWIFT, il carico di elaborazione della parola fissata è inversamente proporzionale all'ampiezza di elaborazione parafoveale: ossia, più difficile (lunga e/o infrequente) è la parola fissata, meno risorse attentive sono disponibili per l'elaborazione delle parole presenti a destra, nella parafovea. È anche stato dimostrato che le difficoltà nel codificare la parola fissata portano a *span* più piccoli (Rayner, 1986; Henderson e Ferreira, 1990; White, Rayner e Liversedge, 2005).

6. Posizione di atterraggio, Posizione preferenziale di osservazione e Posizione ottimale di osservazione

Fino ad una decina di anni fa si pensava che il sito di atterraggio della prima fissazione sulla parola (all'interno di una riga di testo) fosse localizzato tendenzialmente tra l'inizio e la metà della lunghezza (in caratteri) della parola, in un luogo denominato *Posizione preferenziale di osservazione* (PVL – *Preferred Viewing Location* – Rayner 1979; McConkie et al., 1988, 1989, 1991; Vitu, 1991). Nella loro trattazione sulla posizione di atterraggio, Reichle et al. (2003) parlavano anche di una *Localizzazione ottimale dell'osservazione*, come locus nel quale «il tempo di riconoscimento è minimizzato»: secondo O'Regan e Levy-Schoen (1987), la posizione di osservazione ottimale era un po' a destra della localizzazione dell'osservazione preferenziale, più vicino al centro della parola.

Più recentemente il concetto di Localizzazione dell'osservazione preferenziale è stato superato da quello della marcata dipendenza del luogo di sbarco della saccade sulla parola n dal sito di lancio della saccade sulla parola $n-1$ (Vitu et al., 2001; Nuthmann et al., 2005). Questo rapporto di dipendenza era già stato delineato precedentemente (McConkie et al., 1988; Radach e Kempe, 1993; Rayner et al., 1996; Radach e McConkie, 1998). Ma Françoise Vitu (2001) integra con l'effetto lunghezza di parola (effetto che prevede che probabilità di salto della parola decresca drasticamente con l'aumentare della lunghezza della parola; Rayner e McConkie, 1976; Vitu et al., 1995; e che le parole più lunghe hanno più probabilità di ricevere parecchie fissazioni consecutive rispetto alle parole più corte; Kliegl et al., 1982) e con l'idea che la parte della parola presa di mira nel primo passaggio sia sempre il centro di parola (per analogia con il centro dell'oggetto preso di mira nel corso dell'esplorazione visiva della scena), definito come vera *Posizione di Osservazione Ottimale* (POO). Secondo Vitu questo centro della parola viene solo raramente «colpito» dalla saccade, e tanto più la prima saccade sulla parola ricade lontano da questo POO, tanto più aumenta la probabilità di rifsazione (Vitu et al., 2001). Complessivamente, questo approccio spiega molto meglio la grande variabilità del sito di sbarco della prima e successive saccadi sulla parola rilevata nei molti studi sui corpora di dati, rispetto all'idea di un punto medio di atterraggio.

Anche Rayner (1979) si era accorto di questa enorme variabilità e forte dispersione dei dati riguardanti la localizzazione del PVL, proprio quando ne enunciava i principi. Quindi è giusto domandarsi: allenare con l'uso di un tachistoscopio i soggetti con difficoltà di lettura a fissare le parole sempre nella posizione statisticamente normale (PVL) oppure ot-

timale per l'acquisizione (POO), significa allenare alla lettura «normale»? In altre parole: insegnare ad applicare sempre su ogni parola il comportamento medio, è un allenamento alla lettura «ecologica»? Secondo noi sembra poco plausibile: se così fosse, tutti gli effetti linguistici, oculomotori, attentivi e percettivi relativi al DOVE atterra la saccade finora scoperti sarebbero inutili sovrastrutture teoriche.

7. Effetti visuomotori-percettivi e linguistici presenti solo negli EMR

Al termine di questo brevissimo excursus, è necessario ricordare l'importanza:

- dei molti effetti visuomotori percettivi e linguistici presenti solo nel contesto della lettura ecologica e rilevabili con tecniche di analisi dei movimenti oculari, per i quali si rimanda il lettore alla letteratura specifica: l'effetto *lunghezza di parola* (Rayner e McConkie, 1976a; Vitu et al., 1995, 2001); l'effetto del *sito di lancio della saccade* (Nuthmann et al., 2005); l'effetto di *pre-osservazione (preview) parafoveale* (Rayner, 1975a); l'effetto di *salto della parola breve/frequente* (Brysbaert e Drieghe, 2003); gli effetti *foveale-su-parafoveale* tra i quali spicca quello di *spill-over* (Hyönä, 2011); i controversi effetti *parafoveale-su-foveale* (Drieghe, 2011).

- Degli elementi paraortografici, come gli spazi-carattere inter-parola, dei quali la ricerca sta sempre più definendo l'importanza per l'efficienza del calcolo saccadico e l'identificazione della parola (Rayner et al., 2010). Tra questi, la punteggiatura si è rivelata un elemento percettivo parafoveale a sostegno dell'elaborazione linguistica delle proposizioni (Feng, 2008).

- Dei fattori non ancora studiati, come la localizzazione spaziale dinamica dell'accomodazione (dove si localizza dinamicamente la messa a fuoco durante le saccadi e le fissazioni) e l'evoluzione della segmentazione dei movimenti di orientamento occhio-testa durante la lettura.

8. Conclusioni

Da quanto esposto finora, risultano evidenti i limiti dei paradigmi della singola parola nel descrivere le abilità in gioco nella lettura: limiti prodotti dall'esclusione del «*modo in cui l'informazione visiva delle parole diviene disponibile per elaborazione nel corso delle fissazioni della lettura*» (Rayner e Liversedge, 2011). Queste osservazioni dovrebbero suggerire ai clinici

impegnati nel settore dei DSA un approccio maggiormente fondato su modelli di lettura sviluppati riferendosi al normolettore adulto, per individuarne le caratteristiche portanti al fine di trarne obiettivi saldamente mirati per le terapie. Oltre alla lettura di liste di parole e alla lettura ad alta voce di un testo adeguato alla classe di appartenenza del soggetto, sarebbe utile integrare la valutazione degli EMR con sistemi di rilevazione sofisticati che consentano una descrizione puntuale di tutti movimenti di orientamento (testa, occhi e busto): comprendendo anche la distanza dal piano di lettura. La ricerca, però, non ha ancora prodotto dati statistici di riferimento per gli opportuni confronti della performance del soggetto con i dati della popolazione di riferimento: si spera che questo grave limite venga prontamente superato. Dal punto di vista terapeutico, sarebbe auspicabile l'implementazione di tecniche miste, saccadico-tachistoscopiche, create e tarate ad hoc per le difficoltà specifiche dei singoli soggetti.

Pensiamo che gli elementi citati finora siano sufficienti ad indurre il lettore a relativizzare gli approcci allo studio della lettura e al trattamento delle difficoltà relative, fondati solo sul *task-set* linguistico (*reading for meaning*). Troppo spesso la transcodifica fonema-grafema viene presentata come problematica solo da un lato dell'interfaccia (quello linguistico), mentre sull'altro versante l'aspetto dell'*analisi visiva* viene limitato solo alla definizione dell'immagine retinica (il «deficit sensoriale») e vengono neglette le possibili difficoltà nelle prassie oculari determinate dal *task-set* ecologico della lettura: *estrarre significato da materiale visivo, simbolico, bidimensionale, privo di salienza e disposto (al punto prossimo) in ambiente bidimensionale secondo un ordine sequenziale culturalmente definito*. Gli approcci di tipo «disincarnato», che fanno della lettura «una forma surrogata di ascolto» (Kennedy, 2003), in realtà sono esasperazioni delle teorie neurologiche della lettura «ventrali» e «sinistre» che non rendono giustizia alla complessità del processo e fanno prevalere in modo ingiustificato (soprattutto in un'ottica evolutiva) l'elaborazione del «cosa» su quella del «dove».

Le ultime scoperte ottenute con uso di rs-fcMRI da Vogel *et al.* (Vogel, Miezin, Peterson e Schiaggar, 2012) sulla relazione tra area putativa della forma della parola (pWFA) e rete delle aree dorsali dell'attenzione, confermano una volta di più il fatto che la lettura richiede lo sviluppo e il funzionamento armonico di una miriade di componenti strettamente interconnesse in una rete che (come per molte altre funzioni cerebrali) supera il significato delle singole parti.

9. Riferimenti bibliografici

- A.A. (2010). *Consensus Conference 3*. Istituto Superiore di Sanità. Milano: Zadig
- Balota, D., Pollatsek, A., Rayner, K. (1985). The interaction of contextual constraints and parafoveal visual information in reading. *Cognitive Psychology*, 17 (3), 364-390.
- Beauvillain, C., Doré, K. (1998). Orthographic codes are used in integrating information from the parafovea by the saccadic computation system. *Vision Research*, 38, 115-123.
- Beauvillain, C., Doré, K., Baudouin, V. (1996). The «center of gravity» of words: Evidence for an effect of the word-initial letters. *Vision Research*, 36, 589-603.
- Biscaldi, M., Fischer, B., Hartnegg, K. (2000). Voluntary saccadic control in dyslexia. *Perception*, 29 (5), 509-521.
- Bisley, J., Goldberg, M. (2003). Neuronal correlates of attention and distractibility in the lateral intraparietal area. *Journal of Neurophysiology*, 95 (3), 1696-1717.
- Blythe, H., Liversedge, S., Findlay, J. (2010). The effective fusional range of words in a natural viewing situation. *Vision Research*, 50 (16), 1559-1570.
- Bonneh, Y., Sagi, D., Polat, U. (2004). Local and non-local deficits in amblyopia: Acuity and spatial interactions. *Vision Research*, 44 (27), 3099-3110.
- Bosse, M.-L., Valdois, S. (2003). Patterns of developmental dyslexia according to a multi-trace memory model of reading. *Current Psychology Letters*, 10 (1), 2-8.
- Bosse, M.-L., Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading*, 32 (2), 230-253.
- Bosse, M.-L., Chaves, N., Largy, P., Valdois, S. (2013). Orthographic learning during reading: the role of whole-word visual processing. *Journal of Research in Reading*, in corso di stampa.
- Bouma, H. (1970). Interaction effects in parafoveal letter recognition. *Nature*, 226 (5241), 177-178.
- Bowan, M. (2002). Learning disabilities, dyslexia and vision: A subject review – a rebuttal, literature review, and commentary. *Optometry*, 73 (9), 553-570.
- Bruce, C., Friedman, H., Kraus, M., Stanton, G. (2004). The primate frontal eye field. In L. Chalupa e J. Werner (a cura di), *The visual neuroscience*, vol. II. Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 1428-1448.
- Brybaert, M., Drieghe, D. (2003). Please stop using word frequency data that are likely to be word length effects in disguise. Open-peer Commentary to Reichle, Rayner & Pollatsek: «The E-Z Reader model of eye-movement control in reading: Comparisons to other models». *Behavioral and Brain Sciences*, 26 (4), 479.
- Bucci, M., Brémond-Gignac, D., Kapoula, Z. (2007). Poor binocular coordination of saccadi in dyslexic children. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 246 (3), 417-428.
- Bucci, M., Brémond-Gignac, D., Kapoula, Z. (2008). Latency of saccadi and vergence eye movements in dyslexic children. *Experimental Brain Research*, 188 (1), 1-12.

- Bucci, M., Kapoula, Z. (2006). Binocular coordination of saccades in 7 years old children in single word reading and target fixation. *Vision Research*, 46 (4), 457-466.
- Bucci, M., Nassibi, N., Gerard, C.-L., Bui-Quoc, E., Seassau, M. (2012). Immaturity of the oculomotor saccade and vergence interaction in dyslexic children: evidence from a reading and visual search study. *Plos One*, 7 (3), e33458.
- Buchholz, J., Davies, A.A. (2005). Adults with dyslexia demonstrate space-based and object-based covert attention deficits: Shifting attention to the periphery and shifting attention between objects in the left visual field. *Brain and Cognition*, 57 (1), 30-34.
- Bundy A.C., Lane S.J., Murray E.A. (2002), *Sensory Integration: Theory and Practice* (2nd ed.). Philadelphia, PA: Davis.
- Chung, S. (2004). Reading speed benefits from increased vertical word spacing in normal peripheral vision. *Optometry and Vision Science*, 81 (7), 525-535.
- Cullen, K., Van Horn, M. (2011). Brainstem pathways and premotor control. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling (a cura di), *The Oxford Handbook of Eye Movements*. Oxford: Oxford University Press, pp. 151-172.
- Dakin, S., Greenwood, J., Carlson, T., Bex, P. (2011). Crowding is tuned for perceived (not physical) location. *Journal of Vision*, 11 (9), article 2.
- Dehaene, S. (2009). *I neuroni della lettura*. Milano: Raffaello Cortina.
- Dubois, M., Kyllingsbæk, S., Prado, C., Musca, S.C., Peiffer, E., Lassus-Sangosse, D. Valdois, S. (2010). Fractionating the multi-character processing deficit in developmental dyslexia: Evidence from two case studies. *Cortex*, 46 (6), 717-738.
- Buurman, Den, R., Roersema, T., Gerrissen, J.F. (1981). Eye movements and the perceptual span in reading. *Reading Research Quarterly*, 16, 227-235.
- Drieghe, D. (2011). Parafoveal-on-foveal effects on eye movements during reading. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling (a cura di), *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press, pp. 839-855.
- Engbert, R., Kliegl, R. (2011). Parallel graded attention models of reading. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling (a cura di), *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press, pp. 787-800.
- Engbert, R., Longtin, A., Kliegl, R. (2002). A dynamical model of saccade generation in reading based on spatially distributed lexical processing. *Vision Research*, 42 (5), 621-636.
- Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E., Kliegl, R. (2005). SWIFT: A dynamical model of saccade generation during reading. *Psychological Review*, 112 (4), 777-813.
- Everatt, J., Bradshaw, M.F., Hibbard, P.B. (1998) Individual differences in reading and eye movement control. In G. Underwood (a cura di), *Eye guidance in reading and scene perception*. Oxford: Elsevier, pp. 223-242.
- Eriksen, C., St. James, J. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention - a zoom lens model. *Perception and Psychophysics*, 40 (4), 225-240.
- 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 (3), 226-239.
- Facoetti, A., Molteni, M. (2001). The gradient of visual attention in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 39 (4), 352-357.

- Facoetti, A., Paganoni, P., Lorusso, M.L. (2000). The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Experimental Brain Research*, 132 (4), 531-538.
- Facoetti, A., Zorzi, M., Cestnick, L., Lorusso, M.L., Molteni, M., Paganoni, P., et al. (2006). The relationship between visuo-spatial attention and nonword reading in developmental dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 23 (6), 841-855.
- Feng, G. (2012). Is there a common control mechanism for anti-saccadi and reading eye movements? Evidence from distributional analyses. *Vision Research*, 57, 35-50.
- Feng, G. (2008). Orthography and eye movements: The paraorthographic linkage hypothesis. In K. Rayner, D. Shen, X. Bai e G. Yan (a cura di), *Cognitive and cultural influences on eye movements*. Hove: Psychology Press/Tianjin People's Publishing House, pp. 395-420.
- Ferman, L., Collewijn, H., Jansen, T.C., Van den Berg, A.V. (1987). Human gaze stability in the horizontal, vertical and torsional direction during voluntary head movements, evaluated with a three-dimensional scleral induction coil technique. *Vision Research*, 27, 811-828.
- Fischer, B., Gezeck, S., Hartnegg, K. (1997). The analysis of saccadic eye movements from gap and overlap paradigms. *Brain Research Protocols*, 2 (1), 47-52.
- Fischer, B., Hartnegg, K., Mokler, A. (2000). Dynamic visual perception of dyslexic children. *Perception*, 29 (5), 523-530.
- Garzia, R., Richman, J., Nicholson, S., Gaines, C. (1990). A new visual-verbal saccade test: the Developmental Eye Movement test (DEM). *Journal of American Optometric Association*, 61 (2), 124-135.
- Geyer, H. (1973). Models of perceptual processes in reading. In H. Singer e R.B. Ruddell (a cura di), *Theoretical models and processes of reading*. Newark, N.J.: International Reading Association.
- Gilchrist, I. (2011). Saccadi. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling (a cura di), *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press, pp. 85-94.
- Goldberg, M., Bisley, J., Powell, K., Gottlieb, J. (2006). Saccadi, salience and attention: The role of the lateral intraparietal area in visual behavior. *Progress in Brain Research*, 155 part B, 157-175.
- Goldberg, M., Bisley, J., Powell, K., Gottlieb, J., Kusunoki, M. (2002). The role of the lateral intraparietal area of the monkey in the generation of saccadi and visuospatial attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 956 (1), 205-215.
- Goodale M.A. (2000), Perception and action in the human visual system. In M.S. Gazzaniga (a cura di), *The new cognitive neurosciences (2nd ed.)*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Grosbras, M.-H., Laird, A., Paus, T. (2005). Cortical regions involved in Eye Movements, shifts of attention and gaze perception. *Human Brain Mapping*, 25 (1), 140-154.
- Hari, R., Renvall, H., Tanskanen, T. (2001). Left minineglect in dyslexic adults. *Brain*, 124, 1373-1380.
- Heller, D., Radach, R. (1999). Eye movements in reading: Are two eyes better than one. In W.D. Becker (a cura di), *Current oculomotor research. Physiological and psychological aspects*. New York: Kluwer Academic - Plenum, pp. 341-348.

- Henderson, J.M., Ferreira, F. (1990). Effects of foveal processing difficulty on the perceptual span in reading: Implications for attention and eye movement control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 417-429.
- Hoffman, J., Subramanian, B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*, 87 (6), 787-795.
- Häikiö, T., Bertram, R., Hyönä, J., Niemi, P. (2009). Development of the letter identity span in reading: Evidence from the eye movement moving window paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102 (2), 167-181.
- Hyönä, J. (1995). Do irregular letter combinations attract readers' attention? Evidence from fixation locations in words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 68-81.
- Hyönä, J. (2011). Foveal and parafoveal processing during reading. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling (a cura di), *The Oxford handbook of eye movements*. New York: Oxford University Press, pp. 819-838.
- Hyönä, J., Niemi, P., Underwood, G. (1989). Reading long words embedded in sentences: Informativeness of word halves affects eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 142-152.
- Inhoff, A.W., Briihl, D. (1991). Semantic processing of unattended text during selective reading: How the eyes see it. *Perception & Psychophysics*, 49, 289-294.
- Inhoff, A.W., Topolski, R. (1992). Lack of semantic activation from unattended text during passage reading. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 30, 365-366.
- Inhoff, A.W., Briihl, D., Schwartz, J. (1996). Compound word naming in reading, on-line naming and delayed naming tasks. *Memory and Cognition*, 24, 466-476.
- Ipata, A., Gee, A., Gottlieb, J., Bisley, J., Goldberg, M. (2006). LIP responses to popout stimulus are reduced if it is overtly ignored. *Nature Neuroscience*, 9 (8), 1071-1076.
- Ishida, T., Ikeda, M. (1989). Temporal properties of information extraction in reading studied by a text-replacement technique. *Journal of the Optical Society A: Optics and Image Science*, 6, 1624-1632.
- Johnson, R.L., Eisler, M.E. (2012). The importance of the first and last letter in words during sentence Reading, *ACTPSY*, 141 (3), 336-351.
- Kapoula, Z., Gosselin, R., Poncet, S., Gintautas, D., Eggert, T., Bremnd-Gignac, D., et al. (2011). Free exploration of painting uncovers particularly loose yoking of saccadi in dyslexics. *Dyslexia*, 15 (3), 243-259.
- Kennedy, A. (2003). On keeping word order straight. Open-peer Commentary to Reichle, Rayner e Pollatsek: «The E-Z Reader model of eye-movement control in reading: Comparisons to other models». *Behavioral and Brain Sciences*, 26 (4), 446-526.
- Kevan, A., Pammer, K. (2008). Visual deficits in pre-readers at familial risk for dyslexia. *Vision Research*, 48 (28), 2835-2839.
- Kirkby, J., Webster, L., Blythe, H., Liversedge, S. (2008). Binocular coordination during reading and non-reading tasks. *Psychological Bulletin*, 134 (5), 742-763.
- Kirkby, J., White, A., Blythe, H. (2011). Binocular coordination during reading. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling, *The Oxford handbook of eye movements*. New York: Oxford University Press, pp. 801-817.
- LaBerge, D., Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, 96 (1), 101-124.

- Lallier, M., Valdois, S. (2012). Sequential versus simultaneous processing deficits in developmental dyslexia. In T.N. Wydell e L. Fern-Pollak (a cura di), *Dyslexia – a comprehensive and international approach*. Rijeka: In Tech.
- Land, M., Furneaux, S., Gilchrist, I. (2002). The organisation of visually mediated actions in subject without eye movements. *Neurocase*, 8 (1-2), 80-87.
- Lecce, M. (2008). Durata eccessiva dei tempi di fissazione nei dislessici: il ruolo della coordinazione binoculare. *Rivista Italiana di Optometria*, 31 (2), 68-84.
- Lecce, M. (2009). Movimenti oculari Saccadici volontari controllati e automatici: la loro importanza nella lettura per dislessici e normolettori. *Rivista Italiana di Optometria*, 32 (1), 28-46.
- Lee, D.-S., Ko, Y.-H., Shen, I.-H., Chao, C.-Y. (2011). Effect of light source, ambient illumination, character size and interline spacing on visual performance and visual fatigue with electronic paper displays. *Displays*, 32 (1), 1-7.
- Lee, D.-S., Shieh, K.-K., Jeng, S.-C., Shen, I.-H. (2008). Effect of character size and lighting on legibility of electronic papers. *Displays*, 29 (1), 10-17.
- Legge, G., Ahn, S., Klitz, T., Luebker, A. (1997). Psychophysics of reading – XVI. The visual span in normal and low vision. *Vision Research*, 37 (14), 1999-2010.
- Legge, G., Bigelow, C. (2011). Does print size matter for reading? A review of findings from vision science and typography. *Journal of Vision*, 11 (5).
- Levi, D.M., Song, S., Pelli, D.G. (2007). Amblyopic reading is crowded. *Journal of Vision*, 7 (2), 21-21.
- Liddle, E.B., Jackson, G.M., Rorden, C., Jackson, S.R. (2009). Lateralized temporal order judgments in dyslexia. *Neuropsychologia*, 47 (14), 32-44.
- Liversedge, S.P., Rayner, K., White, S.J., Vergilino-Perez, D., Findlay, J.M., Kentridge, R.W. (2004). Eye movements when reading disappearing text: Is there a gap effect in reading? *Vision Research*, 44, 1013-1024.
- Liversedge, S., White, S., Findlay, J., Rayner, K. (2006). Binocular coordination of eye movements during reading. *Vision Research*, 46 (15), 2363-2374.
- Livingstone, M.S., Hubel, D.H. (1988). Segregation of form, color, movement and depth: anatomy, physiology, and perception. *Science*, 240, 740-749.
- Lorusso, M.L., Facoetti, A., Bakker, D.J. (2011). Neuropsychological treatment of dyslexia: Does type of treatment matter? *Journal of Learning Disabilities*, 44 (2), 136-149.
- Lowther, A., Rainey, B., Goss, D.E. (2001). The developmental Eye Movement Test as a predictor of word recognition ability. *Journal of Optometric Vision Development*, 32, 9-14.
- McKeben, M., Trauzettel-Klosinski, S., Reinhard, J., Dürrwächter, U., Adler, M., Klosinsky, G. (2004). Eye movement control during single-word reading in dyslexics. *Journal of Vision*, 4 (5), 388-402.
- Maples, W. (1995). *NSUCO Oculomotor Test*. Santa Ana, CA: Optometric Extension Program.
- Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D., Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, 9 (4), 14-24.
- McConkie, G.W., Kerr, P.W., Reddix, M.D., Zola, D. (1988) Eye movement control during reading: I. The location of initial eye fixations on words. *Vision Research*, 28, 1107-1118.
- McConkie, G.W., Kerr, P.W., Reddix, M.D., Zola, D., Jacobs, A.M. (1989) Eye movement control during reading: II. Frequency of refixating a word. *Perception and Psychophysics*, 46, 245-253.

- McConkie, G.W., Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 17 (6), 578-586.
- McConkie, G.W., Rayner, K. (1976a). Asymmetry of the perceptual span in reading. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 8, 365-368.
- McConkie, G.W., Rayner, K. (1976b). Identifying the span of the effective stimulus in reading: Literature review and theories of reading. In H. Singer e R.B. Rudell (a cura di), *Theoretical models and processes of reading*. Newark, N.J.: International Reading Association.
- McConkie, G.W., Zola, D., Grimes, J., Kerr, P.W., Bryant, N.R., Wolff, P.M. (1991). Children's eye movements during reading. In J.F. Stein (a cura di) *Vision and visual dyslexia*. New York: Macmillan.
- McDonald, S. (2006). Effects of number-of-letters on eye movements during reading are dependent from effects of spatial word length. *Visual Cognition*, 13 (1), 89-98.
- Mielliet, S., O'Donnell, P., Sereno, S. (2009). Parafoveal magnification: Visual acuity does not modulate the perceptual span in reading. *Psychological Science*, 20 (6), 721-728.
- Mills, M., Hollingworth, A., Van der Stigchel, S., Hoffman, L., Dodd, M. (2011). Examining the influence of task set on eye movements and fixations. *Journal of Vision*, 11 (8), 1-15.
- Milner, A.D., Goodale, M.A. (1993). Visual pathways to perception and action. *Progress in Brain Research*, 95, 317-337.
- Mishkin, M., Ungerleider, L.G., Macko, K.A. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in Neurosciences*, 6, 414-417.
- Mize, R.R, Salt, T.E. (2004). Mechanisms underlying development of the retinocollicular pathway. In W.C. Hall e A. Moschovakis (a cura di), *The superior colliculus: New approaches for studying sensorimotor*. Miami, FL: CRC Press, Florida, pp. 211-233.
- Morris, R.K., Rayner, K. (1991). Eye movements in skilled reading: implications for developmental dyslexia. In: J.F. Stein (a cura di), *Vision and visual dyslexia*. London: Macmillan Press, pp. 233-242.
- Morrison, R., Rayner, K. (1981). Saccade size in reading depends upon character spaces and not visual angle. *Perception & Psychophysics*, 30 (4), 395-396.
- Munoz, D., Everling, S. (2004). Look away: The anti-saccade task and the voluntary control of eye movement. *Nature Reviews Neuroscience*, 5 (3), 218-228.
- Nuthmann, A., Engbert, R., Kliegl, R. (2005). Mislocated fixations during reading and the inverted optimal viewing position effect. *Vision Research*, 45 (17), 2201-2217.
- O'Regan, J.K., Lévy-Schoen, A. (1987) Eye movement strategy and tactics in word recognition and reading. In M. Coltheart (a cura di), *Attention and performance XII: The psychology of reading*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Osaka, N., Oda, K. (1991). Effective visual field size necessary for vertical reading during Japanese text processing. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 345-347.
- Owens, D.A., Wolf-Kelly, K. (1987). Near work, visual fatigue, and variations of oculomotor tonus. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 28 (4), 743-749.
- Parè, M., Ferraina, S., Wurtz, R. (1999). Visual motion signals from ventral intraparietal area to the saccadic system. *Society for Neuroscience Abstract*, 25, 806.

- Pelli, D., Tillman, K., Freeman, J., Su, M., Berger, T., Majaj, N. (2007). Crowding and eccentricity determine reading rate. *Journal of Vision*, 7, 20, 1-36
- Petersen, S., Posner, M. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89.
- Peyrin, C., Démonet, J.F., N'Guyen-Morel, M.A., Le Bas, J.F., Valdois, S. (2011). Superior parietal lobule dysfunction in a homogeneous group of dyslexic children with a visual attention span disorder. *Brain and Language*, 118 (3), 128-138.
- Platt, M., Lau, B., Glimcher, P. (2004). Situating the superior colliculus within the gaze control network. In W.C., Hall e A. Moschovakis (a cura di), *The superior colliculus - New approaches for studying sensorimotor integration*. Boca Raton, FL: CRC Press LLC, pp. 1-34.
- Pollatsek, A., Bolozky, S., Well, A.D., Rayner, K. (1981). Asymmetries in the perceptual span for Israeli readers. *Brain and Language*, 14, 174-180.
- Pollatsek, A., Rayner, K. (1982). Eye movement control in reading: The role of word boundaries. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 817-833.
- Pollatsek, A., Raney, G.E., LaGasse, L., Rayner, K. (1993). The use of information below fixation in reading and in visual search. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 47, 179-200.
- Radach, R., Kempe, V. (1993) An individual analysis of initial fixation positions in reading. In G. d'Ydewalle e J. Van Rensbergen (a cura di), *Perception and cognition: Advances in eye movement research*. Amsterdam: North Holland.
- Radach, R., McConkie, G.W. (1998). Determinants of fixation positions in words during reading. In G. Underwood (a cura di), *Eye guidance in reading and scene perception*. Oxford: Elsevier, pp. 77-100.
- Rayner, K. (1975a). Parafoveal identification during fixation in reading. *Acta Psychologica*, 39, 271-282.
- Rayner, K. (1975b). The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, 7, 65-81.
- Rayner, K. (1978). Eye Movements in reading and information processing. *Psychological bulletin*, 85 (3), 618-660.
- Rayner, K. (1979). Eye guidance in reading: Fixation location within words. *Perception*, 8, 21-30.
- Rayner, K. (1986). Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 41, 211-236.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124 (3), 372-422.
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62 (8), 1457-1506.
- Rayner, K., Bertera, J.H. (1979). Reading without a fovea. *Science*, 206, 468-469.
- Rayner, K., Castelhana, M.S., Yang, J. (2009). Eye movements and the perceptual span in older and younger readers. *Psychology and Aging*, 24 (3), 755-760.
- Rayner, K., Inhoff, A.W., Morrison, R., Slowiaczek, M.L., Bertera, J.H. (1981). Masking of foveal and parafoveal vision during eye fixations in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 167-179.
- Rayner, K., Liversedge, S. (2011). Linguistic and cognitive influences on eye movements during reading. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling (a cura

- di), *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press, pp. 751-766.
- Rayner, K., Liversedge, S.P., White, S.J. (2006). Eye movements when reading disappearing text: the importance of the word to the right of fixation. *Vision Research*, 46 (3), 310-323.
- Rayner, K., Liversedge, S.P., White, S.J., Vergilino-Perez, D. (2003). Reading disappearing text: Cognitive control of eye movements. *Psychological Science*, 14, 385-388.
- Rayner, K., Sereno, S.C., Raney, G.E. (1996) Eye movement control in reading: A comparison of two types of models. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22 (5), 1188-1200.
- Rayner, K., Slattery, T., Bélanger, N. (2010). Eye movements, the perceptual span & reading speed. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17 (6), 834-839.
- Rayner, K., Well, A.D., Pollatsek, A. (1980). Asymmetry of the effective visual field in reading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 27 (6), 537-544.
- Rayner, K., Well, A.D., Pollatsek, A., Bertera, J.H. (1982). The availability of useful information to the right of fixation in reading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 31 (6), 537-550.
- Rayner, K., White, S., Johnson, R.L., Liversedge, S. (2006). Reading words with jumbled letters: There is a cost. *Psychological Science*, 17, 192-193.
- Reichle, E. (2011). Serial-attention models of reading. In S. Liversedge, I. Gilchrist, a S. Everling (a cura di), *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press, pp. 767-786.
- Reichle, E.D., Pollatsek, A., Fisher, D.L., Rayner, K. (1998). Toward a model of eye movement control in reading. *Psychological Review*, 105 (1), 125-157.
- Reichle, E., Rayner, K., Pollatsek, A. (2003). The E-Z Reader model of eye-movement control in reading: Comparisons to other models. *Behavioral and Brain Sciences*, 26 (4), 446-526.
- Richman, J., Garzia, R. (1987). *Developmental Eye Movement Test, version 1. Examiner's booklet*. Mishawaka, IN: Bernell Corporation.
- Rizzolatti, G., Sinigaglia, C. (2006). *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*. Milano: Raffaello Cortina.
- Rogers, T., Alderman, B.L., Landers, D. (2003). Effects of life-event stress and hardness on peripheral vision in a real-life stress situation. *Behavioral Medicine*, 29 (1), 21-26.
- Ronconi, L., Basso, D., Gori, S., Facoetti, A. (2012). TMS on Right Frontal Eye Fields Induces an Inflexible Focus of Attention. *Cerebral Cortex*, 49, 2126-2139.
- 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 (13), 3793-3801.
- Sartori, G., Job, R., Tressoldi, P. (2007). *DDE-2 Batteria per la valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva-2*. Firenze: Giunti OS.
- Schad, D., Nuthmann, A., Engbert, R. (2010). Eye movements during reading of randomly shuffled text. *Vision Research*, 50 (23), 2600-2616.
- Schall, J. (2006). Selection of targets for saccadic eye movement. In L. Chalupa e J. Werner (a cura di), *The visual neuroscience*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 1369-1390.
- Shen, I.-H., Shieh, K.-K., Chao, C.-Y., Lee, D.-S. (2009). Lighting, font style, and polarity on visual performance and visual fatigue with electronic paper displays. *Displays*, 30 (2), 53-58.

- Shieh, K.-K., Lee, D.-S. (2007). Preferred viewing distance and screen angle of electronic paper displays. *Applied Ergonomics*, 38 (5), 601-608.
- Shipp, S. (2004). The brain circuitry of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 223-230.
- Sireteanu, R., Goertz, R., Bachert, I., Wandert, T. (2005). Children with developmental dyslexia show a left visual «minineglect». *Vision Research*, 45 (25-26), 3075-3082.
- Skavenski, A.A., Hansen, R.M., Steinman, R.M., Winterson, B.J. (1979). Quality of retinal image stabilization during small natural and artificial body rotations in man. *Vision Research*, 19, 675-683.
- Slowiaczek, M., Rayner, K. (1987). Sequential masking during eye fixations in reading. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 25 (3), 175-178.
- Sommer, M., Wurtz, R. (2006). Influence of the thalamus on spatial visual processing in frontal cortex. *Nature*, 444, 374-377.
- Sommer, M., Wurtz, R. (2004). The dialogue between cerebral cortex and superior colliculus: Implications for saccadic target selection and corollary discharge. In L. Chalupa e J. Werner (a cura di) *The visual neurosciences (vol. II)*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 1466-1484.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and Applied*, 74, 1-29.
- Stein, J., Walsh, V. (1997). To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20 (4), 147-152.
- Taich, A., Crowe, S., Kosmorsky, G., Traboulsi, E. (2004). Prevalence of psychosocial disturbances in children with nonorganic visual loss. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 8 (5), 457-461.
- Tassinari, J., DeLand, P. (2005). Developmental Eye Movement Test: Reliability and symptomatology. *Optometry*, 76 (7), 387-399.
- Tressoldi, P.E., Vio, C., Lorusso, M.L., Facoetti, A., Iozzino, R. (2003). Confronto di efficacia ed efficienza tra trattamenti per il miglioramento della lettura in soggetti dislessici. *Psicologia Clinica dello Sviluppo*, 7 (3), 481-494.
- Underwood, G., Clews, S., Everatt, J. (1990). How do readers know where to look next? Local information distributions influence eye fixations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42A, 39-65.
- Underwood, N.R., McConkie, G.W. (1985). Perceptual span for letter distinctions during reading. *Reading Research Quarterly*, 20, 153-162.
- Underwood, N.R., Zola, D. (1986). The span of letter recognition of good and poor readers. *Reading Research Quarterly*, 21, 6-19.
- Ungerleider, L.G., Haxby, J.V. (1994). «What» and «where» in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 4 (2), 157-165.
- Valdois, S., Bidet-Iledei, C., Lassus-Sangosse, D., Reilhac, C., N'guyen-Morel, M.-A., Guinet, E., Orliaguet, J.-P. (2011). A visual processing but no phonological disorder in a child with mixed dyslexia. *Cortex*, 47 (10), 1197-1218.
- Valdois, S., Bosse, M.-L., Tainturier, M.-J.P. (2004). The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia: Review of evidence for a selective visual attentional disorder. *Dyslexia*, 10 (4), 339-363.
- Valdois, S., Lassus-Sangosse, D., Lobier, M. (2012a). Impaired letter-string processing in developmental dyslexia: What visual-to-phonology code mapping disorder? *Dyslexia*, 18 (2), 77-93.
- Valdois, S., Lassus-Sangosse, D., Lobier, M. (2012b). The visual nature of the visual attention span disorder in developmental Dyslexia. In J. Stein e Z. Ka-

- poula (a cura di), *Visual aspects of dyslexia*. Oxford: Oxford University Press, pp. 111-121.
- Vitu, F. (2005). Visual extraction processes and regressive saccades in reading. In G. Underwood (a cura di), *Cognitive processes in eye guidance*. Oxford: Oxford University Press, pp. 1-32.
- Vitu, F. (2011). On the role of visual and oculomotor processes in reading. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling (a cura di), *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press, pp. 731-749.
- Vitu, F., McConkie, G.W., Kerr, P., O'Regan, J.K. (2001). Fixation location effects on fixation durations during reading: An inverted optimal viewing position effect. *Vision Research*, 41, 3513-3533.
- Vitu, F., McConkie, G.W., Zola, D. (1998). About regressive saccades in reading and their relation to word identification. In G. Underwood (a cura di), *Cognitive processes in eye guidance*. Oxford: Oxford University Press, pp. 101-124.
- Vitu, F., O'Regan, J.K., Inhoff, A.W., Topolski, R. (1995). Mindless reading: Eye-movement characteristics are similar in scanning letter strings and reading texts. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 57 (3), 352-364.
- Vogel, A., Miezín, F., Peterson, S., Schiaggar, B. (2012). The putative visual word form area is functionally connected to the dorsal attention network. *Cerebral Cortex*, 22 (3), 537-549.
- Vonk, W., Radach, R., van Rijn, H. (2000). Eye guidance and the saliency of word beginnings in reading text. In A. Kennedy, R. Radach, D. Heller e J., Pynte (a cura di), *Reading as a perceptual process*. North Holland: Elsevier.
- White, S., Johnson, R.L., Liversedge, S., Rayner, K. (2008). Eye movements when reading transposed text: The importance of word beginning letters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34 (5), 1261-1276.
- White, B., Munoz, D. (2011). The superior Colliculus. In S. Liversedge, I. Gilchrist e S. Everling (a cura di), *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press, pp. 195-213.
- White, S.J., Rayner, K., Liversedge, S.P. (2005). Eye movements and the modulation of parafoveal processing by foveal processing difficulty. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 891-896.
- Woodworth, R.S. (1938). *Experimental psychology*. New York: Henri Holt.
- Wright, R.D., Ward, L.M. (2008). *Orienting of attention*. New York: Oxford University Press.
- Xu, M., Jordan, T. (2009). Assessing effects of viewing distance on normal Chinese reading: some methodological and theoretical implications. *Behavior Research Methods*, 41 (4), 971-976.
- Yarbus, A. (1967). *Eye movements and vision*. New York: Plenum Press.
- Yu, D., Akau, M., Chung, S. (2012). The mechanism of word crowding. *Vision Research*, 50 (1), 61-69.
- Zee, D., Walker, M. (2004). Cerebellar control of eye movements. In L. Chalupa e J. Werner (a cura di), *The visual neurosciences (vol. II)*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 1485-1498.
- Zeri, F. (2005). Visione binoculare, lettura e dislessia evolutiva. In S. Maffioletti, R. Pregliasco e L. Ruggeri (a cura di), *Il bambino e le abilità di lettura: il ruolo della visione*. Milano: Franco Angeli – Fondazione IARD, pp. 224-241.
- Zorzi, M., Barbiero, C., Facoetti, A., Lonciari, I., Carrozzi, M., Montico, M., Bravar

L., George F., Pech-Georgel, C. (2012). Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109 (28), 11455-11459.

[Ricevuto il 27 agosto 2012]

[Accettato il 12 giugno 2013]

Eye movement in reading, ecological reading and single word paradigms

Summary. Comparison of eye movement mechanisms in natural reading with two commonly used instruments in the evaluation and/or treatment of SLD (Specific Learning Disorders): the naming of word lists (and/or pseudowords) and the naming of single word tachystoscopic projections. This critical literary revision demonstrates limitations of single-word paradigms and highlights the specific necessity of eye movements for efficient reading. New perspectives can also be demonstrated by means of eye movement tracing analysis. We propose a new hypothesis regarding both the dynamic perceptual span and the crowding of WHERE (compared to the crowding of WHAT). Therefore there is a need for a more ecological approach to the analysis of reading, based on the mechanics of eye movement found in normal adults.

Keywords: Eye movements in reading, ecological reading, single word paradigms, voluntary saccades, dynamic perceptual span, WHERE crowding.

