

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Fisica e Astronomia

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di Laurea triennale in

OTTICA E OPTOMETRIA

Tesi di Laurea

**La teoria Magnocellulare della dislessia e il ruolo
dell'Optometrista nel trattamento di tale disturbo**

*The Magnocellular theory of dyslexia and the Optometrist's role in the
treatment of this disorder*

Relatore: Prof.ssa Clara Casco

Correlatore: Dott. Michele Barollo

Laureanda: Erica Zuccolo

Matricola: 1123393

Anno Accademico 2018/2019

*A mio fratello, Alessandro.
La parte piÙ grande del mio cuore*

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1-LA DISLESSIA.....	3
1.1- IL MODELLO DI LETTURA.....	3
1.2-DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE	6
1.3-LA DISLESSIA EVOLUTIVA ATTRAVERSO DIVERSE TEORIE EZIOPATOGENETICHE.....	9
1.3.1-L'ipotesi Fonologica e quella Uditiva	11
1.3.2-L'ipotesi cerebellare	13
1.3.3-L'ipotesi visiva.....	14
1.3.4-Stress Visivo o Sindrome di Meares-Irlen.....	17
1.3.5-La Teoria Magnocellulare	18
CAPITOLO 2-OPTOMETRIA E DISLESSIA.....	21
2.1-I MECCANISMI VISUO-MOTORI IMPLICATI NELLA LETTURA	23
2.1.1-I movimenti oculari.....	23
2.1.2-Coordinazione binoculare	25
2.2-ALTERAZIONI VISUO-MOTORIE NEI DISLESSICI.....	26
2.2.1-Movimenti oculo-motori.....	26
2.2.2-Visione Binoculare.....	29
2.3-IL RUOLO DELL'OPTOMETRISTA.....	33
2.3.1-Screening Visivi	35
2.3.2-Il trattamento optometrico	39
CONCLUSIONI.....	51
BIBLIOGRAFIA.....	53
RINGRAZIAMENTI.....	62

Introduzione

La visione è una delle funzioni più complesse e al tempo stesso straordinarie del nostro organismo. Ha un ruolo preponderante nello svolgimento dei compiti più basilari, ma ha un particolare impatto anche nella realizzazione di quelli più evoluti. È stato dimostrato che l'apprendimento di varie attività quotidiane, come ad esempio la lettura, avviene per l'85-90% grazie al sistema visivo. [1]

A tal proposito, in ambito scientifico, è cresciuto l'interesse nel valutare e stabilire una possibile relazione tra problemi visivi e performance scolastiche. Un campo nel quale tale correlazione è ampiamente studiata, è quello della dislessia.

La dislessia colpisce circa il 10% della popolazione mondiale, ma ancora oggi l'eziologia di tale disturbo è causa di forti dibattiti.

Lo scopo di questo elaborato è stato quello di revisionare la letteratura sulla dislessia, cercando di comprendere al meglio quale possa essere l'aspetto visivo correlato, al fine di ipotizzare un possibile intervento nel trattamento del disturbo da parte dell'Optometrista.

Nel primo capitolo abbiamo definito la dislessia e le sue principali caratteristiche. Mediante una rassegna della letteratura in merito, sono state brevemente descritte le principali teorie sulla possibile eziologia del disturbo: la teoria fonologica, la teoria uditiva, la teoria cerebellare e quella visiva.

Nel secondo capitolo invece, è stato analizzato il ruolo della visione nel meccanismo della lettura, individuando le funzioni visive associate al processo e il loro possibile collegamento con la difficoltà specifica di lettura.

Successivamente, è stato introdotto il possibile ruolo dell'Optometrista nella dislessia, sia a livello diagnostico che riabilitativo. Si sono analizzate le possibili anomalie visive statisticamente presenti nei dislessici e, successivamente, è stata rivista la letteratura concernente il possibile effetto migliorativo della dislessia, raggiunto mediante l'attuazione di un trattamento visivo.

Particolare attenzione è stata rivolta a quegli articoli riguardanti la correlazione tra training optometrico (con l'utilizzo di software computerizzati, lenti prismatiche, o visual training) e miglioramenti delle funzioni visive anomale (in particolare concernenti visione binoculare, accomodazioni e oculomotricità), che avrebbe avuto un riscontro anche sull'abilità di lettura. Si è dunque cercato di stabilire se vi

sia un training visivo, i cui effetti migliorino la capacità di lettura in modo duraturo ed efficace, e siano validati statisticamente.

Capitolo 1-La Dislessia

1.1- Il Modello di Lettura

Imparare a leggere è un compito tutt'altro che facile che rappresenta un elevato e prolungato impegno cognitivo. Una volta entrati nell'ambiente scolastico, per i bambini l'apprendimento della lettura è il primo ostacolo da affrontare.

La principale difficoltà riscontrata risiede nella natura stessa della lettura. Essa infatti è un'attività complessa e articolata dipendente dalla complessità di molteplici abilità neuropsicologiche che interagiscono tra loro. Per arrivare alla sua automatizzazione, è necessario che alcuni dei sotto processi da cui essa è composta, siano essi stessi automatizzati. [2]

La lettura viene definita come la capacità di decifrare una sequenza di segni grafici trasformandoli nei corrispondenti suoni linguistici; la corrispondenza grafema-fonema ha dunque un'importanza rilevante. [2]

Il grafema rappresenta la minima unità grafica di un sistema alfabetico o sillabico o ideografico; cioè un segno che in un determinato sistema grafico si distingue da tutti gli altri segni del sistema, e pertanto è in grado di far distinguere sul piano grafico una parola da altre; è il segno elementare non ulteriormente suddivisibile. Il fonema invece, rappresenta l'unità fonologica minima di un sistema linguistico, ossia un segmento fonico-acustico non suscettibile di ulteriore segmentazione, dotato di capacità distintiva rispetto alle altre unità; è la più piccola unità di suono che porta a una differenza significativa nella parola. [3]

Nel 1979, Struiksma elaborò un modello di lettura (citato in Maffioletti, 2005) [2] che descrive l'apprendimento della lettura come l'insieme di diversi processi parziali connessi tra loro gerarchicamente. Procedendo da sinistra verso destra nello schema sottostante, è intuibile che l'esecuzione di una determinata abilità, richiede che siano possedute almeno in parte le abilità che la precedono. (Figura 1, tratta da Maffioletti et al) [2]



Figura 1: Modello di lettura di Struiksma

Il modello può essere diviso in quattro livelli, tutti a loro volta suddivisi nelle varie abilità parziali.

1. Primo Livello:

- Analisi Visiva: è il primo prerequisito; il bambino deve saper riconoscere e tracciare segni grafici elementari specifici (linee orizzontali, verticali, oblique e curve), e successivamente essere in grado di analizzare i costituenti di una lettera;
- Lavorato da sinistra a destra: implica la coordinazione visivo-motoria. Consente la graduale discriminazione visiva dei grafemi seguendo l'ordine sequenziale delle parole scritte; appunto da sinistra verso destra nella cultura generale italiana, e in tutte le lingue europee;

2. Secondo Livello:

- Discriminazione Visiva: permette di analizzare il segno grafico distinguendo un grafema da un altro. È strettamente legata all'analisi visiva. Il riconoscimento delle lettere "p", "d", "b" implica entrambe le abilità;
- Discriminazione Uditiva: è equivalente alla discriminazione visiva; capacità di distinguere un fonema da un altro;
- Percezione dell'ordine temporale: capacità di conservare l'ordine delle lettere senza anteporle, spostarle ecc.;

3. Terzo livello:

- Sintesi Uditiva: capacità di fondere i fonemi presentati in forma separata. Una sintesi uditiva ottimale richiede una buona

discriminazione uditiva nonché una conservazione dell'ordine temporale;

- Corrispondenza grafema-fonema: capacità di associare un grafema al fonema corrispondente. In questo caso si assiste all'integrazione dell'informazione visiva e uditiva;

4. Quarto livello:

- Sintesi visiva: capacità di leggere parole e non-parole senza nominare i fonemi. Il soggetto deve dunque cogliere l'insieme della parola e l'elemento che la differenzia (es. mio, pio, rio, zio), leggendola senza staccare i fonemi.

Se per qualcuno leggere è un'esperienza che procede con naturalezza e fluidità, per alcuni soggetti la lettura diventa frustrante e faticosa. In questa categoria rientrano i dislessici.

La dislessia evolutiva colpisce circa il 10% della popolazione mondiale. [4] Nel nostro Paese non è ancora ben definita la prevalenza della dislessia. Maffioletti e colleghi nel loro libro indicano che i bambini dislessici in Italia, siano tra il 3-5% della popolazione scolastica. [2] In uno studio condotto in Friuli nel 2012 su un campione di 1774 bambini di classe quarta elementare (in una popolazione scolastica non selezionata), è risultata una percentuale di soggetti dislessici che varia tra il 3,1 al 3,3%. [5] I dati raccolti per la popolazione italiana sono differenti da quelli raccolti per la popolazione inglese dove la percentuale raggiunge il 17% del totale. [6] Questo è spiegato dal fatto che la prevalenza della dislessia dipende dalla trasparenza della lingua, ovvero dalla facilità con cui il grafema viene trasformato in fonema. L'italiano, così come il tedesco e lo spagnolo, sono lingue trasparenti a differenza invece dell'inglese. [6]

Una delle più importanti caratteristiche associate alla dislessia è la sua base genetica. Stein (2012), mediante studi effettuati su gemelli dizigoti e monozigoti, afferma che la somiglianza nelle abilità di lettura tra fratelli raggiunge l'80%. [7] Questa somiglianza deriva da due fattori: l'ereditarietà genetica e le influenze ambientali comuni. Sebbene si ritengano importanti le ultime citate, pare che nella dislessia, l'ereditarietà giochi un ruolo molto importante. [7] La storia familiare rappresenta uno dei fattori di rischio più importanti. Figli di genitori dislessici risultano avere una probabilità maggiore di sviluppare difficoltà di lettura (tra il 27 e il 49%). Un dato simile viene riscontrato nei fratelli dei dislessici; in questo caso

la percentuale di probabilità si aggira attorno al 40%, ma varia principalmente in base alla quantità di geni in comune. [8]

Un ulteriore dato che confermerebbe la base genetica è rappresentato dal diverso tasso di prevalenza tra maschi e femmine. Tuttavia, l'ampiezza e l'origine di questa differenza sono in dubbio. Maffioletti, Pregliasco e Ruggeri (2005) riportano un rapporto di prevalenza di 4:1 tra maschi e femmine. [2] Altri studi confermano l'affermazione appena citata, riferendo rapporti che variano tra 1.93:1 a 3.29:1. [9] [10] Quinn e Wagner (2015) affermano che la differenza maschi-femmine andrebbe ad incrementarsi con l'aumentare della gravità del disturbo. [11]

Il dato si spiegherebbe ritenendo la dislessia legata ad anomalie presenti in specifici cromosomi sessuali e alla loro interazione con fattori ambientali. [2] [12]

1.2-Definizione e Classificazione

La dislessia rientra nella classe dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA). Essa va ad ostacolare il normale processo di interpretazione dei segni grafici e, in generale, viene definita come disturbo specifico della lettura. [13]

Come riportato da Lyon e colleghi in un loro articolo del 2003 [14], l'International Dyslexia Association, definisce il disturbo come segue:

“La dislessia è un disturbo specifico dell'apprendimento con origine neurobiologica. È caratterizzata da difficoltà nell'accuratezza e/o nella fluidità di riconoscimento delle parole, e da scarse abilità nella decodifica ortografica e nello scandire una parola lettera per lettera (spelling). Tali difficoltà derivano in genere da un deficit nella componente fonologica del linguaggio, spesso inaspettato in relazione alle altre abilità cognitive e alla previsione di un'efficace istruzione scolastica. Altre conseguenze possono includere problemi nella comprensione di un testo e ridotte esperienze di lettura che ostacolano la crescita del vocabolario e delle conoscenze di base del soggetto.” [14]

Un'ulteriore definizione viene introdotta nel Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali (DSM-V, American Psychiatric Association, 2014) dove viene riportato che nei bambini dislessici è riscontrabile una lettura orale caratterizzata da distorsioni, sostituzioni e omissioni; inoltre sia la lettura orale sia quella mentale sono caratterizzate da lentezza ed errori di comprensione. [15]

Il DSM-V fornisce delle chiare indicazioni da seguire per formulare la diagnosi di Dislessia Evolutiva. [15] Il disturbo viene riscontrato se vengono confermati i seguenti criteri:

1. Il livello di lettura raggiunto, valutato in termini di velocità, accuratezza e comprensione mediante test standardizzati somministrati individualmente, deve essere significativamente al di sotto di quello atteso per età cronologica del soggetto, valutazione del livello di intelligenza ed esperienze scolastiche adeguate all'età;
2. L'anomalia individuata deve interferire in modo significativo nell'apprendimento delle attività scolastiche o nelle attività quotidiane che richiedano capacità di lettura;
3. Qualora fosse presente un deficit sensoriale, le difficoltà di lettura devono essere maggiori di quelle solitamente attese in relazione al deficit sensoriale in questione.

In aggiunta secondo Stein (2012) [7], per diagnosticare il disturbo devono essere presenti tre o più manifestazioni della "sindrome da dislessia" quali:

- Storia familiare con difficoltà linguistiche e di lettura;
- Rallentamento nella camminata, nel parlare e nel camminare;
- Goffaggine;
- Scarsa memoria a breve termine;
- Assenza della capacità di sequenziare lettere, suoni, numeri, giorni e mesi;
- Difficoltà nel riconoscimento della destra e della sinistra.

Sinteticamente dunque, la presenza della dislessia comporta tempi di lettura e numero di errori significativamente superiori a quelli attesi per età e livello di istruzione, nonostante il bambino presenti intelligenza adeguata, istruzione adeguata, livello socioeconomico adeguato, assenza di deficit neurologici e sensoriali e assenza di psicopatologie primarie. [2]

Come indicato dal DSM-V, i criteri utilizzati per valutare il livello di lettura e la sua efficienza sono: l'accuratezza, la rapidità e la comprensione. La prima viene calcolata contando il numero di errori effettuati dal bambino, la seconda misurando

i tempi di lettura mediante il conteggio del numero di sillabe lette al secondo. Non sempre entrambe le abilità sono compromesse nel bambino dislessico, si possono infatti trovare: lettori lenti, ma corretti; lettori veloci, ma scorretti e lettori misti (lenti e scorretti). [2] Non bisogna scordare l'altra variabile molto importante, ovvero la comprensione di ciò che viene letto. Generalmente, il bambino dislessico non ha problemi a comprendere ciò che legge; a lungo andare però, quando il brano diventa lungo e complesso, la lentezza di decifrazione e l'alto numero di errori possono compromettere la comprensione, comportando il prolungarsi dei tempi di acquisizione delle informazioni da l brano. [2]

Come è ben intuibile, non esiste dunque una definizione univoca della dislessia; ciò è presumibilmente dovuto al fatto che ancora non sono conosciute le vere cause del disturbo e sono presenti diverse teorie che cercano di trovarne una.

Analizzando il fenomeno della dislessia, è necessario distinguere tra:

- **Dislessia Acquisita (DA):** riguarda persone, per lo più adulte, che vedono decadere la loro capacità di leggere in seguito a eventi patologici o traumatici che comportano danni cerebrali. L'insorgenza del disturbo è conseguente all'episodio lesivo;
- **Dislessia Evolutiva (DE):** insorge prima o durante l'apprendimento della letto-scrittura.

La dislessia evolutiva, che prenderemo in analisi in questo elaborato, viene classificata in tre sottocategorie sulla base del mancato raggiungimento dei vari stadi di apprendimento della lettura [2]:

1. DE Fonologica: lo sviluppo nel processo di apprendimento della lettura si blocca a livello del passaggio dallo stato alfabetico a quello ortografico (grafema-fonema delle singole lettere). Produce difficoltà nella lettura delle non-parole (parole senza significato in senso stretto);
2. DE Superficiale: lo sviluppo nel processo di apprendimento della lettura si blocca a livello dello stadio ortografico. La difficoltà è presente nella lettura delle parole irregolari (contenenti quindi eccezioni di pronuncia). Il

bambino è abile nella conversione grafema-fonema, ma non riesce a costruirsi un vocabolario lessicale proprio;

3. DE Mista: lo sviluppo nel processo di apprendimento della lettura si blocca a livello delle prime fasi di acquisizione dello stadio alfabetico. È la forma più diffusa e presenta sintomi tipici di entrambe le categorie sopra descritte.

I segni più frequenti riscontrabili nei bambini dislessici includono [16]:

- Difficoltà nell'acquisizione del linguaggio;
- Lettura lenta;
- Difficoltà durante l'apprendimento della corrispondenza grafema-fonema (incapacità nel riconoscere i suoni specifici delle parole e abbinarli successivamente alle varie lettere che le compongono);
- Difficoltà nella memorizzazione e nella comprensione del contenuto di un testo scritto;
- Inversioni, omissioni e sostituzione delle lettere e/o delle sillabe nelle parole durante la lettura e la scrittura.
- Confusione nella comprensione dei rapporti spaziali e temporali (destra/sinistra; ieri/domani; mesi e giorni)

1.3-La dislessia evolutiva attraverso diverse teorie eziopatogenetiche

Grazie all'avvento delle neuroimmagini, in particolar modo della Tomografia a Emissione di Positroni (PET) e della Risonanza Magnetica Funzionale, le conoscenze sulle basi patogenetiche della dislessia hanno avuto un notevole incremento e ciò ha consentito di evidenziare la natura neurobiologica del disturbo.

[17]

Galaburda e colleghi, mediante studi istologici effettuati nel 1985, furono i primi a dimostrare la presenza di un deficit magnocellulare nei cervelli degli adulti. [18] Livingstone nel 1991 confermò tale scoperta esaminando, mediante autopsia, il CGL di 10 soggetti (5 dislessici e 5 non dislessici). L'autopsia rivelò strati parvocellulari molto simili nei due gruppi, ma quelli magnocellulari apparivano disorganizzati e inoltre, il corpo cellulare dei neuroni magnocellulari apparve più piccolo nei cervelli dei soggetti dislessici rispetto a quelli del gruppo di controllo (in media il 27% più piccolo). [19]

Figura 2 (Tratta da Livingstone et al.) [19]

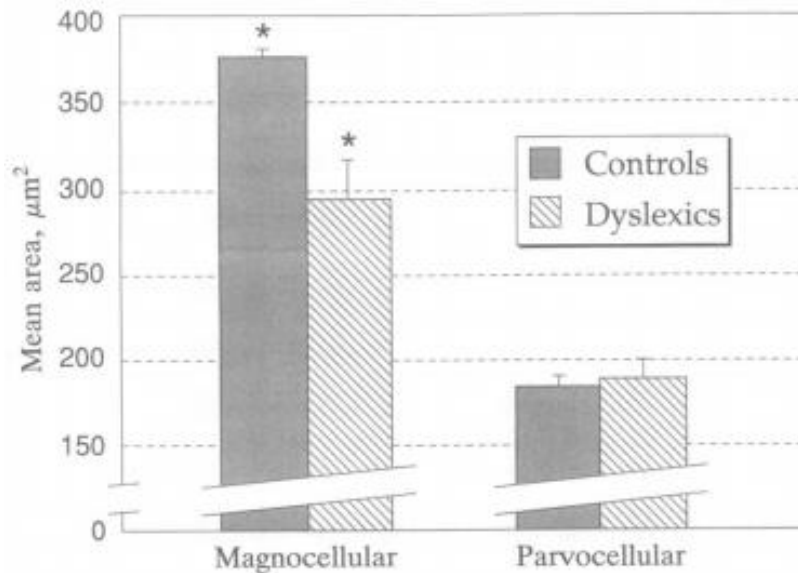


Figura 2: Differenze di grandezza nell'area delle cellule degli strati magno e parvocellulare dei CGL di soggetti dislessici e non.

Stein in uno studio del 2001 [17], riporta un'ulteriore differenza tra il cervello dei dislessici e quello dei normolettori.: le aree corticali temporo-parietali deputate al linguaggio, che normalmente sono più grandi nell'emisfero sinistro, si presentano invece simmetriche o addirittura più grandi in quello destro, nei cervelli dei soggetti dislessici. [17]

Sebbene dunque vi sia un accordo sul fatto che la dislessia abbia una base neurbiologica, l'eziologia di tale disturbo è invece causa di forti dibattiti, in quanto

ancora risulta non conosciuta. Sono state molte le teorie proposte per spiegare la causa della dislessia, ma i diversi studi non hanno trovato ancora quella principale. Tra le diverse ipotesi avanzate ricordiamo: l'ipotesi fonologica strettamente correlata a quella uditiva, l'ipotesi cerebellare e l'ipotesi visiva. [2] [8]

1.3.1-L'ipotesi Fonologica e quella Uditiva

L'ipotesi fonologica si fonda sull'idea che i dislessici abbiano una difficoltà nell'elaborazione, nella codifica e nella rappresentazione dei suoni specifici del linguaggio (i fonemi). Questa difficoltà deriva, presumibilmente, da problematiche riscontrate durante l'apprendimento della stretta corrispondenza tra grafema-fonema (ovvero un'incapacità nel riconoscere i suoni specifici delle parole e abbinarli successivamente alle varie lettere che le compongono). [20] [21] La causa del disturbo di lettura sarebbe, secondo tale ipotesi, un problema di consapevolezza fonologica. La consapevolezza fonologica si riferisce alla capacità di percepire ed elaborare i suoni delle parole che vengono pronunciate. Prevede la conoscenza delle unità fonologiche più elementari, ovvero i fonemi, ma anche di quelle più complesse, come le rime o le sillabe. [22] Diversi autori ritengono che consapevolezza fonologica e processo di lettura siano strettamente collegati, e che differenze individuali a livello di tale consapevolezza siano relazionate alla capacità di apprendimento della lettura. [20] [23] [24]

Ramus (2003) sostiene infatti che le difficoltà dei dislessici nell'elaborare i suoni corrispondenti alle lettere scritte sono un chiaro esempio delle loro ridotte abilità fonologiche e questo porta a un rallentamento nel processo di lettura. [20]

Valdois e colleghi nel loro articolo del 2004 affermano che la conoscenza della struttura fonologica del linguaggio sia per i bambini un dato perditoro delle loro prime capacità di lettura. [23]

Esistono vari test che mirano a verificare le abilità fonologiche. Uno dei principali che viene utilizzato è quello di chiedere ai vari soggetti di leggere delle pseudo o non-parole inventate (come ad esempio "tegwop"). Queste richiedono un'elevata capacità di riconoscere ed elaborare il suono delle lettere che le compongono, non avendo nessun aiuto dal contesto o dal significato: la lettura di tali parole risulta dunque un compito molto semplice per il normo-lettori, ma molto difficoltoso per

chi è deficitario in tale abilità. Nel caso dei lettori dislessici infatti, le difficoltà nella decodifica della parola porta a una difficile identificazione. [21]

In genere dunque, le funzioni cognitive più complesse (high-level), come ad esempio il ragionamento, la sintassi e l'intelligenza rimangono inalterate. Altre funzioni inserite nel processo cognitivo ma gerarchicamente più basse (low-level), come appunto l'analisi fonologica, sono alterate e ciò va a dare una spiegazione del fatto che individui con quoziente intellettivo (QI) nella norma, possano avere difficoltà nella lettura. [21]

Al fine di migliorare l'apprendimento della lettura, sono stati effettuati dei training che miravano ad incrementare la consapevolezza fonologica. I risultati ottenuti sono stati positivi in alcuni studi [24] [25]. Tuttavia, è stato dimostrato che tali training, combinati con altri esercizi che ampliavano la conoscenza dei nomi e dei suoni delle lettere, o che cercavano di migliorarne la lettura, hanno avuto risultato migliori e più incisivi. [22]

Strettamente legata all'ipotesi fonologica, è possibile prendere in considerazione quella uditiva. Secondo tale ipotesi, il deficit fonologico presente nei dislessici sarebbe dovuto ad una difficoltà nell'elaborazione dei suoni presentati in rapida sequenza. [26] Fu nel 1980 che la psicologa Tallal ipotizzò che il problema di lettura dipendesse da un deficit uditivo più generale, relazionato a una discriminazione dei suoni difettosa e a una ridotta capacità di riconoscere il fonema al variare delle sue caratteristiche di frequenza e ampiezza. [26] A riprova, Ramus (2003) afferma che il problema derivi principalmente da un deficit a livello del processamento temporale, in particolar modo nella percezione di suoni brevi o di rapida variazione. [20] Un supporto a tale ipotesi deriva dal fatto che i bambini dislessici presentano scarse prestazioni nei compiti uditivi, inclusa la discriminazione di frequenza e il buon giudizio sull'ordine temporale delle parole. Tali soggetti avrebbero dunque bisogno di intervalli più lunghi tra due suoni per riconoscerli, definirli come distinti e giudicare il loro ordine di presentazione. [9] L'ipotesi uditiva concorderebbe in parte con la generale teoria di un deficit magnocellulare.

È stato dimostrato dunque che i lettori "scarsi" mostrano problemi fonologici, ma le due ipotesi sopra citate non vanno realmente a spiegare il perché i bambini falliscono nell'apprendimento di tali abilità. Inoltre, uno dei punti deboli della teoria fonologica risiede nel fatto che essa non riporta la spiegazione dell'insorgenza di disturbi sensoriali o motori nei dislessici. [20]

Bisogna anche tener conto che un significativo numero di soggetti all'interno della popolazione dislessica non presenta solo problemi fonologici e uditivi. [21] Basandoci su percentuali matematiche, la porzione di dislessici affetta da tali disturbi risulterebbe variare tra il 39 e il 45%. [27]

1.3.2-L'ipotesi cerebellare

Un'ulteriore ipotesi è quella della teoria cerebellare della dislessia. In uno studio effettuato da Nicolson e colleghi nel 2001, è stato dimostrato che esiste una correlazione tra dislessia e funzioni anormali del cervelletto in circa l'80% dei soggetti testati. [28]

Il cervelletto svolge un ruolo chiave nelle abilità linguistiche e cognitive e, inoltre, l'ipotesi che esso influenzi le abilità motorie e di coordinamento è ben consolidata. [29] [30]

In un recente articolo del 2011, Nicolson e Fawcett, fermi sostenitori dell'ipotesi analizzata, riportano che nel cervelletto dei dislessici sono presenti anomalie funzionali e anatomiche. [29] In particolare, la compromissione nella fluidità di lettura nei dislessici sarebbe una conseguenza di una scarsa automatizzazione delle associazioni motorie sensoriali, compresa la decodifica del linguaggio parlato. Tale deficit sarebbe associato alla funzionalità compromessa del cervelletto. [29]

Inoltre, come riportato da Ramus (2003), il cervelletto è fortemente implicato nell'automatizzazione di funzioni come guidare, scrivere a computer e anche leggere. [20] Tale affermazione, ha spinto i ricercatori ad ipotizzare che la dislessia possa svilupparsi come conseguenza di una difficoltà nell'acquisizione e nell'automatizzazione della lettura. Questo andrebbe ad influenzare dunque l'apprendimento della capacità di corrispondenza tra grafema e fonema che spiegherebbe le problematiche di lettura nei bambini dislessici. [20] [28] [29]

Nonostante ciò, non in tutti i dislessici è possibile riscontrare deficit senso-motori. Ramus (2003) riporta infatti che tali incapacità sono ristrette a un sottoinsieme della popolazione dislessica, stimato attorno al 30%. [20] Per questo motivo l'ipotesi cerebellare è ancora molto criticata., anche se rientra all'interno della generale teoria magnocellulare.

1.3.3-L'ipotesi visiva

Prima che fosse scoperto il deficit fonologico nei dislessici, il mondo scientifico era per la maggior parte d'accordo sul fatto che, le difficoltà di lettura di tali soggetti, risultavano prevalentemente da un difetto nell'elaborazione visiva. [31]

Fu infatti nel XIX secolo che Kussmaul usò per la prima volta la parola "world-blindness" per definire una carenza nella capacità di lettura. Cent'anni dopo, il collega Morgan Pringle descrisse la difficoltà nell'apprendimento della lettura in un ragazzo, definendolo come segue:

"Percy F. è un ragazzo ben cresciuto, di 14 anni, è il figlio maggiore di due genitori molto intelligenti, e il secondo bambino in una famiglia di sette fratelli. È un ragazzo brillante e intelligente, molto veloce e bravo nei giochi, in nessun modo è inferiore ad altri ragazzi della sua età. La sua grande difficoltà è stata quella, e ancora lo è, di imparare a leggere. Questa difficoltà è così marcata e notevole che non ho dubbi nel pensare che sia dovuta ad alcuni deficit cognitivi" [32]

Come riportano Stein e Walsh nel 1997, Morgan pensava che i problemi di Percy fossero di natura visiva, tanto che descrisse la sua difficoltà come "congenitally word-blind". [31] [32]

Come accennato, un deficit fonologico non riesce a spiegare alcune difficoltà che mostrano i soggetti dislessici come ad esempio l'incapacità di sequenziare le parole, il disordine delle lettere e il continuo scambio di queste ultime nella parola letta. [4] [31]

Queste controversie nell'ipotesi fonologica hanno spinto i ricercatori a riprendere l'idea che alla base delle difficoltà di lettura ci potesse essere un deficit visivo. L'ipotesi visiva nasce dal presupposto che, alla base del deficit di lettura presente nei dislessici, possa esserci un'inadeguata funzionalità della via visiva magnocellulare.

La via magnocellulare, la quale differenziazione comincia a livello delle cellule gangliari e continua nel corpo genicolato laterale (CGL), è caratterizzata da elevata sensibilità al contrasto, risponde dunque a basso contrasto di luminanza, frequenze spaziali basse e frequenze temporali alte; inoltre, le cellule magno sono sensibili a stimoli con velocità di movimento alta e a quelli presentati in posizione eccentrica rispetto la fovea. A livello della corteccia extrastriata, la via magno prende il nome di via dorsale e si estende fino alla corteccia parietale posteriore comprendendo

l'area medio temporale (MT). Viene definita via del “where” perché deputata al riconoscimento delle funzioni spaziali, ovvero a dove sono localizzati gli oggetti. È implicata nella visione globale, nei movimenti oculari e la conseguente coordinazione binoculare; inoltre, svolge un ruolo chiave nel processamento temporale dell'informazione visiva e nell'attivazione e direzionalità dell'attenzione visiva. [31] [33]

Nandakumar, in un articolo del 2008, afferma che circa il 75% dei dislessici testati presenta un deficit alla via magnocellulare. [34]

Nel 1996, Evans e colleghi presero in considerazione alcune problematiche visuo-motorie presenti nella dislessia e strettamente correlate ad analisi optometriche quali instabilità binoculare, accomodazione alterata e controllo dei movimenti oculari deficitario. [35] Anche Ramus (2003) riporta tale teoria aggiungendo a tali problematiche anche un sistema di vergenza instabile e un aumento dell'affollamento visivo (crowded). [20]

Inoltre, un'ulteriore correlazione visiva, in particolar modo a livello sensoriale, può essere presa in considerazione nella dislessia. È stato infatti dimostrato che, nei lettori dislessici, l'elaborazione delle varie frequenze spaziali e temporali è differente rispetto a quella dei normo lettori. Le misurazioni effettuate mostrano che i soggetti con difficoltà di lettura sono meno sensibili alle frequenze spaziali basse rispetto al gruppo di controllo, ma uguali o addirittura più sensibili per quelle alte. In più, si verifica una diminuzione della sensibilità anche per frequenze temporali elevate, mostrando una difficoltà durante i test con stimoli in movimento. [36] Tali asserzioni vengono però smentite da Skottun (2000). L'autore effettuò una revisione della letteratura in merito alla teoria magnocellulare della dislessia, basandosi principalmente sulla sensibilità al contrasto. In conclusione del suo studio, afferma che sarebbe necessario differenziare le risposte della via magnocellulare da quelle della via parvocellulare, al fine di individuare un reale deficit magnocellulare. Nei vari articoli presi in analisi, Skottun critica il fatto che vennero utilizzati stimoli non adatti ad attivare selettivamente la via magnocellulare (ovvero frequenze spaziali al di sotto di 1 c/g, frequenze temporali tra i 15-30Hz e contrasto molto basso) e, inoltre, le risposte del sistema parvocellulare non vennero prese in esame arrivando dunque a risultati errati o inconcludenti. [37]

Oltre a queste funzioni visive definite di “low level” (basso livello), è necessario tenere conto che nella lettura sono richieste abilità cognitive di “high level” (alto

livello). [35] Testando le abilità di lettura dei bambini dislessici, è stato dimostrato che essi sono più lenti rispetto ai normo lettori sia nel riconoscimento delle singole lettere, sia nel sequenziamento corretto di queste ultime. Un'ulteriore prova a favore del deficit magnocellulare risiede infatti nell'alterata capacità di processamento temporale dell'informazione presente nei bambini dislessici. La conseguenza di tale deficit risiede principalmente nel fatto che l'elaborazione delle informazioni visive diventa meno rapida. [31] Strettamente legato al processamento temporale delle informazioni c'è il ruolo dell'attenzione visuo-spaziale. Facchetti (2000) afferma che la difficoltà di lettura presente nei dislessici, possa derivare da un'inadeguata capacità del sistema magnocellulare di dirigere l'attenzione focale. [38] L'orientamento dell'attenzione visuo-spaziale avrebbe un ruolo preponderante nella generazione e nella programmazione della saccade successiva e, di conseguenza, è ragionevole supporre una relazione tra una disfunzione del sistema oculo-motore e i deficit a livello attenzionale presenti nei soggetti dislessici. [38] Inoltre, in questo studio, vengono evidenziate le difficoltà dei dislessici nel sopprimere le informazioni provenienti dalla periferia del campo visivo (visione parafoveale), causando così sovrapposizioni di parole. Ciò sarebbe riconducibile a uno specifico deficit nell'inibizione degli stimoli al di fuori del focus attentivo, attività svolta dal sistema magnocellulare. [38]

Un'ulteriore riprova di un'implicazione del sottosistema visivo magnocellulare nella dislessia è quella correlata al controllo dei movimenti oculari e a una fissazione binoculare stabile. [21] Una funzione difettosa del sistema magnocellulare andrebbe a destabilizzare la fissazione binoculare e questo comporterebbe un "movimento" delle lettere e di conseguenza una confusione visiva. [31] Il sistema magnocellulare, dopo aver rilevato un movimento oculare incontrollato, che può allontanare la parola dalla visione centrale, ha il compito di inviare l'input al sistema oculo-motorio (controllato anch'esso dal magno), e di ordinare una saccade correttiva per riportare la parola in fovea. Se il sistema magno è deficitario, la fissazione visiva risulterà meno stabile; il fatto che le lettere e le parole sembrino muoversi nel testo, sintomo lamentato da molti dislessici, sarebbe probabilmente conseguenza di tale instabilità. [21]

Durante la lettura, inoltre, gli occhi devono convergere al fine di focalizzarsi sul testo, a una distanza di circa 30 centimetri. Il sistema Magnocellulare è fortemente coinvolto nella fase iniziale di controllo del movimento di convergenza. [21] Come

dimostrato da vari ricercatori [21] [39], il controllo di vergenza risulta instabile in molti lettori inesperti e nei dislessici, causando in tali soggetti il fenomeno della diplopia.

1.3.4-Stress Visivo o Sindrome di Meares-Irlen

Nandakumar (2008), accenna a un'ulteriore teoria visiva che avrebbe implicazioni nella dislessia: la sindrome di Meares-Irlen, definita anche stress visivo. [34]

La prima a parlare di questa sindrome fu Olive Meares nel 1980. Testando l'abilità di lettura nei soggetti presi in esame, aveva riscontrato sintomi come astenopia oculare, distorsioni spaziali ed emicrania. Tali sintomi venivano alleviati con l'utilizzo di appositi filtri colorati. [40]

Successivamente come riportato da Nandakumar (2008), la collega Helen Irlen, lavorando con un gruppo di dislessici, descrisse sintomi simili a quelli precedentemente esposti da Meares, coniando così il termine Sindrome di Meares-Irlen. Secondo Irlen, la percentuale di soggetti affetti da questa sindrome si aggira tra il 12-14% della popolazione, e sale al 46% nella popolazione dislessica, nei soggetti con disordini dell'attenzione e difficoltà di apprendimento. [34]

Come proposto da Meares nel 1980, si può affermare che i sintomi descritti possono essere alleviati indossando filtri colorati con specifiche tinte, che siano selettivi per il soggetto. È importante porre l'accento sul fatto che devono essere filtri selezionati soggettivamente. Il trattamento deve essere altamente specifico: persone diverse possono aver bisogno di colori diversi che devono essere scelti con un definito grado di precisione. [41]

In un articolo del 2005, Evans aggiunge ai sintomi descritti da Meares anche sfocatura, sdoppiatura e movimento delle lettere presenti nel testo scritto. Inoltre, afferma che tali sintomi sono definiti non-specifici; devono quindi necessariamente essere diagnosticati separatamente da altre condizioni optometriche alterate come errori di refrazione, anomalie binoculari e anomalie accomodative. [41]

L'utilizzo di fogli di acetato colorati anteposti davanti al testo funge principalmente come screening e viene utilizzato anche per diagnosticare la sindrome. La diagnosi viene fatta valutando il prolungarsi della preferenza volontaria del soggetto nell'utilizzo di tale supporto. [42]

L'eziologia di tale sindrome non è certa. Secondo quanto riportato da Wilkins e colleghi, le distorsioni percettive lamentate dai soggetti derivano principalmente da

“ipereccitabilità corticale” a particolari frequenze dello spettro visivo; le frequenze che causerebbero l’eccessiva sensibilità dei neuroni variano da soggetto a soggetto. [42]

Tale deficit è presente prevalentemente nei soggetti epilettici e Evans et al., nel 1999, riscontrarono una prevalenza di fenomeni di epilessia maggiore nei dislessici che nella popolazione generale (5% in confronto al 2% generale). [43]

Studi più recenti, come quello effettuato da Kriss e Evans nel 2005, mostrano però delle discrepanze sulla prevalenza della sindrome citata e sulla sua probabile correlazione con la dislessia. Essi trovarono che la percentuale di prevalenza nella popolazione generale era attorno al 20%, affermando che nei soggetti dislessici tale percentuale non saliva di molto. Nella loro ricerca infatti, testando un gruppo di 64 bambini tra i 7 e i 12 anni (32 dislessici e 32 di controllo), trovarono che la percentuale di dislessici con la sindrome di Meares-Irlen si incrementava solo del 5% rispetto a quella trovata nel gruppo di controllo; inoltre, la differenza di prevalenza tra i due gruppi non raggiunse risultati statisticamente significativi. I due ricercatori conclusero dunque affermando che, anche se i bambini dislessici con tale sindrome hanno più benefici nell’affrontare la lettura con fogli colorati anteposti al testo e, nonostante nella popolazione dislessica sia leggermente più comune la sindrome Meares-Irlen, i due disturbi non sono strettamente correlati. [44]

Le ipotesi appena analizzate non devono però essere prese in considerazione distintamente le une dalle altre. I sintomi presenti nei bambini con dislessia evolutiva possono manifestarsi contemporaneamente, influenzando le abilità fonologiche, uditive, visive e motorie.

Tale contemporaneità dei sintomi, e i risultati degli studi istologici citati precedentemente, hanno spinto i ricercatori ad enunciare una teoria che vada ad unificare le ipotesi precedenti. La teoria ha lo scopo di spiegare come i vari disturbi riscontrati nei bambini dislessici, possano nascere da un deficit generale nella via Magnocellulare. [17] [20] [27] [31]

1.3.5-La Teoria Magnocellulare

La teoria magnocellulare della dislessia può essere vista come una generalizzazione dell’ipotesi visiva tenendo conto però che la disfunzione in tale via non sia limitata ai percorsi visivi, ma implichi delle conseguenze anche a livello uditivo,

fonologico, tattile e motorio, a livello del cervelletto. [20] La Teoria Magnocellulare viene dunque vista come una più generale disfunzione sensomotoria che racchiude le varie ipotesi elencate precedentemente. [27]

Il sistema magnocellulare è infatti modulatore dei vari sistemi sensoriali. Diversi ricercatori, nel corso degli anni, si sono proposti di valutare quanto il sistema magno influisca sul processo della lettura. [31] [45] [33] [46]

Nel 2003 Chase e colleghi dimostrarono che il sistema magnocellulare non solo è responsabile dell'elaborazione delle parole, ma risulta essere anche il percorso principale per la percezione del testo presentato in condizioni normali di contrasto (>10%). [47] Essa è inoltre responsabile della rapida riproduzione dell'immagine del carattere visualizzato, che andrebbe a facilitarne il riconoscimento globale. [46]

Il sistema magnocellulare, inoltre, controlla quei meccanismi attenzionali che aiutano nella scansione delle lettere. Un deficit a tale sistema andrebbe a causare quindi una cascata di eventi negativi tra cui una difficoltà nell'elaborazione visiva dei grafemi e nella loro traduzione in fonemi. [4] Inoltre, esso è coinvolto nella modulazione della temporizzazione del compito che si sta svolgendo e, in particolar modo nella lettura, è responsabile della tempistica degli eventi visivi coinvolti. [17] Stein nel suo articolo del 2001 afferma che, grazie a questo compito, il sistema magno segnala ogni eventuale movimento involontario dell'occhio che porta a un'errata focalizzazione dell'oggetto (o della parola) sulla fovea. Questi segnali sono degli input che consentono, attraverso un movimento saccadico correttivo, di riportare l'occhio sul target. Un malfunzionamento andrebbe a causare lettere sfuocate e sovrapposte. [17]

Essendo dunque implicato nell'elaborazione temporale dei vari stimoli, un suo deficit può coinvolgere tutti i sistemi che vengono attivati durante il processo di lettura (acustico, visivo e motorio). [20]

Lo stesso Stein e il collega Wlash nel 1997, riportarono nel loro articolo l'implicazione delle cellule magnocellulari nel sistema uditivo. [31] Sebbene in quest'ultimo non si possa distinguere una via magnocellulare anatomicamente distinta, c'è un sottosistema di tale tipo implicato nel processo uditivo. Esso è caratterizzato da grandi (magno) neuroni, responsabili nel rilevamento dei cambiamenti di frequenza e di ampiezza del suono deputati al riconoscimento dei vari fonemi. Nel loro studio, i due ricercatori mostrarono che la capacità di

discriminare frequenze ravvicinate e differenze di fase fosse significativamente peggiore nei soggetti dislessici, rispetto a quelli del gruppo di controllo. [31]

La disfunzione magnocellulare potrebbe andare a influire negativamente anche sul compito svolto dal cervelletto. Esso contribuisce alla fissazione binoculare, alla modulazione del “linguaggio” interiore che serve a scandire le parole lette ed è risultato lievemente disfunzionale nei dislessici, causando problematiche anche a livello motorio. [17] [20] Con questa teoria, la dislessia viene dunque vista come una generale disfunzione sensomotoria. In figura 3 (tratta da Ramus, 2003) [27], viene schematizzata la teoria mettendo in risalto che un deficit alla via magnocellulare possa produrre danni ai diversi apparati.

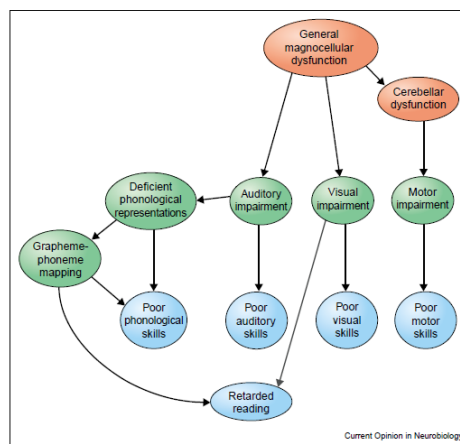


Figura 3: La generale Teoria Magnocellulare della dislessia

Capitolo 2-Optometria e Dislessia

Nel corso degli anni, diverse organizzazioni mediche come l'American Academy of Pediatrics, l'American Academy of Ophthalmology, l'American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus, e l'American Association of Certified Orthoptists, hanno pubblicato varie dichiarazioni congiunte riguardanti il ruolo della visione nelle difficoltà di apprendimento e nella dislessia. Daniel Lack, optometrista statunitense, nel 2010 effettuò una revisione critica delle dichiarazioni congiunte pubblicate negli anni, criticandone i contenuti. [48] L'ultima, intitolata "Learning Disabilities, Dyslexia and Vision" e pubblicata nel 2009, banalizza il ruolo dei disturbi visivi nella popolazione dislessica. [48]

Nell'articolo, l'autore pone l'accento sul fatto che, le varie organizzazioni partecipanti ai resoconti pubblicati sorvolarono sull'evidenza di una relazione statistica tra problemi visivi e performance scolastiche, riportata in diversi studi effettuati in passato. [16] [39] [49] [50] [51] I problemi visivi non vengono sempre tenuti in considerazione in relazione alla dislessia, perché possono sembrare irrilevanti e vengono classificati come secondari e non causali il disturbo di lettura [52]; dai vari studi però, si può estrapolare l'informazione generale che i bambini dislessici presentano, insieme ad altri sintomi, problemi di oculomotricità, accomodazione, forie, vergenze e riserve fusionali, quindi tutta una serie di carenze che colpiscono la binocularità.

Nonostante alcuni autori dimostrarono che le anomalie visive non sono significativamente più comuni nei dislessici quando paragonati con gruppi di controllo [53] [54] [55], esse potrebbero aggravare le difficoltà di lettura che caratterizzano questi soggetti. Inoltre, non trattate, potrebbero rendere difficoltosa ed inefficace la risposta del soggetto alla terapia riabilitativa specifica. [52]

Per tale motivo, l'American Optometric Association (AOA) sottolinea l'importanza della visione nell'apprendimento della lettura. L'AOA ricorda che un esame visivo completo, mirato in particolar modo alla valutazione della visione binoculare, dell'accomodazione e dell'oculomotricità, sia altamente raccomandato per tutti quei soggetti che presentano difficoltà di lettura, ma anche scrittura e/o di apprendimento. Inoltre, l'associazione afferma che ignorare il ruolo dei disturbi visivi nella popolazione dislessica o valutarne inadeguatamente le influenze nella quotidianità, viene considerato un disservizio nei confronti di queste persone, in quanto si impedisce loro la possibilità di ricevere le cure più appropriate. [56]

Nella lettura si assiste all'integrazione di abilità visive e cognitive consentendo così la comprensione di parole e testi. La scansione di un testo avviene mediante movimenti oculari, ma richiede anche abilità accomodative e di coordinazione ed integrazione binoculare; l'efficienza visiva è dunque prerogativa richiesta e necessaria. [2]

Con il termine efficienza visiva ci si riferisce a quelle funzioni visive che includono motilità oculare, accomodazione e coordinazione binoculare; secondo quanto riportato da Scheiman e Rouse (2006), tali funzioni, insieme a quelle abilità definite "visuo-spaziali", sono legate alla lettura e al suo svolgimento. [57] Le abilità visuo-spaziali si riferiscono invece alla capacità di riconoscimento della differenza tra i concetti di sopra e sotto, davanti e dietro e sinistra e destra. Tali abilità diventano parte integrate del comportamento del bambino una volta che esso sviluppa la consapevolezza della sua posizione nello spazio e la relazione che il suo corpo ha con gli oggetti nello spazio. [57]

In relazione ai disturbi specifici di apprendimento, e in particolare alla dislessia, bisognerà tenere conto anche che le disfunzioni visive interferiscono in misura diversa sulla lettura in base all'età del soggetto e al carico di lavoro richiesto. [58] In genere infatti, al bambino frequentante l'asilo non è richiesto di mantenere fisse accomodazione e convergenza per lunghi periodi di tempo. L'alunno delle elementari invece, entrando nel mondo scolastico, si avvicinerà alla lettura e per lui sarà dunque necessario effettuare un'attività prossimale prolungata mai sperimentata prima d'ora; le richieste visive aumentano in modo spropositato recando al sistema visivo uno sforzo non indifferente. In questo caso, le disfunzioni accomodative o di vergenza, o una scarsa oculomotricità, se presenti, potrebbero influenzare il processo di lettura creando discomfort, scarsa concentrazione, astenopia. [58]

Nei dislessici, le abilità richieste nel compito di lettura sopra citate presentano caratteristiche differenti rispetto ad un soggetto con buone capacità di lettura. Sarà dunque utile soffermarsi ad analizzare i meccanismi visivi implicati nel processo, prima di evidenziare tali differenze.

2.1-I meccanismi visuo-motori implicati nella lettura

2.1.1-I movimenti oculari

Durante la lettura gli occhi si muovono in sincronia, il movimento di ciascuno di essi inizia e termina in stretta approssimazione temporale l'uno dall'altro. Per estrarre le informazioni da ciò che viene letto, sono richiesti movimenti definiti saccadi e fissazioni. Le saccadi sono necessarie per portare gli occhi nella regione di interesse, focalizzando l'oggetto visualizzato in fovea; durante le fissazioni invece, si verifica l'estrazione delle informazioni e si attiva processo di elaborazione. [59] [60] [61] Le saccadi sono movimenti coniugati molto veloci (definiti così perché gli occhi si muovono insieme nella stessa direzione). Entrano in gioco in tutte quelle situazioni in cui la fovea deve essere condotta verso il punto di interesse. Vengono definite movimenti balistici, ovvero non possono essere modificate volontariamente in fase di esecuzione. Nel caso in cui il bersaglio desiderato non sia stato raggiunto, l'aggiustamento avviene solo a fine movimento con un'ulteriore saccade definita correttiva. [2]

Tipicamente, nella lettura di un testo, le fissazioni durano in genere dai 100 ai 500ms, con una media che oscilla attorno ai 250ms nei lettori esperti. Le saccadi hanno invece una durata media di circa 30-50ms durante la quale lo sguardo viene diretto a una nuova porzione di testo distante circa 7-8 caratteri dal punto di fissazione. [60]

In figura 4 (Tratta da Maffioletti et al.) viene rappresentato il tipico grafico che si ottiene registrando i movimenti oculari in funzione del tempo. I segmenti orizzontali indicano la durata delle fissazioni, quelli verticali raffigurano invece le saccadi. [2]

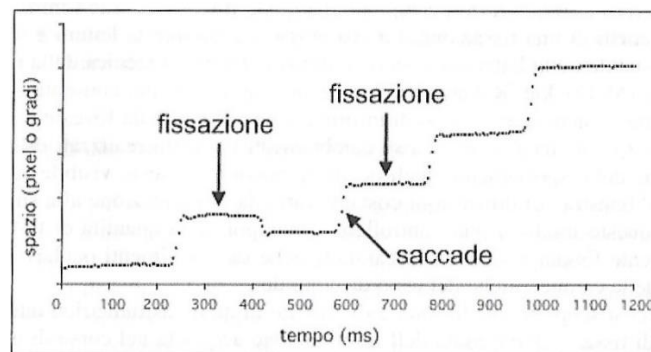


Figura 4: Esempio di traccia dei movimenti oculari in funzione del tempo

Nella lettura di un testo in italiano (così come avviene in tutti gli stati occidentali), gli occhi si muovono da sinistra verso destra approssimativamente per l'85% delle volte, e da destra a sinistra per il 15%. [50] Il ritorno degli occhi indietro è chiamato regressione o saccade regressiva. In questi particolari movimenti, l'occhio percorre la distanza di pochi caratteri nel verso opposto ritornando ad esaminare precedenti porzioni di testo. Ciò avviene nel caso in cui sia stata compiuta una saccade troppo ampia o per riportare la fissazione indietro di pochi caratteri all'interno della medesima parola. La saccade compiuta per andare a capo nel testo non viene considerata regressione, in quanto lo sguardo viene portato avanti lungo il testo e non verso porzioni precedenti. [2] [60]

Con la fissazione, l'occhio cattura le informazioni e le elabora al fine di ricavarne un significato. Di solito, essa si colloca tra l'inizio e il centro della parola; il numero di caratteri che il lettore generalmente identifica durante la fissazione è circa 7-8 lettere, e viene definito span di identificazione. Invece, il numero di caratteri che il lettore riesce a percepire ed elaborare, almeno parzialmente, per estrapolare l'informazione necessaria, viene definito span percettivo. [60]

L'ampiezza dello span percettivo è nota e conosciuta in letteratura e, sin dai primi studi (importante citare quelli effettuati da Keith Rayner riassunti da Clifton et al.) [61], si è notato che essa non è distribuita in modo simmetrico intorno al punto di fissazione perché è estesa verso la direzione di lettura, garantendo un'ottimale estrazione dell'informazione dal testo. Per un lettore italiano dunque, lo span percettivo si estende da 3-4 caratteri alla sinistra della fissazione, fino a 14-15 caratteri verso destra; questo consente a chi legge di acquisire informazioni sulla lunghezza della parola anche se effettivamente non viene identificata in tutta la sua lunghezza. [2] [60] [61]

Lo span percettivo funziona principalmente grazie alla visione parafoveale. Durante la fissazione si acquisiscono le informazioni anche attraverso la parafovea che consente di dirigere le saccadi nella direzione voluta, ma anche di velocizzare l'elaborazione di ciò che viene letto. Attraverso questo meccanismo, alcune parole presenti nel testo vengono saltate: più frequentemente sono le parole più corte che vengono omesse in fase di lettura perché, grazie appunto alla visione parafoveale, possono essere identificate e comprese consentendo così di non essere fissate. [2] Morrison, nel suo modello del 1984 citato da Reilly (1993) [62], afferma che all'inizio di ogni fissazione, l'occhio e l'attenzione visiva vengono orientati

entrambi verso la stessa direzione consentendo così l'elaborazione della parola N, centrata in fovea. Una volta raggiunta la soglia di elaborazione massima, l'attenzione visiva si sposta verso la parola inserita nella zona parafoveale, mentre gli occhi sono ancora fissi su quella precedente, e comincia così l'analisi della parola N+1 determinando la programmazione della saccade. Grazie alla programmazione del movimento saccadico, gli occhi vanno poi a riallinearsi con l'attenzione e, se l'elaborazione parafoveale della parola N+1 ha portato alla sua piena comprensione, la parola N+1 può essere saltata passando direttamente alla parola N+2. [62] L'ampiezza, il numero delle saccadi, la durata delle fissazioni e la probabilità che una parola venga fissata o saltata come descritto precedentemente, sono tutti fattori influenzati da aspetti specifici di ciò che viene letto (come il contrasto, il colore delle lettere o dello sfondo, ma anche la difficoltà del testo scritto), e dalla capacità di lettura del soggetto (come età, scolarizzazione ed efficienza del sistema visivo). [61]

2.1.2-Coordinazione binoculare

Un ulteriore aspetto visivo da prendere in considerazione nel meccanismo della lettura è quello della visione binoculare. Lo scopo della coordinazione binoculare e quindi dei movimenti di vergenza tra una saccade e l'altra, è quello di mantenere gli assi visivi allineati sull'oggetto da visualizzare, garantendo così un'ottimale fusione motoria. [63]

Liversedge (2006) [64], afferma che, durante la lettura di un testo, gli occhi non fissano necessariamente lo stesso punto all'interno della parola, ma possono visualizzare caratteri diversi. Gli assi visivi possono infatti essere incrociati, ma anche allineati durante lo svolgimento di tale compito. Il 40% delle fissazioni ha disparità non crociata, il 5% crociata e per il 55% allineata. [64] Esiste infatti una piccola disparità di fissazione che il sistema visivo può tollerare, dal momento che, durante la lettura, non si manifesta il fenomeno della diplopia. [64] Il lieve disallineamento presente in alcuni casi è compensato grazie ai movimenti di vergenza. All'inizio del movimento saccadico infatti, l'occhio abducente compie un movimento più ampio e veloce dell'occhio adducente, causando così una leggera divergenza che viene subito compensata da un movimento convergente al termine della saccade, grazie alla vergenza fusionale. [64]

Durante la lettura, la capacità di mantenere fissa la visione binoculare a fuoco a una certa distanza è influenzata anche da quelle che vengono definite eteroforie.

L'eteroforia (comunemente chiamata foria), si riferisce a un disallineamento fisiologico degli assi visivi presente in mancanza di uno stimolo fusionale. [65]

Entro certi limiti, le forie sono fisiologiche e vengono compensate dalla capacità di vergenza fusionale.

La condizione di ortoforia si verifica quando l'allineamento degli assi visivi è presente anche senza stimolo fusionale. Possono invece essere distinte le seguenti deviazioni [66]:

- Esoforia: tendenza degli assi a convergere, compensata da un movimento divergente;
- Exoforia: tendenza degli assi a divergere, compensata da un movimento convergente.

2.2-Alterazioni visuo-motorie nei dislessici

Anche se non condivisa da tutti i ricercatori [53] [54] [55], la relazione tra disturbi visivi e abilità di lettura viene largamente studiata e sottolineata in ambito scientifico. [16] [39] [49] [50] [51] [67] In particolare, diversi studi sono stati effettuati per valutare la correlazione tra dislessia e problemi visivi. [39] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74]

Come riportano Rundstorm ed Eperjesi, le anomalie visive spesso riscontrate nei soggetti dislessici sono: exoforia marcata da vicino, insufficienza di convergenza, insufficienza di accomodazione o riserve fusionali insufficienti. [52]

Inoltre, rilevante importanza è data ai movimenti oculari che, nella popolazione dislessica, risultano avere caratteristiche differenti rispetto a quelle descritte precedentemente tipiche dei normo-lettori

2.2.1-Movimenti oculo-motori

Nei soggetti dislessici i movimenti oculari risultano poco accurati; differenze nella durata delle fissazioni, nella lunghezza delle saccadi e nel numero di regressioni

sono state individuate in tali soggetti rispetto a quelli che presentano buone capacità di lettura. [68]

Il numero di fissazioni effettuate dal soggetto dislessico è significativamente maggiore (di circa due volte) rispetto a quello dei normo-lettori; tale differenza è più pronunciata per le parole lunghe o per quelle meno comuni. [69] Questo incremento è dovuto sia a una maggiore frequenza di saccadi regressive, ma è anche il risultato di un aumentato numero di saccadi progressive. [69] Hutzler e Wimmer (2004) mostrarono che il 35% delle fissazioni effettuate dai dislessici, è seguito da regressioni; talo dato è in contrasto con quello registrato nei soggetti aventi ottime abilità di lettura, nei quali solo il 15% del numero totale di fissazioni è seguito da saccadi regressive. [70]

In un recente studio del 2015, effettuato all'Università di Genova, sono stati esaminati i movimenti oculari in un gruppo di bambini di scuole elementari e medie; lo scopo dello studio era quello di analizzare le eventuali differenze presenti nella lettura effettuata dai dislessici, rispetto a quella di un gruppo di lettori normali, per confermare le affermazioni degli studi passati. [68] Vagge e colleghi esaminarono un gruppo di 22 bambini di età compresa tra 8-13 anni, 11 dislessici e 11 normo-lettori.

Il test di lettura sottoposto richiedeva ai soggetti di leggere in silenzio un brano italiano, composto da 67 parole ed estratto da una novella appropriata per la loro età. Durante la lettura vennero analizzati vari parametri tra cui: velocità e tempo di lettura, qualità di fissazione, saccadi e numero di regressioni. Ogni risultato ha mostrato differenze statisticamente significative tra i due gruppi.

Il numero delle saccadi proattive, così come quello delle saccadi regressive, risultò più alto nei dislessici rispetto al gruppo di controllo. Il tempo di lettura nei normo-lettori scese a 42 ± 17.3 s rispetto a quello dei dislessici che era di 90 ± 52.0 s, grazie soprattutto a brevi fissazioni. Inoltre, è stato possibile calcolare anche il numero di sillabe lette al secondo che, nei soggetti dislessici, scese a 2.37 ± 1.7 /s rispetto a quello dell'altro gruppo che risultò invece di 4.08 ± 1.6 /s. [68].

Lo studio effettuato dunque, suggerisce che i lettori dislessici durante la scansione di un testo, eseguono saccadi di ampiezza ridotta e in numero maggiore rispetto ai normo-lettori; la loro unità di decodifica parrebbe essere una lettera o una sillaba, piuttosto di una parola intera come avviene per i soggetti che non mostrano

difficoltà con il processo. [68] Di conseguenza, anche le fissazioni aumentano in numero e durata.

Nella lettura di un brano, gli articoli e le preposizioni non vengono saltati. Come riportato da Quercia e colleghi infatti, il numero di parole saltate nel brano da un dislessico scende ad 1, rispetto invece a quello del lettore normale che è di 3 parole su 10 in media. [69]

In figura 5 (tratta da Maffioletti et al. [2]) vengono mostrate le differenze dei movimenti oculari registrati in un normo lettore (a) e in un dislessico (b). I tratti indicano le saccadi, i pallini indicano invece le fissazioni.

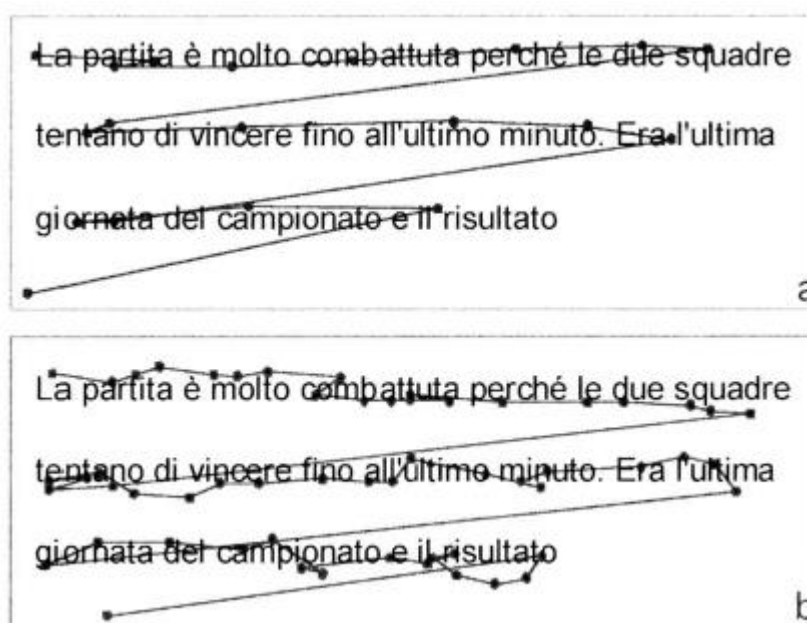


Figura 5: Movimenti oculari in normo-lettore (a) e in un dislessico (b)

L'aumento della durata delle fissazioni e del loro numero, così come l'aumento del numero di saccadi progressive e regressive, risulta in un rallentamento della velocità di lettura e di conseguenza, anche la sua fluidità sarà alterata. [68]

Rappresentando le tracce di lettura in funzione del tempo, si può notare la caratteristica lentezza del lettore dislessico. Un bravo lettore, procedendo con fissazioni brevi e pochi ed ampi movimenti saccadici, legge tre righe di testo nello stesso tempo in cui un dislessico ne legge una sola; è possibile notare tale differenza dalla Figura 6 sottostante (tratta da Maffioletti et al. [2]).

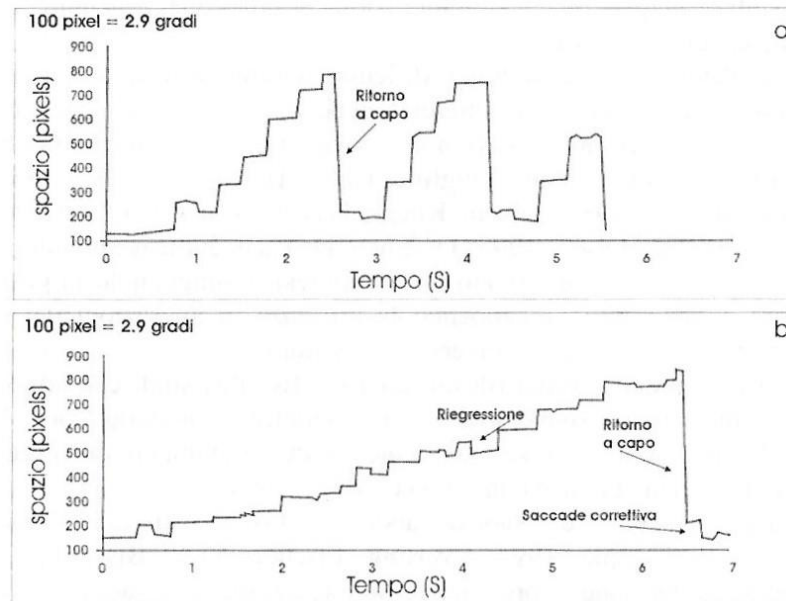


Figura 6: Movimenti oculari rappresentati in funzione del tempo. Un normo-lettore e un dislessico leggono lo stesso brano; per entrambi sono rappresentati i primi sette secondi di lettura

I problemi oculo-motori riscontrati nella popolazione dislessica non sono quindi da sottovalutare; essi hanno infatti un ruolo preponderante nella manifestazione della dislessia. In genere però, tali problematiche non vengono manifestate in modo isolato, ma sono spesso associate ad altre alterazioni visive che comprendono la visione binoculare (in particolar modo problemi di accomodazione e di coordinazione binoculare)

2.2.2-Visione Binoculare

Come suggerito dall'American Optometry Association, i problemi di visione binoculare, anche se non considerati causali della dislessia, non devono essere sottovalutati perché rappresentano un possibile fattore di disturbo; possono infatti creare difficoltà anche a lettori esperti ed influire sul processo di apprendimento della lettura. [48] Oltre alle differenze nei movimenti oculo-motori precedentemente descritte, è importante tenere conto anche di quelle presenti a livello della visione binoculare.

Recentemente, Raghuram e colleghi effettuarono uno studio con lo scopo di verificare la presenza di deficit visivi nei dislessici confrontati con un gruppo di

controllo, valutandone la frequenza. Il gruppo totale che testarono, era formato da 62 bambini di età compresa tra i 9 e i 10 anni, nel quale erano presenti 29 dislessici e 33 normo-lettori. I parametri analizzati includevano il sistema di vergenza, l'accomodazione e i movimenti oculari. Il risultato generale uscito dallo studio fu che il 79% dei soggetti dislessici presentava un deficit in uno o più parametri, contro solamente il 33% risultato nel gruppo di controllo. [71]

La Figura 7 sottostante (Tatta da Raghuram et al. [71]) mostra la distribuzione della frequenza dei disturbi nei due gruppi selezionati.

I numeri nei cerchi indicano il numero dei pazienti. Il gruppo dei dislessici ha più deficit (79%) rispetto al gruppo di controllo (33%). Com'è possibile notare, nella popolazione dislessica i deficit non sono equamente distribuiti: il 52% dei bambini manifesta un deficit in più di uno dei parametri analizzati, il 28% in uno solo e il 21% dei soggetti non presenta deficit visivi. [71]

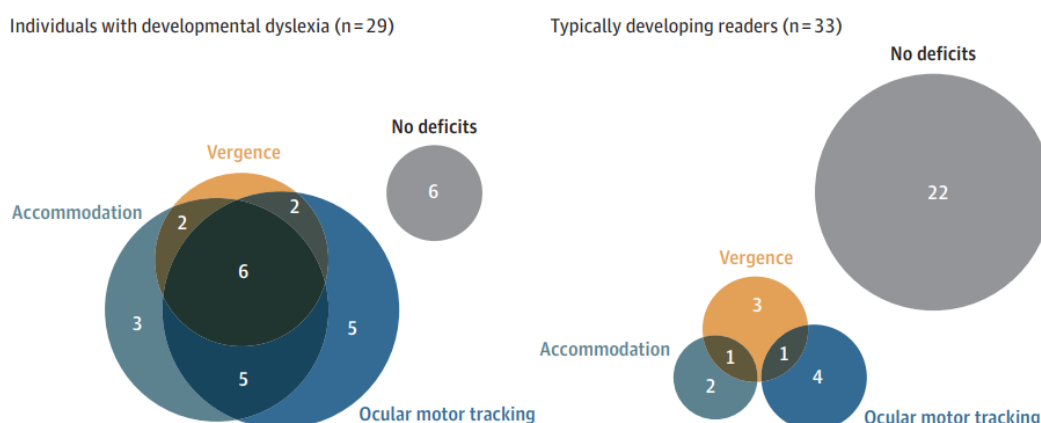


Figura 7: Distribuzione dei deficit visivi tra individui con Dislessia Evolutiva (DE) e normo-lettori.

Come già accennato precedentemente, la coordinazione binoculare durante la lettura non è perfetta: il fenomeno fisiologico che avviene durante il movimento saccadico (che prevede un'iniziale divergenza compensata immediatamente da un movimento convergente alla fine della saccade), risulta irregolare e troppo elevato nella popolazione dislessica. Bucci et al. dimostrarono tale asserzione effettuando uno studio su un gruppo di 18 bambini dislessici di età media di 11 anni, comparati con un gruppo di controllo. Dai risultati emerse che il disallineamento divergente

tra gli assi visivi, nei dislessici, non viene corretto dal conseguente movimento convergente. Alla fine della saccade quindi, la disparità tra gli assi visivi è ancora presente e ciò potrebbe andare a compromettere la visione chiara e nitida della parola. Al fine di ottenere comunque una buona fusione, il meccanismo di vergenza è costretto a variare in continuazione la propria entità per compensare le differenti disparità create durante la lettura, comportando un elevato dispendio di energie e un elevato affaticamento visivo. [39] Tali risultati mostrano come il sistema di vergenza sia deficitario nei soggetti dislessici.

Un ulteriore aspetto da prendere in considerazione è quello delle riserve fusionali e delle forie. Dagli studi riguardanti questo aspetto si può dedurre che i bambini dislessici manifestano una maggiore tendenza all'exoforia, soprattutto per la visione da vicino. [54] Inoltre, Evans (2005) afferma che, in tali soggetti, sono presenti anche basse riserve fusionali che non consentirebbero un'ottimale compensazione della foria. [72] Tali anomalie caratterizzano infatti, quella che viene definita instabilità binoculare; i sintomi legati all'instabilità binoculare sono quelli riconducibili a una foria mal compensata come ad esempio: affaticamento visivo, astenopia, mal di testa, visione offuscata, doppia e distorsioni visive, comuni nei dislessici. [72]

Durante la lettura inoltre, il sistema visivo deve operare in visione prossimale. La fissazione della parola nel testo comporta un movimento coordinato degli occhi verso l'interno, in direzione adducente; tale movimento viene definito convergenza. Nei soggetti con disordini di lettura, una comune anomalia della visione binoculare è l'insufficienza di convergenza. Castro et al., testando un gruppo di 26 bambini divisi in dislessici e normo-lettori, evidenziarono che la prevalenza di tale disfunzione binoculare risultava essere del 12% nel gruppo dislessico contro il 2% trovato nel gruppo di controllo. [16] L'insufficienza di convergenza è una delle più frequenti cause di affaticamento visivo e causa visione offuscata, doppia e mal di testa. Interferisce con la capacità di lavorare a distanza prossimale e, di conseguenza, ha ripercussioni anche nella lettura. [2]

Il soggetto con tale disordine visivo avrà difficoltà a convergere più vicino di una certa distanza. Tale distanza è definita dal Punto Prossimo di Convergenza (PPC), che rappresenta il punto più vicino nel quale la convergenza è mantenuta prima di manifestare la diplopia. [72] Come riportato da Wahlberg-Ramsay in un suo articolo del 2012, esiste una differenza statistica tra il PPC dei dislessici e quello

dei buoni lettori. Il valore di tale parametro dovrebbe essere, di norma, attorno ai 6cm. Nei dislessici risulta invece, nella maggior parte dei casi, superiore o uguale agli 8cm. [73]

Un ulteriore aspetto da prendere in considerazione è quello dell'accomodazione. Ogni movimento di convergenza determina anche l'attivazione del processo di accomodazione che permette, mediante la modifica del potere refrattivo del cristallino, la messa a fuoco di oggetti posti a varie distanze.

Anche in questo caso, la prevalenza di disturbi accomodativi è maggiore nei soggetti dislessici. Come riportato da Raghuram et al. nel loro articolo del 2018, il 55% dei soggetti dislessici testati presenta problemi accomodativi; l'insufficienza accomodativa è il disturbo più diffuso. Differenze sono state trovate anche durante il test di facilità accomodativa (effettuati con flipper ± 2 , sia in monoculare che in binoculare), nel quale i cicli effettuati dai lettori dislessici risultarono in numero minore rispetto al gruppo di controllo, dimostrando una difficoltà maggiore nella modifica del focus. [71]

Altra prova scientifica da riportare è l'effetto crowding (dell'affollamento). In genere viene indicato come l'effetto negativo che i distrattori visivi causano nei confronti di uno stimolo centrale che deve essere identificato; porta dunque all'incapacità di riconoscere uno stimolo. [75] È stato dimostrato che nei soggetti dislessici l'effetto crowding risulta più evidente; il 35-60% di tali soggetti presenta un affollamento visivo superiore alla norma. [76] Mentre la capacità di identificazione di una singola lettera è la medesima sia per i dislessici che per i normo-lettori, la lettura di una fila di lettere risulta invece ridotta per i primi. [76] In particolare, questa anomalia è causata da una difficoltà nell'integrare le informazioni percepite nella periferia del campo visivo, con quelle percepite in zona foveale [75] [76]. Il crowding si modifica in relazione all'eccentricità dello stimolo nel campo visivo (definita come la distanza, in visione periferica, tra il target e il punto di fissazione). L'effetto viene individuato con una distanza tra il target e gli stimoli distrattori pari alla metà della misura dell'eccentricità, dunque si manifesta nella presentazione periferica degli stimoli [75] Inoltre, più una parola è lunga, maggiore sarà l'affollamento, tale fenomeno viene definito effetto lunghezza. [76]

Le condizioni sopra elencate non possono essere definite causa di dislessia e, in alcuni casi, il termine viene erroneamente utilizzato per etichettare la persona i quali problemi con la lettura derivano esclusivamente da una visione binoculare anomala. Tuttavia, come visto, molti aspetti visivi influiscono sulla lettura e possono causare problemi notevoli. Per tale ragione, come suggerito dall'American Optometric Association, un esame visivo sarebbe necessario e andrebbe a fornire delle importanti informazioni al protocollo di valutazione per la diagnosi di dislessia. [68] In particolare, un'attenta analisi dei movimenti oculari effettuata attraverso test specifici dovrebbe essere effettuata come screening visivo in tutti i soggetti in età prescolare; la presenza di eventuali anomalie permetterebbe all'optometrista di inviare il soggetto da uno specialista, vista la correlazione tra disfunzioni oculomotorie e dislessia. [48] [68]

2.3-Il ruolo dell'Optometrista

Avendo considerato il possibile collegamento esistente tra i deficit visivi e la dislessia, possiamo ora specificare il ruolo della figura dell'optometrista nel trattamento del disturbo.

Prima di esaminare quali siano i possibili interventi effettuabili dall'optometrista nel trattamento della dislessia, è opportuno soffermarsi sulla fase di diagnosi del disturbo. Nonostante l'optometrista non possa effettuare la diagnosi di dislessia, come evidenziato dall'analisi dei vari studi citati risulta importante effettuare un esame visivo completo in tutti quei bambini che mostrano difficoltà di apprendimento (nel nostro caso in particolar modo con la lettura); problemi in campo accomodativo, oculomotorio, e della coordinazione binoculare sono infatti maggiormente diffusi nella popolazione dislessica. [71] [74]

Al fine di valutare al meglio il quadro clinico del soggetto, l'American Optometric Association (AOA) nella guida pratica per i disturbi dell'apprendimento legati alla visione, afferma che il primo passo da fare è quello di effettuare un'accurata indagine anamnestica iniziale; ogni soggetto avrà infatti una storia visiva e problematiche visive differenti. [77] L'anamnesi è fondamentale infatti per conoscere la storia dell'esaminato, capire i suoi eventuali sintomi e disturbi. La somministrazione di un questionario ai genitori del bambino può facilitare il

processo consentendo di ricevere importanti informazioni riguardo i tempi precedenti l'insorgenza dell'eventuale disturbo. Attenzione speciale deve essere rivolta allo sviluppo delle abilità scolastiche. Le domande effettuate devono essere mirate a conoscere la natura specifica del disturbo; inoltre, le risposte ottenute dovrebbero essere una guida per il successivo svolgimento dell'esame visivo. [77] Successivamente, l'optometrista effettuerà la vera e propria analisi visiva che dovrà principalmente basarsi sulla valutazione dell'accomodazione, della coordinazione binoculare (vergenze) e dell'oculomotricità; per tale motivo, le seguenti misurazioni e i seguenti test elencati, sono necessari e richiesti [77]:

- Cover test
- Acuità visiva (vicino e lontano)
- Refrazione (oggettiva e soggettiva)
- Punto Prossimo di Convergenza (PPC)
- Eteroforie (vicino e lontano)
- Ampiezza delle riserve fusionali (vicino e lontano)
- Facilità di vergenza
- Ampiezza Accomodativa
- Lag accomodativo
- Facilità accomodativa
- Stereopsi
- Valutazione visuo-motoria (saccadi e fissazioni)

Inoltre, alla luce delle abilità visive coinvolte nel processo di lettura, l'optometrista dovrà prestare particolare attenzione anche alla valutazione delle abilità visuo-spaziali. Le abilità visuo-spaziali sono importanti per alcuni semplici compiti, come ad esempio la conoscenza delle direzioni, la capacità di orientarsi nell'ambiente e riconoscere l'orientamento e la sequenzialità dei simboli linguistici durante la lettura. [57]

A tal proposito è necessario riportare i concetti di lateralità e direzionalità. La lateralità rappresenta il predominio funzionale di un lato del corpo sull'altro, determinato dalla tendenza di dominazione di un emisfero cerebrale sull'altro. Con la consapevolezza della lateralità il soggetto riesce a distinguere la parte destra dalla parte sinistra del proprio corpo. Grazie alla direzionalità invece, la conoscenza della

destra e della sinistra viene proiettata nello spazio; rappresenta infatti la capacità di utilizzare le varie direzioni per comprendere ed organizzare lo spazio esterno. Sviluppando la direzionalità, il soggetto sarà in grado di comprendere che la destra e la sinistra di un'altra persona, dipendono dal suo orientamento. [57]

Alcuni test consigliati dall'AOA per la valutazione di tali abilità sono [77]:

- Piaget Right-Left Awareness Test
- Reversals Frequency Test (RFT)
- Jordan Left-Right Reversal Test, Revised
- Test of Pictures / Forms / Letters / Numbers Spatial Orientation & Sequencing Skills (TPFLNSOSS)

Nel Piaget Right-Left Awareness Test, al soggetto è richiesto di rispondere a ordini verbali, posizionando un oggetto alla destra o alla sinistra di un altro oggetto. In questo modo si valuta se il soggetto abbia o meno consapevolezza della destra e della sinistra. Sia il Reversal Frequency Test (RFT) che il Jordan Left-Right test, richiedono il riconoscimento dell'esatto orientamento di lettere e numeri. Nell'esecuzione del RFT, è presente un ulteriore esame che mira alla misurazione della frequenza degli errori di inversione effettuati durante la scrittura di lettere e numeri dettati. L'ultimo test, il TPFLNSOSS, valuta invece la capacità di visualizzare lettere, forme e numeri con l'orientamento corretto e di leggere le parole sequenziando correttamente le lettere che le compongono. [77]

2.3.1-Screening Visivi

Viste le differenze nei movimenti oculari tra dislessici e normo-lettori, sarebbe molto utile inserire la figura dell'optometrista all'interno dell'equipe che si occupa dello screening per la dislessia; l'optometrista effettuerebbe uno screening visivo per la valutazione dell'oculomotricità. Tra i test di valutazione dei movimenti oculari, i più utilizzati dagli optometristi nella loro pratica clinica sono: Northeastern State University College of Optometry (NSUCO Oculomotor test), King-Devick saccade test (K-D) e Developmental Eye Movement Test (DEM). [77] Il Northeastern State University College of Optometry (NSUCO Oculomotor test) rappresenta un valido protocollo d'indagine per documentare la presenza e il grado di difficoltà oculomotorie del soggetto. [2] Durante l'esecuzione del test,

l'optometrista valuta la capacità oculomotoria del soggetto analizzando: accuratezza dei movimenti oculari, abilità nell'eseguirli (fluidità dei movimenti), possibile presenza di movimenti della testa o del corpo durante la lettura.

Per la valutazione delle saccadi l'optometrista si pone di fronte al soggetto. Si utilizzano due mire colorate posizionate all'altezza delle spalle e a distanza di 40cm dal soggetto. Si richiede al soggetto di guardare alternativamente le due mire. [78]

Per la valutazione degli inseguimenti si utilizza una sola mira, posizionata a 40 cm dal soggetto. Si eseguono due rotazioni in senso orario e due in senso antiorario, con velocità costante e moderata. [78]

Ad ognuno dei quattro fattori elencati, viene attribuito un punteggio; può essere assegnata una valutazione da 0 a 5 in base alla qualità esecutiva del compito richiesto come mostrato dalla tabella sottostante.

Tabella 1: Criteri di valutazione NSUCO: osservazione diretta (Maples et al., 1990). [78]

**Per andata e ritorno si intende aver correttamente osservato prima una mira, poi l'altra ed in seguito ancora la prima.*

		Punteggio	
Abilità	Saccadi	1 2 3 4 5	Non completa 2 andata e ritorno* Completa 2 andata e ritorno Completa 3 andata e ritorno Completa 4 andata e ritorno Completa 5 andata e ritorno
	Inseguimenti	1 2 3 4 5	Non completa ½ giro ½ rotazione ma non una intera 1 rotazione ma non 2 2 rotazioni in una sola direzione 2 rotazioni in ogni direzione
Precisione	Saccadi	1 2 3 4 5	Movimenti grossolani e imprecisi Moderate imprecisioni Costanti lievi imprecisioni Intermittenti lievi precisioni 2 rotazioni in ogni direzione
	Inseguimenti	1 2 3 4 5	Più di 10 refissazioni Da 4 a 10 refissazioni da 2 a 4 refissazioni da 1 a 2 refissazioni Non sono presenti refissazioni
Movimenti della testa e del capo		1 2 3 4 5	Movimenti grossolani molto ampi Movimenti ampi o moderati Movimenti lievi ma costanti Movimenti lievi ma intermittenti Nessun movimento

Essendo necessaria la cooperazione da parte dell'esaminato, il test non è adatto ai bambini al di sotto dei cinque anni d'età. [2] [66]

Il King-Devick saccade test (definito anche NYSOA K-D test) è stato promosso dalla New York State Optometric Association. È composto da tre tavole di numeri e una tavola dimostrativa ed è pensato per la valutazione di saccadi di ampiezza ridotta, simili a quelle effettuate durante la lettura. Durante l'esecuzione, al soggetto è richiesto di leggere più velocemente possibile la serie di 40 numeri disposti orizzontalmente su ogni tavola. Il test prevede che la spaziatura presente tra i numeri diventi sempre più ampia man mano che si prosegue con l'esecuzione. Più velocemente viene eseguito il compito richiesto, più efficace e accurato risulterà il sistema oculomotore. Il King-Devick valuta vari parametri tra cui l'abilità di sostenere l'impegno per tutta la sua durata senza perdita di attenzione e di efficienza, l'automatizzazione e l'organizzazione centro-periferica del soggetto. Il punteggio ottenuto tiene in considerazione il tempo che il bambino impiega per leggere tutti i numeri di ogni singola tavola, ma considera anche gli errori commessi dal soggetto, confrontandoli successivamente con i valori standard relativi all'età del bambino. [2] [57] Anche se non direttamente collegati all'efficienza oculomotoria e non collegati ad analisi optometrica, alcuni fattori possono interferire con il test e influenzarne il risultato: la richiesta di mantenere sostenuta l'attenzione visiva, il riconoscimento dei numeri e l'integrazione visuo-verbale. Tuttavia, il fattore più significativo che può influenzare il test è la capacità di automatizzazione del riconoscimento dei numeri presentati; l'abilità di riconoscere un simbolo visivo, come i numeri e le lettere, e successivamente recuperare la sua etichetta verbale, dovrebbe essere automatizzata. In diversi casi la scarsa performance in questo test è dovuta a un lento riconoscimento dei numeri e alla conseguente lentezza nel nominarli, piuttosto che a una vera e propria disfunzione oculomotoria. [57]

Un ulteriore test utilizzato è il Development Eye Movement (DEM). Il DEM valuta la velocità e la precisione del soggetto in un compito di riconoscimento e di localizzazione di una serie di numeri. Alla fine dell'esecuzione del test quattro sono i punteggi ottenuti: Vertical Time score, Horizontal Time score, rapporto tra i due (Ratio Score) e numero di errori. Tali punteggi vengono registrati dall'esaminatore durante il compito svolto dal soggetto. [79] Il DEM è composto da due sottotest (vedi Figura 8, tratta da Scheiman e Rouse [57]). Il primo, Test A (visibile nella

figura) e Test B, valuta l'automatizzazione del riconoscimento dei numeri, ovvero la capacità del soggetto di riconoscere e nominare i numeri stampati ad alta voce. Nelle tavole del primo sotto test sono infatti rappresentati 40 numeri in posizione verticale; la verticalità permette di eliminare la richiesta di movimenti oculari orizzontali. Al soggetto viene richiesto di leggere, dall'alto verso il basso, le due colonne verticali di numeri. Il tempo impiegato determina il primo punteggio relativo (Vertical Time score).

Il secondo sottotest, Test C, introduce i movimenti orizzontali, chiedendo al soggetto di leggere la serie di 80 numeri disposti con spaziatura non regolare su 16 righe stavolta orizzontali (ognuna delle quali contiene 5 numeri), simulando il compito richiesto durante il processo di lettura. Durante l'esecuzione, l'optometrista registra il numero di errori (che possono essere ad esempio omissioni, addizioni, trasposizioni e sostituzioni). Alla fine dell'esecuzione si calcola il secondo punteggio relativo (Adjusted Horizontal Time (AHT)), composto dal tempo necessario a leggere gli 80 numeri orizzontali (maggiorato del numero di errori effettuati), e dal tempo utilizzato per effettuare il movimento saccadico da numero a numero.

Successivamente si effettua il rapporto tra i due punteggi parziali (Ratio Score). Un punteggio nel ratio al di sotto di quello atteso indica una carenza nella funzione oculomotoria. [2] [57] L'esaminatore a questo punto, confronta i punteggi ottenuti nella prestazione del soggetto con quelli standardizzati e riferiti dagli autori del test come "normali" e, anche in base all'età, inseriscono il soggetto esaminato sotto una delle possibili tipologie cliniche proposte dalle tabelle normative [57]:

- Tipo 1: caratterizzato da una prestazione normale in ogni sotto test;
- Tipo 2: caratterizzato da un anormale aumento del tempo orizzontale, in relazione a una normale prestazione nel sottotest che valuta il tempo verticale; anche il ratio score si presenta troppo elevato rispetto alla norma. Il soggetto inserito in questa tipologia presenta una disfunzione oculomotoria;
- Tipo 3: caratterizzato da tempi elevati sia nel test verticale che in quello orizzontale, ma presenta un punteggio di ratio nella norma. In questa tipologia rientrano i soggetti con difficoltà nell'automatizzazione della

denominazione dei numeri, ma non quelli che presentano disfunzioni oculomotorie;

- Tipo 4: è una combinazione del tipo 2 e 3. È caratterizzato da tempi elevati sia nel test orizzontale che in quello verticale con presenza di ratio elevata. Il soggetto in questa tipologia presenta sia disfunzioni oculomotorie che difficoltà nell'automatizzazione della denominazione dei numeri.

È importante sottolineare che esiste una stretta correlazione tra i punteggi ottenuti nel DEM e i soggetti con problemi di apprendimento (e quindi con dislessia). Il test presenta infatti punteggi peggiori in tali soggetti rispetto a quelli normali. Tuttavia, non si può differenziare tra difficoltà dovute a problemi di lettura non specifici e dislessia. [2] [79]

Un aspetto da riprendere e ricordare è che, nell'effettuare tali screening, l'optometrista non ha il compito di diagnosticare la dislessia, ma il suo ruolo è quello di evidenziare delle carenze che potrebbero essere legate al disturbo. L'eventuale presenza di deficit prevede l'immediato invio del soggetto a figure specializzate nella diagnosi. [2] [77]

2.3.2-II trattamento optometrico

Lack (2010), nel suo review sulle varie dichiarazioni congiunte in merito a visione e difficoltà d'apprendimento, riporta quanto affermato dell'American Optometric Association (AOA) riguardo la posizione dell'Optometria inerente alla dislessia, ai disturbi dell'apprendimento e alla possibile terapia visiva del disturbo. L'associazione dichiara che:

“La terapia visiva optometrica non mira direttamente al trattamento della dislessia o dei disturbi d'apprendimento; il suo obiettivo è quello di trattare quei possibili deficit riscontrati nei bambini dislessici e riguardanti l'efficienza visiva e l'elaborazione delle informazioni visive.” [48]

In ambito italiano, le “Raccomandazioni per la pratica clinica sui disturbi specifici dell'apprendimento (DSA)” sono state elaborate con il metodo della Consensus Conferenze dai rappresentanti delle principali organizzazioni di professionisti che

si occupano dei suddetti disturbi (tra cui psicologi, logopedisti, neuropsichiatri infantili, pediatri). [80]

Al loro interno viene definito il significato di riabilitazione, come espresso dal Ministero della Sanità:

“La riabilitazione è un processo di soluzione dei problemi e di educazione nel corso del quale si porta una persona a raggiungere il miglior livello di vita possibile sul piano fisico, funzionale, sociale ed emozionale, con la minor restrizione possibile delle scelte operative.” [80]

Tale concetto è riportato in relazione ai problemi visivi anche dall'AOA nella guida pratica del 2008, nella quale gli autori affermano che la riabilitazione di tali problemi è mirata a preparare il soggetto a sfruttare appieno le proprie opportunità di apprendimento. Anche se non va a sostituire l'intervento educativo convenzionale, è comunque complementare per massimizzare le possibilità di apprendimento e l'efficacia del trattamento specifico. [77]

In ambito optometrico dunque, l'obiettivo dell'intervento riabilitativo della dislessia, è quello di andare a ridurre o a eliminare i segni e i sintomi di disturbo associati al problema visivo. Tuttavia, visto la misura in cui i deficit visivi influiscono sulla lettura, il loro miglioramento potrebbe essere vantaggioso anche per tale processo. [77] In letteratura però, non sono molte le prove scientifiche che attestano che la terapia visiva sia direttamente o indirettamente efficace per il trattamento della dislessia. La maggior parte delle procedure e dei test utilizzati sono scarsamente validati: la loro efficacia infatti, o non viene riscontrata, o si basa esclusivamente sull'effetto placebo o semplicemente è presente perché tali test vengono combinati con le tradizionali tecniche riabilitative. [48]

La terapia visiva si compone da una sequenza di attività neurosensoriali e neuromuscolari che viene individualmente prescritta e monitorata dall'optometrista. Si avvale dell'utilizzo di prismi, lenti, occlusori, filtri colorati, strumenti specializzati e programmi informatici. Generalmente, l'attività viene svolta in uno studio optometrico, ma vengono insegnate al soggetto anche tecniche il cui svolgimento può essere compiuto a casa del soggetto, consentendo così di rafforzare la terapia. [81]

Come riportato dall'AOA, al fine di migliorare i deficit visivi associati alla dislessia, il primo passo da effettuare è quello di valutare lo stato refrattivo del

soggetto. Durante questa fase possono essere evidenziati difetti refrattivi quali miopia, astigmatismo o ipermetropia. Questi ultimi possono infatti aggravare le difficoltà già presenti nella decodifica delle parole e, inoltre, potrebbero stimolare in modo eccessivo la risposta accomodativa, portando il sistema visivo del soggetto a sopportare sforzi troppo pesanti. [69] Il compito dell'optometrista è quello di indicare, dove presenti, la giusta compensazione per tali ametropie. Generalmente la prescrizione di occhiali o lenti a contatto consente al soggetto di migliorare immediatamente la propria performance, indicando che i problemi di lettura fossero legati esclusivamente alla presenza di un difetto non compensato. [77]

Successivamente l'optometrista dovrà prestare particolare attenzione a deficit presenti a livello accomodativo, oculomotorio e del sistema di vergenza; tali problematiche devono essere trattate con l'utilizzo di prismi, lenti e visual training. Il visual training viene principalmente utilizzato nel trattamento dei disturbi della visione binoculare, risultando efficace come riportato da diversi studi. [82] [83]

Durante gli anni diversi ricercatori si sono posti però l'obiettivo di verificare la validità di tale pratica in relazione alla dislessia, valutando dunque se l'efficacia nei deficit visivi portasse a un conseguente miglioramento della performance di lettura. In generale, come proposto da Quercia (2013), il miglioramento nella percezione visiva delle parole scritte dovrebbe essere inizialmente orientato alla riabilitazione oculomotoria, in particolare intervenendo in problematiche come ad esempio l'insufficienza di convergenza, caso comune nei dislessici. [69]

Nel 2008 Scheiman e colleghi effettuarono uno studio clinico randomizzato su un gruppo di 221 bambini che presentavano insufficienza di convergenza sintomatica. [84]

I sintomi più comuni del disturbo sono astenopia, mal di testa, affaticamento visivo, visione offuscata, diplopia, ma in particolar modo movimento delle lettere durante la lettura con conseguente difficoltà di concentrazione. Diverse sono le terapie prescritte dagli optometristi per il trattamento del disturbo, tra cui un training per accomodazione e vergenza effettuato in studi optometrici, affiancato da ulteriori procedure effettuabili a domicilio o ad esempio la tecnica del "pencil push-up" affiancata a trattamenti computerizzati da effettuare a domicilio. [84]

I risultati dello studio del 2008 mostrarono che la tecnica più efficace per il trattamento di tale disturbo è quella definita OBVAT (office-based vergence/accommodative therapy with home reinforcement); ovvero in uno studio

optometrico vengono effettuati test specifici di vision training, che mirano al miglioramento di alcune abilità visive tra cui: accomodazione (mono e binoculare), convergenza e ampiezze delle vergenze fusionali. Tale allenamento viene rinforzato effettuando anche esercizi a domicilio.

Gli esercizi mirati al lato accomodativo, hanno come scopo il miglioramento dell'ampiezza accomodativa e della velocità di risposta accomodativa. Un esempio è quello dell'utilizzo di flipper con lenti positive e negative. Al soggetto è richiesto di mantenere chiara e nitida la visione di righe di testo a 40cm, antepoendo alternativamente davanti agli occhi lenti positive e negative (effettuato sia in bino che in monoculare)

Per quanto riguarda gli esercizi di convergenza invece, lo scopo è quello di sviluppare la capacità volontaria di effettuare il movimento adducente e normalizzare il punto prossimo di convergenza (PPC). Un esempio di esercizio è dato dalla Corda di Brock. Tale strumento consiste in una corda con delle palline che possono essere spostate sulla lunghezza. Al soggetto è richiesto di convergere accuratamente sul target (una determinata pallina); la distanza può variare da diversi metri a 5cm.

Inoltre, ulteriori esercizi sono mirati ad aumentare l'ampiezza delle vergenze fusionali, sia positive che negative. Un esempio è quello dei flipper prismatici. In questo caso, al soggetto è richiesto di mantenere una visione singola e nitida mediante movimenti di convergenza e divergenza, indotti dall'anteposizione davanti agli occhi di prismi di ampiezza variabile.

Nello studio, i soggetti effettuarono il training sopra descritto per 12 settimane. Venne effettuato in studio da un optometrista settimanalmente per 60minuti e, in aggiunta, alcuni esercizi vennero dati da eseguire a casa 5 giorni a settimana per 15 minuti. I risultati del training furono positivi: il 73% dei soggetti reclutati ebbero un notevole miglioramento nel PPC raggiungendo anche valori normali. [84] Inoltre, i soggetti riportarono una diminuzione dei sintomi da insufficienza di convergenza. Tuttavia, in questo studio, la relazione tra miglioramento del disturbo visivo e conseguente miglioramento nella capacità di lettura, non è stata identificata. Dunque, anche se, come suggerito da Scheiman, tale terapia visiva risulta efficace nel trattamento dell'insufficienza di convergenza [84], non può essere validata come trattamento per la dislessia.

Un ulteriore studio venne effettuato nel 2011 da Dusek e colleghi per valutare l'efficacia di un ulteriore trattamento dell'insufficienza di convergenza nella capacità di lettura. [85]

Nello studio, parteciparono 134 soggetti con difficoltà di lettura specifiche che presentavano un'insufficienza di convergenza. 102 soggetti vennero sottoposti a due tipi di trattamento per tale disturbo: una terapia computerizzata effettuata a domicilio (HTS), e l'utilizzo di occhiali da lettura caratterizzati dalla presenza di prismi a base interna di 8Δ (Diottrie Prismatiche), mentre gli altri 32 rifiutarono i due training ma accettarono di sottoporsi alla visita di controllo dopo 4 settimane (vennero indicati come gruppo controllo). 51 soggetti effettuarono l'HTS e 51 soggetti utilizzarono gli occhiali. Un accurato esame visivo e una valutazione della capacità di lettura (analizzando i parametri di precisione, ovvero numero di errori e velocità) vennero effettuati pre e post trattamento e confrontati con i risultati del gruppo di controllo (composto dai soggetti che non effettuarono nessun tipo di training). L'abilità di lettura è stata valutata mediante l'utilizzo di un test standard definito "The Salzburg Reading Test". Ai soggetti è stato richiesto di leggere una precisa sezione di testo, il tempo per completare il compito venne misurato con il cronometro. Il numero di parole sbagliate venne registrato per calcolare il punteggio di errore.

L'HTS viene effettuato a casa dal soggetto. Il programma si avvale dell'utilizzo di due immagini che il soggetto, mediante l'utilizzo di occhialini rosso/blu, deve fondere assieme per percepire un'immagine tridimensionale. Ai soggetti che utilizzarono gli occhiali prismatici venne richiesto di indossarli in qualsiasi attività prossimale della durata superiore ai 5 minuti. Dopo 4 settimane di training, i soggetti effettuarono la valutazione.

I risultati mostrarono miglioramenti in 5 misurazioni (velocità di lettura, numero di errori, ampiezza accomodativa, facilità accomodative e di vergenza); in particolare, i miglioramenti della capacità di lettura furono maggiori nei soggetti che utilizzarono gli occhiali prismatici. [85]

Nella prima visita effettuata infatti, il tempo di lettura medio dei soggetti trattati con HTS era di 113.98 ± 48.83 secondi e scese a 101.61 ± 37.53 secondi dopo il trattamento con una differenza tra le due performance di 12.37 ± 16.22 secondi. I soggetti che effettuarono il training con gli occhiali prismatici videro invece il proprio tempo di lettura diminuire a 87.00 ± 39.60 secondi dopo le 4 settimane,

contro i 108.49 ± 48.68 secondi registrati alla prima visita, mostrando una differenza media di 21.49 ± 13.53 secondi. Per quanto riguarda il punteggio di errore medio, anche in questo caso il miglioramento più significativo risultò dopo il trattamento prismatico: partendo da una media di 4.92 ± 4.06 parole sbagliate nel testo e arrivando a 2.12 ± 1.9 con una differenza medie tra le due visite che fu di 2.80 ± 2.82 parole rispetto a quella registrata nei soggetti che effettuarono l'HTS dove la differenza media di parole sbagliate tra la prima e la seconda performance fu 1.67 ± 1.90 . Importante dato da riportare è il maggiore miglioramento dei soggetti che utilizzarono gli occhiali prismatici rispetto al gruppo di controllo preso in esame: per quanto riguarda la velocità di lettura, la differenza media tra le due visite nei soggetti di controllo fu di 3.84 ± 4.04 secondi rispetto a quella registrata nei soggetti con gli occhiali prismatici (21.49 ± 13.53 secondi). Dato simile venne riscontrato per gli errori medi effettuati: nel gruppo di controllo vennero ridotti di solamente di 0.69 ± 1.20 parole, contro le 2.80 ± 2.82 parole medie sbagliate nel gruppo che ricevette il trattamento con gli occhiali prismatici. Nelle tabelle sottostante sono riportati i dati inerenti anche alle altre misurazione effettuate con i relativi miglioramenti.

Tabella 2: Misurazioni Gruppo di Controllo

	Gruppo di Controllo		
	I Visita	II Visita	Differenza Media
Tempo di lettura medio (secondi)	130.88 ± 61.46	127.03 ± 60.59	3.84 ± 4.04
Punteggio di errore medio (parole sbagliate)	5.34 ± 3.5	4.66 ± 2.9	0.69 ± 1.20
Ampiezza Accomodativa	12.66 ± 2.3	12.97 ± 1.6	0.31 ± 1.28
Facilità Accomodativa Binoculare (cicli al minuto)	5.59 ± 3.2	6.38 ± 2.5	0.78 ± 1.58
Facilità di Vergenza (cicli al minuto)	5.44 ± 3.7	6.63 ± 3.7	1.19 ± 1.63

Tabella 3: Misurazioni nei soggetti che effettuarono l'HTS

	HTS Training		
	I Visita	II Visita	Differenza Media
Tempo di lettura medio (secondi)	113.98 ± 48.83	101.61 ± 37.53	12.37 ± 16.22
Punteggio di errore medio (parole sbagliate)	4.53 ± 3.06	2.86 ± 1.9	1.67 ± 1.90
Ampiezza Accomodativa	11.86 ± 2.6	12.88 ± 1.7	1.02 ± 1.50
Facilità Accomodativa Binoculare (cicli al minuto)	6.20 ± 3.9	9.78 ± 3.4	3.59 ± 2.98
Facilità di Vergenza (cicli al minuto)	5.80 ± 4.6	9.78 ± 3.8	3.98 ± 3.83

Tabella 4: Misurazioni nei soggetti che utilizzarono Occhiali Prismatici 8 Δ Base Interna

	Occhiali Prismatici		
	I Visita	II Visita	Differenza Media
Tempo di lettura medio (secondi)	108.49 ± 48.68	87.00 ± 39.60	21.49 ± 13.53
Punteggio di errore medio (parole sbagliate)	4.92 ± 4.06	2.12 ± 1.9	2.80 ± 2.82
Ampiezza Accomodativa	11.51 ± 2.5	12.92 ± 1.5	1.41 ± 1.37
Facilità Accomodativa Binoculare (cicli al minuto)	5.53 ± 2.9	8.88 ± 2.9	3.35 ± 2.11
Facilità di Vergenza (cicli al minuto)	4.96 ± 4.3	8.96 ± 3.7	4.00 ± 2.61

Nel 2014 Ramsay e colleghi effettuarono uno studio per verificare se il training effettuato al sistema di vergenza potesse migliorare la lettura nei dislessici. [86] Allo studio parteciparono 20 soggetti dislessici tra i 13 e i 14 anni. I movimenti di vergenza orizzontale dei soggetti vennero allenati mediante l'utilizzo di un supporto informatico chiamato RetCorr. Il RetCorr ha una configurazione suddivisa in due parti: un software che utilizza il principio degli stereogrammi, e un hardware che consiste in due schermi e in uno specchio semi-trasparente. Un'immagine polarizzata fuoriuscente da entrambi gli schermi, si incontra a livello dello specchio permettendo la creazione di uno stereogramma in 3D. Aumentando la distanza orizzontale tra le due immagini viene stimolata la divergenza, incrociando invece le immagini viene attivata la convergenza. Il training durò 5 settimane e i soggetti lo effettuarono 3 volte a settimana per 15 minuti. Il sistema di vergenza venne allenato mediante il RetCorr durante lo svolgimento di varie attività tra cui la visione di un film o giocando ai videogiochi. La velocità di lettura venne valutata

prima e dopo il training e confrontata con un gruppo di controllo. I risultati dello studio furono positivi: i dislessici aumentarono la propria velocità di lettura, le parole lette furono in media 7,75 al minuto. Sette soggetti su dodici riuscirono a leggere addirittura più di 10 parole al minuto. Confrontando il risultato con il gruppo di controllo però, tale dato non mostrò alcuna differenza indicando la mancanza di significatività statistica del trattamento.

Inoltre, anche l'ampiezza delle riserve fusionali positive ebbe un incremento nei soggetti dislessici, cosa non accaduta per il gruppo di controllo. [86]

Dai risultati ottenuti, i ricercatori dello studio affermarono che probabilmente, il miglioramento a livello dell'ampiezza delle riserve fusionali positive aiuta a ridurre la disparità di fissazione che è presente durante la lettura (e che, come precedentemente detto, è più instabile nei dislessici). La conseguenza sarebbe l'aumentata velocità di lettura riscontrata nei soggetti testati. L'utilizzo di tale intervento riabilitativo sarebbe dunque utile nel trattamento della dislessia. Tuttavia, dei limiti a questo studio furono il basso numero di soggetti testati e l'incapacità di definire se l'aumentata velocità di lettura influisse sulla comprensione del testo. [86]

Un'ulteriore problematica visiva spesso riscontrabile nei soggetti dislessici è l'instabilità binoculare. A tal proposito, Stein e colleghi (2000) [87] effettuarono uno studio che si proponeva di correggere l'instabilità binoculare trovata nei soggetti dislessici mediante l'occlusione monoculare durante la lettura. Lo studio venne effettuato su un gruppo di 143 dislessici che presentavano instabilità binoculare, di età compresa tra 7 e 11 anni. 71 soggetti indossarono occhiali nei quali era presente un occlusore nell'occhio sinistro, gli altri 72 soggetti vennero inseriti nel gruppo di controllo, senza occlusione. Vennero eseguiti 3 controlli: un controllo iniziale, uno dopo 3 mesi dall'occlusione e uno dopo 9 mesi. Risultati significativi vennero registrati già dopo 3 mesi dall'occlusione: la fissazione binoculare risultò più stabile nel 59% dei soggetti; inoltre, anche l'abilità di lettura venne migliorata (si assistette infatti a un aumento della velocità di lettura).

Al primo controllo effettuato infatti, l'età di lettura media dei partecipanti era di circa due anni al di sotto di quella attesa. L'età di lettura dei bambini che ricevettero l'occlusione monoculare e che videro migliorata la propria stabilità binoculare, migliorò di 9,4 mesi nei primi tre mesi (in media 3,1 mesi al mese) e, in complessivo, di 1 anno e 4 mesi nell'arco dei 9 mesi di trattamento. Per il gruppo

di controllo (coloro che non avevano effettuato il training con l'occlusione) o per coloro che non raggiunsero una migliore stabilità binoculare, l'età di lettura è migliorata di solo 8,0 mesi nei 9 mesi complessivi di trattamento. [87] Come mostrato in figura sottostante.

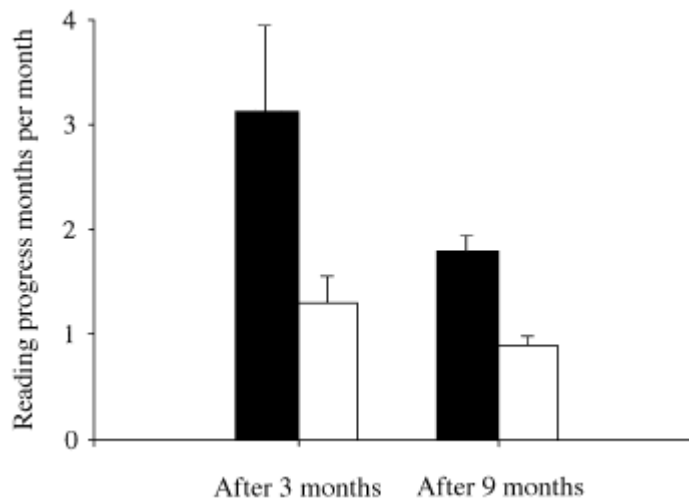


Figura 8: Miglioramenti nell'età di lettura a 3 e 9 mesi. Colonna nera indica i soggetti che raggiunsero una migliore stabilità nella fissazione binoculare, la colonna bianca indica il gruppo di controllo o coloro che non raggiunsero una stabilità.

I risultati dello studio, come affermato da Stein, non implicano che l'unico disturbo dei dislessici sia un'instabilità binoculare. Tuttavia, visto che tale problematica è stata trattata facilmente, e ha inoltre portato a miglioramenti nella velocità di lettura, si ritiene che tutti i soggetti debbano essere sottoposti prima a un esame visivo per valutare la presenza del disturbo visivo e, se necessario, utilizzare un breve periodo di occlusione monoculare. [87]

Nessuna delle tecniche di trattamento sopra elencate tuttavia, è esente da critiche e da risultati inconcludenti. L'effettivo risultato migliorativo nelle abilità di lettura non è validato in letteratura. Le prove attuali in merito sono dunque di scarsa qualità scientifica e non forniscono prove adeguate che attestino che il training visivo sia un trattamento primario nella dislessia, come d'altronde affermato dall'AOA. [48]

Tuttavia, esistono delle procedure, non di trattamento optometrico, ma semplicemente di ergonomia visiva, che hanno come fine il miglioramento

dell'abilità di lettura del soggetto. Come riportato nelle Raccomandazioni per la pratica clinica per i disturbi specifici dell'apprendimento (DSA):

“La riduzione dell'affollamento visivo mediante l'aumento della spaziatura tra i caratteri della parola, (che agisce sull'affollamento lungo l'asse orizzontale) l'aumento della spaziatura verticale con l'interlinea (che agisce sull'affollamento lungo l'asse verticale), o/e l'aumento della dimensione del carattere sono gli unici interventi facilitativi che consentono di aumentare moderatamente la velocità di lettura nei normo-lettori.” [80]

Infatti, visto la prova scientifica che nei dislessici l'effetto crowding è più diffuso [76], diversi ricercatori hanno cercato di valutare se, aumentando lo spazio tra le lettere scritte nel testo, si assiste anche a un conseguente miglioramento nella lettura del soggetto dislessico. [88]

Come affermato da Zorzi (2012), l'affollamento influisce sul riconoscimento delle lettere che è modulato dalla spaziatura presente tra di loro. Il riconoscimento della lettera bersaglio rispetto a quelle adiacenti viene compromesso quando queste sono vicine più della spaziatura critica, che dipende dall'eccentricità. Tali asserzioni indicano che aumentando la spaziatura tra le lettere, l'effetto crowding nei dislessici dovrebbe diminuire, migliorando la prestazione di lettura. Tuttavia, è importante sottolineare che, la spaziatura standard è ottimale nei lettori qualificati; sia la riduzione che l'aumento della spaziatura, in tali soggetti andrebbe a influire negativamente nella lettura. [88]

Nello studio effettuato da Zorzi (2012) [88] vennero inclusi un gruppo di 74 bambini dislessici; nel campione erano presenti 34 bambini italiani e 40 francesi, che vennero confrontati con un gruppo di controllo. L'inclusione delle sue lingue permise di generalizzare successivamente i risultati a lingue trasparenti (Italiano) e non (Francese).

Ai soggetti venne richiesto di leggere un testo di 24 frasi, non collegate tra loro, prima stampate con spaziatura standard e successivamente con spaziatura aumentata di 2,5p. Anche l'interlinea e la spaziatura tra le parole venne aumentata. (Figura 8)

A
 ando la pera. La bambina asc
 illo è magro. La quercia si tro
 fiore è rosso. La bambina ave
 ola. Il ragazzo non ha né capp
 stanno saltando sopra il murc
 no seduti e guardano verso la
 terrazza potrebbero vedere tu
 tetto della casa si vede anche
 to, ma non il bicchiere. L'elef
 o sul ramo dell'albero. La bar
 è verde. I ragazzi raccolgono

B
 . Il ragazzo che
 lo è magro. La qu
 ella città. Non so
 è rosso. La bamb
 stella, dentro cu
 l ragazzo non ha

Figura 9: Esempi del testo letto dai soggetti. (A) Testo normale (B) Testo con spaziatura aumentata

I parametri di lettura valutati furono: accuratezza (numero di errori) e velocità (numero di sillabe lette al secondo).

I risultati furono positivi per entrambi i parametri analizzati: sia per l'accuratezza sia per la velocità, i soggetti dislessici migliorarono la prestazione leggendo il testo con spaziatura maggiore. È importante sottolineare il fatto che i miglioramenti sono stati riscontrati maggiormente nei soggetti dislessici; la spaziatura aumentata ha consentito loro di ridurre l'effetto crowding. Come mostrato dal grafico sottostante infatti, riguardante in particolare l'accuratezza della lettura, la spaziatura maggiore ebbe risultati significativi nel gruppo dei dislessici rispetto a quello dei normo-lettori, mostrando un valore $p < 0,001$ rispetto a quello $p = 0,1$ nei normo-lettori. [88]

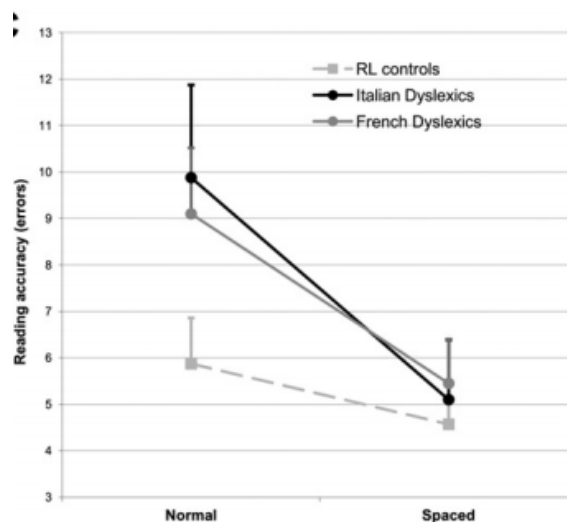


Figura 10: Accuratezza nella di un testo normale e con spaziatura aumentata in dislessici italiani, dislessici francesi, e gruppo di controllo

Lo studio citato mostra un modo pratico e veloce per migliorare la lettura nel bambino dislessico. Ovviamente, non vuole essere sostitutivo di un trattamento specializzato ed individuale. Tuttavia, potrebbe convincere tali soggetti a leggere più volentieri, migliorando gli effetti dei trattamenti specializzati, arrivando a un miglioramento della capacità di lettura duraturo. [88]

Oltre ai possibili trattamenti visivi dunque, come riportato nelle Raccomandazioni Cliniche per DSA, ci sono anche dei consigli di ergonomia visiva da adottare che possono rivelarsi molto utili per i soggetti dislessici. [80]

Al fine di aumentare la leggibilità dei testi è raccomandato [80]:

1. Carattere 16p (può essere letto in maniera fluente anche da soggetti con deficit visivo significativo)
2. Preferire caratteri senza grazie (ad esempio sans serif), evitare corsivo e sottolineature.

Per agevolare invece la lettura è consigliato [80]:

1. Carta opaca;
2. Carte color bianco avorio prive di immagini di sfondo;
3. Aumento spaziatura caratteri (espansa);
4. Interlinea 1,5;
5. Evitare il corsivo e le sottolineature;
6. Non spezzare la parola per andare a capo;
7. Allineamento a sinistra;
8. Adoperare tabelle e numerare gli elenchi;
9. Massimo 60-70 caratteri per rigo;
10. Aumentare i margini della pagina;
11. Consentire verticalizzazione del testo;
12. Avere una buona illuminazione;
13. Evitare fonti luminose fastidiose all'interno del campo visivo;
14. Adeguata correzione refrattiva (se necessario);
15. Evitare testi fotocopiati;
16. Consentire di seguire il testo col dito.

Conclusioni

In conclusione, alla luce di quanto trattato in tale elaborato, il concetto chiave da estrapolare è essenzialmente uno: vista l'origine multifattoriale del disturbo della dislessia, è necessario attuare un approccio di tipo **mutidisciplinare** nel trattamento del disturbo. [58]

Nonostante la teoria più accreditata per spiegare la dislessia sia quella fonologica, diversi autori credono che un deficit generale a livello del sistema magnocellulare possa essere la vera causa, portando a problemi che colpiscono anche l'aspetto visivo.

Il ruolo dell'optometrista, come visto, non si inserisce direttamente né nella diagnosi della dislessia, né nel suo trattamento. La diagnosi, come previsto dalla legge italiana, può essere effettuata dal Servizio Sanitario Nazionale mediante figure specializzate, che devono essere necessariamente neuropsichiatri infantili o psicologi esperti in DSA. (Legge 8 ottobre 2010, n. 170 170/2010). Tuttavia, considerata l'importanza della visione durante il processo di lettura e gli eventuali deficit visivi associati al disturbo della dislessia, un intervento optometrico nella fase diagnostica sarebbe di importanza fondamentale principalmente per la valutazione dell'efficienza visiva (oculomotricità, visione binoculare, accomodazione). [50] Per tale ragione, va ribadito nuovamente il bisogno di effettuare un'approfondita analisi visiva in tutti i soggetti che presentano difficoltà con la lettura; l'optometrista, riscontrando eventuali deficit, invierà poi il soggetto agli specialisti che si occuperanno della diagnosi. [48] Inoltre, l'attuazione di screening visivi, in particolare relativi ai movimenti oculari, dovrebbe essere svolta in tutte le scuole primarie al fine di attuare un intervento tempestivo ed efficace sui bambini che mostrano segni di difficoltà.

Sotto l'aspetto del trattamento, tocca allo specialista delle psicopatologie dell'apprendimento definire il percorso riabilitativo più adatto, indicando quali siano le terapie da ritenere primarie (logopedia, psicomotricità, fonologica).

L'optometrista in questo caso, non ha una specificità nella "cura" del disturbo, ma può aiutare quei soggetti che ne soffrono. Come visto infatti, nessun tipo di training visivo è validato scientificamente, e non avrà possibilità di migliorare le abilità fonologiche del bambino. Tuttavia, l'utilizzo di prismi, lenti e tecniche computerizzate possono migliorare i problemi visivi funzionali strettamente collegati al disturbo che possono ridurre le abilità di lettura. [84] [85] [86] [87]

L'optometrista dunque, inserito in un'équipe multifattoriale per il trattamento della dislessia, potrebbe intervenire efficacemente sull'aspetto visivo: compensando le condizioni refrattive che potrebbero impedire al bambino di ottenere ottimali performance visive, effettuare un'attenta analisi degli eventuali problemi visivi che possono ostacolare l'efficacia nell'acquisizione delle informazioni da un testo scritto, migliorare l'efficienza delle funzioni visive coinvolte nelle attività di lettura.

Bibliografia

- [1] Chen, A.H., Bleything, W., & Yee-Yin, L.B. (2011). Relating vision status to academic achievement among year-2 school children in Malaysia. *Optometry-Journal of the Optometric Association*, 82(5), 267-273.
- [2] Maffioletti, S., Pregliasco, R., & Ruggeri L. (2005) *Il bambino e le abilità di lettura: il ruolo della visione*. Milano: Franco Angeli.
- [3] Duncan, L. (2018). Language and Reading: the Role of Morpheme and Phoneme Awareness. *Current Developmental Disorders Reports*, 5(4), 226–234.
- [4] Vidyasagar, T.R., Pammer, K. (2010). Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(2), 56-63.
- [5] Barbiero, C., Lonciari, I., Montico, M., Monasta, L., Penge, R., Vio, C., Tressoldi, P.E., Ferluga, E., Bigoni, A., Tullio, A., Carrozzi, M., & Ronfani L. (2012). La prevalenza della dislessia in una popolazione scolastica non selezionata nella regione Friuli-Venezia Giulia. *Psichiatria dell'Infanzia e dell'Adolescenza*, 79, 413-30.
- [6] Wydell, T. (2012). Cross-cultural/linguistic differences in the prevalence of developmental dyslexia and hypothesis of granularity and transparency. In T.N. Wydell, & L. Fern-Pollak (Eds), *Dyslexia-A comprehensive and International approach* (pp. 1-14). Rijeka, Croatia: InTech.
- [7] Stein, J. (2012). The neurological basis of Dyslexia: the magnocellular theory. In M. Faust (Ed), *The Handbook of the Neuropsychology of language* (pp.939-962). Black Well Publishing Ltd.
- [8] Shaywitz, S.E., & Shaywitz, B.A. (2005). Dyslexia (Specific reading disability). *Biological Psychiatry*, 57(11), 1301-1309.
- [9] Peterson, R.L., & Pennington, B.F. (2012) Developmental Dyslexia. *The Lancet*, 379, 1997-2007.

- [10] Rutter, M., Caspi, A., Fergusson, D., Horwood, L.J., Goodman, R., Moughan, B., Boffitt, T.E., Meltzer, H., & Carroll, J. (2004). Sex differences in developmental reading disability: new findings from 4 epidemiological studies. *Jama*, *291*(16), 2007-2012.
- [11] Quinn, J.M., & Wagner, R.K. (2015). Gender differences in reading impairment and in the identification of impaired readers: results from a large-scale study of at-risk readers. *Journal of Learning Disabilities*, *48*(4), 433-445.
- [12] Gu, H., Hou, F., Liu, L., Luo, X., Nkomda, P.D., Xie, X., Lin, X., & Sonf, R. (2018). Genetic variants in the CNTNAPL gene are associated with gender differences among dyslexic children in China. *EBioMedicine*, *34*, 165-170.
- [13] Stella, G. (2003). *In Classe con un Allievo con disordini dell'apprendimento*, Fabbri Editori.
- [14] Lyon, G.R., Shaywitz, S.E., & Shaywitz, B.A. (2003). A definition of Dyslexia. *Annals of Dyslexia*, *53*, 1-14.
- [15] Biondi, M. (2014). *DSM-V-Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali*, V edizione. Raffaello Cortina Editore.
- [16] Castro, S.M.C., Salgado, C.A., Andrade, F.P., Ciasca, S.M., & Monteiro Carvalho, K.M. (2008). Visual control in children with developmental dyslexia. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, *71*(6), 837-840.
- [17] Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental Dyslexia. *Dyslexia: an International Journal of Research and Practice*, *7*, 12-36.
- [18] Galaburda, A.M., Sherman, G.F., Rosen, G.D., Aboritz, F., & Geschwind, N. (1985). Developmental Dyslexia: Four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, *18*(2), 222-233.
- [19] Livingstone, M.S., Rosen, G.D., Drislane, F.W., & Galaburda, A.M. (1991). Physiological and anatomical evidence for magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceeding of the National Academy of Sciences (Neurobiology)*, *88*, 7943-7947.
- [20] Ramus, F., Dakin, S.C., White, S.J., Frith, U., Day, B.L., Castellote, J.M., & Rosen, S. (2003). Theories of developmental Dyslexia: insight from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, *126*, 841-865.

- [21] Stein, J. (2018) The current status of the magnocellular theory of Developmental Dyslexia. *Neuropsychologia*. In Stampa.
- [22] Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, *91*(1), 77-111.
- [23] Valdois, S. Bosse, M.L., & Tainturies, M.J. (2004). The Cognitive deficits responsible for Developmental Dyslexia. Review of evidence for selective visual attentional disorder. *Dyslexia*, *10*, 339-363.
- [24] Bus, A.H., & Van Ijzendoorn, M.H. (1999). Phonological awareness and early reading: a meta-analysis of experimental training studies. *Journal of Educational Psychology*, *91*, 403-414.
- [25] Ehri, L.C., Nunes, S.R., Willows, D.M., Schuster, B.V., Yaghoub-Zadeh, Z., & Shanahan, T. (2001). Phonemic Awareness Instruction Helps Children Learn to Read: Evidence From the National Reading Panel's Meta-Analysis. *Reading Research Quarterly*, *36*, 250-287.
- [26] Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phones and reading disabilities in children. *Brain and Language*, *9*(2), 182-198.
- [27] Ramus, F. (2003). Developmental Dyslexia. Specific Phonological deficit or General sensorimotor dysfunction? *Current Opinion in Neurobiology*, *13*, 212-218.
- [28] Nicolson, R., Fawcett, A., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, *24*(9), 508-511.
- [29] Nicolson, R.I., & Fawcett, A.J. (2011). Dyslexia, dysgraphia, procedural learning and the cerebellum. *Cortex*, *47*(1), 117-127.
- [30] Pernet, C., Andersson, J., Paulesu, E., & Demonet, J.F. (2009). When all hypotheses are right: A multifocal account of dyslexia. *Human Brain Mapping*, *30*, 2278-2292.
- [31] Stein, J., & Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia.,» *Trends in Neurosciences*, *20*(4), 147-152.
- [32] Morgan, P. (1896). A case of Congenital word-blindness. *The British Medical Journal*, *1378*.

- [33] Laycock, R., & Crewther, S.G. (2008). Towards an understanding of the role of the magnocellular advantage in fluent reading. *Neuroscience & BioBehavioral Reviews*, 32(8), 1494-1506,.
- [34] Nandakumar, K., & Leat, S.J. (2008). Dyslexia, a review of two theories, *Clinical and Experimental Optometry*, 91(4), 333-340.
- [35] Evans, B.J.W., Drasdo, N., & Richards I.L. (1996). Dyslexia: the link with visual deficits. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 16(1), 3-10.
- [36] Lovegrove, W., Martin, F., & Slaghuis, W. (1994) A theoretical and experimental cause for a visual deficit in specific reading disability,» *Cognitive Neuropsychology*, 3(2), 225-267
- [37] Skottun, B. (2000). The magnocellular deficit theory of dyslexia: the evidence from contrast sensitivity. *Vision Research*, 40(1), 111-127.
- [38] Facchetti, A., Piagnoni, P., Turato, M., Marzda, V., & Mascetti, G.G. (2000). Visual-spatial attention in developmental dyslexia. *Cortex*, 338(5), 307-312.
- [39] Bucci, M.P., Brémond-Gignac, D., & Kapoula, Z. (2008). Poor binocular coordination of saccades in dyslexic children. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 246(3), 417-428.
- [40] Meares, O. (1980). Figure/ground, Brightness contrast and Reading disabilities. *Visible Language*, 14, 13-29.
- [41] Evans, B. (2005). The need for optometric investigation in suspected Meares-Irlen syndrome or Visual Stress. *Ophthalmic & Physiological Optics (The Journal of the College of the Optometrists)*, 25(4), 363-370.
- [42] Wilkins, A.J., Baker, A., Amin, D., Smith, S., Bradford, S., Zaiwalla, Z., Besag, I.M.C., Binnie, C., & Fish, D. (1999). Treatment of photosensitive epilepsy using coloured glasses. *Seizure*, 8(8), 444-449.
- [43] Evans, B.J.W., Patel, R., Wilkins, A.J., Lighthstone, A., Eperjesi, F., Speedwen, L., & Duffy, J. (1999). A review of the management of 323 consecutive patients seen in a specific learning difficulties clinic. *Ophthalmic & Physiological Optics (The Journal of the Collage of Optometrists)*, 19(6), 454-466.
- [44] Evans, B.J.W., & Kriss, I. (2005). The relationship between dyslexia and Meares-Irlen syndrome. *Research in Reading*, 28(3), 350-364.

- [45] Bolden, C., & Giaschi, D. (2007). M-stream deficits and reading-related visual processes in developmental dyslexia. *Psychological Bulletin*, *133*(2), 246-266.
- [46] Zaho, J., Bi, H.Y., & Coltheart, M. (2017). Different relationship of magnocellular-dorsal function and reading-related skills between Chinese developing and skilled readers. *PlosOne*, *12*, 1-14.
- [47] Chase, C., Ashaourzadeh, A., Kelly, C., Marfette, S., & Kinsey K. (2003). Can the magnocellular pathway read? Evidence from studies of color. *Vision Research*, *43*(10), 1211-1222.
- [48] Lack, D. (2010). Another joint statement regarding learning disabilities, dyslexia, and vision—A rebuttal. *Optometry-Journal of American Optometric Association*, *81*(10), 533-543.
- [49] Fischer, B., Klaus Hartnegg, K. (2009). Instability of Fixation in Dyslexia: Development – Deficits – Training. *Optometry & Visual Development*, *40*(4), 221-228.
- [50] Maples, W. (2003). Visual factors that significantly impact accademic performance. *Optometry*, *74*(1), 35-49.
- [51] Christian, L.W., Nandakumar, K., Hrynychack, P.K., & Irving, E.L. (2018). Visual and binocular status in elementary school children with a reading problem. *Journal of Optometry*, *11*(3), 160-166.
- [52] Rundstorm, M.M., & Eperjesi, F. (1995). Specific reading difficulty or decompensated heterophoria?. *Ophthalmic and Physiological Optics*, *15*(2), 157-159.
- [53] Helveston, M.E., Webber, J.C., Miller, K., Robertson, K., & Hohberg, G. (1985). Visual function and academic performance. *American Journal of Ophthalmology*, *99*(3), 364-355.
- [54] Kiely, P.M., Crewther, S.G., & Crewther, D.P. (2001). Is there an association between functional vision and learning to read?. *Clinical and Experimental Optometry*, *84*(6), 346-353.
- [55] Hutzer, F., Kronbichler, M., Jacobs, A.M., & Wimmer, H. (2006). Perhaps correlational but not causal: No effect of dyslexic readers' magnocellular

- system on their eye movements during reading. *Neuropsychologia*, 44(6), 637-648.
- [56] Williams G.J., Kitchner G., Press L.J., Scheiman M.M., & Steele G.T. (2004). The use of tinted lenses and colored overlays for the treatment of dyslexia and other related reading and learning disorders. *Optometry*, 75(11), 720-722.
- [57] Scheiman, M.M., & Rouse, M.W. (2006). *Optometric Management of Learning-Related Vision Problems*, II Edizione. Mosby Elsevier.
- [58] Leslie, S. (2004). The Optometrist's role in learning difficulties and Dyslexia. *Clinical and Experimental Optometry*, 87(1), 1-3.
- [59] Helo, A., Pannasch, S., Sirri, L., & Kana, P. (2014). The maturation of eye movements behavior: Scene viewing characteristics in children and adults. *Vision Research*, 103, 83-91.
- [60] Liversedge, P.S., & Findlay, J.M. (2000). Saccadic eye movemetns and cognition. *Trends in Cognitivr Sciences*, 4(1), 6-14.
- [61] Clifton, C., Ferreira, F., Henderson, J.M., Inhoff, A.W., Liversedge, S.P., Reichle, R.D., & Schottere, E.R. (2016). Eye movements in reading and information processing: Keith Rayner's 40 year legacy. *Journal of Memory and Language*, 86, 1-19.
- [62] Reilly, R. (1993) A Connectionist Attentional Shift Model of Eye-Movement Control in Reading. *Proceedings of the 15th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, To appear.
- [63] Duckman, R. (2006). *Visual Development, Diagnosis, and Treatment of the Pediatric Patient*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- [64] Liversedge, S.P., White, S.J., Findlay, J.M., & Rayner, K. (2006). Binocular coordination of eye movements during reading. *Vision Research*, 45(15), 2363-2374.
- [65] Chen, A.H., & Dom, A.A.M. (2003). Heterophoria in young adults with emmetropia and myopia. *Malaysian Journal of Medical Science*, 10(1), 90-94.
- [66] Rossetti, A., & Gheller, P. (2003). *Manuale di Optometria e Contattologia*, II Edizione. Bologna: Zanichelli.

- [67] Shin, H.S., Park, S.C., & Park, C.M. (2009). Relationship between accommodative and vergence dysfunctions and academic achievement for primary school children. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 29, 615-624.
- [68] Vagge, A., Cavanna, M., Traverso, C.E., & Iester, M. (2015). Evaluation of ocular movements in patients with dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 65, 24-32.
- [69] Quercia, P., Feiss, L., & Michel, C. (2013). Developmental dyslexia and vision,» *Clinical Ophthalmology*, 3(7), 869-881.
- [70] Hutzler, F., & Wimmer, H. (2004). Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography. *Brain and Language*, 89(1), 235-242.
- [71] Raghuram, A., Gowrisankaran, S., Swanson, E., Zurakowski, D., Hunter, D.G., & Waber, D.P. (2018). Frequency of visual deficits in children with developmental Dyslexia. *JAMA Ophthalmology*, 136(10), 1089-1095.
- [72] Evans, B. (2005) Visual Factors in Dyslexia. *The Study of Dyslexia*, Boston, Springer Science + Business Media, 1-22.
- [73] Wahlberg-Ramsey, M., Nordstrom, M., Salkic, J., & Brautaset, R. (2012). Evaluation of Aspects of Binocular Vision in children with dyslexia. *Strabismus*, 20(4), 139-144.
- [74] Raghuram, A., Hunter, D.G., Gowrisankaran, S., & Waber, DP. (2019). Self-reported visual symptoms in children with developmental dyslexia. *Vision Research*, 155, 11-16.
- [75] Levi, M. (2008). Crowding—An essential bottleneck for object recognition: A mini-review. *Vision Research*. 48(5), 635-654.
- [76] Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *JOV-Journal of Vision*, 9(14), 1-18.
- [77] Garzia, R.P., Borsting, E.J., Nicholson, S.B., Press, L.J., Scheiman, M.M., & Solan, H.A. (2008). Care of the patient with Learning Related Vision Problems, 1-67.
- [78] Maples, W.T.F. (1990). Comparison of eye movement skills between above average and below average readers. *Journal of Behavioral Optometry*, 1(4), 87-91.

- [79] Tassinari, J.T., & DeLand, P. (2005). Developmental Eye Movement Test: reliability and symptomatology. *Optometry - Journal of the American Optometric Association*, 76(7), 387-399..
- [80] Marchiori, M., Iozzino, R., Savelli, E., Termine, C., & Turello C. (2007). Disturbi evolutivi specifici di apprendimento: Raccomandazioni per la pratica clinica definite con il metodo della consensus. *Consensus Conference*.
- [81] American Optometric Association. (2011). *Fact Sheets on Optometric Vision Therapy*.
- [82] Sterner, B., Abrahamsson, M., & Sjöström, A. (2001). The effects of accommodative facility training on a group of children with impaired relative accommodation—a comparison between dioptric treatment and sham treatment. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 21(6), 470-476.
- [83] Brautaset, R., Wahlberg, M., Abdi, S., & Pansell, T. (2008). Accommodation Insufficiency in Children: Are Exercises better than reading glasses?. *Strabismus*, 16(2), 65-69.
- [84] Scheiman, M., Cotter, S., Mitchell, G.L., Kulp, M., Rouse, M., Hertle, R., & Redford, M. (2008). Randomized Clinical Trial of Treatments for Symptomatic Convergence Insufficiency in Children. *Archives of Ophthalmology*, 126(10) 1336-1349.
- [85] Dusek, W.A., Pierscionek, B. K., & McClelland, J.F. (2011). An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with reading difficulties. *BMC Ophthalmology*, 11(21), 1-9.
- [86] Ramsay, M.W., Davidson, C., Ljungblad, M., Tjärnberg, M., Brautaset, R., & Nilsson, M. (2014). Can vergence training improve reading in dyslexics,» *Strabismus*, 22(4), 147-151.
- [87] Stein, J., Richardson, A.J., & Fowler, M.S. (2000). Monocular occlusion can improve binocular control and reading in dyslexics. *Brain*, 123, 164-170.
- [88] Zorzi, M., Barbiero, C., Facoetti, A., Lonciari, I., Carrozzi, M., Montico, M., Bravar, L., George, F., Pech-Georgel, C., & Ziegler, J.C. (2012). Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. *Psychological and Cognitive Sciences*, 109(28), 11455–11459.

Ringraziamenti

Con la conclusione di questa tesi sono finalmente giunta al termine della mia esperienza universitaria, che mi ha formata e preparata per il mio futuro.

Desidero dunque ringraziare tutte le persone che mi sono state vicine durante questi tre anni e che, spero, mi saranno vicine anche nelle prossime esperienze.

In primis la mia famiglia che mi ha accompagnata, supportandomi in ogni decisione, non solo durante il percorso universitario. Grazie a loro e ai loro sacrifici, per avermi dato la possibilità di continuare gli studi, per fare quello che mi piace.

Grazie al mio papà, Stefano, che con il suo silenzio e i suoi sorrisi mi ha sempre sostenuta. Spero, per una volta, di averti reso orgoglioso di me, tanto quanto io lo sono di te. Un grazie alla mia mamma, Roberta, che con molta pazienza ha sopportato i miei pianti e i miei momenti di tristezza, riuscendo a incoraggiarmi in ogni momento. Grazie per avermi tenuta per mano.

Un grazie particolare al mio fratellone, Alessandro. Il mio punto di riferimento e la mia certezza nella vita. Nonostante tutto, la parte più grande del mio cuore.

Grazie ad Andrea, la mia forza. Complice, compagno e amico. Grazie per questo lungo viaggio cominciato assieme. Per l'enorme sostegno e l'infinita voglia di starmi accanto. Per avermi sopportata in questi tre anni, per aver gioito con me per le mie soddisfazioni e per avermi incoraggiata durante le mie sconfitte.

Grazie a Marta, la mia persona e amica di una vita. Per aver riso, amato, pianto, studiato e odiato con me; l'averti accanto, con il tuo sorriso, è per me vitale. Grazie per avermi capita meglio di chiunque altro, per avermi spalleggiata. Cresciute insieme, fianco a fianco. Entrambe lo sappiamo, "By your side" è una promessa.

Grazie a Vanessa. Nonostante tutto, sorella, amica e confidente.

Grazie alle mie compagne di avventura, Elena, Giorgia e Lisa. Speranzosa che la distanza non ci faccia perdere, le ringrazio per aver riempito i giorni universitari con i loro sorrisi, per aver continuato a spronarmi a credere in me stessa. Per aver condiviso gioie, ansie e paure. Grazie perché senza di voi sarebbe stato tutto più difficile.

Grazie a tutti i miei parenti, ma in particolare ai miei nonni, per aver sempre creduto in me. A nonno Mario, che con poche parole è sempre riuscito a dimostrarmi il suo affetto; mani grandi e spalle larghe per accompagnarmi. A nonna Luciana, che fin da piccola mi ha coccolata con il suo modo di fare dolce e mai invadente. Per i panini al salame che da sempre sono sinonimo di amore infinito.

A nonna Rita, la donna più forte che conosco. Per avermi viziata con i pranzi in famiglia della domenica, e per avermi cresciuta durante tutta la mia infanzia. Grazie per essere una combattente, e per avermi insegnato tanto. Grazie a mio nonno Valmiro, volato via troppo presto, per avermi accompagnato silenziosamente in ogni mia giornata.

Infine, ringrazio tutti gli amici che sono entrati a far parte della mia vita per un motivo o per l'altro. Grazie a voi che dall'asilo, i banchi di scuola, dalla palestra e dai mille aperitivi, continuate ad esserci, regalandomi momenti di spensieratezza.

Siete voi, tutti voi, i miei "buoni compagni di viaggio", grazie.

Erica