



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Dottorato in Scienze Economiche, Statistiche, Psicologiche e Sociali
Dipartimento di Scienze Economiche Aziendali e Statistiche
Settore Scientifico Disciplinare M-PSI/04

Gli effetti della dislessia sul controllo posturale: dall'analisi della letteratura ad uno studio pilota

IL DOTTORE

Antonino Patti

IL COORDINATORE

Ch.mo Prof. Vito Rosario Muggeo

IL TUTOR

Ch.ma Prof. ssa Annamaria Pepi

CO TUTOR

Ch.ma Prof. ssa Marianna Alesi

CICLO XXXI

ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2019

Abstract	pag. 3
1. Introduzione	pag. 5
1.1 I disturbi specifici dell'apprendimento	pag. 5
1.2 La Dislessia	pag. 7
1.3 Disfunzione propriocettiva nella dislessia: il sistema tonico posturale.....	pag. 9
2. Obiettivi e scopo di questa tesi di dottorato	pag. 13
3. Gli effetti della dislessia sulla postura dei bambini: un' analisi sistematica della letteratura	pag. 14
3.1 Materiali e Metodi	pag. 16
3.2 Risultati	pag. 18
3.3 Analisi degli studi	pag. 24
3.4 Discussione	pag. 32
4. Valutazione del supporto podalico e monitoraggio del controllo posturale in bambini con dislessia: uno studio pilota.....	pag. 34
4.1 Materiali e metodi	pag. 36
4.2 Risultati	pag. 42
4.3 Discussione	pag. 48
5. Conclusioni tesi dottorato	pag. 51
6. Bibliografia	pag. 53

Abstract

Introduzione: L'American Psychiatric Association ha identificato la dislessia come un disturbo neurobiologico, caratterizzato da una difficoltà nell'acquisire informazioni della lettura, nonostante un'intelligenza adeguata. Tuttavia, con il passare del tempo, i ricercatori hanno trovato evidenze di deficit aggiuntivi al problema fonologico. Questi includevano deficit visivi, ridotta velocità di apprendimento e analisi, problemi dell'area motoria e deficit del sistema equilibrio. Lo scopo di questa tesi di dottorato era molteplice: 1) analizzare la letteratura scientifica, in una revisione sistematica, approfondendo il deficit motorio e posturale in bambini con dislessia; 2) valutare gli adattamenti del piede e della superficie podalica in bambini con diagnosi di dislessia; analizzare il controllo dell'equilibrio di questi soggetti confrontandoli con i parametri dei bambini con apprendimento tipico e inoltre, cercare di indagare l'effetto che la dislessia avesse sulle relazioni interpersonali, valutando altresì se questa capacità di relazionarsi abbia un'influenza sulla stabilità posturale e viceversa. In ultima analisi, si è cercato di capire e analizzare gli effetti dell'attività sportiva. Materiali e metodi: In merito alla revisione sistematica sono stati presi in considerazione solo articoli originali che analizzavano bambini con dislessia in un contesto di deficit motorio e posturale. Sono stati valutati gli eventuali interventi e i risultati ottenuti. Un totale di 83 studi sono stati identificati attraverso la ricerca nei database ma, in definitiva, solo 21 sono stati inclusi. Per quanto riguarda lo studio caso-controllo, 47 soggetti sono stati reclutati. I soggetti, successivamente, sono stati divisi in due gruppi : il gruppo dislessia (EG: 22 soggetti) e il gruppo di controllo (CG: 35 soggetti). In seguito, stratificando ulteriormente il gruppo EG in due sottogruppi (sportivi e sedentari), si è cercato di analizzare gli effetti dell'attività sportiva. Le analisi statiche e dinamiche di baropodometria sono state somministrate a tutto il campione. In aggiunta è stato utilizzato il Test Multidimensionale dell'Autostima (TMA).

Un valore di p inferiore a 0,05 è stato considerato statisticamente significativo. Per eseguire le analisi è stato utilizzato il software STATISTICA di StatSoft (Windows, Vers. 8.0, Tulsa, OK, USA). Risultati: Sono stati inseriti nella revisione 21 articoli degli 83 individuati, i quali hanno rispettato i criteri di inclusione ed esclusione e in definitiva sono stati considerati idonei. Nello studio caso-controllo, l'analisi con l'indice di correlazione di Pearson ha mostrato elevata correlazione inversa tra i parametri della posturografia (Ellisse) e i valori del TMA. Inoltre, l'analisi podalica statica mostrava una differenza altamente significativa ($p < 0,0001$) della superficie di appoggio del gruppo EG rispetto al gruppo CG. I risultati ci suggeriscono che il gruppo EG tende al piede piatto. Le analisi posturografiche indicano che il gruppo EG è più instabile rispetto al controllo e le performance del TMA del gruppo EG sono significativamente più basse rispetto al CG ($p < 0,05$). Conclusioni: In conclusione, questa tesi di dottorato è in linea con la letteratura scientifica recente: i bambini con dislessia presentano deficit posturali. La letteratura suggerisce che il sistema tonico posturale nei bambini con dislessia usa strategie diverse da quelle usate dai bambini senza dislessia, e in definitiva ciò rafforza la teoria del deficit cerebellare presente in questi soggetti. Particolarmente interessante la tendenza al piede piatto dei soggetti dislessici riscontrato nello studio caso-controllo.

1. Introduzione

1.1 I disturbi specifici dell'apprendimento

" La legge 8 ottobre 2010, n. 170, riconosce la dislessia, la disortografia, la disgrafia e la discalculia come Disturbi Specifici di Apprendimento (DSA), assegnando al sistema nazionale di istruzione e agli atenei il compito di individuare le forme didattiche e le modalità di valutazione più adeguate affinché alunni e studenti con DSA possano raggiungere il successo formativo" [1]. La storia dei disturbi dell'apprendimento comincia tra la fine degli anni '50 e gli inizi degli '60 del secolo scorso; sono di questo periodo, le prime definizioni cliniche che facevano riferimento ad una serie di disturbi in cui l'intelligenza non sembrava compromessa, ma lo erano l'apprendimento della letto-scrittura, dei numeri, del sistema decimale. Negli USA, la problematica veniva indicata come "disfunzione cerebrale minima" e veniva utilizzato un trattamento farmacologico con sostanze psico-stimolanti. I Disturbi Specifici dell'Apprendimento definiti con l'acronimo DSA, sono un disturbo dell'abilità di lettura, scrittura, calcolo e del loro uso strumentale ed è ormai certo che abbiano alla base un'alterazione biologica a livello cerebrale. Si manifesta in bambini con normo-intelligenza o addirittura superiore alla norma e in presenza di capacità cognitive adeguate, in assenza di patologie neurologiche e di deficit sensoriali. Tali disturbi possono costituire una limitazione importante per alcune attività scolastiche. Con il termine Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA) vengono indicate una serie di difficoltà in ambito scolastico, presentate da bambini normalmente scolarizzati, in assenza di patologie neuromotorie, cognitive, psicopatologiche e/o sensoriali.

La disgrafia e la disortografia.

La disgrafia riguarda la difficoltà nella riproduzione dei segni alfabetici e numerici quindi la dimensione delle lettere, la distanza tra lettere. E' un disturbo legato a difficoltà nella motricità fine e di coordinazione e spesso è associata a difficoltà nelle competenze prassiche. Spesso è presente un deficit dei movimenti dello sguardo (disprassia dell'oculomozione) che rende difficoltosa la capacità di controllare ciò che il bambino deve scrivere o sta scrivendo. La disortografia consiste nella difficoltà a tradurre correttamente i suoni che compongono le parole in simboli grafici, quindi è legato alla componente linguistica.

La discalculia

La discalculia è un disturbo che riguarda l'apprendimento delle abilità numeriche e del calcolo. Il soggetto discalculico ha difficoltà a scrivere o leggere correttamente i numeri, enumerare all'indietro, accedere ai risultati delle tabelline e di altre somme o sottrazioni semplici.

1.2 La Dislessia

La dislessia evolutiva è un disturbo del neurosviluppo, generalmente caratterizzato da alterazioni della capacità di decodificare accuratamente singole parole scritte, usando regole di corrispondenza tra lettere e suoni e leggere rapidamente e senza errori. La dislessia riguarda la difficoltà relativa alla lettura; il problema risiede principalmente nei processi di automatizzazione e comprensione, per cui il soggetto dislessico appare lento e/o scorretto nella lettura ad alta voce. Il bambino dislessico può leggere, ma ciò richiede un impegno massimale delle sue capacità ed energie, poiché non può farlo in maniera automatica. Pertanto si stanca facilmente, commette molti errori e risulta essere più lento rispetto ai compagni. La dislessia si presenta spesso associata alla disortografia, disgrafia e discalculia. La dislessia non deve essere considerata come l'incapacità di leggere, ma come l'incapacità di farlo in modo fluente. Studi epidemiologici rivelano tassi di dislessia evolutiva in bambini e adolescenti in età scolare compresi tra il 2,5% e il 3,5%. La letteratura scientifica recente ha ipotizzato una relazione tra la dislessia e il coinvolgimento motorio. Questi studi hanno individuato anomalie, nei dislessici adulti rispetto ai soggetti con apprendimento tipico, degli impulsi nervosi nelle regioni cerebellari [2]. La relazione tra dislessia e cervelletto conferma la relazione che esiste fra zona cerebellare e corteccia frontale e spiega il ruolo del cervelletto nei compiti relativi alla lingua [3] e nell'apprendimento di complesse abilità cognitive-motorie [4]. Nel 2013 viene pubblicata l'ultima versione del Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali, noto anche con la sigla DSM-5. Per la prima volta, il DSM-5 non distingue diverse patologie, ma prevede un unico disturbo inclusivo di tutta la differenziata gamma di difficoltà nelle aree di lettura, scrittura e matematica. Il ventaglio di queste difficoltà è molto più ampio di quelle previste dalla legge 170. Vengono, in particolare, inclusi i disturbi della comprensione del testo,

dell' espressione scritta e del ragionamento matematico [5, 6]. Il DSM-5 stratifica i livelli di gravità dei DSA (ricordiamo che la categoria viene considerata in maniera unitaria):

- Lieve: alcune difficoltà ad apprendere competenze ; il livello di deficit permette all'individuo di compensare in modo autonomo, se ben seguito.
- Moderata: deficit medi ad apprendere abilità; ciò rende complicato che l'individuo possa raggiungere un livello di abilità adeguato senza protocolli di compensazione. Ciò rende necessari servizi di sostegno, per completare le attività in modo adeguato.
- Severa: importanti deficit nell'apprendere; ciò rende improbabile la possibilità che l'individuo apprenda quelle abilità senza insegnamento individualizzato e specializzato per la gran parte degli anni scolastici. Anche se aiutato appropriatamente, è possibile che l'individuo non sia in grado di completare tutte le attività in modo efficiente [5].

1.3 Disfunzione propriocettiva nella dislessia: il sistema tonico posturale

Gli studi condotti dal Dott. Orlando Alves Da Silva, hanno dimostrato che soggetti che presentano DSA, presentano una vera e propria Sindrome da Deficit Posturale (SDP) [7]. Si comincia, pertanto, a parlare di collegamento tra Dislessia e Postura. In particolare, si evidenzia il rapporto tra alterazione del recettore oculare e dislessia. Inizia l'uso dei prismi percettivi che sembrano capaci di migliorare la performance dei dislessici. Da qui si arriva ad una nuova visione del concetto di dislessia, che viene riconosciuta come una vera e propria disfunzione propriocettiva e che rientra nella Sindrome da Deficit Posturale che il prof. Henrique Martins da Cunha definì come "alterazione dell'equilibrio tonico muscolare, conseguenza di un disturbo del sistema di ricezione e/o integrazione dell'informazione sensitiva e/o propriocettiva" [7-10]. In particolar modo, essa può essere definita come un'alterazione dell'equilibrio tonico posturale, causata da un disturbo del sistema di ricezione delle informazioni. Se al cervello arrivano informazioni errate, le risposte non potranno che essere anch'esse errate. Quindi la scrittura, la lettura, la visione e anche la postura risultano disturbate! Il bambino dislessico ha spesso deficit attenzionali perché si stanca oltremodo; la difficoltà a leggere lo porta, anche, ad una postura spesso anteriorizzata che a lungo andare può causare, in alcuni soggetti, problematiche dolorose. Il ruolo dei recettori è fondamentale; essi ricevono informazioni dall'ambiente esterno e li trasmettono al nostro cervello, il quale le rielabora in informazioni posturali e cognitive. Una buona integrazione consente un corretto sviluppo ed integrazione psico-motoria, mentre una cattiva integrazione può comportare incoordinazione motoria, disattenzione, difficoltà di concentrazione e/o di apprendimento, pseudo-iperattività, disfunzione linguale.

Il sistema tonico posturale

Con Postura si identifica la capacità di un corpo di mantenere l'equilibrio nello spazio, sia in statica che in dinamica. Per svolgere tale funzione concorrono vari fattori: biomeccanici, neurofisiologici, psicologici. In buona sostanza il controllo dell'equilibrio e della postura dipende dal controllo del tono muscolare, il quale avviene tramite varie strutture, centrali e periferiche; queste strutture vengono definite Sistema tonico Posturale (STP). Il sistema tonico posturale è costituito da afferenze recettoriali (esterocettori e propriocettori), da centri superiori di modulazione deputati alla pianificazione della risposta e di un'efferenza (muscoli) che traduce in gesto motorio il segnale elaborato dai centri superiori. I recettori che intervengono nella regolazione sia statica che dinamica sono il piede e l'occhio. A questi si aggiungono l'apparato stomatognatico, l'orecchio, gli stessi muscoli (che sono anch'essi recettori), le articolazioni e l'apparato tegumentario. Disfunzioni o squilibri di questi recettori provocano squilibri tonico posturali; il sistema risponde con meccanismi di compenso per ritrovare un nuovo equilibrio.

I principali recettori del sistema tonico posturale :

- *Recettore podalico:* I piedi percepiscono le irregolarità della superficie di appoggio; pertanto, sono fondamentali per i riflessi di equilibrio. Con i piedi, il sistema nervoso centrale riceve ed elabora una grande quantità di informazioni. Esso le elabora e le integra con altre informazioni provenienti da altri recettori (occhio - vestibolo - rachide) e , in tempo reale, sono usate nella strategie posturali. Nell'ambito delle problematiche posturali, il piede può intervenire in tre modi diversi:
 1. come recettore causativo: responsabile principale dello squilibrio posturale;

2. come recettore adattativo: risponde ad uno squilibrio dovuto primariamente a cause oculari, a malocclusioni, a cicatrici patologiche, a problemi viscerali;
 3. come elemento misto: presentando contemporaneamente un versante adattativo e un versante causativo
- *Recettore stomatognatico*: si integra in modo importante con il sistema tonico posturale. Le sue funzioni influiscono sulla fonazione, masticazione, deglutizione e in qualche maniera anche nella respirazione. La letteratura scientifica mostra come disfunzioni ed errori occlusali possano influenzare la postura e disturbi cranio cervico-mandibolari (DCCM) [11-13]. Il rapporto tra l'occlusione e il sistema posturale è multifattoriale. Esso nasce dalla relazione tra tratto cervicale, mandibola e osso ioide che è, a sua volta, strettamente connesso alla lingua. Eventuali disfunzioni di queste strutture si ripercuotono, attraverso le articolazioni temporo-mandibolari, sul tratto cervicale interessando così il cingolo scapolare, la colonna vertebrale fino ai piedi. In particolare con mandibola retrusa (II classe) e conseguente disfunzione linguale, si ha durante la deglutizione una proiezione in avanti del capo con aumento della freccia cervicale e lombare e una disfunzione dell'osso ioide secondaria alla disfunzione linguale.
 - *Recettore occhio*: L'apparato visivo ricava informazioni sull'ambiente circostante attraverso la luce. Esso è il principale organo sensoriale afferente del sistema tonico posturale e la principale fonte di informazioni esteroceettive dirette al SNC. La relazione tra la visione e la postura è molto stretta, infatti, un'alterazione della funzione visiva implica una modifica della postura. Le informazioni visive sono comparate a quelle che provengono dal vestibolo e dai piedi; dal punto di vista neurologico, esiste una serie di collegamenti tra il sistema visivo e le strutture

costituenti il sistema di regolazione della postura: il vestibolo, il cervelletto, le aree encefaliche frontali e parietali [14-16].

- *Recettori dell'orecchio interno:* I recettori vestibolari periferici dell'orecchio interno inviano informazioni circa la posizione della testa e della velocità al complesso nucleare vestibolare centrale e al cervelletto attraverso i nervi vestibolari afferenti, e il complesso nucleare vestibolare stima quindi l'orientamento della testa e del corpo. L'output del sistema vestibolare centrale è generalmente descritto in termini di tre semplici riflessi:
 - il riflesso vestibolo-oculare,
 - vestibolo-spinale
 - vestibolo-autonomico (VSR) [17, 18].

Il sistema vestibolare influenza la funzione del sistema nervoso autonomo attraverso il VSR e controlla la postura e il movimento del corpo attraverso il riflesso vestibolo-spinale [19].

- *Recettore cutaneo:* La pelle è un recettore esteroceettivo. I recettori cutanei ci informano sui diversi stimoli meccanici (meccanocettori), termici (termocettori) e dolorifici (nocicettori) che interessano la superficie esterna dell'organismo. Il recettore cutaneo può influire negativamente sulla postura. Per esempio, alcune cicatrici possono perturbare il nostro sistema tonico posturale. Esse creano una disfunzione sullo stiramento dei recettori cutanei, inviando al sistema nervoso centrale, informazioni propriocettive ed esteroceettive alterate. In definitiva, avviene una risposta muscolare anomala.

2. Obiettivi e scopo di questa tesi di dottorato

L'obiettivo di questa tesi era duplice: il primo era di fare una panoramica della letteratura scientifica, in una revisione sistematica, analizzando il deficit motorio e posturale in bambini con dislessia; esaminare gli eventuali interventi e i risultati da essi derivati. Il secondo obiettivo della tesi è stato quello di reclutare un campione di bambini dislessici e analizzarne alcuni adattamenti posturali e relazionali.

In dettaglio si è cercato di :

- valutare gli adattamenti del piede e della superficie podalica, confrontandoli con i parametri di soggetti sani;
- analizzare il controllo dell'equilibrio, confrontandolo sempre con soggetti sani;
- cercare di studiare l'effetto che la dislessia avesse sulle relazioni interpersonali, e valutare se questa capacità di relazionarsi avesse un' influenza sulla stabilità posturale e viceversa.
- cercare di capire gli effetti dell'attività sportiva e analizzare l'eventuale capacità di questa di compensare o mitigare eventuali deficit.

3. Gli effetti della dislessia sulla postura dei bambini: un' analisi sistematica della letteratura

Nel 1980 un importante obiettivo della ricerca scientifica era di identificare i deficit fonologici della dislessia e analizzarli [20-22]. Tuttavia, con il passare del tempo, i ricercatori hanno trovato evidenze di deficit aggiuntivi al problema fonologico. Questi includevano deficit visivi, problemi dell'area motoria, deficit del sistema equilibrio e ridotta velocità di apprendimento degli schemi motori [23-25]. Queste teorie sono compatibili con l'idea che un deficit fonologico sia una causa diretta della dislessia; ma, allo stesso tempo, mettono in dubbio la specificità di tale deficit. Durante gli anni 90' e nel decennio successivo, nasce e prende forza la teoria cerebellare (Fig. 1).

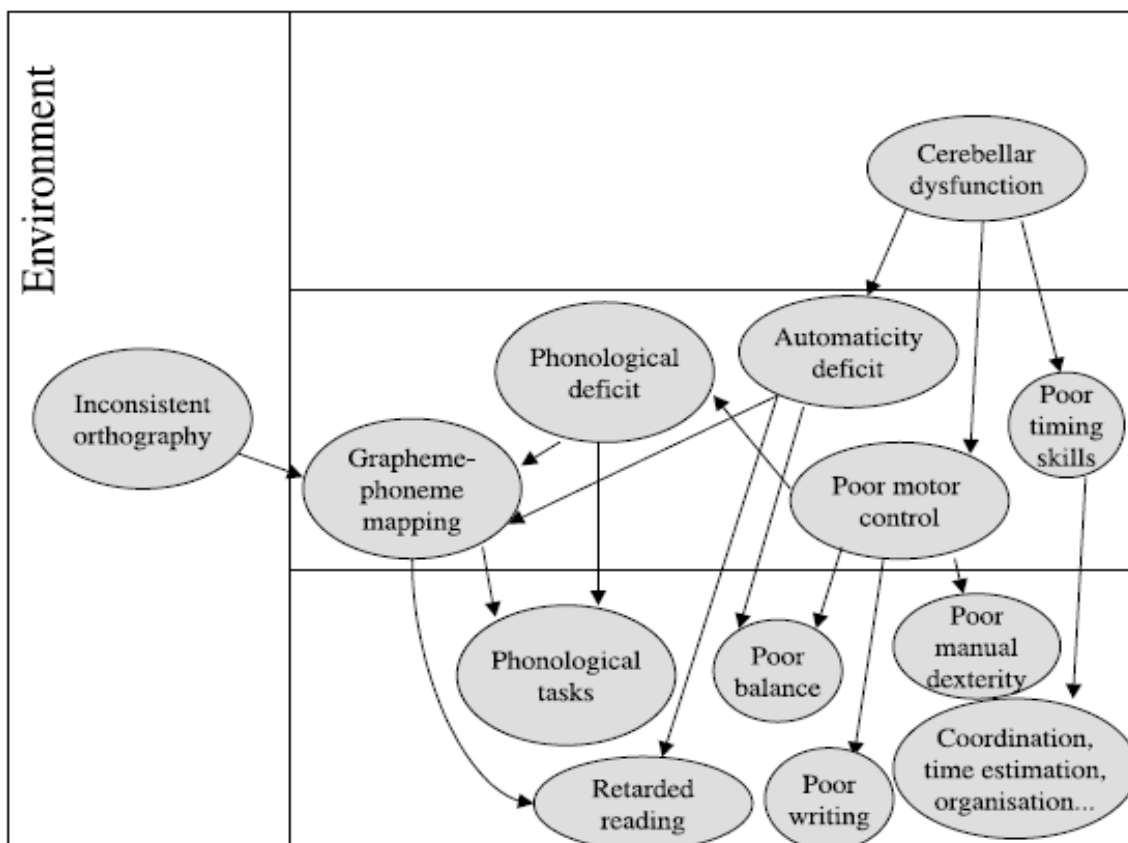


Figura 1: Un modello causale schematico della teoria cerebellare della dislessia (The relationship between motor control and phonology in dyslexic children[26])

La teoria cerebellare si basa principalmente sull'osservazione di bambini dislessici, i quali mostrano spesso una gamma di deficit motori, per lo più manifestantesi in goffaggine

generale, scarsa destrezza manuale, equilibrio e coordinamento [27, 28]. Nicolson e Fawcett hanno ipotizzato che tali menomazioni motorie potrebbero essere il risultato di una lieve disfunzione cerebellare [25]. Essi testarono alcuni bambini dislessici allo scopo di analizzare la funzione cerebellare, attraverso una batteria di test. I risultati di questo studio hanno mostrato che i dislessici presentavano deficit su un gran numero di compiti motori. Tra il 40 e il 100% dei bambini dislessici aveva una performance negativa rispetto a un gruppo controllo di età omogenea. Lo scopo di questa prima parte della tesi di dottorato è stato quello di dare una panoramica della letteratura scientifica in ambito di deficit motorio e posturale in bambini con dislessia, analizzando gli eventuali interventi e i risultati da essi derivati.

3.1 Materiali e Metodi

Criteria di ammissibilità

Sono stati presi in considerazione solo articoli originali che analizzavano bambini con dislessia in ambito di deficit motorio e posturale. Sono stati valutati gli eventuali interventi e i risultati da essi derivati in questi soggetti.

Fonti di informazione

Le pubblicazioni sono state selezionate sulla base di una ricerca bibliografica dal 1999 al 2017. Sono stati interrogati i seguenti database: MEDLINE-NLM e MEDLINE-EBSCO, Scopus Elsevier, Cochrane, DOAJ, SciELO e PLOS ONE.

Strategia di ricerca e parole chiave

La strategia di ricerca standardizzata includeva la presenza dei termini "dyslexia", "dyslexic children", "postural control", "exercise" e "motor control" nel titolo, nell'abstract e nelle parole chiave. Queste sono state identificate attraverso un processo di "snowballing" che è iniziato dalle parole chiave dyslexia, children, postural control.

Processo di raccolta dati

Tutti gli articoli recuperati sono stati trasferiti in Endnote software (Vers X6 per Windows 7, ©Thomson Reuters). Essi sono stati selezionati e analizzati seguendo le linee guida del PRISMA Statement [29, 30]. In un primo stadio, tutti i risultati sono stati codificati in 2 diverse categorie: recensioni / meta-analisi e articoli originali. Questo tipo di codificazione è stata applicata per ciascun database interrogato. In seguito, si è proceduto con l'esclusione delle recensioni, delle meta-analisi e dei duplicati degli studi selezionati attraverso i database. Successivamente si è proseguito con una sintesi qualitativa dei testi completi.

La sintesi è stata condotta come segue:

- Disegno dello studio;

- Numero del campione (n);
- Numero del campione gruppo dislessia,
- Intervento,
- Metodi di valutazione,
- Risultati e Conclusioni principali.

Criteria necessari agli studi per essere inseriti nella revisione

- Studi in lingua inglese e con data di pubblicazione dopo il 1999 e fino al 2017
- Lo studio doveva poter essere letto e analizzato per intero, in modo che la qualità metodologica e i risultati dello studio potevano essere valutati in maniera esaustiva. Gli abstract sono stati esclusi perché possono contenere dati insufficienti per l'analisi e quindi inficiarne la qualità metodologica [31].
- Il campione reclutato negli studi non doveva avere un'età maggiore di diciassette anni. Si sono considerati i soggetti con età superiore ai diciotto anni appartenenti all'età adulta (maggiorescenti), quindi fuori dall'obiettivo di questa revisione.
- Gli studi dovevano valutare l'equilibrio posturale e/o le capacità motorie dei soggetti dislessici.

3.2 Risultati

Un totale di 83 studi sono stati identificati attraverso la ricerca nei database. Di questi, 25 articoli sono stati rimossi come duplicati e 23 sono stati considerati potenzialmente pertinenti, rispettando i criteri d'inclusione precedentemente citati. Dopo un'analisi approfondita del testo completo e del disegno dello studio, altri 2 sono stati eliminati. In definitiva abbiamo ottenuto 21 articoli idonei (Figura 2 e Tabella 1).

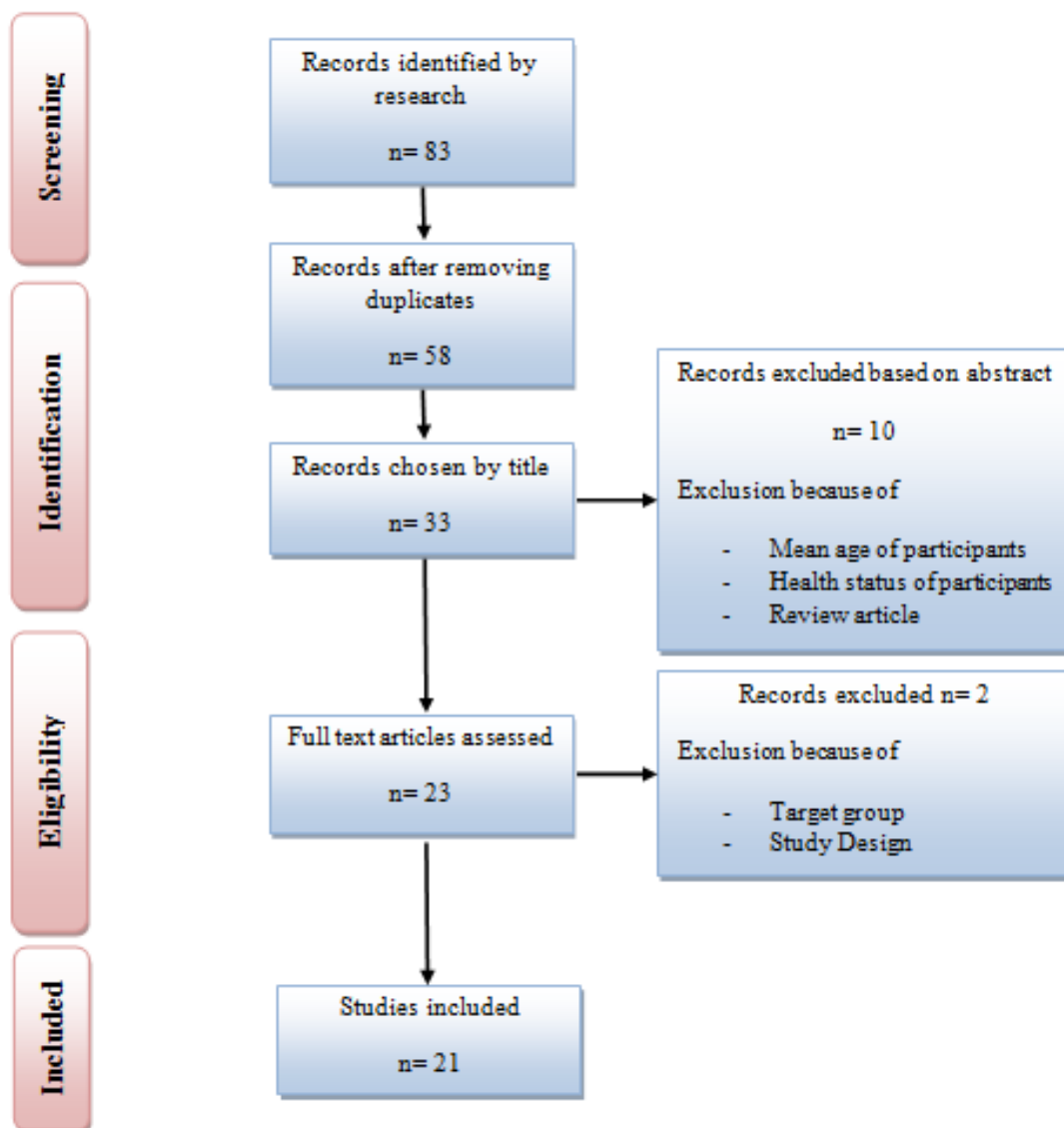


FIGURA 2: Identificazione degli studi [29].

Tabella 1 : Panoramica degli studi identificati e selezionati

Anno	Autore	Titolo	Disegno dello studio	Campione	Gruppo D	Intervento	Valutazione	Risultati e conclusioni
1999	Fawcett, A.J et al. [25]	Performance of Dyslexic Children on Cerebellar and Cognitive Tests	Studio caso - controllo	126	59	ns	Valutazione tramite batteria di test (Disfunzione cerebellare e cognitiva)	I bambini dislessici hanno mostrato alterazioni molto significative nei test cerebellari, con deficit sulla stabilità posturale e sul tono muscolare. Inoltre, oltre il 95 % dei bambini dislessici ha mostrato una chiara evidenza di <u>deficit sul tono muscolare e sulla stabilità.</u>
2003	Ramus, F. et al. [26]	The relationship between motor control and phonology in dyslexic children	Studio caso - controllo	42	22	ns	Test cerebellari e fonologici (WISC-IIIUK, Phonological Assessment Battery, Finger to thumb, postural stability)	Lo studio conferma le conclusioni di Fawcett et al. Le capacità motorie e la stabilità sono parzialmente compromesse nel gruppo dislessia. Tuttavia, molti soggetti mostravano capacità motorie nella norma.
2003	Reynolds et al. [32]	Evaluation of an exercise-based treatment for children with reading difficulties	pre - post trial	35	-	DDAT exercise therapy (Stimolazione sensorimotoria) 2 volte al giorno per 6 mesi	Dyslexia Early Screening Test and Singleton's Cognitive Operations Profiling System, Posturography score	Dopo 6 mesi il gruppo intervento ha mostrato miglioramenti significativi nella funzione vestibolare e nella stabilità posturale.
2005	Stoodley, CJ et al. [33]	Impaired balancing ability in dyslexic children	Studio caso - controllo	35	16	ns	British Abilities Scales II; WISC-R; the Olson Orthographic test; The Polhemus motion tracking per monitorare la postura	Il gruppo dislessia aveva una postura compromessa rispetto al controllo. Inoltre è stata riscontrata una disfunzione motoria proporzionale alla compromissione dello sviluppo dell'alfabetizzazione.

Tabella 1. (Continua)

Anno	Autore	Titolo	Disegno dello studio	Campione	Gruppo D	Intervento	Valutazione	Risultati e conclusioni
2006	Pozzo et al. [34]	Static postural control in children with developmental dyslexia	Studio caso - controllo	92	50	ns	Valutazione Body sway	I bambini dislessici mostravano in media una maggiore instabilità, con maggiore lunghezza, variabilità e frequenza media della potenza degli spostamenti del Centro di pressione.
2007	Getchell, N. et al. [35]	Comparing children with and without dyslexia on the Movement Assessment Battery for Children and the Test of Gross Motor Development	Studio caso - controllo	49	26	ns	Movement Assessment Battery for Children and Test of Cross Motor Development	Gli autori hanno registrato un deficit sull'equilibrio statico. Gli autori confermano la teoria sulla disfunzione cerebellare. <u>Gli autori non hanno mostrato differenze sulle abilità motorie nei dislessici più giovani. Gli autori ipotizzano che questi soggetti avendo condotto ottimi programmi di ed.fisica nelle scuole di appartenenza, abbiano compensato i deficit rispetto ai dislessici più adulti.</u>
2007	Kapoula, Z. et al. [36]	Postural control in dyslexic and non-dyslexic children	Studio caso - controllo	26	13	ns	Valutazione Body sway	Gli autori mostrano come una lieve instabilità posturale possa esistere nei dislessici, ma potrebbe essere migliorata dai processi oculomotori e di attenzione.
2009	Vieira, S. et al. [37]	Cognitive demands impair postural control in developmental dyslexia: a negative effect that can be compensated	Studio caso - controllo	39	12 non-treated dyslexic; 15 treated dyslexic 12 control	ns	Valutazione Body sway	Lo studio conferma il deficit posturale dei soggetti dislessici ; ma mostra come una stimolazione cognitiva possa compensare tale deficit. In definitiva gli autori confermano l'ipotesi dell'origine cerebellare per la dislessia.
2011	Barela, J. A. et al. [38]	Postural control and automaticity in dyslexic children: the relationship between visual information and body sway	Studio caso - controllo	20	10	ns	Valutazione Body sway	Lo studio conferma il deficit posturale dei soggetti dislessici e mostra come i soggetti dislessici non riescano a sfruttare gli input visivi in modo soddisfacente a ottenere una buona stabilità, rispetto al gruppo controllo.

Tabella 1. (Continua)

Anno	Autore	Titolo	Disegno dello studio	Campione	Gruppo D	Intervento	Valutazione	Risultati e conclusioni
2011	Kapoula, Z. et al. [39]	Postural control during the Stroop test in dyslexic and non dyslexic teenagers	Studio caso - controllo	27	15	ns	Valutazione Body sway	Lo studio non ha mostrato adattamenti posturali differenti in maniera significativa rispetto al controllo. In alcuni compiti motori, gli autori hanno mostrato una velocità di oscillazione differente per i dislessici, ipotizzando una disfunzione cerebellare.
2011	Quercia, P. et al. [40]	Integration of proprioceptive signals and attentional capacity during postural control are impaired but subject to improvement in dyslexic children	pre - post trial	123	30 non-treated dyslexic; 51 treated dyslexic 42 control	The prismatic and postural treatment (vibration)	Valutazione Body sway	Lo studio ha dimostrato come nei bambini dislessici, l'integrazione di segnali propriocettivi nel controllo dell'equilibrio e dell'attenzione, sia compromessa. Tuttavia, questo deficit può essere compensato o ridotto in maniera significativa.
2012	Kapoula, Z. et al. [41]	Spherical lenses and prisms lead to postural instability in both dyslexic and non dyslexic adolescents	pre - post trial	25	14	Prismi	Valutazione Body sway	Lo studio mostra adattamenti simili a livello posturografico in entrambi i gruppi. Prismi e lenti sferiche peggiorano la stabilità posturale.
2012	Legrand, A. et al. [42]	Effect of a dual task on postural control in dyslexic children	pre - post trial	36	18	Movimenti saccadici	Valutazione Body sway	Entrambi i gruppi di bambini erano più stabili sia durante l'esecuzione dei movimenti saccadici che durante la lettura di un testo. Inoltre, i bambini dislessici erano significativamente più instabili dei bambini non dislessici, specialmente durante l'attività di lettura. L'instabilità posturale osservata nei bambini dislessici supporta l'ipotesi che tali bambini abbiano una mancanza di integrazione di più input senso - motori.

Tabella 1. (Continua)

Anno	Autore	Titolo	Disegno dello studio	Campione	Gruppo D	Intervento	Valutazione	Risultati e conclusioni
2013	Bucci, M. P. et al [43]	The effect of a cognitive task on the postural control of dyslexic children	Studio caso - controllo	30	17	ns	Valutazione Body sway	Lo studio è in linea con la letteratura. I soggetti dislessici sono significativamente più instabili del gruppo controllo. Il compito cognitivo peggiora la stabilità nel gruppo dislessici.
2013	Viana, A. R. et al [44]	Sensorimotor integration in dyslexic children under different sensory stimulations	Studio caso - controllo	60	30	ns	Valutazione Body sway	All'analisi delle oscillazioni, con stimolo sensoriale, gli autori hanno mostrato che il gruppo dislessici oscillava di più e con più varianti rispetto al controllo. Lo studio suggerisce che i bambini dislessici hanno difficoltà nell'integrazione multisensoriale.
2014	Bucci, M. P. et al [45]	The influence of oculomotor tasks on postural control in dyslexic children	Studio caso - controllo	60	30	ns	Valutazione oftalmologica e optometrica, Valutazione Body sway	I bambini dislessici hanno mostrato intervalli di approssimazione della convergenza significativamente inferiori rispetto al gruppo bambini non dislessici. I bambini dislessici erano più instabili rispetto al gruppo di bambini non dislessici. La scarsa prestazione oculomotoria riportata nei bambini dislessici ha suggerito un deficit d'attenzione visiva e la loro instabilità posturale osservata è in linea con la letteratura precedente.

Tabella 1. (Continua)

Anno	Autore	Titolo	Disegno dello studio	Campione	Gruppo D	Intervento	Valutazione	Risultati e conclusioni
2014	Razul, M. et al [46]	Dyslexic children suffer from less informative visual cues to control posture	Studio caso - controllo	36	18	Stimolazione con stanza in movimento. La stanza era costituita da 2 x 2 x 2 m , montata su delle ruote in rotaie.	Valutazione Body sway	Tutto il campione preso in considerazione è stato testato dentro una stanza in movimento. Lo studio ha mostrato come i bambini dislessici oscillavano maggiormente, anche senza la stanza in movimento, rispetto al gruppo controllo. Gli autori confermano la letteratura ed evidenziano che i bambini dislessici impiegano più tempo ad elaborare gli stimoli sensoriali per ottenere informazioni precise, il che porta a un deterioramento delle prestazioni. Gli autori hanno mostrato che un breve allenamento posturale migliorava la stabilità posturale. Tale miglioramento potrebbe essere dovuto alla plasticità cerebrale, che consente prestazioni migliori nel processo sensoriale e nell'integrazione cerebellare.
2015	Gouleme, N. et al [47]	The Effect of Training on Postural Control in Dyslexic Children	Studio randomizzato	31	16	Programma di allenamento posturale	Valutazione Body sway	Gli autori hanno mostrato che un breve allenamento posturale migliorava la stabilità posturale. Tale miglioramento potrebbe essere dovuto alla plasticità cerebrale, che consente prestazioni migliori nel processo sensoriale e nell'integrazione cerebellare.
2015	Gouleme, N. et al [48]	Spatial and temporal analysis of postural control in dyslexic children	Studio caso - controllo	60	30	ns	Valutazione Body sway con Multitest Equilibre from Framiral(R)	Lo studio è in linea con la letteratura: i bambini dislessici hanno un deficit nel controllo posturale; gli autori confermano un negativo utilizzo delle informazioni sensoriali, probabilmente causate da una compromissione dell'attività cerebellare.
2015	Quercia, P. et al. [49]	The distinctive vertical heterophoria of dyslexics	Studio caso - controllo	64	42	ns	Valutazione eteroforia verticale (test Maddox verticale)	Gli autori hanno riscontrato una disfunzione dell'eteroforia verticale. Gli autori suggeriscono che ciò potrebbe essere considerato come marker clinico .

Tabella 1. (Continua)

Anno	Autore	Titolo	Disegno dello studio	Campione	Gruppo D	Intervento	Valutazione	Risultati e conclusioni
2017	Gouleme, N. et al. [50]	Postural Control in Children with Dyslexia: Effects of Emotional Stimuli in a Dual-Task Environment	Studio caso - controllo	44	22	ns	Analisi movimenti saccadici, analisi body sway	Lo studio è in linea con la letteratura: i bambini dislessici hanno un controllo posturale più povero rispetto al controllo. Inoltre, lo studio identifica strategie visive diverse rispetto ai bambini senza dislessia.

3.3 Analisi degli studi

Gli articoli presi in analisi e valutati in questa parte dello studio sono 21 [25, 26, 32-50]. In questi articoli, si è valutata l'efficacia del sistema tonico posturale dei soggetti presi in considerazione e, in alcuni di essi, si è fatto riferimento anche alle capacità motorie e coordinative residue dei bambini dislessici. Certamente Angela J. Fawcett e Roderick I. Nicolson sono stati i primi autori a mostrare come i bambini dislessici presentassero altri deficit in aggiunta a quelli fonologici. Gli autori hanno mostrato, in laboratorio, dei deficit cerebellari significativi in bambini dislessici tra gli 8 e i 16 anni. Inoltre è interessante notare come gli autori descrivano in questi soggetti deficit posturali e disfunzioni del tono muscolare [25]. Nel 2003, Ramus, F. et al. hanno mostrato gli stessi deficit di controllo posturale. Tuttavia, in questo studio, gli autori non hanno trovato la stessa incidenza di disfunzioni riscontrata da Fawcett, A. nel campione analizzato; pertanto, gli autori consigliano ulteriori studi per confermare la teoria cerebellare, dato che, nel loro campione, molti soggetti dislessici mostrano capacità motorie normali[26]. Reynolds, D. et al ha dimostrato come un programma di esercizi possa compensare i deficit cerebellari. Lo studio ha mostrato come un gruppo di bambini, che ha utilizzato quotidianamente il programma di esercizi DDAT (dyslexia dyspraxia attention deficit treatment), ha compensato le disfunzioni cerebellari[32]. Alcuni test, come il test del movimento oculare, sono stati somministrati inizialmente e dopo i sei mesi di trattamento. Nel gruppo

sperimentale, a cui è stato somministrato l'intervento, i deficit cerebellari / vestibolari sono stati sostanzialmente alleviati, mentre non c'erano significative modifiche nel gruppo di controllo[32]. Inoltre, gli autori in aggiunta agli effetti diretti su equilibrio, destrezza e movimento degli occhi, riportano miglioramenti anche sulle abilità cognitive alla base dell'alfabetizzazione [32]. A questo quesito, Stoodley, C. J. et al sembrano dare una risposta : nello specifico, a 16 bambini dislessici e a 19 bambini con apprendimento tipico, è stato chiesto di svolgere vari compiti cognitivi, di alfabetizzazione e di bilanciamento posturale. Ai bambini è stato chiesto di stare sul piede sinistro o destro, con gli occhi aperti o chiusi, per un tempo di 10 secondi, durante il quale le loro oscillazioni sono state registrate con un sistema di rilevamento del movimento. L'analisi dei dati ha mostrato che i bambini dislessici erano più instabili ad occhi aperti, mentre ad occhi chiusi non c'era differenza significativa rispetto al controllo. Inoltre c'erano forti correlazioni tra i punteggi di lettura e di ortografia e il punteggio medio di equilibrio con occhi aperti. In base ai risultati ottenuti, gli autori asseriscono che, anche se non tutti i bambini con dislessia evolutiva mostrano capacità di equilibrio compromesse, una difficoltà di coordinazione motoria lieve può essere associata a compromissione dello sviluppo dell'alfabetizzazione. Ciò potrebbe essere dovuto a diversi fattori, tra cui il coinvolgimento del cervelletto o più in generale ad una immaturità dello sviluppo[33]. Nel 2006 Pozzo, T et al hanno esaminato 92 soggetti con posturografia computerizzata, utilizzando una pedana di forza. Analizzando le oscillazioni del centro di pressione, i dati mostravano che il gruppo dei soggetti dislessici aveva una instabilità media maggiore, con maggiore lunghezza, variabilità e frequenza rispetto ai soggetti sani. Gli autori ribadiscono che i parametri posturali possono discriminare i bambini con dislessia rispetto ai soggetti sani di pari età [34]. Similmente la letteratura scientifica ci segnala che questi soggetti presentano deficit e disfunzioni motorie; nello studio di Getchell, N. et al. sono stati analizzati 49 bambini,

divisi in due gruppi : gruppo dislessici (26 soggetti) e gruppo di controllo (23 soggetti). All' intero campione reclutato è stata somministrata una batteria di test per valutare le abilità grosso-motorie (Test of Gross Motor Development [51]) e una batteria di test per valutare il movimento (Movement Assessment Battery [52]). All'analisi, il gruppo dislessici registrava risultati significativamente più bassi rispetto al controllo. Inoltre, gli autori hanno enfatizzato che i soggetti dislessici più giovani avevano punteggi migliori rispetto ai dislessici più anziani; pertanto, gli autori ritengono che queste differenze di prestazioni possano dipendere da una disfunzione cerebellare [35]. La letteratura suggerisce che il controllo posturale si basa soprattutto sull'elaborazione del movimento visivo (afferente o efferente); infatti quando gli occhi sono chiusi, la stabilità diminuisce. Nei dislessici, è stato dimostrato che il rilevamento visivo del movimento è carente; inoltre i bambini dislessici elaborano le informazioni visive più lentamente rispetto ai soggetti sani[53-56]. Kopoula ha analizzato i cambiamenti del sistema posturale in soggetti nel momento in cui si chiedeva loro di cambiare la convergenza visiva, ovvero di osservare degli oggetti posti a differenti distanze. All'analisi dei dati, 13 soggetti dislessici confrontati con 13 di controllo, hanno mostrato un miglioramento di stabilità quando spostavano lo sguardo in direzione "avanti- dietro"; lo studio ha dimostrato che i bambini dislessici sono più instabili rispetto al controllo ed inoltre le registrazioni dei movimenti oculari hanno evidenziato deficit nel mantenere stabile l'angolo di vergenza per un periodo prolungato[36]. Lo studio di Vieira et al conferma il deficit posturale dei soggetti dislessici e mostra che questo deficit aumenta quando le richieste cognitive sono maggiori. Nello specifico, si è osservato che soggetti dislessici, a cui era chiesta una lettura silenziosa durante un'analisi posturografica, mostravano deficit posturali più marcati rispetto a quando non leggevano. Inoltre, i soggetti a cui veniva regolarmente somministrato un trattamento specifico, mostravano una compensazione di tali deficit[37]. Sulla stessa linea,

Barela et al nel loro studio, hanno similmente mostrato come il sistema posturale e le oscillazioni dei soggetti dislessici siano estremamente influenzate da informazioni visive. Gli autori evidenziano che i bambini dislessici mostrano in assoluto prestazioni peggiori e maggiore variabilità, anche se il compito non richiede un coinvolgimento motorio cognitivo e consapevole[38]. Un pò in controtendenza è lo studio del 2011 di Kapoula, Z. et al[39]. In questo studio caso-controllo, gli autori non hanno mostrato adattamenti posturali differenti in maniera significativa rispetto al controllo. Ciononostante, in alcuni compiti motori, gli autori hanno trovato una velocità di oscillazione differente per i dislessici, ipotizzando una disfunzione cerebellare[39]. In linea con lo studio di Viera et al [37], nel 2011 Quercia P. et al hanno mostrato come nei bambini dislessici, l'integrazione di segnali propriocettivi nel controllo dell'equilibrio e dell'attenzione, sia compromessa[40]. Parte della letteratura sostiene che nei soggetti con dislessia possa essere presente un certo grado di eteroforia[57, 58]. A questo proposito, Quercia P et al, hanno dimostrato che un intervento sperimentale con prismi obliqui ha migliorato la capacità d'attenzione dei soggetti dislessici. La teoria presuppone che i segni clinici nella dislessia siano causati, completamente o parzialmente, dal controllo difettoso dei muscoli obliqui e specialmente l'eteroforia. Questo concetto è compatibile sia con la teoria cerebellare che con i deficit posturali riscontrati in questi soggetti da studi precedenti[59]. I risultati dello studio suggeriscono che l'integrazione di segnali propriocettivi è carente nei bambini dislessici. Questo risultato è compatibile quindi con la teoria del deficit cerebellare, specialmente per quanto riguarda l'apprendimento procedurale e l'automaticità dei compiti[2]. Inoltre gli autori affermano che l'utilizzo dei prismi e i trattamenti posturali non abbiano influenzato direttamente l'integrazione e l'elaborazione dei segnali propriocettivi. Tuttavia, le capacità di attenzione erano significativamente migliorate; gli autori suggeriscono che sia l'integrazione di segnali propriocettivi nel controllo

dell'equilibrio che la capacità di attenzione siano compromessi nei bambini dislessici [40]. Gli effetti dei prismi convergenti e delle lenti sferiche sul sistema tonico posturale sono stati studiati anche da Kapoula, Z. et al[41]. Gli autori evidenziano alcuni degli effetti negativi che i prismi convergenti possono avere sul controllo posturale sia nel soggetto dislessico che nel soggetto sano. Prismi e lenti sferiche peggiorano la stabilità posturale[41]. Nel 2012, Legrand, A. et al hanno somministrato ad un campione di bambini dislessici un esame posturografico mentre eseguivano un compito di lettura. La performance di lettura è stata valutata contando il numero di parole lette durante l'esame posturale. Inoltre, ad una parte del campione, è stato somministrato un esercizio di movimenti saccadici orizzontali e verticali di ampiezza di 10 gradi. Entrambi i gruppi di bambini erano più stabili sia durante l'esecuzione di saccadi che durante la lettura del testo. Tuttavia i bambini dislessici erano significativamente più instabili dei bambini non dislessici, specialmente durante l'attività di lettura. Inoltre, il numero di parole lette dai bambini dislessici era significativamente inferiore a quello dei bambini non dislessici[42]. La carenza di integrazione automatica di informazioni visive e controllo posturale in bambini dislessici è confermata anche da Bucci, M. P. et al[43]. In questo studio, diciassette bambini dislessici sono stati confrontati con tredici bambini sani. A tutto il campione è stato somministrato un esame posturografico e un compito cognitivo secondario. All'analisi dei dati, gli autori hanno riscontrato che la percentuale di risposte errate nel compito cognitivo è significativamente più alta nei dislessici. L'instabilità posturale osservata nei bambini con dislessia supporta l'ipotesi che, in questi soggetti, vi sia una carenza di integrazione automatica di informazioni visive e controllo posturale[43]. Questa teoria è stata confermata anche da Viana, A. R. et al nel 2013. Infatti, dopo aver analizzato trenta bambini dislessici contro trenta di controllo, gli autori sono arrivati alla conclusione che i bambini dislessici, per controllare la loro postura, utilizzano le

informazioni visive e somatosensoriali adoperando gli stessi processi di controllo neurale dei bambini non dislessici. Tuttavia, i dislessici mostrano prestazioni peggiori e una maggiore variabilità mentre mettono in relazione le informazioni visive e somatosensoriali con le azioni motorie, anche durante un'attività che non richiede un coinvolgimento cognitivo/ motorio attivo. Inoltre, in condizioni di conflitto sensoriale, i bambini dislessici mostravano un movimento del corpo meno coerente e più variabile. Questi risultati suggeriscono che i bambini dislessici hanno difficoltà nell'integrazione multisensoriale perché possono soffrire di un deficit di integrazione dei segnali sensoriali provenienti da più fonti[44]. Sempre Bucci, M. P. et al nel 2014, oltre a un'instabilità posturale, riscontrarono, in una valutazione oftalmologica e optometrica, una compromissione delle capacità fusive di convergenza e divergenza, la quale potrebbe essere dovuta a un'immaturità nelle strutture corticali che controllano il sistema di vergenza oculare[45]. La scarsa prestazione oculomotoria riportata nei bambini dislessici ha suggerito un deficit di attenzione visiva e l'instabilità posturale osservata è in linea con una ipotetica insufficienza cerebellare riportata negli studi precedenti[45]. Sulla stessa linea, lo studio di Razuk, M and Barela , J.A del 2014; anche loro indicano una scarsa performance di controllo posturale nei bambini dislessici, la quale sarebbe legata al modo in cui le informazioni sensoriali vengono acquisite dall'ambiente e utilizzate per produrre risposte posturali. Inoltre i bambini dislessici impiegano più tempo a elaborare gli stimoli sensoriali per ottenere informazioni precise, il che porta a un maggior deterioramento delle prestazioni[46]. Interessante lo studio di Nathalie Goulème et al[47] del 2015. Lo scopo di questo studio era di indagare se un breve periodo di allenamento posturale potesse influire sulla stabilità posturale dei bambini dislessici. Allo studio hanno partecipato due gruppi di bambini dislessici: 16 hanno partecipato al programma di allenamento posturale, altri 16 partecipanti dislessici di età simile non hanno svolto nessun allenamento. Utilizzando una

pedana multimediale, il training consisteva nello schivare le persone che camminavano verso il soggetto. Il partecipante era posizionato su una piattaforma informatica, situata a 250 cm da uno schermo (340 cm x 170 cm), ove erano proiettati i soggetti da schivare; i quali soggetti erano a colori e camminavano in una strada verso il partecipante con una velocità media che va da 0,5 mm / s a 1,5 mm / s. Il bambino, quindi, doveva spostare il proprio corpo in modo efficiente per evitare i soggetti che gli arrivavano di fronte. L'esame posturografico è stato somministrato prima e dopo il training. I risultati hanno mostrato che un breve allenamento posturale migliorava la stabilità posturale. Tale miglioramento, evidenziano gli autori, però potrebbe essere dovuto alla plasticità cerebrale, tramite migliori prestazioni del processo di analisi sensoriale e dell' integrazione cerebellare[47].

Nel 2015 Quercia, P et al studiarono l'eteroforia verticale. L'analisi dei dati mostrava chiaramente una difformità presente soltanto nel gruppo dislessici. I dislessici presentavano una eteroforia verticale di basso livello (sempre <1 di prisma diottrico) combinato con la torsione. Gli autori suggeriscono che l'eteroforia verticale potrebbe essere di origine posturale e in qualche modo correlata all'azione verticale dei muscoli obliqui. In tal senso, l'eteroforia verticale potrebbe essere un marker clinico della disfunzione propriocettiva globale, responsabile di disturbi multisensoriali di alto livello secondari ad una scarsa localizzazione spaziale delle informazioni visive e uditive. Inoltre gli autori hanno teorizzato che questa disfunzione potrebbe anche spiegare i disordini motori concomitanti alla dislessia[49]. I movimenti oculari sono stati studiati anche da Goulème, N et al nel 2017. Gli autori, in questo studio, hanno analizzato le strategie di esplorazione visiva impiegate durante un compito di controllo posturale, in bambini con dislessia confrontandoli con un gruppo di controllo omogeneo. Essi hanno registrato simultaneamente i movimenti oculari e il controllo posturale, mentre i bambini osservavano diverse immagini che raffiguravano facce emotive. Hanno partecipato allo

studio ventidue bambini con dislessia e ventidue bambini senza dislessia. L'analisi dei dati ha mostrato che la stabilità posturale nei bambini con dislessia era più debole e peggiorava significativamente quando osservavano una faccia sgradevole[50]. Inoltre, i bambini con dislessia avevano strategie diverse da quelle usate dai bambini senza dislessia durante l'esplorazione visiva, in particolare quando osservavano facce emotive spiacevoli. In particolare, la faccia emotiva arrabbiata sembrava richiedere un'attenzione maggiore nei bambini con dislessia, con un'influenza posturale negativa[50].

3.4 Discussione

La letteratura analizzata mostra che i bambini dislessici posseggono una stabilità posturale peggiore rispetto a coetanei con apprendimento tipico. La teoria cerebellare sembra essere la teoria più accreditata. Il cervelletto è probabilmente coinvolto in vari aspetti della lettura, compresi i movimenti oculari, linguistici, di elaborazione spaziale, memoria di lavoro, acquisizione delle competenze e automaticità. Soggetti con dislessia mostrano alterazioni delle attività cerebellari, tra cui il controllo del movimento oculare, la stabilità posturale e l'apprendimento motorio. Inoltre, da alcuni studi si evince che i bambini dislessici mostrano deficit d'attenzione; l'attenzione è coinvolta nell'integrazione delle informazioni sensoriali. La teoria e i dati riportati sulla disfunzione del tono muscolare intrinseco nei bambini con dislessia da Fawcett, A.J et al. sono di particolare interesse, soprattutto per il settore scientifico delle scienze motorie. Gli autori, somministrando un "arm shake test" hanno identificato un deficit del tono muscolare. In dettaglio, al soggetto è stato chiesto di sedersi con i gomiti poggiati sul bracciolo della sedia e le mani rilassate liberamente. Il ricercatore afferra entrambi i polsi del soggetto e li scuote leggermente da un lato e dall'altro. Il grado di movimento è stato valutato su una scala da 1 (piccolo movimento) a 3 (grande movimento floscio); in questo modo, il ricercatore valutava il movimento e indirettamente il tono muscolare[25]. Un altro aspetto interessante della dislessia nei bambini, presente in letteratura, è la convergenza degli input sensoriali dai sistemi vestibolare, visivo e propriocettivo. La letteratura analizzata ci suggerisce che i bambini dislessici hanno una scarsa stabilità posturale e probabilmente questo deficit potrebbe essere causato da un uso scorretto degli input sensoriali, verosimilmente dovuto a un difetto di integrazione cerebellare[50]. Una forte evidenza di deficit di stabilità posturale nella dislessia è venuta da studi che hanno previsto l'esecuzione di un compito secondario mentre veniva valutata la stabilità posturale. Diversi tipi di compiti secondari,

ovviamente, possono influenzare la stabilità posturale in modo diverso, ovvero aumentando o diminuendo il deficit, a seconda del loro livello di necessità di attenzione[60]. Alcuni studi analizzati mostrano che i bambini con dislessia hanno una stabilità posturale significativamente più povera quando eseguono un compito cognitivo secondario (semplice denominazione di oggetti) rispetto ai bambini senza dislessia che eseguono lo stesso compito [37, 42, 43]. In conclusione, la letteratura suggerisce che i bambini con dislessia hanno un sistema tonico posturale più povero rispetto a coetanei sani. Tali deficit potrebbero essere spiegati con la teoria cerebellare, ma ulteriori studi sono necessari per confermare questa ipotesi.

4. Valutazione del supporto podalico e monitoraggio del controllo posturale in bambini con dislessia: uno studio pilota

La dislessia evolutiva è un disturbo del neuro-sviluppo, generalmente, caratterizzato da alterazioni della capacità di decodificare accuratamente singole parole scritte, usando regole di corrispondenza tra lettere e suoni, e leggere rapidamente e senza errori. Come definito nel DSM-5 [61], i criteri diagnostici comprendono capacità di accuratezza della lettura inferiori a quelle previste per l'età cronologica e che interferiscono con il rendimento scolastico e la vita di tutti i giorni (attività professionale, di svago e di gioco). I sintomi non sono dovuti a disabilità intellettiva, disturbi linguistici, visivi, uditivi, neurologici o condizioni avverse (ad esempio istruzione inadeguata, background socio-economico basso). Studi epidemiologici rivelano tassi di dislessia evolutiva in bambini e adolescenti in età scolare compresi tra il 2,5% e il 3,5%. Parallelamente, è presente nella letteratura scientifica un'enfasi crescente sull'analisi delle abilità motorie [25]. I deficit motori nei bambini con dislessia evolutiva sono stati descritti in molti studi e da molto tempo [35, 62]. Nel 1999, Nicolson et al. hanno mostrato una menomazione motoria in circa l'80% dei casi; in quasi tutti i bambini dislessici che gli autori hanno analizzato, si è riscontrato un deficit di equilibrio, tono muscolare e di coordinazione [63]. Gli autori hanno mostrato una relazione significativa tra deficit di attenzione e coinvolgimento motorio nella dislessia. Questi risultati suggeriscono meccanismi patofisiologici diversi, i quali possono interessare diverse regioni del sistema nervoso centrale [25]. La relazione tra dislessia e deficit del cervelletto ha confermato la connessione esistente tra il cervelletto e la corteccia frontale [2, 64, 65], sostenendo fortemente il ruolo del cervelletto nei compiti relativi alla lingua [3] e nell'apprendimento di complesse abilità cognitive-motorie, come

l'uso degli strumenti [4]. Negli ultimi anni, la letteratura ha suggerito che i soggetti dislessici presentano differenze significative nell'attivazione cerebrale rispetto ai soggetti di controllo [66]. E' interessante sottolineare che, nel cervelletto, le regioni bilaterali sono attive durante la lettura delle parole [67]. Il controllo posturale sembra influenzato dalla dislessia. Con un continuo aggiornamento e controllo, il sistema posturale è regolato da un feedback multisensoriale [68]. In questo contesto, la letteratura suggerisce che i bambini dislessici potrebbero avere funzioni cerebellari anormali come l'automatizzazione delle abilità, la stima del tempo, l'equilibrio e altri segni di distonia cerebellari [69]. In tal senso, alcuni studi hanno mostrato che i bambini dislessici hanno un controllo posturale basso rispetto ai bambini non dislessici [38, 42, 70]. Nel 2003, Vicari et al. hanno dimostrato che l'apprendimento motorio potrebbe essere carente nei bambini con dislessia; ciò potrebbe essere causato da una funzione cerebellare anomala [71]. Stoodley, C. J. et al. hanno dimostrato che i bambini dislessici hanno un equilibrio precario rispetto ai coetanei sani. Va sottolineato che i bambini dislessici mostravano un peggioramento del controllo dell'equilibrio ad occhi chiusi [33]. Inoltre, gli autori hanno ipotizzato che questo scarso bilanciamento sia sintomo di un sistema nervoso in ritardo o anomalo, che si riflette ulteriormente nelle difficoltà di alfabetizzazione [33]. Il piede è un importante punto di accesso per le informazioni posturali. In questo contesto, lo scopo di questa seconda parte di tesi di dottorato era molteplice : valutare gli adattamenti del piede e della superficie podalica in bambini con diagnosi di dislessia; analizzare il controllo dell'equilibrio di questi soggetti confrontandoli con i parametri di soggetti sani; e inoltre, cercare di indagare l'effetto che la dislessia avesse sulle relazioni interpersonali, valutando altresì se questa capacità di relazionarsi abbia un' influenza sulla stabilità posturale e viceversa. In ultima analisi, si è cercato di capire e analizzare gli effetti dell'attività sportiva su tutte le valibili prese in considerazioni.

4.1 Materiali e metodi

Quarantasette soggetti sono stati reclutati. I soggetti in seguito sono stati divisi in due gruppi : il gruppo dislessia (EG: 22 soggetti; età,y: $11,91 \pm 1,57$; altezza,cm: $148,2 \pm 11,62$; peso,kg: $47,32 \pm 11,03$) e il gruppo di controllo (CG: 35 soggetti; età,y: $12,66 \pm 0,63$; altezza,cm: $150,8 \pm 9,13$; peso, kg: $45,66 \pm 11,26$). I bambini sono stati reclutati in quattro scuole della provincia di Palermo. Lo studio è stato eseguito in conformità con la Dichiarazione di Helsinki e sono stati osservati i principi della legge italiana sulla protezione dei dati (196/2003). Prima della raccolta dati, tutti i genitori hanno fornito il consenso informato. Abbiamo usato i seguenti criteri di inclusione per selezionare il campione: (1) età simile; (2) una provenienza geografica simile; 3) i soggetti dislessici dovevano possedere una certificazione rilasciata o riconosciuta dall'ASL di appartenenza; in definitiva ci siamo attenuti alle norme della legge 170/2010. Analizzando la letteratura, abbiamo usato alcuni criteri di esclusione che potevano invalidare o influenzare la performance : 1) deficit uditivo o visivo (ridotta acuità visiva ammissibile se corretta con lenti / occhiali); 2) lesioni ortopediche che coinvolgono le estremità inferiori; 3) avere disabilità intellettive di qualsiasi livello. Le valutazioni del campione sono state raccolte dal sottoscritto, in collaborazione con l'unità di ricerca di "Sport Science" dell'Università di Palermo, durante il periodo compreso tra gennaio 2017 e luglio 2017, presso il Dipartimento di Scienze Psicologiche, Pedagogiche, dell'Esercizio Fisico e della Formazione dell'Università di Palermo o in un ambiente scolastico adatto. Successivamente alla prima analisi, il gruppo EG è stato ulteriormente suddiviso in due sottogruppi: un sottogruppo che praticava attività sportiva da almeno un anno (EG-Sport) e un sottogruppo di sedentari (EG-Sed). Ognuno di questi gruppi è stato confrontato con i parametri del gruppo controllo (CG).

Test e metodologia

Esame posturografico

Le analisi statiche e dinamiche di baropodometria sono state gestite con il sistema FreeMed (il software FreeStep v.1.0.3, prodotto da Sensor Medica, Guidonia Montecelio, Roma, Italia). I sensori della piattaforma sono in oro 24K; questo consente elevata ripetibilità e affidabilità. Utilizzando la posizione del test di Romberg, a tutti i soggetti è stata somministrata un' analisi podalica sulla piattaforma baropodometrica. Le impostazioni della piattaforma sono state regolate prima di effettuare la prima misurazione e sono state mantenute per tutta la raccolta dati. Sono stati eseguiti due test sul campione; la seconda misurazione è stata utilizzata ai fini dell'analisi. I parametri utilizzati per l'analisi della superficie podalica sono stati: Superficie SX, Superficie DX, Superficie Retropiede SX, Superficie Retropiede DX, Superficie Avampiede SX e Superficie Avampiede DX [72, 73]. Anche l'analisi posturografica è stata eseguita due volte (per familiarizzare con il test) e i punteggi ottenuti la seconda volta sono stati utilizzati per l'analisi dei dati. Per la valutazione posturografica, ogni partecipante ha eseguito il test di Romberg con posizionamento standardizzato: i piedi posizionati fianco a fianco, formando un angolo di 30° con entrambi i talloni separati di 4 cm. I valori della posturografia sono stati misurati utilizzando il sistema di posturografia FreeMed: la piattaforma baropodometrica FreeMed e il software FreeStep v.1.0.3. Il sistema è stato calibrato per campionare l'oscillazione posturale a 25 Hz, in tempo reale. I seguenti parametri dello statokinesigramma sono stati considerati in condizioni di occhi aperti: lunghezza del percorso di oscillazione del CoP (lunghezza gomito); area di superficie dell'ellisse; velocità media di movimento; coordinate del CoP lungo il piano frontale (oscillazioni latero - laterali; X-media) e sagittale (oscillazioni antero - posteriori; Y-media) [73]. Un esempio di rappresentazione grafica è raffigurato sulla figura 3.

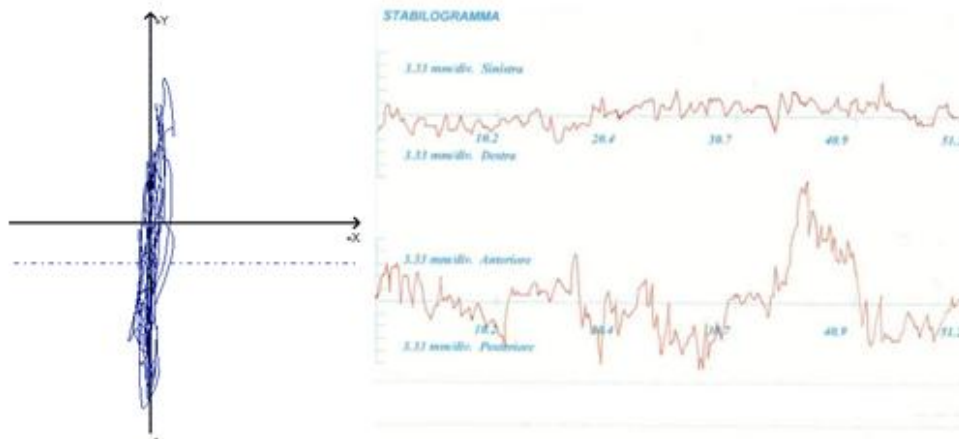


Figura 3. esempio di parametri posturografici in rappresentazione grafica (Statokinesigramma e Stabilogramma)

Test TMA di valutazione multidimensionale dell'autostima

L'autostima è una forma di auto-valutazione condotta dall'individuo sulla base delle sue esperienze passate, che consente di predirne i comportamenti futuri. L'autostima viene valutata domandando ai soggetti quanto siano in accordo con una serie di asserzioni, seguendo la teoria che queste valutazioni siano in relazione all'auto-percezione del proprio vissuto, fatto di successi e fallimenti, dalle storie personali di rinforzamento e dai modi con cui i soggetti hanno interagito con altri. Il test TMA di Bracken, B. (Test Multidimensionale dell'Autostima) consente una precisa misurazione dell'autostima in età evolutiva[74]. Il TMA è costituito da 6 sub test:

- 1) *Le relazioni interpersonali (fig. 4)*
- 2) *Competenza nel controllo dell'ambiente*
- 3) *L'emotività*
- 4) *Il successo scolastico*
- 5) *La vita familiare*
- 6) *Il vissuto corporeo*

In questo studio, in accordo con la mia tutor, abbiamo somministrato al campione soltanto gli Items della prima area (relazioni interpersonali) in quanto conformi con l'obiettivo dello studio, ovvero indagare l'effetto che la dislessia ha sulle relazioni interpersonali e valutare se questa abbia un' influenza sulla stabilità posturale[75, 76].

	Assolutamente vero	Vero	Non è vero	Non è assolutamente vero
1. Di solito con me ci si diverte molto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. La gente non sembra molto interessata a parlare con me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Sono troppo timido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Piaccio alla maggior parte della gente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Gli altri mi evitano.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Molte persone si burlano di me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Non sono accettato da coloro che mi conoscono.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. La maggior parte della gente mi trova interessante.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Alla gente piace stare con me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Il più delle volte mi sento ignorato.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Mi sento ammirato dalle persone dell'altro sesso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Nessuno ride quando racconto barzellette.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. La maggior parte della gente mi apprezza così come sono.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Spesso mi sento lasciato fuori.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. La gente dice bugie sul mio conto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Ho molti amici.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Passo molto tempo sentendomi solo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Non sono mai sicuro di cosa fare quando mi trovo con persone che non conosco bene.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Gli altri mi dicono i loro segreti.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. La gente se la prende con me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Ho l'impressione che gli altri non si accorgano di me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ricevo molte telefonate dagli amici.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Molte persone hanno una scarsa opinione di me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Permetto agli altri di approfittarsi di me in maniera eccessiva.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Bisogna che gli altri mi conoscano prima che io possa piacere loro.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 4: Item TMA

Somministrazione e scoring

- Tempi di somministrazione: non sono previsti limiti di tempo
- Materiali: modulo items con spazio tratteggiato ove l'operatore inserisce la risposta
- Risposte: ogni domanda prevede 4 probabili risposte alternative:
 - 1) Assolutamente vero
 - 2) Vero
 - 3) Non è vero
 - 4) Non è assolutamente vero

L'operatore attribuirà 4, 3, 2, 1 punti alle risposte se la domanda indica in positivo il possesso di una qualità, oppure assegnerà 1, 2, 3, 4 punti se la domanda è in negativo[75]. Il punteggio totale non è stato utilizzato per fare una valutazione di autostima dei soggetti (quindi utilizzando il manuale TMA per interpretare i dati), ma i dati grezzi sono stati esclusivamente confrontati con il gruppo di controllo e correlati con i parametri di posturografia per indagare sulle differenze del gruppo EG rispetto al gruppo sano.

Analisi statistica

Tutti i dati numerici sono stati inseriti su un foglio Excel prima di essere analizzati. Per identificare la distribuzione dei dati è stato utilizzato lo Shapiro-Wilk normality test su tutte le variabili. Al fine di valutare le differenze statistiche delle prestazioni è stato utilizzato il test t di Student o il Mann Whitney test a seconda se i dati assumevano una distribuzione gaussiana o meno; abbiamo utilizzato un intervallo di confidenza del 95% tra le medie. Un valore di p inferiore a 0,05 è stato considerato statisticamente significativo. L'indice di correlazione di Pearson è stato utilizzato per analizzare le correlazioni tra le

variabili. Per eseguire l'analisi, è stato utilizzato il software STATISTICA di StatSoft (Windows, Vers. 8.0, Tulsa, OK, USA).

4.2 Risultati

Come precedentemente detto, quarantasette soggetti sono stati reclutati per lo studio (Età: $12 \pm 1,1$ y; Altezza: $150 \pm 10,14$ cm; Peso: $46 \pm 11,1$ Kg; Calzatura: $39 \pm 2,32$). Il campione era costituito da un gruppo dislessici (EG) e da un gruppo controllo (CG). I dati antropometrici dei due gruppi sono riportati nella tabella 2.

Tabella 2.

	EG (22)	CG (35)	<i>p</i> <
Età, y	11,91±1,57	12,66±0,63	ns
Altezza, cm	148,2±11,62	150,8±9,13	ns
Peso, Kg	47,32±11,03	45,66±11,26	ns
Calzatura	38,39±2,66	38,69±2,12	ns

Il confronto e l'analisi delle differenze antropometriche non ha mostrato differenze statisticamente significative. Lo Shapiro-Wilk normality test ha mostrato che tutte le variabili, escluso TMA e Y media, assumono una distribuzione non gaussiana. Di conseguenza, per l'analisi statistica, è stato usato il test t di Student o Mann Whitney test, quando appropriato. I risultati sono descritti in tabella 3.

Tabella 3.

	EG (22)	CG (35)	<i>p</i> <
*TMA	$69 \pm 15,30$	$77,17 \pm 12,73$	$p < 0,05$
†Superficie SX cm²	$96,68 \pm 16,51$	$55,66 \pm 18,78$	$p < 0,0001$
†Superficie DX cm²	$95,27 \pm 16,25$	$55,51 \pm 17,42$	$p < 0,0001$
†Superficie Avampiede SX cm²	$50,77 \pm 10,50$	$27,77 \pm 10,50$	$p < 0,0001$
†Superficie Avampiede DX cm²	$50,05 \pm 9,92$	$27,74 \pm 12,43$	$p < 0,0001$
†Superficie Retropiede SX cm²	$45,95 \pm 8,27$	$27,86 \pm 7,28$	$p < 0,0001$
†Superficie Retropiede DX cm²	$45,27 \pm 7,73$	$27,80 \pm 7,112$	$p < 0,0001$

†Superficie ellisse mm ²	553,6 ± 271,4	318,6 ± 270,6	p<0,001
†Lunghezza gomito mm	771,3 ± 244,9	836,9 ± 231,2	ns
†Velocità media mm/s	15,98 ± 5,01	16,36 ± 4,52	ns
†X media	3,563 ± 14,05	-7,160 ± 10,03	p<0,001
*Y media	-22,72 ± 9,58	-29,89 ± 14,20	p<0,05

* test t di Student ; † Mann Whitney test

Inoltre, l'analisi con l'indice di correlazione di Pearson ha mostrato un'elevata correlazione tra i seguenti parametri : Superficie ellisse vs TMA ($r = - 0,74$); Lunghezza gomito vs velocità media ($r = 0,95$). La rappresentazione grafica è delineata nelle figure 5 e 6.

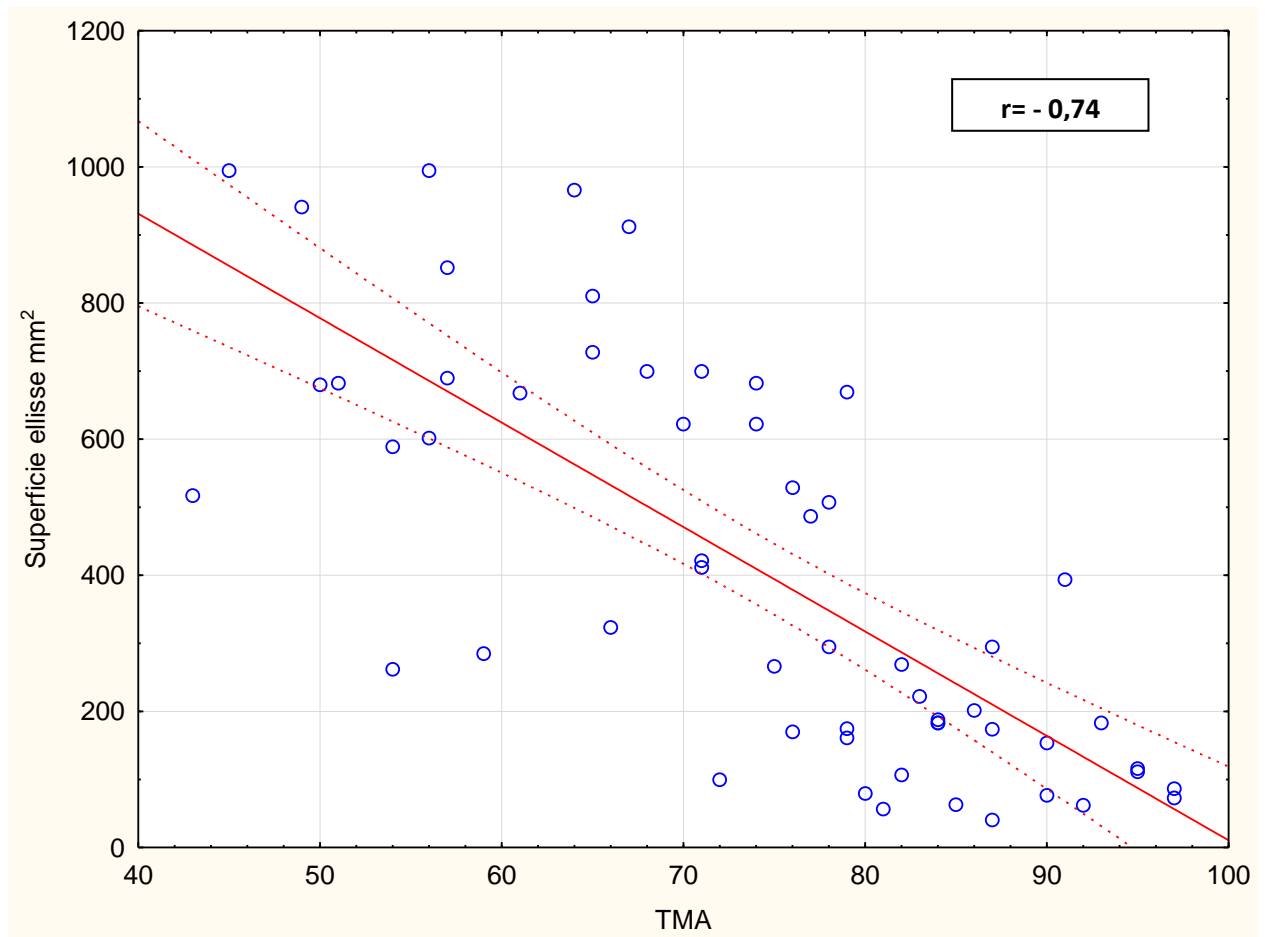


Figura 5.

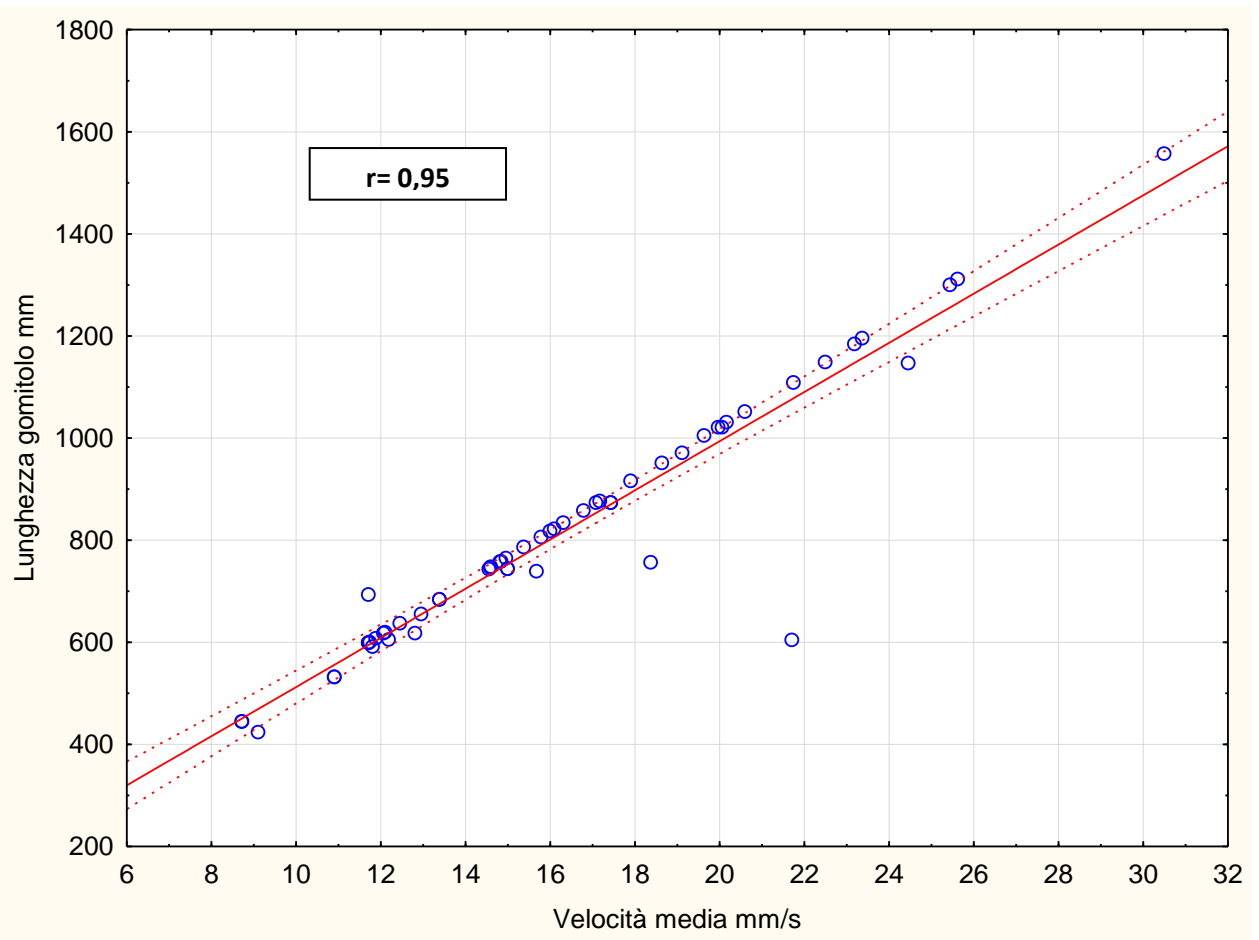


Figura 6.

Successivamente, come già detto, abbiamo ulteriormente stratificato il gruppo EG in sportivi/attivi e sedentari e analizzato i parametri dei due sottogruppi, confrontandoli con i valori del CG. I risultati sono riportati in tabella 4. I dati più significativi sono rappresentati nelle figure 7, 8, 9 e 10. Nella figura 7 sono raffigurati i valori registrati con il TMA, e si evidenzia come il gruppo dislessici sportivi abbia risultati paragonabili al CG. Nelle figure 8 e 9 vengono mostrate le superfici di appoggio podalico e in questo caso si rileva come l'attività motoria non abbia influito su questi parametri. Infine, nella figura 10, si nota un miglioramento significativo della stabilità posturale nel gruppo dislessici sportivi; infatti le prestazioni sono in linea con il CG.

Tabella 4.

	EG-Sport (11)	CG (35)	<i>p</i> <	EG-Sed (11)	CG (35)	<i>p</i> <
*TMA	80,91 ± 7,32	77,17 ± 12,73	ns	57,09 ± 11,21	77,17 ± 12,73	<i>p</i> <0,0001
†Superficie SX cm ²	95,82 ± 9,26	55,66 ± 18,78	<i>p</i> <0,0001	97,55 ± 22,03	55,66 ± 18,78	<i>p</i> <0,0001
†Superficie DX cm ²	92,64 ± 14,80	55,51 ± 17,42	<i>p</i> <0,0001	97,91 ± 17,90	55,51 ± 17,42	<i>p</i> <0,0001
†Superficie Avampiede SX cm ²	49,55 ± 7,31	27,77 ± 10,50	<i>p</i> <0,0001	52 ± 13,21	27,77 ± 10,50	<i>p</i> <0,0001
†Superficie Avampiede DX cm ²	49,45 ± 9,13	27,74 ± 12,43	<i>p</i> <0,0001	50,64 ± 11,07	27,74 ± 12,43	<i>p</i> <0,0001
†Superficie Retropiede SX cm ²	46,36 ± 6,20	27,86 ± 7,28	<i>p</i> <0,0001	45,55 ± 10,25	27,86 ± 7,28	<i>p</i> <0,0001
†Superficie Retropiede DX cm ²	43,27 ± 6,84	27,80 ± 7,11	<i>p</i> <0,0001	47,27 ± 8,36	27,80 ± 7,11	<i>p</i> <0,0001
†Superficie ellisse mm ²	356,5 ± 192,1	318,6 ± 270,6	ns	750,8 ± 179,6	318,6 ± 270,6	<i>p</i> <0,0001
†Lunghezza gomito mm	625,7 ± 103	836,9 ± 231,2	<i>p</i> <0,001	916,8 ± 262,1	836,9 ± 231,2	Ns
†Velocità media mm/s	12,54 ± 2,016	16,36 ± 4,52	<i>p</i> <0,05	19,41 ± 4,78	16,36 ± 4,52	Ns
†X media	-0,037 ± 10,85	-7,160 ± 10,03	ns	7,16 ± 16,38	-7,160 ± 10,03	<i>p</i> <0,05
*Y media	-22,18 ± 10,20	-29,89 ± 14,20	ns	-23,26 ± 9,40	-29,89 ± 14,20	Ns

* test t di Student ; † Mann Whitney test

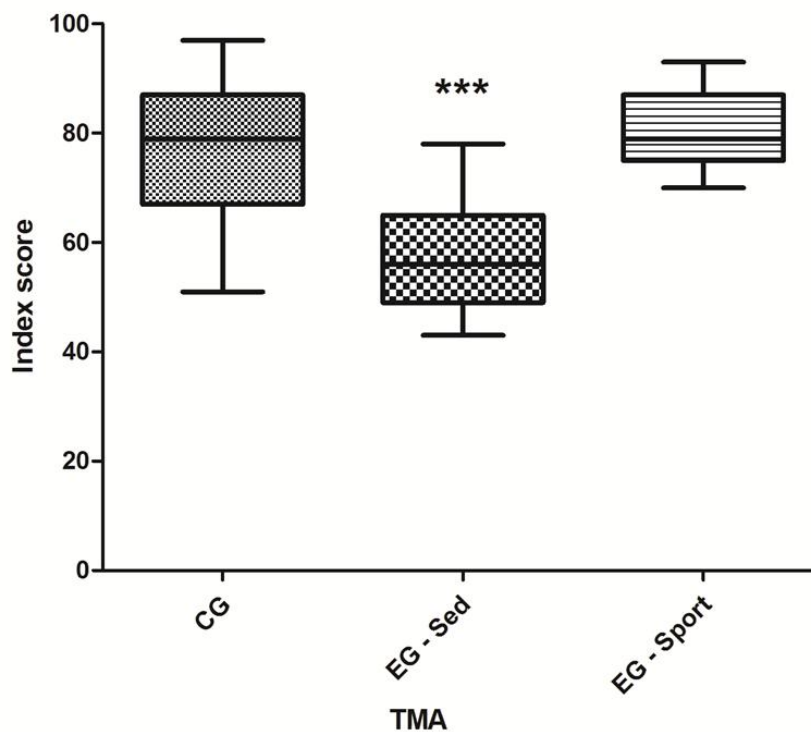


Figura 7.

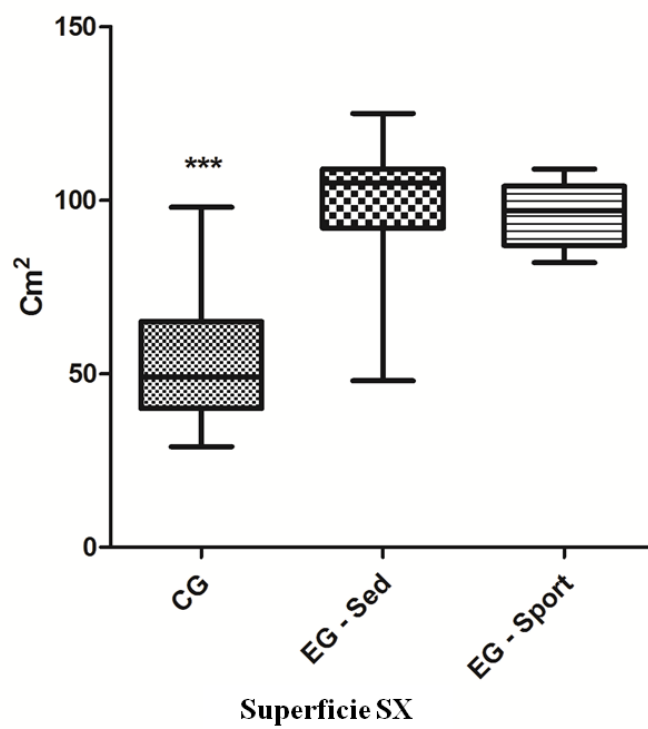


Figura 8

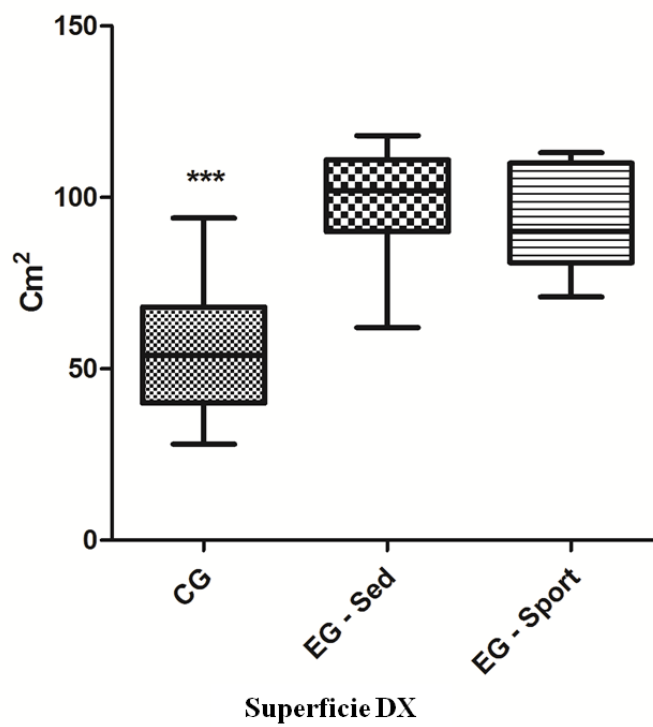


Figura 9.

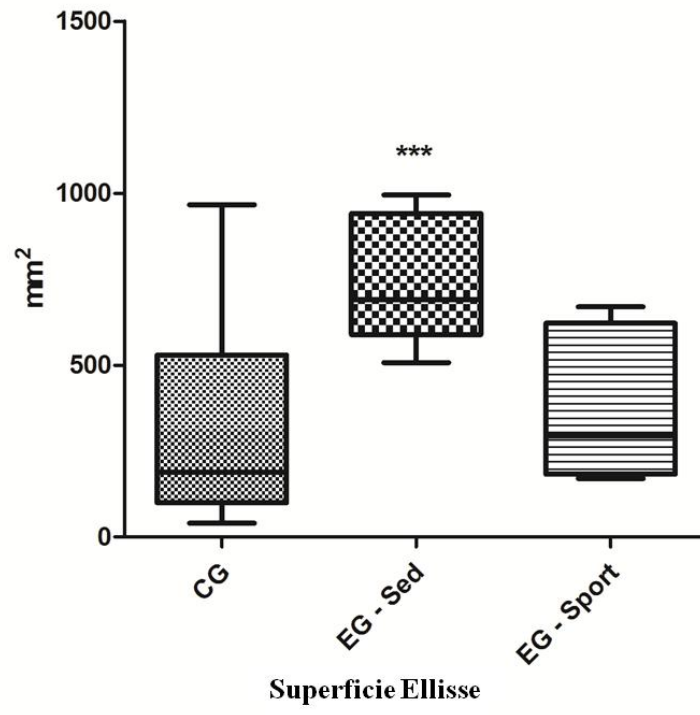


Figura 10.

4.3 Discussione

All'analisi dei dati, i bambini dislessici hanno mostrato una tendenza superiore al piede piatto significativa rispetto ai coetanei sani. I piedi piatti rappresentano un deficit posturale in cui si ha una riduzione dell'arco plantare e quindi un aumento della superficie d'appoggio della pianta del piede[77]. Di conseguenza, la pianta del piede entra in contatto con il terreno completamente o quasi completamente. Nel bambino, la forma più comune di piede piatto è il piede lasso infantile causato da vari deficit : insufficiente sviluppo muscolare del piede, lassità legamentosa, aumento del tessuto adiposo e controllo neuromuscolare immaturo[78, 79]. I soggetti che fino all'età adulta soffrono di questo paramorfismo non compensato presentano vari problemi posturali e, in definitiva, hanno una ridotta qualità di vita[80]. Il piede piatto può influenzare la biomeccanica dell'andatura e aumentare il rischio di lesioni agli arti inferiori[81]. Nel 2018, Helen A. Banwell et al. hanno identificato, confermando i dati presenti in letteratura, le varie cause del piede piatto; di particolare interesse per il nostro studio è il controllo neuromuscolare[82]. Come descritto precedentemente, Fawcett, A.J et al. hanno mostrato che oltre il 95% dei bambini dislessici presentava una chiara evidenza di deficit sul tono muscolare e sulla stabilità[25]. Questo dato è conforme con i dati presenti in questo studio e con un possibile deficit del tono della volta plantare. In base all' analisi della letteratura da me effettuata, questo è verosimilmente il primo studio che ha valutato l'effetto della dislessia sulla superficie podalica, sebbene sia stato dimostrato che la sensibilità dei meccanocettori della pianta podalica è direttamente correlata al controllo dell'equilibrio[83]. Inoltre, Jarl Flensmark ha mostrato che la superficie plantare e gli organi tendinei del Golgi sono collegati con la funzione del sistema cerebellare[84]. Ciononostante una spiegazione più diretta e precisa di questo fenomeno è necessaria, e sarà oggetto di futuri studi. Dal punto di vista della stabilità posturale, i nostri dati confermano la letteratura scientifica ovvero i bambini

dislessici sono più instabili rispetto a soggetti coetanei sani. Come mostrato in tabella 3, la superficie dell'ellisse è significativamente più ampia rispetto al controllo. Inoltre, è interessante notare che i bambini dislessici sono più anteposti rispetto al controllo e tendono ad avere delle oscillazioni medie a destra sull'asse trasversale rispetto ai bambini sani che tendono invece ad oscillare verso sinistra; le differenze sono sempre significative (Tabella 3). Inoltre, a tutto il campione, è stata somministrata una parte del Test Multidimensionale dell'Autostima (TMA). L'analisi dei dati (Tabella 3) mostra che le autovalutazioni del gruppo EG sono significativamente più basse rispetto al CG ($p < 0,05$); inoltre, all'analisi dell'indice di Pearson, si evidenzia una correlazione inversa con il parametro dell'ellisse ($r = - 0,74$; Figura 5). Questo sembrerebbe indicare che, più la stabilità posturale e di equilibrio è negativa (ellisse ampia), più questo influisce negativamente sulle relazioni interpersonali (bassi punteggi sui primi 25 Items di TMA) e viceversa. In aggiunta, l'indice di Pearson ci indica che, in presenza di un equilibrio instabile, la velocità di appoggio/secondi aumenta ($r = 0,95$; Figura 6). Questo risultato non ha destato particolare sorpresa; infatti, il sistema tonico posturale non riuscendo a trovare un appoggio stabile, agisce cercando di correggere quest'ultimo continuamente, e quindi la velocità di appoggio tende ad aumentare nei soggetti instabili. Nel 2015 Gouleme, N. et al hanno mostrato come un allenamento posturale potesse migliorare la stabilità dei bambini con dislessia. Come indicato dagli autori, il miglioramento potrebbe essere dovuto alla plasticità cerebrale, che consente prestazioni migliori nel processo sensoriale e nell'integrazione cerebellare. Gli autori hanno somministrato un training multimediale: i soggetti dovevano evitare persone, proiettate su uno schermo, le quali camminavano verso di loro a varie velocità[47]. Questo indicava come degli input sensoriali migliorassero la stabilità posturale. Sulla stessa linea di pensiero, ci si è chiesti se l'attività sportiva potesse compensare, almeno in maniera parziale, i deficit posturali. A tal fine, si è stratificato

ulteriormente il gruppo EG, suddividendolo in attivi/sportivi (EG-Sport) e sedentari (EG-Sed) e si sono confrontati i parametri rispetto al gruppo di controllo (CG). All'analisi statistica (Tabella 4), i risultati mostravano che la stabilità posturale era nel EG-Sport paragonabile al CG (Ellisse : EG-Sport $356,5 \pm 192,1 \text{ mm}^2$ vs CG: $318,6 \pm 270,6 \text{ mm}^2$) (Figura 10) e che le oscillazioni medie sull'asse trasversale tendevano verso i valori del CG (Tabella 4). Questi dati confermano le conclusioni di Gouleme, N. et al. Inoltre i risultati sul TMA seguivano lo stesso trend, mostrando valori medi addirittura migliori rispetto al controllo, anche se in maniera non statisticamente significativa (TMA: EG-Sport $80,91 \pm 7,32$ vs CG $77,17 \pm 12,73$; Tabella 4 e Figura 7). Ciononostante, lo stesso trend non è stato mostrato sulla superficie podalica. Il gruppo EG-Sport e il gruppo EG-Sed mostravano superfici simili e significativamente più ampie rispetto al gruppo CG (Tabella 4 , Figura 8 e 9). Questo potrebbe indicare che il deficit sul tono muscolare podalico e il controllo neuromuscolare non può essere influenzato dall'attività fisica. Tuttavia ulteriori sperimentazioni sono necessarie; verosimilmente potrebbe essere interessante studiare gli effetti di un training specifico sulla rieducazione del piede piatto.

5. Conclusioni tesi dottorato

In conclusione, questa tesi, intrapresa nelle sue fasi preliminari all'inizio del 2016, è in linea con la letteratura scientifica recente: i bambini con dislessia presentano deficit posturali. Tuttavia è da evidenziare il numero esiguo di studi che hanno analizzato il sistema tonico posturale in soggetti dislessici, soprattutto in bambini. Inoltre, la difficoltà di reclutarsi, nello studio, bambini dislessici in possesso di una certificazione attestante il loro disturbo, è stata considerevole e ciò indicava una ridotta disponibilità di certificazioni proprio nella fascia di età della scuola primaria. Questa difficoltà è presente anche a livello internazionale, come dimostrato dagli studi presenti in letteratura, i quali presentano casistiche simili al campione di questo studio. Come sottolineato dai risultati del TMA presenti in questa tesi, i bambini con dislessia non diagnosticata, possono andare incontro ad anni di frustrazioni, di sofferenza, di emarginazione, di perdita di autostima e di perdita di opportunità. Quando la diagnosi è fatta precocemente, questi bambini possono usufruire di strumenti compensativi in grado di aiutarli. Particolarmente interessante la tendenza al piede piatto di questi soggetti, che non solo avallerebbe, in una certa misura, la teoria cerebellare e il deficit di tono muscolare riportati in letteratura, ma, se confermato da ulteriori studi, potrebbe essere inserito fra tutta una serie di dati anamnestici, come segno utile, ad individuare i soggetti a rischio. Tuttavia le limitazioni di questo sono principalmente due: il campione analizzato è sicuramente ridotto per definire conclusioni certe e inoltre, non si è riusciti a rendere chiaro lo schema neurofisiologico per spiegare l'ipotono podalico dei bambini dislessici. Bisogna comunque ricordare che, a mia conoscenza, nessuno studio finora condotto, ha analizzato la superficie podalica dei soggetti con dislessia e che questo deficit non è presente attualmente in letteratura. In conclusione, sembrano necessari ulteriori studi per confermare questi dati; ma se le conclusioni sono corrette, potrebbe essere opportuno inserire, negli interventi rivolti a

bambini con dislessia, un protocollo di allenamento volto a compensare e prevenire sia i deficit di stabilità sia il piede piatto.

6. Bibliografia

1. **Linee guida per il diritto allo studio degli alunni e degli studenti con disturbi specifici di apprendimento.** Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca Dipartimento per l'Istruzione 11 Luglio 2011.
2. Nicolson RI, Fawcett AJ: **Procedural learning difficulties: reuniting the developmental disorders?** *Trends in neurosciences* 2007, **30**:135-141.
3. Marien P, Engelborghs S, Fabbro F, De Deyn PP: **The lateralized linguistic cerebellum: a review and a new hypothesis.** *Brain Lang* 2001, **79**:580-600.
4. Imamizu H, Kuroda T, Miyauchi S, Yoshioka T, Kawato M: **Modular organization of internal models of tools in the human cerebellum.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2003, **100**:5461-5466.
5. Battle DE: **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM).** *CoDAS* 2013, **25**:191-192.
6. First MB: **Diagnostic and statistical manual of mental disorders, 5th edition, and clinical utility.** *The Journal of nervous and mental disease* 2013, **201**:727-729.
7. Da Cunha HM, Da Silva OA: **[Postural deficiency syndrome. Its importance in ophthalmology].** *Journal francais d'ophtalmologie* 1986, **9**:747-755.
8. Martins da Cunha H, Alves da Silva O: **Disturbances of binocular function in the postural deficiency syndrome.** *Agressologie: revue internationale de physio-biologie et de pharmacologie appliquees aux effets de l'agression* 1986, **27**:63-67.
9. da Cunha HM: **[Postural deficiency syndrome].** *Agressologie: revue internationale de physio-biologie et de pharmacologie appliquees aux effets de l'agression* 1987, **28**:941-943.
10. da Silva OA: **[Directional scotometry and prismatic correction in postural deficiency syndrome].** *Agressologie: revue internationale de physio-biologie et de pharmacologie appliquees aux effets de l'agression* 1987, **28**:945-946.
11. Patti A, Bianco A, Messina G, Paoli A, Bellafiore M, Battaglia G, Iovane A, Traina M, Palma A: **The influence of the stomatognathic system on explosive strength: a pilot study.** *Journal of physical therapy science* 2016, **28**:72-75.
12. Battaglia G, Giustino V, Iovane A, Bellafiore M, Martines F, Patti A, Traina M, Messina G, Palma A: **Influence of occlusal vertical dimension on cervical spine mobility in sports subjects.** *Acta Medica Mediterranea* 2016, **32**:1589-1595.

13. Passero PL, Wyman BS, Bell JW, Hirschey SA, Schlosser WS: **Temporomandibular joint dysfunction syndrome. A clinical report.** *Physical therapy* 1985, **65**:1203-1207.
14. Jo S, Massaquoi SG: **A model of cerebellum stabilized and scheduled hybrid long-loop control of upright balance.** *Biological cybernetics* 2004, **91**:188-202.
15. Goetz M, Schwabova JP, Hlavka Z, Ptacek R, Surman CB: **Dynamic balance in children with attention-deficit hyperactivity disorder and its relationship with cognitive functions and cerebellum.** *Neuropsychiatr Dis Treat* 2017, **13**:873-880.
16. Baron JB, Ushio N, Noto R: **Oculo-nuco-vestibulospinal system regulating the tonic postural activity. Statokinesimetric studies.** *Aggressologie: revue internationale de physio-biologie et de pharmacologie appliquees aux effets de l'agression* 1974, **15**:395-400.
17. Wilson VJ: **Neurophysiology.** *Science* 1979, **204**:50.
18. Wilson VJ, Peterson BW, Fukushima K, Hirai N, Uchino Y: **Analysis of vestibulocollic reflexes by sinusoidal polarization of vestibular afferent fibers.** *J Neurophysiol* 1979, **42**:331-346.
19. Yates BJ: **Vestibular influences on the sympathetic nervous system.** *Brain research Brain research reviews* 1992, **17**:51-59.
20. Vellutino FR, Smith H, Steger JA, Kaman M: **Reading disability: age differences and the perceptual-deficit hypothesis.** *Child Dev* 1975, **46**:487-493.
21. Vellutino FR: **Dyslexia.** *Scientific American* 1987, **256**:34-41.
22. Snowling M, Goulandris N, Bowlby M, Howell P: **Segmentation and speech perception in relation to reading skill: a developmental analysis.** *Journal of experimental child psychology* 1986, **41**:489-507.
23. Stein JF: **Role of the cerebellum in the visual guidance of movement.** *Nature* 1986, **323**:217-221.
24. Denckla MB, Rudel RG: **Naming of object-drawings by dyslexic and other learning disabled children.** *Brain Lang* 1976, **3**:1-15.
25. Fawcett AJ, Nicolson RI: **Performance of Dyslexic Children on Cerebellar and Cognitive Tests.** *J Mot Behav* 1999, **31**:68-78.
26. Ramus F, Pidgeon E, Frith U: **The relationship between motor control and phonology in dyslexic children.** *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines* 2003, **44**:712-722.
27. Denckla MB, Rudel RG, Chapman C, Krieger J: **Motor proficiency in dyslexic children with and without attentional disorders.** *Arch Neurol* 1985, **42**:228-231.

28. Miles TR, Haslum MN: **Dyslexia: Anomaly or normal variation?** *Ann Dyslexia* 1986, **36**:103-117.
29. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group P: **Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement.** *PLoS medicine* 2009, **6**:e1000097.
30. Walther S, Schuetz GM, Hamm B, Dewey M: **[Quality of reporting of systematic reviews and meta-analyses: PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses)].** *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 2011, **183**:1106-1110.
31. Hopewell S, Clarke M, Moher D, Wager E, Middleton P, Altman DG, Schulz KF, Group C: **CONSORT for reporting randomised trials in journal and conference abstracts.** *Lancet* 2008, **371**:281-283.
32. Reynolds D, Nicolson RI, Hambly H: **Evaluation of an exercise-based treatment for children with reading difficulties.** *Dyslexia* 2003, **9**:48-71; discussion 46-47.
33. Stoodley CJ, Fawcett AJ, Nicolson RI, Stein JF: **Impaired balancing ability in dyslexic children.** *Experimental brain research Experimentelle Hirnforschung Experimentation cerebrale* 2005, **167**:370-380.
34. Pozzo T, Vernet P, Creuzot-Garcher C, Robichon F, Bron A, Quercia P: **Static postural control in children with developmental dyslexia.** *Neuroscience letters* 2006, **403**:211-215.
35. Getchell N, Pabreja P, Neeld K, Carrio V: **Comparing children with and without dyslexia on the Movement Assessment Battery for Children and the Test of Gross Motor Development.** *Perceptual and motor skills* 2007, **105**:207-214.
36. Kapoula Z, Bucci MP: **Postural control in dyslexic and non-dyslexic children.** *J Neurol* 2007, **254**:1174-1183.
37. Vieira S, Quercia P, Michel C, Pozzo T, Bonnetblanc F: **Cognitive demands impair postural control in developmental dyslexia: a negative effect that can be compensated.** *Neuroscience letters* 2009, **462**:125-129.
38. Barela JA, Dias JL, Godoi D, Viana AR, de Freitas PB: **Postural control and automaticity in dyslexic children: the relationship between visual information and body sway.** *Research in developmental disabilities* 2011, **32**:1814-1821.
39. Kapoula Z, Matheron E, Demule E, Fauvel C, Bucci MP: **Postural control during the Stroop test in dyslexic and non dyslexic teenagers.** *PloS one* 2011, **6**:e19272.
40. Quercia P, Demougeot L, Dos Santos M, Bonnetblanc F: **Integration of proprioceptive signals and attentional capacity during postural control are impaired but subject to improvement in dyslexic children.** *Experimental brain research Experimentelle Hirnforschung Experimentation cerebrale* 2011, **209**:599-608.

41. Kapoula Z, Gaertner C, Matheron E: **Spherical lenses and prisms lead to postural instability in both dyslexic and non dyslexic adolescents.** *PloS one* 2012, **7**:e46739.
42. Legrand A, Bui-Quoc E, Dore-Mazars K, Lemoine C, Gerard CL, Bucci MP: **Effect of a dual task on postural control in dyslexic children.** *PloS one* 2012, **7**:e35301.
43. Bucci MP, Gerard CL, Bui-Quoc E: **The effect of a cognitive task on the postural control of dyslexic children.** *Research in developmental disabilities* 2013, **34**:3727-3735.
44. Viana AR, Razuk M, de Freitas PB, Barela JA: **Sensorimotor integration in dyslexic children under different sensory stimulations.** *PloS one* 2013, **8**:e72719.
45. Bucci MP, Melithe D, Ajrezo L, Bui-Quoc E, Gerard CL: **The influence of oculomotor tasks on postural control in dyslexic children.** *Frontiers in human neuroscience* 2014, **8**:981.
46. Razuk M, Barela JA: **Dyslexic children suffer from less informative visual cues to control posture.** *Research in developmental disabilities* 2014, **35**:1988-1994.
47. Gouleme N, Gerard CL, Bucci MP: **The Effect of Training on Postural Control in Dyslexic Children.** *PloS one* 2015, **10**:e0130196.
48. Gouleme N, Gerard CL, Bui-Quoc E, Bucci MP: **Spatial and temporal analysis of postural control in dyslexic children.** *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 2015, **126**:1370-1377.
49. Quercia P, Quercia M, Feiss LJ, Allaert F: **The distinctive vertical heterophoria of dyslexics.** *Clinical ophthalmology* 2015, **9**:1785-1797.
50. Gouleme N, Gerard CL, Bucci MP: **Postural Control in Children with Dyslexia: Effects of Emotional Stimuli in a Dual-Task Environment.** *Dyslexia* 2017, **23**:283-295.
51. Kit BK, Akinbami LJ, Isfahani NS, Ulrich DA: **Gross Motor Development in Children Aged 3-5 Years, United States 2012.** *Maternal and child health journal* 2017, **21**:1573-1580.
52. Henderson SE, Sugden DA: **Movement Assessment Battery for Children** *Movement ABC London: The Psychological Corp* 1992.
53. Lovegrove WJ, Bowling A, Badcock D, Blackwood M: **Specific reading disability: differences in contrast sensitivity as a function of spatial frequency.** *Science* 1980, **210**:439-440.
54. Slaghuis WL, Lovegrove WJ: **Spatial-frequency-dependent visible persistence and specific reading disability.** *Brain Cogn* 1985, **4**:219-240.
55. Martin F, Lovegrove W: **Flicker contrast sensitivity in normal and specifically disabled readers.** *Perception* 1987, **16**:215-221.

56. Quercia P, Seigneuric A, Chariot S, Vernet P, Pozzo T, Bron A, Creuzot-Garcher C, Robichon F: **[Ocular proprioception and developmental dyslexia. Sixty clinical observations]**. *Journal francais d'ophtalmologie* 2005, **28**:713-723.
57. Gauthier GM, Nommay D, Vercher JL: **The role of ocular muscle proprioception in visual localization of targets**. *Science* 1990, **249**:58-61.
58. Roll JP, Vedel JP, Roll R: **Eye, head and skeletal muscle spindle feedback in the elaboration of body references**. *Progress in brain research* 1989, **80**:113-123; discussion 157-160.
59. Matheron E, Kapoula Z: **Vertical phoria and postural control in upright stance in healthy young subjects**. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 2008, **119**:2314-2320.
60. Huxhold O, Li SC, Schmiedek F, Lindenberger U: **Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention**. *Brain Res Bull* 2006, **69**:294-305.
61. American Psychiatric Association., American Psychiatric Association. DSM-5 Task Force.: *Diagnostic and statistical manual of mental disorders : DSM-5*. 5th edn. Washington, D.C.: American Psychiatric Association; 2013.
62. Denckla MB, Rudel RG, Chapman C, Krieger J: **Motor Proficiency in Dyslexic-Children with and without Attentional Disorders**. *Archives of Neurology* 1985, **42**:228-231.
63. Nicolson RI, Fawcett AJ, Berry EL, Jenkins IH, Dean P, Brooks DJ: **Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults**. *Lancet* 1999, **353**:1662-1667.
64. Kelly RM, Strick PL: **Cerebellar loops with motor cortex and prefrontal cortex of a nonhuman primate**. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience* 2003, **23**:8432-8444.
65. Middleton FA, Strick PL: **Cerebellar projections to the prefrontal cortex of the primate**. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience* 2001, **21**:700-712.
66. Nicolson RI, Fawcett AJ: **Automaticity: a new framework for dyslexia research?** *Cognition* 1990, **35**:159-182.
67. Fiez JA, Petersen SE: **Neuroimaging studies of word reading**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 1998, **95**:914-921.
68. Mergner T, Rosemeier T: **Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions--a conceptual model**. *Brain research Brain research reviews* 1998, **28**:118-135.

69. Fawcett AJ, Nicolson RI, Dean P: **Impaired performance of children with Dyslexia on a range of cerebellar tasks.** *Annals of Dyslexia* 1996, **46**:279-283.
70. Vieira S, Quercia P, Michel C, Pozzo T, Bonnetblanc F: **Cognitive demands impair postural control in developmental dyslexia: A negative effect that can be compensated.** *Neuroscience letters* 2009, **462**:125-129.
71. Vicari S, Marotta L, Menghini D, Molinari M, Petrosini L: **Implicit learning deficit in children with developmental dyslexia.** *Neuropsychologia* 2003, **41**:108-114.
72. Gagey PM, Weber B: **Study of intra-subject random variations of stabilometric parameters.** *Medical & biological engineering & computing* 2010, **48**:833-835.
73. Patti A, Maggio MC, Corsello G, Messina G, Iovane A, Palma A: **Evaluation of Fitness and the Balance Levels of Children with a Diagnosis of Juvenile Idiopathic Arthritis: A Pilot Study.** *International journal of environmental research and public health* 2017, **14**.
74. Bracken BA: **Test TMA - Valutazione multidimensionale dell'autostima** *Erickson* 2003.
75. Beatrice V, Bracken BA: **TMA – Test multidimensionale dell'autostima.** *Erickson* 2005.
76. Tifi A: **Test TMA di valutazione multidimensionale dell'autostima.** 2006.
77. Evans AM: **The paediatric flat foot and general anthropometry in 140 Australian school children aged 7 - 10 years.** *Journal of foot and ankle research* 2011, **4**:12.
78. Nemeth B: **The diagnosis and management of common childhood orthopedic disorders.** *Current problems in pediatric and adolescent health care* 2011, **41**:2-28.
79. Sadeghi-Demneh E, Azadinia F, Jafarian F, Shamsi F, Melvin JM, Jafarpishe M, Rezaeian Z: **Flatfoot and obesity in school-age children: a cross-sectional study.** *Clinical obesity* 2016, **6**:42-50.
80. Shibuya N, Jupiter DC, Ciliberti LJ, VanBuren V, La Fontaine J: **Characteristics of adult flatfoot in the United States.** *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* 2010, **49**:363-368.
81. Williams DS, 3rd, McClay IS, Hamill J: **Arch structure and injury patterns in runners.** *Clinical biomechanics* 2001, **16**:341-347.
82. Banwell HA, Paris ME, Mackintosh S, Williams CM: **Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review.** *Journal of foot and ankle research* 2018, **11**:21.
83. Perry SD, McIlroy WE, Maki BE: **The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control of compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi-directional perturbation.** *Brain research* 2000, **877**:401-406.

84. Flensmark J: **Physical activity, eccentric contractions of plantar flexors, and neurogenesis: therapeutic potential of flat shoes in psychiatric and neurological disorders.** *Medical hypotheses* 2009, **73**:130-132.