



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e
della Socializzazione - DPSS

Corso di laurea in Psicologia Clinica dello Sviluppo

Tesi di laurea magistrale

**IL DISTURBO DELLA LETTO-SCRITTURA E DELLA
COORDINAZIONE MOTORIA: UN CONFRONTO IN
ETA' SCOLARE MEDIANTE L'ANALISI DEL
PROCESSO E DEL PRODOTTO DELLA SCRITTURA
MANUALE**

(The disorder of read-writing and motor coordination: a comparison in school age
through the analysis of the process and product of manual writing)

Relatrice

Prof.ssa Eloisa Valenza

Laurenda: Shila Musatti

Matricola: 2015055

Anno Accademico 2021/2022

Indice

Introduzione	I
Relazione tra il sistema motorio e linguistico in età evolutive	1
1.1 Azione e linguaggio: Ipotesi filogenetiche	1
1.1.1 Origine vocale.....	1
1.1.2 Origine gestuale	4
1.2 Azione e linguaggio: Ipotesi ontogenetiche.....	10
1.3 Azione e linguaggio in popolazioni a sviluppo atipico.....	17
1.3.1 Dislessia evolutiva	18
1.3.2 Disprassia.....	22
1.4 Dal linguaggio parlato al linguaggio scritto	24
Apprendimento della scrittura manuale.....	29
2.1 Modelli di apprendimento della scrittura manuale	29
2.2 Aspetti motori	33
2.2.1 Indici ergonomici e posturali	38
2.2.2 Indici grafo-motori.....	41
2.2.3 Indici cinetici e cinematici	42
2.3 Aspetti linguistici.....	48
2.4 Prescrittura.....	50
Lo studio empirico	55
3.1 Definizione del contesto e domande di ricerca.....	55
3.2 Metodo	59
3.2.1 Soggetti	59
3.2.2 Strumenti di screening.....	62
3.2.3 Strumenti sperimentali.....	65
3.2.4 Stimoli.....	66
3.2.5 Procedura	70
3.3 Analisi dei dati	70
3.3.1 Velocità di tratto.....	73
3.3.2 Interruzioni di tratto.....	74
3.3.3 Pressione	75
3.3.4 Durata.....	77

3.3.5 Accuratezza.....	78
3.3.6 Analisi statistiche	79
3.3.7 Network analysis	82
3.4 Discussione.....	86
3.5 Conclusione	91
Bibliografia	93

Introduzione

Quella tra il sistema motorio e il sistema linguistico può essere considerata una relazione bidirezionale, infatti lo studio dello sviluppo delle abilità cognitive, in questo caso linguistiche, non può prescindere dallo studio della corporeità e delle relazioni che il corpo intrattiene con l'ambiente esterno. All'interno di questa cornice, la scrittura, vero e proprio linguaggio che consente all'essere umano di comunicare attraverso dei simboli visivi condivisi e abilità fine e specializzata che coinvolge processi biomeccanici, psicomotori e linguistici, potrebbe rappresentare la perfetta convergenza di quelle che sono abilità motorie e linguistiche. Per questi motivi si è scelto di indagare ulteriormente tale associazione utilizzando la scrittura manuale come possibile mezzo di indagine.

Nel primo capitolo si trova un excursus dei principali studi che si sono occupati di indagare la relazione tra sistema motorio e sistema linguistico nel corso dell'età evolutiva. Nel dettaglio, nel primo capitolo sono stato esposto il punto di vista evoluzionistico, in cui vengono principalmente esposte le ipotesi sull'origine vocale del linguaggio e le evidenze a sostegno dell'ipotesi gestuale sull'origine del linguaggio, tra cui l'ipotesi strutturale/funzionale, dove viene evidenziata l'attivazione di aree motorie in compiti linguistici e viceversa. Si passa poi all'esposizione del punto di vista ontogenetico dove viene evidenziato come il graduale sviluppo delle abilità motorie influenza lo sviluppo linguistico per concludere con l'espressione di questo legame nei disturbi del neurosviluppo

considerati nello studio in cui è possibile riscontrare una forte relazione tra i deficit motori e i deficit linguistici.

Nel secondo capitolo si è proceduto descrivendo il processo di apprendimento della scrittura manuale con particolare riferimento ai suoi prerequisiti motori e linguistici e alla loro evoluzione.

L'ultimo capitolo, il terzo, descrive nel dettaglio l'intero studio empirico il cui fine principale è stato quello di valutare gli aspetti sia qualitativi che quantitativi della performance grafica e di indagare la loro eventuale relazione con l'esperienza linguistica.

L'utilizzo di compiti di prescrittura e la loro valutazione tramite sia un'analisi "online", ovvero del processo, che "offline", cioè del prodotto, hanno contribuito ad ampliare le conoscenze sulla complessa abilità di scrittura manuale in età evolutiva.

CAPITOLO 1

Relazione tra il sistema motorio e linguistico in età evolutive

1.1 Azione e linguaggio: Ipotesi filogenetiche

Il linguaggio è una funzione cognitiva che contraddistingue gli esseri umani, infatti, solo l'Homo Sapiens ha un linguaggio vero e proprio. Le prospettive sull'origine del linguaggio sono tante e in gran parte condizionate dai diversi modi di intendere la natura del linguaggio. Per esempio, Tomasello (1999, 2008) sostiene che l'aspetto centrale del linguaggio umano è la capacità di condividere intenzioni, per Deacon (1997) invece, l'aspetto centrale è la facoltà simbolica, per Lieberman (2000) è il controllo motorio alla base della produzione vocale.

Le teorie riguardo all'origine del linguaggio umano si differenziano principalmente per due ipotesi: le ipotesi che sostengono che l'origine del linguaggio sia prevalentemente vocale e che assumono che il linguaggio abbia origine da medium sonori, e le ipotesi che sostengono che l'origine del linguaggio sia prevalentemente gestuale, ossia che il linguaggio abbia origine da medium visivi (Adornetti, 2016). I modelli basati su quest'ultima ipotesi sono i modelli maggiormente accreditati.

1.1.1 Origine vocale

Darwin (1871) fu il primo a proporre l'origine vocale del linguaggio nell'Origine dell'uomo. In quest'opera Darwin sostiene che il linguaggio articolato ha origine

dall'imitazione e dalla modificazione di suoni naturali. In particolare, lo studioso sostiene che l'evoluzione del linguaggio ha attraversato tre fasi: la prima fase riguarda un cambiamento nella cognizione dei primati. L'intelletto degli antenati umani è più evoluto rispetto a quello delle scimmie. Questo ha permesso di arrivare alla seconda fase caratterizzata da un incremento dell'imitazione vocale, che a sua volta ha reso possibile lo sviluppo di una forma elementare di linguaggio basato sull'imitazione diretta di suoni animali e di suoni utilizzati nel corteggiamento, con un conseguente rafforzamento dell'apparato vocale. Nella terza fase Darwin sostiene che questo sistema di comunicazione definito protolinguaggio ha un effetto sulla mente andando dunque ad incrementare le capacità cognitive e di conseguenza sviluppando ulteriormente la capacità linguistica.

Più di recente, l'origine vocale del linguaggio è stata sostenuta anche da Mithen (2005), archeologo cognitivo che basandosi sugli studi precedenti di Struhsaker (1967) sui suoni linguistici del cercopiteco verde, ha evidenziato delle analogie tra il linguaggio umano e i richiami dei babuini gelada, dei gibboni e del cercopiteco. In particolare, l'ipotesi sostenuta dall'autore è che i suoni prodotti da queste scimmie siano precursori del linguaggio umano in quanto possiedono quattro principali caratteristiche intrinseche. Questi richiami sono: *olisitici*, ossia esprimono un messaggio completo; *manipolativi*, servono per comunicare informazioni; *musicali*, ossia caratterizzati da uno specifico ritmo e *multimodali*, ossia sono combinati a rispettivi gesti. Queste caratteristiche si ritrovano anche nel linguaggio utilizzato dai primi ominidi che le hanno elaborate in modo più complesso. Secondo Mithen

(2005) il sistema comunicativo ha potuto evolversi soprattutto grazie alla transizione dei primati al bipedismo. Infatti, questo processo evolutivo ha modificato gradualmente la posizione del cranio e della colonna vertebrale che hanno provocato a sua volta l'abbassamento della laringe, consentendo un linguaggio sempre più articolato.

La teoria per cui il linguaggio si sia evoluto mediante un medium sonoro è stata sostenuta in precedenza anche da altri studiosi quali Burling (2005), Cheney e Seyfarth (2005), Dunbar (1996), Hauser (1996), MacNeilage (1998), Snowdon (2001), Zuberbühler (2005a, b) e Struhsaker (1967) come precedentemente detto.

Questi modelli però presentano alcuni limiti: il primo grande limite riguarda il fatto che le indagini condotte si basano sullo studio della comunicazione in scimmie non antropomorfe che mostrano un repertorio di richiami vocali molto più limitato rispetto alle scimmie antropomorfe e hanno capacità cognitive meno sviluppate. Un secondo limite riguarda il fatto che le vocalizzazioni delle scimmie sono determinate geneticamente, diversamente dal linguaggio umano che invece viene appreso. Un ultimo limite è quello per cui le vocalizzazioni delle scimmie sembrano in realtà essere l'espressione di emozioni che avviene in modo involontario.

Oltre a questi limiti, Ploog (2002) ha condotto degli studi con tecniche di neuroimmagine mediante i quali ha individuato due sistemi neurali legati al comportamento vocale: il *percorso cingolato*, presente nei primati non umani e negli umani che comprende le regioni limbiche, e il sistema *neocorticale* responsabile del controllo volontario della voce emerso inizialmente nei primati non umani ed

evolutosi poi negli umani. Una lesione a questo sistema nell'uomo causa una perdita della produzione vocale mentre nelle scimmie non ha queste conseguenze. Da questo si può evincere che le basi neurali della produzione vocale siano differenti in umani e nei primati. Un'ipotesi simile è stata proposta anche per quanto riguarda l'origine della comprensione del linguaggio che pur essendo più sviluppata nelle scimmie rispetto alla produzione non può spiegare l'origine vocale del linguaggio umano (Adornetti, 2012).

1.1.2 Origine gestuale

Basandosi sui primi studi condotti dall'antropologo Gordon Hewes nel 1973, più recentemente Arbib (2005; 2012) e Corballis (2002; 2009a, b; 2011) hanno sostenuto l'origine gestuale del linguaggio umano enfatizzando la natura evuzionistica del legame tra il dominio motorio e quello linguistico.

Secondo Arbib et al. (2008) lo sviluppo del sistema linguistico umano dipende dallo sviluppo di movimenti, in particolare dei gesti che esprimono intenzione comunicativa. Quest'ultimi, dunque, sono necessari al successivo sviluppo del linguaggio. Nell'articolo "Primate Vocalization, Gesture, and the Evolution of Human Language" Arbib e colleghi sostengono che la performance del linguaggio è multimodale ossia non legata esclusivamente ai suoni ma anche ad altre componenti. Infatti, lo studio della comunicazione nei primati evidenzia un maggior utilizzo delle mani e del corpo per comunicare rispetto alle vocalizzazioni. Il passaggio al linguaggio umano secondo questi studiosi sarebbe dovuto ad un

incremento della capacità di imitazione che grazie alle sviluppate abilità gestuali ha fornito l'impalcatura per il protolinguaggio.

Più in dettaglio, Arbib (2005a) sostiene che una capacità di imitazione complessa tipica dell'uomo ha reso possibile l'evoluzione dei meccanismi cerebrali per la pantomima e quindi per il protosegno, un sistema di gesti convenzionali usati per formalizzare, disambiguare ed estendere la pantomima. È stato inoltre ipotizzato che la capacità di utilizzare gesti comunicativi manuali convenzionali (protosign) e la capacità di utilizzare gesti comunicativi vocali (protospeech) si sono evolute insieme in una spirale in espansione (Arbib 2005b) per supportare il protolinguaggio (Arbib 2008; Bickerton 2008), un sistema comunicativo multimodale aperto.

Secondo Corballis (2002; 2009a, b; 2011) il linguaggio si è sviluppato prevalentemente tramite i gesti manuali. In particolare, l'autore sostiene che la comunicazione intenzionale tipica dell'uomo nasce dai sistemi di comprensione dell'azione presenti nei primati. Questa ipotesi si basa sulla fondamentale scoperta fatta da un gruppo di ricercatori dell'Università di Parma negli anni '90 dell'esistenza nel cervello delle scimmie, in particolare dei macachi, dei neuroni specchio (Di Pellegrino et al., 1992; Gallese et al, 1996).

I neuroni specchio delle scimmie, che si trovano nell'area F5 (Figura 1) della corteccia motoria prefrontale, fanno parte di un sistema per il controllo visuo-motorio dei movimenti manuali diretti ad uno scopo, e si attivano non solo quando il macaco esegue un movimento intenzionale con le mani, come ad esempio

afferrare un oggetto, ma anche quando osserva un'altra scimmia o un umano eseguire un movimento intenzionale analogo (Arbib, 2005).

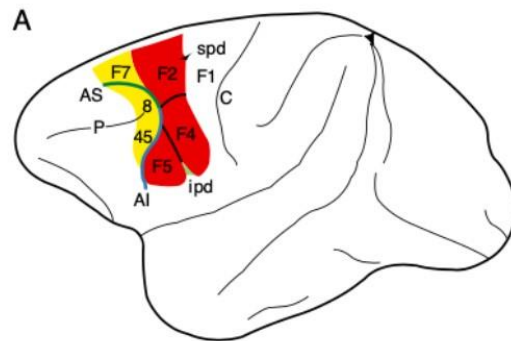


Figura 1- Area F5 (tratta da Rizzolatti & Arbib, 1998)

La regione del cervello umano corrispondente all'area F5 della scimmia è l'area 44 di Brodmann, parte dell'area di Broca (Figura 2), importante centro per l'elaborazione del linguaggio coinvolto anche in funzioni motorie più generali, come il controllo dei movimenti complessi delle mani, l'integrazione e l'apprendimento sensorimotorio (Rizzolatti & Craighero, 2007).

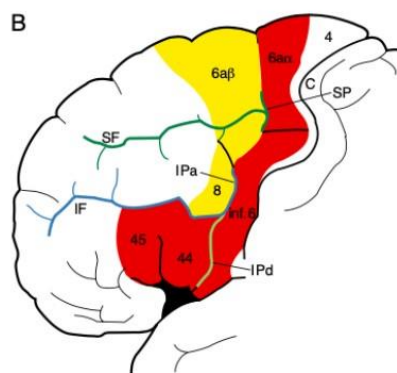


Figura 2- Area di Broca (area 44 di Brodmann; tratta da Rizzolatti & Arbib, 1998)

Dunque, l'area di Broca nasce come area deputata all'elaborazione di azioni manuali, per poi diventare un'area per le rappresentazioni motorie dei movimenti orofaringei oltre che per i movimenti manuali (Rizzolatti & Craighero, 2007). Queste evidenze neuroscientifiche hanno permesso di fare diverse supposizioni circa l'evoluzione del linguaggio a partire dalle azioni gestuali. Ad esempio, secondo Arbib (2005), Rizzolatti e Craighero (2007), l'evoluzione dell'area di Broca a partire dal sistema specchio per il grasping, non solo avrebbe permesso lo sviluppo della capacità di generare e di riconoscere un insieme di azioni, ma anche l'emergere del requisito di parità, una delle caratteristiche fondamentali del linguaggio umano, grazie alla quale la comunicazione tra mittente e destinatario è vincolata da un'intesa comune su ciò che conta. Infatti, il ruolo fondamentale dei neuroni specchio è legato alla capacità di comprendere le azioni in maniera diretta, non mediata. Tale abilità ha fatto sì che le azioni degli altri divenissero messaggi comprensibili per chi osserva: i neuroni specchio permettono all'individuo di comprendere le azioni altrui, proiettandole (mapping) su azioni che egli stesso riconosce ed è in grado di compiere (Adornetti, 2016). Grazie al meccanismo specchio si è, quindi, passati dall'esecuzione di semplici prassie all'utilizzo di gesti intenzionali, passaggio che, secondo Arbib (2005), ha reso il cervello degli ominidi *language-ready*. Grazie ad ulteriori evoluzioni del cervello, vi sarebbe stata, inoltre, una transizione da un meccanismo specchio per il grasping ad un sistema di imitazione per il grasping (Arbib, 2005), che a sua volta ha permesso lo sviluppo di un sistema ancor più complesso; infatti, una delle principali differenze tra il

meccanismo specchio delle scimmie e quello degli esseri umani riguarda l'attivazione dei neuroni specchio durante l'osservazione di azioni intransitive e pantomime eseguite da altri: tale attivazione è presente nel sistema umano, ma non in quello delle scimmie, evidenziando come il primo sia un sistema aperto, a differenza invece del secondo che risulta essere poco adatto alla comunicazione intenzionale tipica umana (Rizzolatti & Craighero, 2007). Nel tempo, quindi, le azioni sono divenute sempre più astratte e arbitrarie, cioè simboliche, perdendo il legame iconico con l'oggetto e/o evento che rappresentano e permettendo quindi l'emergere, inizialmente, dei protosegni e poi di un linguaggio basato su codici convenzionali e astratti. La ristrutturazione funzionale dell'area di Broca, da area per l'elaborazione delle azioni manuali ad area connessa sia alla produzione che alla comprensione del linguaggio, avrebbe permesso inoltre di ipotizzare che, nel corso della filogenesi umana, le vocalizzazioni siano state gradualmente incorporate all'interno del sistema specchio, a partire dai movimenti innati del sistema mano-bocca. Infatti, nell'area F5 delle scimmie è possibile osservare l'attivazione di alcuni neuroni specchio relativa ad azioni della bocca (Rizzolatti & Craighero, 2007). Corballis (2014), data la forte relazione sia strutturale sia funzionale tra i gesti manuali e quelli facciali nelle scimmie, ha ipotizzato che i gesti comunicativi degli antenati degli uomini moderni fossero sia manuali che facciali, e che il passaggio dalla gestualità alla parola possa aver coinciso con un coinvolgimento sempre maggiore del volto nella comunicazione, e in particolar modo della bocca. L'aggiunta dei suoni ai gesti sarebbe stata resa possibile dall'esistenza dei cosiddetti neuroni specchio "audiovisivi", scoperti da Kohler et al. (2002)

anche questi nell'area F5 delle scimmie, i quali rispondono non solo all'osservazione delle azioni altrui ma anche all'ascolto dei suoni associati alle azioni stesse. Il meccanismo dei neuroni specchio, quindi, è coinvolto nel riconoscimento delle azioni a prescindere dalla loro modalità di presentazione (eseguite, osservate o ascoltate), e negli esseri umani si è evoluto fino al punto di attivarsi anche durante l'ascolto dei suoni della comunicazione verbale, suggerendo che, in questo tipo di comunicazione, siano più importanti i gesti articolatori alla base dei suoni anziché i suoni stessi. Infatti, sarebbe proprio l'attivazione della rappresentazione motoria dei gesti articolatori nel sistema specchio a permettere all'ascoltatore di comprendere ciò che gli viene detto dal suo interlocutore (Fadiga et al., 2009).

È possibile quindi sostenere una sorta di continuità tra la comunicazione manuale e la comunicazione linguistica/verbale, caratterizzata da una transizione all'interno della medesima modalità, cioè quella della gestualità. In un interessante articolo di D'Ausilio, Moffongelli e Fadiga (2013), dal titolo "L'origine comune del linguaggio e azione", sono state evidenziate più in generale le forti analogie che l'organizzazione motoria possiede con il linguaggio. Queste analogie possono essere considerate un'ulteriore prova del fatto che il sistema motorio può aver contribuito all'emergere di quello linguistico. Nell'articolo viene dato risalto ai concetti di centralità dello scopo dell'azione e di ricorsività (precedentemente citata come generatività) che renderebbero il sistema motorio una struttura gerarchica diretta ad uno scopo e capace di mettere insieme singoli elementi in comportamenti sempre più complessi. Questa organizzazione gerarchica disporrebbe di tutte le caratteristiche specifiche

del linguaggio, suggerendo quindi che la struttura motoria possa aver anticipato quella linguistica. In particolare, la ricorsività viene interpretata come il nucleo fondamentale del linguaggio e sarebbe emersa grazie alla capacità di costruire e utilizzare strumenti, abilità che amplia le potenzialità d'azione e le proietta in una dimensione temporale diversa da quella presente. La creazione di nuove tradizioni d'uso di strumenti, che avrebbe poi dato il via all'utilizzo di simboli per comunicare e allo sviluppo di nuovi tipi di pratiche e di organizzazioni sociali, sarebbe il risultato dei cambiamenti cognitivi che separano, in termini evolutivi, gli esseri umani dalle altre grandi scimmie antropomorfe (Tomasello, 2005). Secondo Tomasello (2005), questi cambiamenti cognitivi, avvenuti in tempi brevissimi, potrebbero essere spiegati dal meccanismo di trasmissione culturale, il quale consentirebbe ad ogni singolo individuo di usufruire della conoscenza e delle abilità acquisite dalla specie nel corso di intere generazioni. In sintesi, tutto ciò avrebbe permesso l'evoluzione dei cosiddetti "artefatti culturali", i cui i principali rappresentanti sono il linguaggio e la scrittura manuale.

1.2 Azione e linguaggio: Ipotesi ontogenetiche

La relazione tra azione e linguaggio, tra dominio motorio e dominio linguistico, è stata studiata anche a livello ontogenetico. Infatti, come vedremo il graduale sviluppo delle abilità motorie influenza lo sviluppo linguistico. Iverson (2010) nel suo articolo "Developing language in a developing body: the relationship between motor development and language development" spiega come nei primi 18 mesi di vita il bambino acquisisce abilità motorie crescenti che gli permettono di muoversi in modo

più adattivo nell'ambiente modificando il modo in cui interagisce con esso. Questi cambiamenti influenzano anche l'acquisizione del linguaggio in quanto il cambiamento dell'interazione tra bambino e ambiente lo espone a nuovi oggetti e possibilità rilevanti per lo sviluppo comunicativo, e per l'acquisizione del linguaggio. L'ipotesi principale è che i cambiamenti nelle abilità motorie (cioè i progressi nella postura, locomozione indipendente e manipolazione degli oggetti) forniscono ai bambini un insieme più ampio e diversificato di opportunità per agire nel mondo. Queste opportunità forniscono contesti per acquisire, praticare e perfezionare competenze che contribuiscono, sia direttamente che indirettamente, allo sviluppo della comunicazione e del linguaggio. A supporto della sua ipotesi Iverson porta i risultati di alcuni studi che dimostrano questo importante legame. Per esempio, lo sviluppo delle abilità grosso-motorie, quali il passaggio alla posizione seduta, al gattonare alla postura eretta, fino al camminare, è associato ad un ampliamento della gamma di interazioni che il bambino può avere con l'ambiente che lo circonda. Quando il bambino inizia a gattonare questo gli permette di esplorare in modo attivo l'ambiente esponendolo a più oggetti o anche a situazioni rischiose. Come conseguenza di ciò il caregiver è obbligato a cambiare modo di comunicazione con il bambino, regolando la sua attività esplorativa o condividendo con lui le cose che incontra, o ancora spostando la sua attenzione su oggetti o situazioni meno pericolose. La comunicazione tra adulto e bambino cambia e vengono introdotti nuovi referenti quali i cenni, lo sguardo o l'indicare. Queste nuove abilità comunicative, insieme all'abilità di focalizzare l'attenzione sul referente e alla

capacità di spostarsi permettono al bambino di cogliere diverse opportunità di apprendimento per il linguaggio (Iverson, 2010). Come per il gattonare anche quando il bambino inizia a camminare autonomamente le possibilità di apprendimento del linguaggio si moltiplicano. Infatti, camminare in posizione eretta permette al bambino di utilizzare anche le mani per esplorare l'ambiente e gli oggetti presenti in esso acquisendo nuove informazioni sulle caratteristiche dell'oggetto stesso. Questo permette al bambino di attribuire significati specifici a referenti specifici, prerequisito fondamentale dello sviluppo delle capacità gestuali e quindi successivamente dello sviluppo linguistico (Iverson, 2010; Longobardi et al., 2014). La gestualità, le attività manuali, e le attività orali sono connesse fin dalla nascita. Questo si può evincere dal fatto che tra i 6 e gli 8 mesi aumenta l'uso adattivo delle mani e della bocca utilizzate in modo ritmico e talvolta anche coordinato. Infatti, è proprio in questo periodo che emerge il babbling, tappa fondamentale dello sviluppo linguistico. A prova di questo legame Thelen (1979) ha condotto uno studio longitudinale che mette in evidenza che nei bambini a sviluppo tipico, intorno alla ventottesima settimana, si osserva un picco sorprendente nella frequenza dei movimenti ritmici delle braccia proprio in corrispondenza di quando i bambini iniziano a produrre balbetti e vocalizzazioni in cui le sillabe sono organizzate in una sequenza ritmica regolarmente organizzata (babbling) (Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Oller & Eilers, 1988). Diversi studi longitudinali hanno esplorato la natura della relazione tra l'attività ritmica delle braccia e l'inizio del babbling osservando i bambini dal periodo precedente e fino all'inizio del babbling. Ad

esempio, Eilers, Oller, Levine, Basinger, Lynch e Urbano (1993) hanno osservato i bambini dal secondo mese di vita, con osservazioni di laboratorio regolari ogni due o quattro settimane. I genitori hanno segnalato l'inizio del battito ritmico delle mani e del babbling, e l'inizio del comportamento è stato accreditato quando uno sperimentatore ha confermato il rapporto del genitore tramite l'osservazione durante una successiva visita di laboratorio. I risultati hanno indicato che l'età media di insorgenza del battito ritmico delle mani ha preceduto quella del babbling di due o tre settimane. Questi dati suggeriscono la possibilità che il battito delle mani possa rappresentare un'opportunità per praticare la produzione di azioni ritmicamente organizzate come richiesto nel babbling. Altri studi longitudinali hanno supportato il legame tra movimenti ritmici delle mani e babbling (Ejiri, 1998; Iverson, Hall, Nickel & Wozniak, 2007; Locke, Bekken, McMinn-Larson & Wein, 1995). Da questi studi è emerso che i movimenti ritmici delle braccia è meno frequente nei bambini durante la fase di pre-babbling, aumenta bruscamente nei bambini che hanno appena iniziato il babbling, e poi inizia a diminuire quando i bambini diventavano esperti nel babbling. Questo trend indica che una volta che i bambini hanno iniziato a balbettare, l'attività ritmica delle braccia ha compiuto il suo effetto facilitante e non è più necessario. Inoltre, nel periodo che va dagli 8 e ai 10 mesi i bambini iniziano a mostrare capacità di comprensione di parole, correlata all'emergere dei gesti come il mostrare o l'indicare e successivamente dai 9 ai 14 mesi nascono i primi gesti referenziali, come portare all'orecchio il telefono, associate ad oggetti specifici (Bates & Dick, 2002). La comparsa di gesti referenziali segna un passaggio

importante nell'azione infantile. Prima dell'emergere di questi gesti, i bambini agiscono sugli oggetti allo scopo di manipolarli. Quando un bambino di sette mesi gioca con un telefono giocattolo, può scuotere il cavo, sbattere sulla base, imboccare il ricevitore o far scorrere un dito esplorativo sui pulsanti. Sebbene queste azioni riflettano la crescente abilità nella manipolazione degli oggetti, sono relativamente generiche e potrebbero, in linea di principio, essere applicate a un numero qualsiasi di oggetti diversi. Con la comparsa dei gesti referenziali, invece, si manifesta un'emergente capacità di utilizzare l'azione allo scopo di assegnare significati specifici agli oggetti. A 10 mesi, quando un bambino prende il ricevitore del telefono e lo tocca brevemente all'orecchio, non sta semplicemente manipolando il ricevitore; il bambino sta dimostrando la sua consapevolezza che l'oggetto ha un significato specifico. (Capirci, Contaldo, Caselli & Volterra, 2005; Volterra, Caselli, Capirci & Pizzuto, 2005)

Alcuni studi (Iverson & Goldin-Meadow, 2005; Rowe et al., 2009) hanno evidenziato che i gesti referenziali e le prime parole sono molto simili, infatti, sottolineano come l'uso di gesti sia predittore delle prime fasi dello sviluppo linguistico sia per quanto riguarda la sintassi sia per quanto riguarda gli aspetti lessicali. Dopo che i bambini hanno acquisito un codice per decifrare il linguaggio vero e proprio, le parole vengono apprese più velocemente e il sistema gestuale diminuisce in frequenza (Bates & Dick, 2002) cosicché tra i 17 e i 24 mesi assistiamo a quella che viene definita "esplosione del vocabolario". Questi studi supportano le teorie di Ejiri, 1998; Iverson, Hall, Nickel & Wozniak, 2007; Locke, Bekken, McMinn-Larson & Wein,

1995 precedentemente descritte che dimostrano che all'aumentare dello sviluppo linguistico diminuisce l'utilizzo di gesti necessario per supportarlo. Tra i 18 e i 20 mesi compaiono le prime combinazioni di parole, accompagnate da combinazioni gesto-parola. Volterra et al. (1979) hanno osservato, in un'ottica di continuità, che le prime produzioni di parole dei bambini sono fortemente legate al contesto e, più specificamente, a particolari azioni e procedure con le quali sono state associate. Ad esempio, la parola "ciao" può essere inizialmente associata al gesto di riagganciare il telefono e in questa fase dello sviluppo, il significato di ciao è, dunque, quello di interrompere il contatto mentre si abbassa il ricevitore del telefono, un significato limitato a un singolo. Man mano che lo sviluppo procede, il bambino estende l'arrivederci a contesti oltre a quello di riagganciare il telefono. Decontestualizzando la parola *ciao*, il suo significato diventa non solo sempre più flessibile (ad es. il "ciao" ora viene prodotto non solo quando si abbassa la cornetta del telefono, ma anche quando le persone si allontanano, quando un giocattolo scompare alla vista e quando qualcuno si prepara a uscire di casa) ma anche più specifico (il ciao ora rappresenta l'interruzione del contatto, indipendentemente dal contesto in cui ciò avviene). Questo porta tra i 24 e i 30 mesi ad osservare un'esplosione nella produzione grammaticale legata, secondo alcuni studiosi, all'abilità di ricordare e imitare sequenze arbitrarie di azioni manuali (Bates & Dick, 2002).

Esiste dunque, una forte continuità tra sviluppo prelinguistico e sviluppo linguistico in cui gesto e parola costituiscono un unico sistema di comunicazione di natura multimodale (Vicari & Caselli, 2017).

Ad ulteriore riprova della relazione tra lo sviluppo motorio e sviluppo linguistico, alcuni studi (Valenza et al., 2019) hanno riportato una serie di dati che evidenziano come la presenza di una serie di abilità motorie disfunzionali in bambini prescolari correla con alcune difficoltà di apprendimento e linguistiche. Questo viene osservato in bambini definiti “goffi” ossia con una qualità motoria non adeguata rispetto all’età. Questi bambini camminano o corrono in modo maldestro, sbattono contro gli oggetti o li fanno cadere, hanno difficoltà nel vestirsi soprattutto nelle attività come allacciarsi le scarpe o i bottoni o nel disegnare. Successivamente nello sviluppo questi bambini sono soggetti a difficoltà di apprendimento e linguistiche e di conseguenza anche a problemi sociali e emotivi secondari come depressione o bassa autostima. (Pieck et al, 2010).

Complessivamente i risultati degli studi condotti in età evolutiva confermano che il repertorio posturale/motorio e la performance linguistica diventano via via sempre più interconnessi. Sembra, inoltre, che le difficoltà nello sviluppo del sistema motorio possano essere interconnesse con le difficoltà linguistiche presenti in alcuni disturbi del neurosviluppo.

1.3 Azione e linguaggio in popolazioni a sviluppo atipico

Corpo e mente, non sono due entità separate ma sono interrelate indissolubilmente tra loro. La stretta relazione tra mente e corpo è alla base della teoria dell'embodied cognition, la quale ritiene che lo studio dello sviluppo della mente debba essere analizzato nel contesto delle sue relazioni con il corpo. (Valenza & Turati, 2019). Questo approccio afferma che il corpo e il cervello/mente, in quanto parte del corpo in sé, concorrono a definire i processi mentali e cognitivi (Caruana, F., & Borghi, A. M., 2013). I processi cognitivi superiori sono dunque profondamente radicati nelle interazioni che il corpo ha con l'ambiente in modo bidirezionale. Pertanto, è plausibile supporre che un deficit o un ritardo nello sviluppo del sistema motorio possa avere ricadute a cascata su processi cognitivi superiori come ad esempio il linguaggio. Alcuni studi condotti su neonati ad alto rischio di sviluppo atipico o con diagnosi di disturbi del neurosviluppo confermano il legame tra dominio motorio e dominio linguistico. Ad esempio, in uno studio di LeBarton e Iverson (2016) è emerso che il 50-60% di bambini ad alto rischio di autismo manifesta un significativo ritardo nello sviluppo posturale a 5-6 mesi. In un terzo di questi bambini in cui le difficoltà posturali persistono anche in età più avanzata (circa un terzo del campione indagato) si osservano anche atipie a livello del sistema comunicativo (LeBarton, Iverson, 2016). Altri studi (Leonard & Hill, 2014; Sanjeevan et al., 2015; Diepeveen et al., 2018) hanno riportato la presenza di deficit non linguistici in bambini con diagnosi di disturbo del linguaggio (DL), in particolare, sono emersi ritardi nel raggiungimento dei capisaldi del dominio motorio e successive difficoltà motorie: il

70% dei bambini con DL presenta difficoltà motorie (Leonard & Hill, 2014) che non interessano solo le abilità fino e grosso motorie ma anche il controllo articolatorio, la coordinazione motoria e l'imitazione (Sanjeevan et al., 2015). Nello studio di Leonard e Hill (2014) emerge anche una correlazione tra i punteggi ottenuti nelle scale di valutazione delle abilità motorie e in quelle delle abilità linguistiche che suggeriscono che lo sviluppo delle abilità motorie possa contribuire allo sviluppo linguistico.

1.3.1 Dislessia evolutiva

La dislessia evolutiva (DE) è una compromissione specifica e significativa nello sviluppo delle capacità di lettura non meglio spiegata dall'età mentale, da problemi di acuità visiva o da un'istruzione inadeguata (ICD-10). La DE ha una prevalenza di circa il 4% dei bambini in età scolare. Ciò che risulta disfunzionale nella lettura è la decifrazione, cioè la correttezza e la rapidità con cui si legge. Le cause non sono ad oggi ancora pienamente comprese ma negli anni sono emerse diverse teorie che si sono preposte di trovarle. Per esempio, la teoria di Orton (1937) che ha esercitato una notevole influenza sullo studio della dislessia ipotizzava nel suo libro "Reading, Writing and Speech Problem in Children" che i bambini con dislessia evolutiva avessero difficoltà nell'associare la forma visiva delle parole con il loro suono parlata. Successivamente alcune teorie hanno individuato le cause della dislessia in una condizione di disarmonia esecutiva. Ad esempio, secondo la teoria di Roudinesco e Prelat (1950) la dislessia è un disturbo della regolazione centrale, mentre secondo la teoria di Leddomade (1979) la dislessia è riconducibile ad un

disturbo dell'orientamento psicologico e della relazione io-mondo. Le teorie che hanno avuto una maggior diffusione sono quelle che riconducono la dislessia alla sfera dei disturbi del linguaggio. Queste teorie si distinguono in due principali filoni:

1. Dislessia come conseguenza del disturbo del linguaggio. Sostenuta da Tallal (1980), Bradley e Bryant (1983), Stanovich (2000), Ramus et al. (2003), Snowling (2001)

2. Dislessia come risultato del disturbo suono-segno ossia come deficit della codifica fonologica. Sostenuta da Temple e Marshal (1983), Lovett (1992).

Altre teorie ancora concepiscono la dislessia come un disturbo del processamento visivo ed uditivo come la teoria di Ombredane (1937) che sostiene che la dislessia è legata a un deficit del processamento visivo e uditivo e a cecità cognitiva. La teoria di Pavlidis (1985) sostiene che la dislessia sia un disturbo dell'elaborazione visiva o visuo-spaziale con interessamento del sistema magnocellulare. Seguono a questo orientamento le teorie di Livingstone et al. (1991), Tallal (1991), Best e Domb (1999), Lovegrove (1982), Stein (1997), Galaburda (1994).

Altre teorie ancora riconducono la dislessia a un disturbo della memoria di lavoro o dell'orientamento attentivo come le teorie di Man, Liuberman, Hitchcock, Hauley, Mattis (1978) e di Plaza, Cohen (2007). Una teoria di rilievo è la teoria cerebellare di Fawcett, Nicolson e Dean (1990, 1996) la quale individua la causa della dislessia in una disfunzione del cervelletto che provocherebbe inefficacia dei processi procedurali, sequenziali con conseguenti problemi nella motricità automatica e nella

trasmissione alle zone motorie della corteccia, compresa l'area di Broca. Una disfunzione al cervelletto può portare a dislessia in quanto determina deficit nell'elaborazione di informazioni veloci.

Infine, altre teorie mettono in evidenza che le cause della dislessia possono essere ricercate nell'ambito neuromotorio, sottolineando dunque, la natura motoria e coordinativa della dislessia. Di seguito verrà presentata la teoria prassico motoria (TPM) proposta da Crispiani (Crispiani, 2001), ad oggi una delle più accreditate.

1.3.1.1 Teoria prassico-motoria

La teoria prassico-motoria (Crispiani, 2001) considera la dislessia un Disturbo delle prassie con interessamento della fluidità delle funzioni esecutive, dell'organizzazione spazio-temporale e della dominanza laterale. Per quanto riguarda la percezione visiva e uditiva, questa è considerata come un disordine qualitativo, in quanto è disfunzionale nel senso dell'organizzazione, dell'elaborazione sequenziale in condizioni di rapidità, di ritmi alternati o di sequenze sovrapposte o prolungate di stimoli. I disturbi esecutivi a carico della lettura, scrittura e delle abilità matematiche non sono di natura fonologica ma sono relativi al procedere in modo sequenziale da sinistra a destra, all'automatismo e fluidità d'azione, all'organizzazione spazio-tempo e alla relazione tra il tutto e una parte del tutto e tra una parte e il tutto. La lentezza dell'azione, sia dell'incipit che dell'esecutività, comparata con la dislateralità e le disprassie generali, riconduce alla sede essenzialmente neurocorticale del disturbo, a carico dei circuiti corticali ed in particolare dello scambio interemisferico, su cui insistono sia il cervelletto

(funzioni cerebellari di proiezione sequenziale alle zone motorie) che la dominanza laterale, ovvero entrambi, generando effetti di rallentamento o di randomizzazione. La lettura e la scrittura sono considerate funzioni esecutive e questo esclude la possibilità che queste abilità possano essere ricondotte ad un semplice processo di associazione segno-suono. Queste abilità possono però diventare frammentarie e cumulative nel momento in cui si presentano degli ostacoli, come il disordine procedurale, spazio-temporale o sinistra-destra.

La letto-scrittura è quindi un processo che coinvolge motricità, percezione e movimento in senso dinamico allo stesso modo delle altre funzioni esecutive (Maturana, 1980)

Più recentemente Lodi et al. (2018) hanno indagato come la forma delle lettere, la loro successione da sinistra a destra e la struttura delle parole così come la memoria del tracciato di diversi caratteri, la coordinazione della muscolatura oculare utilizzata per scrivere e leggere, sono tutte abilità motorie che l'individuo deve automatizzare per apprendere. Pertanto, se la motricità risulta disfunzionale nelle sue componenti di lateralizzazione e coordinazione oculo manuale questo incide pesantemente nell'organizzazione delle procedure della letto-scrittura. Lodi et al. (2018), mediante il loro studio hanno quindi valutato a ritroso questo nesso andando ad indagare come il potenziamento della coordinazione vada nel tempo ad attenuare il DSA. Lo studio di Lodi si basa sulla teorizzazione di Lorusso, Parini, Bakker (2010) del trattamento Balance- Model. Questo modello sostiene che la capacità di leggere deriva dall'equilibrio di competenze tra emisfero destro e sinistro (livello centrale) e

che l'apprendimento di tale abilità avviene in relazione allo sviluppo di schemi motori (livello periferico) che costituiscono l'abilità grosso-motoria come camminare a carponi o lo sviluppo della lateralità di una mano) (Tresoldi & Vio, 2003). Anche altri studiosi hanno riportato che un intervento a livello della motricità fine (livello periferico) può portare ad un miglioramento alla circolazione di informazioni a livello neuronale, nello specifico, a interconnessioni sia corticali che sottocorticali (livello centrale) (Spezzi, 2017). Le prassie, dunque, sono considerate essenziali nell'ambito dei DSA. Infatti, le azioni coordinate attivano proprio quelle abilità che sono prerequisito dei processi di letto scrittura. Esistono quindi delle analogie esplicite tra prassie e competenza linguistica: la sequenzialità temporale, il raggiungimento di un fine, l'uso di un 'vocabolario', il coinvolgimento dell'area di Broca, l'incremento indotto dall'osservazione e dalla pratica, l'incremento di autonomia/sicurezza di azione nell'ambiente, l'incremento dell'autostima e la sinergia di diversi distretti cerebrali con ampi flussi sinaptici.

Anche Quercia (2008) con i suoi studi sostiene che le anomalie posturali, le disprassie e le alterazioni percettive sono intrecciate e connesse ai DSA (Mahakud, 2013) e possono essere positivamente influenzate da 15 minuti di azioni cognitivo-motorie che abbiano lo scopo di 'abilitare', appunto, la percezione, la motricità, la lettura, la scrittura, la comprensione e il calcolo (Crispiani, 2001).

1.3.2 Disprassia

La Disprassia si può definire come un disturbo dell'esecuzione di un qualsiasi gesto o azione volontaria e indica la difficoltà a programmare, coordinare e controllare gli

atti motori necessari a raggiungere uno scopo. , (Sabbadini, 2013). Le ricerche degli ultimi anni si sono basate sulla teoria precedentemente descritta dell'embodied cognition (Thelen,1995; Iverson e Thelen, 1999) e sostengono quindi lo stretto legame tra percezione, azione e cognizione.). Le evidenze a supporto dell'embodied cognition sono principalmente quattro: la comunicazione e il processo linguistico sono supportati dai gesti, la visione è integrata da movimenti corporei, i neuroni a specchio si attivano sia se compio un gesto motorio sia se lo vedo eseguire da un'altra persona e infine, per potenziare la cognizione, l'uomo ricorre all'utilizzo del corpo e dei movimenti corporei. Nel 1999 Iverson e Thelen hanno condotto uno studio che dimostra lo stretto collegamento che vi è tra gesto e linguaggio. Tale legame spiega perché nella disprassia (soprattutto quella verbale) si osservi una compromissione nella comunicazione gestuale che risulta essere imprecisa e grossolana. Nel loro lavoro gli autori riportano studi condotti attraverso indagini di neuroimaging che dimostrano che i compiti motori che implicano movimenti della mano e delle dita attivano porzioni dell'area di Broca ed anche il solo pensare di muoverle attiva tale porzione. Inoltre, la disprassia può coinvolgere anche aspetti visivi, in tal caso, viene definita disprassia oculomotoria e impedisce lo spostamento volontario degli occhi verso oggetti di interesse (Chun & Gatti, 2004). Quest'abilità è indispensabile per la lettura dove gli occhi si spostano da sinistra a destra con rapidi movimenti saccadici che hanno durata variabile in base all'esperienza del lettore (Tacconella, 2006). Sono ormai numerosi gli studi che hanno indagato l'efficacia del sistema oculomotorio in soggetti con dislessia. Nelle

prove di lettura questo sistema ha mostrato un pattern di funzionamento differente dai normo lettori, con saccadi brevi, maggior durata e maggior frequenza di fissazioni (Prado et al., 2007).

1.4 Dal linguaggio parlato al linguaggio scritto

La scrittura può essere definita come un'abilità motoria fine e specializzata e deriva da un processo in cui fattori linguistici, psicomotori e biomeccanici interagiscono con lo sviluppo fisico e cognitivo della persona (Accardo et al., 2013). Quest'abilità è propria dell'essere umano e le sue caratteristiche ricadono sia nel dominio motorio che nel dominio linguistico. La scrittura quindi si presta ad essere un ottimo strumento con cui studiare questa relazione. Tra i diversi modelli che cercano di spiegare come avviene il processo che porta alla scrittura, uno dei maggiormente accreditati è il modello neuropsicologico proposto da Blason et al. (2004) (Figura 3) e ripreso da Vallar & Papagno, (2018). Secondo questi modelli il processo di scrittura coinvolge due possibili percorsi definiti: via lessicale-semantiche e via fonologica (Blason et al., 2004; Vallar & Papagno, 2018).

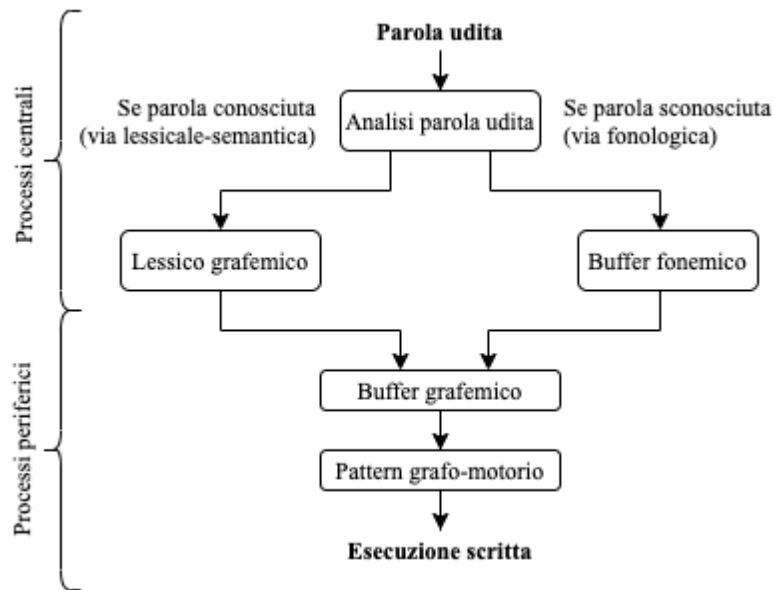


Figura 3 - Modello neuropsicologico di scrittura di parole e non parole dettate (tratto da Blason et al., 2004)

La via lessicale-semantic è recuperata dal lessico grafemico, i grafemi necessari per scrivere lettere o parole già contenute in memoria semantic. Dopo che le informazioni sono state recuperate vengono mantenute attive dal buffer grafemico finché non vengono codificate. A questo punto possono passare ai processi periferici.

La via fonologica è specializzata nell'usare processi sublessicali di conversione fonema grafema. I fonemi sono contenuti nel buffer fonemico mentre i grafemi nel buffer grafemico. Una volta che la conversione è avvenuta, si sono formate le rappresentazioni grafemiche delle lettere e/o delle parole, le quali verranno poi sottoposte ai processi periferici che permettono di realizzare la grafica finale. I

processi periferici, dunque, consentono di produrre gli allografi, di stabilire la misura e la forma del grafema, la forza e la velocità di esecuzione. Tramite i pattern grafo-motori permettono di attivare i muscoli e di conseguenza i movimenti indispensabili per la grafica vera e propria (Blason et al., 2004; Vallar & Papagno, 2018).

Una scrittura manuale efficace si riconosce attraverso la leggibilità del suo tracciato che deve quindi essere riconducibile alla rappresentazione grafica di riferimento. Questo tracciato deve essere prodotto nel modo più fluido e veloce possibile. La scrittura può dirsi automatizzata nel momento in cui richiede minimo sforzo cognitivo che può invece essere investito su altre componenti della scrittura quali l'ortografia, la costruzione di frasi e l'elaborazione del testo. Una scrittura esperta diventa così a tutti gli effetti uno strumento di comunicazione anche se, necessita comunque di feedback visivi e propriocettivi che sono indispensabili per l'integrazione e per il processamento di alcune caratteristiche della scrittura come l'orientamento, la traiettoria e l'aggiustamento della parametrizzazione dei movimenti (Palmis et al., 2017; Thibon et al., 2018).

Da un punto di vista strutturale, la scrittura manuale coinvolge un ampio numero di regioni corticali motorie e sensoriali, e i principali nodi cruciali di questo network esteso sono riscontrabili nella corteccia premotoria dorsale e in quella ventrale, nella corteccia parietale superiore, nel giro fusiforme e nella regione destra del cervelletto (Longchamp et al., 2016). L'area Exner, situata nell'area premotoria dorsale, interfaccia le rappresentazioni ortografiche e grafemiche e le sequenze complesse di movimento necessarie per produrre lettere e parole. Il giro frontale inferiore è

impiegato per l'elaborazione fonologica e per la codifica delle forme di lettere e parole. Il lobulo parietale superiore è descritto come l'area adibita all'esecuzione di azioni che coinvolgono l'elaborazione visuomotoria e visuospatiale e l'esecuzione delle sequenze di scrittura. Il cervelletto, in particolare la regione destra, è implicato nei primi stadi di apprendimento delle abilità grafo-motorie e ha un ruolo nella ritenzione. Il giro fusiforme, infine, è selettivo per gli stimoli linguistici visivi ed è centrale nella memoria ortografica a lungo termine. In quest'area risiedono le rappresentazioni astratte delle lettere, nello specifico, l'attivazione del giro fusiforme non è determinata dalle caratteristiche motorie, fonologiche o fisiche delle lettere ma dalla loro identità. Quello che accade è che le lettere "A" e "a" producono pattern di attivazione simili anche se hanno forma diversa mentre "b" e "p" hanno attivazioni diverse anche se hanno caratteristiche fisiche e fonologiche simili (Gimenez et al., 2014; Longchamp et al., 2016; Palmis et al., 2017).

In età evolutiva sono stati proposti studi simili, infatti, come abbiamo visto precedentemente una relazione tra azione e linguaggio esiste sia a livello filogenetico che ontogenetico.

Nel prossimo capitolo approfondiremo le tappe di sviluppo del processo di scrittura manuale e l'interazione graduale tra il dominio linguistico e quello motorio.

CAPITOLO 2

Apprendimento della scrittura manuale

2.1 Modelli di apprendimento della scrittura manuale

L'acquisizione della scrittura manuale è un processo lento che comincia ben prima della scolarizzazione, subisce una accelerazione durante il primo anno di scuola primaria (6/7 anni di età) per poi raggiungere l'automatizzazione intorno ai 9 anni di età, pur continuando a svilupparsi durante tutto il periodo scolastico (Lin et al., 2015). Il modello maggiormente accreditato che spiega come avviene l'apprendimento della scrittura in età evolutiva è quello di Uta Frith (1985) (Figura 4). Questo modello è pensato secondo una logica stadiale e questo significa che le competenze previste, dallo stadio iniziale in poi, devono essere padroneggiate per poter accedere allo stadio successivo. In questo modello è previsto un primo stadio, definito logografico-pittorico (o prefonetico), nel quale la lettura consisterebbe in un processo associativo che non prevede la conoscenza e l'applicazione del sistema alfabetico e non sarebbe basato sul suono. Secondo quanto evidenziato da alcune ricerche, in bambini di 4-5 anni, il riconoscimento di parole sarebbe molto dipendente dal contesto (es. la scritta PEPSI viene riconosciuta quando è presentata nel suo contesto abituale, e cioè su una bottiglia, ma non quando viene presentata su un contesto neutro, come un cartoncino) (Orsolini, 1999). Quando il bambino pone attenzione a figure o materiale alfabetico con cui viene a contatto «la

regione occipito-temporale dell'emisfero destro si attiva e procede alla codifica degli stessi. In sostanza il cervello discrimina le parole che cadono casualmente nel campo visivo da altre sequenze di lettere con cui può venire in contatto, le prime vengono fotografate e memorizzate. Le parole, quindi, vengono trattate dai due emisferi cerebrali come fossero figure, e ciò corrisponde alla "tappa pittorica". Non sono ancora presenti conoscenze sulla struttura ortografica e tanto meno fonologica della parola (Pascoletti, 2010). In questo stadio i bambini prima riconoscono la parola e poi la pronunciano, non possono quindi leggere correttamente parole nuove e sconosciute. Lo stadio successivo è caratterizzato dall'apprendimento della conversione segno-suono (stadio fonologico o alfabetico). Il passaggio dallo stadio logografico a quello alfabetico avverrebbe attraverso la conoscenza del materiale alfabetico e con la messa in atto, da parte del bambino di abilità rudimentali di segmentazione fonemica. Questa fase di accesso alla letto-scrittura si ritrova nel periodo prescolastico, ma ancora di più nei primi anni di scolarizzazione, quando il bambino scopre che la parola ha una forma orale e una forma scritta. A livello cerebrale è stato rilevato che, con l'esercizio e il miglioramento dell'abilità tecnica di lettura, si ha anche un miglioramento dell'attivazione della regione occipito-temporale sinistra. È dimostrato che la stimolazione, nel bambino non ancora alfabetizzato, della consapevolezza che le parole sono formate da suoni e la concomitante familiarizzazione con i segni della lingua scritta, facilitano nel bambino l'accesso alla lettura di tipo alfabetico. Questo è possibile perché c'è un incremento dell'attività delle aree deputate a gestire il linguaggio, e questo incremento permette

al bambino di migliorare la capacità di elaborare mentalmente i suoni che compongono le parole. In questo modo si assiste al passaggio da una consapevolezza fonologica globale (che aiuta nel riconoscimento di rime, delle sillabe iniziali e finali, ecc.) ad un livello di consapevolezza fonologica analitica. Questo tipo di lettura permette l'acquisizione di un numero enorme di nuove parole attraverso l'applicazione di un numero limitato di regole di conversione fonema-grafema e con una procedura di decodifica analitico-sequenziale. Questa fase è caratterizzata dall'acquisizione di procedure non lessicali.

Con la terza fase, definita ortografica, ci si avvia verso l'acquisizione di una procedura lessicale diretta, che non implica la conversione fonologica; il processo di lettura diventa più veloce ed economico poiché si basa sul riconoscimento analitico di unità ortografiche astratte (morfemi), e quindi l'analisi non riguarda più i singoli grafemi, ma unità più larghe che non devono essere ricodificate fonologicamente e che permettono l'accesso al lessico ortografico. La padronanza in questo stadio è importante ai fini della correttezza e della rapidità nella lettura. L'ultimo stadio, quello che contraddistingue il lettore esperto, è detto lessicale, ed è caratterizzato dall'automatizzazione della lettura e della scrittura, attraverso la formazione (e il richiamo successivo) di un magazzino lessicale. In questa fase le parole vengono lette o scritte direttamente senza bisogno di trasformazioni parziali fra grafemi e fonemi in modo quasi simile a quella logografica; il riconoscimento diretto della parola deriverebbe da un progressivo riconoscimento di unità ortografiche sempre più complesse "economizzando e automatizzando" quindi

l'accesso alla via fonologica. Alla base di questo modello stadiale vi sarebbe l'ipotesi di una organizzazione gerarchica tra le varie fasi; questo implica che lo sviluppo delle fasi più evolute dipende dall'efficienza di quelle più primitive.

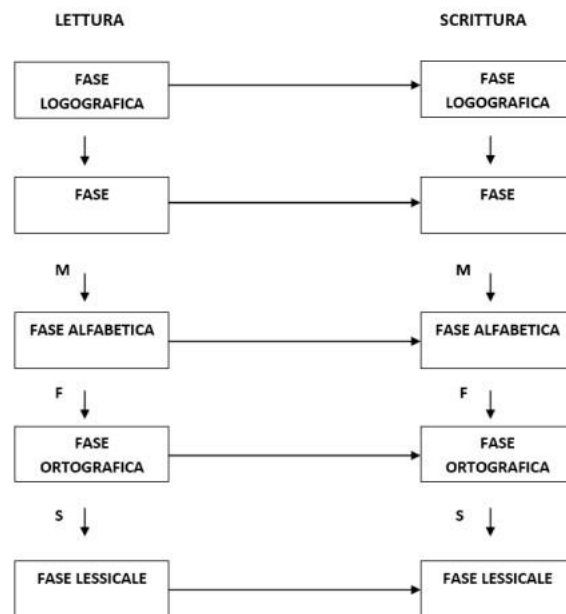


Figura 4 - Sintesi del modello di apprendimento della lettura e della scrittura di Frith. FONTE: adattato da Andrich Miato e Miato (2005)

Anche Berninger e colleghi (2006) hanno proposto a loro volta un modello a quattro stadi dello sviluppo della scrittura manuale, la quale viene descritta come sistema funzionale linguistico ma che riporta, a differenza del modello precedente, anche alcuni aspetti di carattere motorio. Il modello prevede i seguenti passaggi: durante le prime fasi, il bambino scopre che alcuni strumenti come penne, pastelli e pennarelli lasciano dei segni e iniziano ad esplorare questi segni attraverso lo scarabocchio. Nella fase successiva, in età prescolare, il bambino impara per imitazione l'utilizzo degli strumenti grafici. In questo periodo il prodotto è

caratterizzato da cerchi e tratti isolati, dopodiché inizia a produrre figure semplici. Nella terza fase il bambino apprende i nomi delle lettere dell'alfabeto e migliora nel controllo motorio dello strumento grafico. Inizia, dunque, a collegare punti e linee del disegno che gli consentiranno di tracciare le forme delle lettere dell'alfabeto. Impara, inoltre, ad imitare le forme delle lettere fatte dagli adulti. Con l'avvento della prima elementare, il bambino impara a copiare la forma delle lettere sia minuscole che maiuscole in modo sempre più accurato e impara il nome delle lettere e le riconosce quando gli vengono presentate. Il bambino impara anche a ricordare in modo automatico l'ordine alfabetico. I primi due stadi riguardano principalmente lo sviluppo delle abilità motorie e percettive e l'integrazione tra esse, mentre il terzo e il quarto stadio riguardano l'interazione tra il linguaggio e la scrittura stessa delle lettere. Berninger e colleghi (2006) sostengono che in età scolare la scrittura manuale è il risultato dell'integrazione tra il codice ortografico (forma delle lettere), il codice fonologico (parole) e il codice grafomotorio (output).

In sintesi, è importante ricordare che l'apprendimento della scrittura manuale avviene grazie a numerosi prerequisiti motori e cognitivi, in particolare, grazie alle abilità motorie, linguistiche, visuo-percettive e visuo-spaziali.

2.2 Aspetti motori

La scrittura manuale dal punto di vista motorio coinvolge non solo i movimenti fini motori delle dita ma anche i movimenti grosso motori del polso, dell'avambraccio, della spalla e più in generale della postura, il tutto inserito in vincoli temporali e spaziali. Il pattern motorio è definito da fattori come l'intensità, il tempo, la direzione

ma non solo: l'utilizzo di questo pattern è guidato anche da informazioni sensoriali di tipo visivo, tattile e cinestetico. Quest'ultimi fungono da feedback così da monitorare i movimenti ed eventualmente correggerli. Il pattern motorio si sviluppa insieme al corpo del bambino, infatti, la capacità di apprendere ed eseguire movimenti volontari in sequenza cresce in modo proporzionale con l'età e influenza sia la fluenza che la qualità della scrittura (Blason et al., 2004).

I prerequisiti motori fondamentali della scrittura sono riscontrabili fin da età molto precoci. Nei primi 18 mesi di vita il bambino acquisisce abilità posturali sempre più sofisticate che gli consentono di interfacciarsi all'ambiente in modo più adattivo, aprendo la possibilità a nuove esperienze percettive e sociali che gli permettono di conseguenza di accedere all'apprendimento di altri domini (Valenza & Turati, 2019). Per quanto riguarda la scrittura manuale, l'apprendimento di nuove strategie sensorie motorie permette lo sviluppo di strategie ergonomiche, posturali e cinematiche, tra le quali il bambino seleziona poi quelle che risultano più efficaci per utilizzarle in più contesti. Per esempio, una volta raggiunta una certa stabilità posturale, il bambino sviluppa i comportamenti di reaching e di grasping, movimenti che sono alla base dei primi compiti grafici, per poi arrivare alla scrittura vera e propria (Flatters et al, 2014). In particolare, il comportamento di reaching riguarda la sequenza di movimenti che permettono al bambino il raggiungimento di un certo oggetto mediante l'avvicinamento del braccio e della mano. Il comportamento di grasping, invece, riguarda la coordinazione e la modulazione dei movimenti della mano e delle dita in relazione alle caratteristiche specifiche dell'oggetto con lo scopo di afferrarlo

(Barone, 2015). Intorno al quarto mese di vita, il bambino è in grado di afferrare un oggetto in modo volontario quando questo in qualità di stimolo visivo sollecita il suo interesse. Quest'abilità che il bambino acquisisce mette le basi per la coordinazione visuo-motoria. Intorno ai 9 mesi, la capacità del bambino di anticipare la posizione appropriata della mano e delle dita rispetto all'oggetto e nel sintonizzare i propri movimenti con le caratteristiche dell'oggetto stesso migliora, migliorando di conseguenza la coordinazione visuo-spaziale, importante prerequisito per le abilità fino-motorie (Barone, 2015). L'apprendimento della scrittura manuale, dunque, è un processo lungo e impegnativo che inizia indicativamente all'età di due anni, quando vengono prodotti i primi movimenti grafici veri e propri e termina in tarda adolescenza. Lo sviluppo di tale abilità è caratterizzato dal passaggio da movimenti reattivi stroke-by-stroke nei bambini più piccoli fino ad un controllo automatico dell'intera traiettoria quando i programmi motori sono memorizzati intorno ai 10 anni. Tuttavia, i cambiamenti più massicci nelle caratteristiche della scrittura avvengono tra i 5 e i 10 anni. È dunque un processo lungo e impegnativo e passano diversi anni di pratica da quando il bambino impugna per la prima volta la prima penna per scrivere il proprio nome a quando è in grado di scrivere fluentemente una serie di parole. La costruzione e il consolidamento di programmi motori nella memoria a lungo termine è un processo molto lungo e faticoso. Molti studi, con metodologie variabili, hanno cercato di indagare l'evoluzione della scrittura manuale nell'infanzia (Meulenbroek & van Galen, 1988; Mojet, 1991; Zesiger, 1992). Ciò che si evince lo possiamo vedere nella figura 5 la quale rappresenta la stessa parola scritta da

bambini di 5, 7, o 9 anni e da un adulto dove si nota l'evoluzione della traccia e dei processi sottostanti.

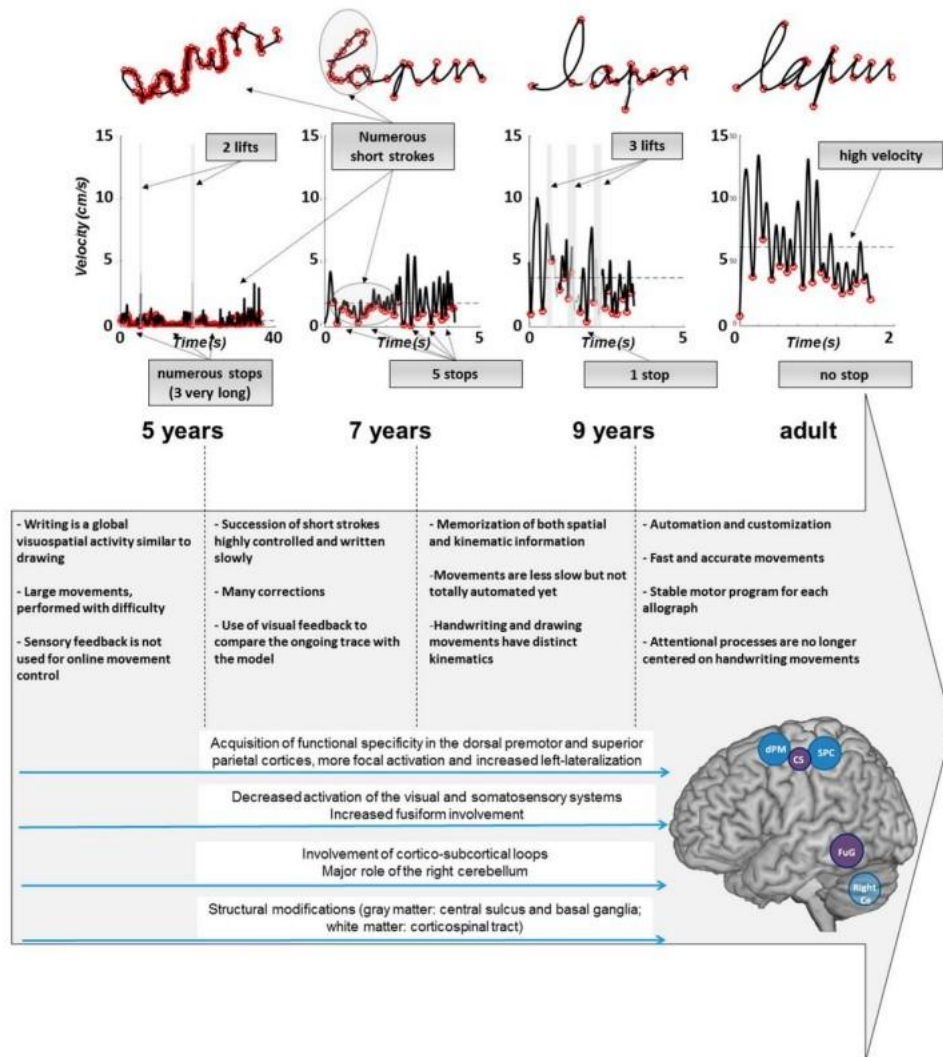


Figura 5 - Evoluzione della scrittura manuale grazie all'apprendimento e allo sviluppo generale in riferimento alla velocità e al tempo di produzione di ogni singolo tratto. L'immagine mostra anche i principali nodi di attivazione del circuito della scrittura manuale (Palmis et al. 2017).

Con gli anni la velocità media aumenta diminuendo il tempo necessario per scrivere l'intera parola. Il numero di minimi assoluti di velocità (indicato dai marker rossi) diminuisce nel tempo fino ad arrivare ad un valore ottimale in età adulta. La traccia diventa via via sempre più leggibile. La scrittura grossolana dei bambini di cinque anni è caratterizzata da una successione di tratti imprecisi, velocità molto variabile, molte pause e alzate di penna. I bambini hanno imparato a scrivere in modo primitivo attraverso la pratica di esercizi grafomotori ma falliscono nel passaggio da un tratto all'altro. La prima evoluzione che avviene tra i 5 e i 7 anni è stata interpretata come un passaggio da una strategia "balistica", caratterizzata da un'incapacità di usare un feedback sensoriale, ad una strategia basata invece su un feedback visivo acquisita intorno ai 7 anni. I bambini più piccoli eseguono gesti brevi e rapidi seguiti da una valutazione dell'errore, mentre i gesti dei bambini più grandi sono caratterizzati da una progressiva integrazione online delle informazioni visive e propriocettive. Intorno ai 7-8 anni la scrittura non è ancora automatizzata, infatti, la dimensione del testo diminuisce ma la velocità di movimento è ancora bassa poiché i bambini prestano molta attenzione ai movimenti distali della mano. I pattern motori corretti non sono ancora stati memorizzati e la grafia viene ancora controllata mediante feedback visivi online del prodotto. Intorno ai 9- 10 anni i bambini sono in grado di padroneggiare e personalizzare la loro scrittura. Quello che si può evincere è che l'apprendimento della scrittura manuale è caratterizzato da un graduale passaggio da un controllo orientato al prodotto (la traccia scritta) ad

un controllo orientato al processo (gli schemi motori che generano la traccia). Gli autori di questi studi concordano sull'idea che i bambini passano da una modalità di controllo retroattiva basata essenzialmente su un feedback visivo all'età di 7 anni, ad una modalità di controllo proattiva basata su rappresentazioni motorie stabili all'età di 10 anni. Questo passaggio che permette l'automatizzazione della scrittura permette ai bambini, con il tempo, di dedicare meno attenzione al compito.

I principali indici di riferimento utilizzati per la valutazione e la misurazione del gesto grafico e della scrittura manuale sono la leggibilità e/o accuratezza e la velocità con cui vengono prodotti i tratti (Lin et al., 2015). Tuttavia, la leggibilità e/o accuratezza e la velocità non sono gli unici indici ricavabili dalla valutazione della scrittura manuale, ma intervengono una serie di altre variabili che si influenzano reciprocamente, riconducibili ad aspetti già citati come quelli ergonomici e posturali, grafo-motori e cinematici.

Quindi, per avere un quadro completo della scrittura bisogna applicare due tipi di analisi: un'analisi basata sul prodotto, definita "approccio off-line" che utilizza informazioni statiche della scrittura (Genna, 2012; Blason et al., 2004) e un'analisi basata sul processo, definita "approccio-on-line" che utilizza informazioni di origine cinetica e cinematica (Genna, 2012; Accardo et al., 2013).

2.2.1 Indici ergonomici e posturali

I fattori ergonomici e posturali contribuiscono all'esecuzione di compiti di scrittura manuale e la loro valutazione fornisce informazioni rispetto all'approccio che il

soggetto ha verso la scrittura e verso lo strumento grafico (Blason et al., 2004; Flatters et al., 2014). La posizione ottimale per una scrittura efficiente, secondo Blason e colleghi (2004) segue la regola del “90-90-90”, la quale sostiene che nella postura del corpo si dovrebbero trovare tre angoli di 90° a livello dell'anca, del ginocchio e della caviglia. Il busto e il capo invece, dovrebbero essere dritti e allineati tra loro; le spalle dovrebbero essere rilassate; il peso del corpo distribuito in modo regolare e il troco dovrebbe essere leggermente inclinato in avanti rispetto allo schienale in favore del piano di esecuzione del compito. La regola sottolinea che questa postura deve permanere nel tempo e non deve includere movimenti non necessari e la postura tenuta deve consentire il movimento degli arti (Blason et al., 2004). Un altro indice ergonomico importante è la posizione della mano che non scrive. Questa deve interagire in modo complementare con la mano che scrive: ha il ruolo di stabilizzare in foglio e di aiutare il bilanciamento del corpo (Blason et al., 2004).

Un fattore ergonomico che è stato oggetto di molte discussioni, invece, è la prensione della penna (Blason et al., 2004; Schweltnus et al., 2012). Questa particolare abilità cambia nel corso dello sviluppo del bambino: a 12-18 mesi il bambino utilizza una presa definita “primitiva” caratterizzata dal fatto che il bambino utilizza l'intero braccio per scrivere al posto che le dita; a 3-5 anni il bambino utilizza una prensione “transizionale” che prevede l'utilizzo del pollice permettendo un miglior controllo motorio; a 4-6 anni emergono le prensioni “mature” che prevedono la flessione, l'estensione e il movimento laterale di tre o quattro dita permettendo il

movimento della penna (Blason et al., 2004; Schweltnus et al., 2012). Le prensioni primitive e transizionali dipendono dai muscoli del braccio mentre le prensioni mature fanno affidamento ai muscoli intrinseci della mano (Schweltnus et al., 2012). Esistono quattro tipi di prensione matura: a tre dita dinamica, in cui pollice, indice e medio permettono movimenti fino-motori coordinati, mentre anulare e mignolo consentono la stabilità della mano. Questo tipo di prensione permette ai polpastrelli di essere maggiormente sollecitati così da fornire maggiori input sensoriali al sistema nervoso centrale al fine di avere un maggior controllo del movimento. Questa posizione è la più corretta e diffusa negli adulti ma è utilizzata solo dal 15% dei bambini tra i 7 e i 9 anni. Un altro tipo di prensione della penna è definita “a tre dita statica o laterale. In questa posizione la penna appoggia sul medio mentre il pollice è appoggiato sulla parte laterale dell’indice e non è direttamente coinvolto nei movimenti della penna che invece dipendono da indice e medio. Questo tipo di prensione è il secondo tipo più comune. Un terzo tipo di impugnatura è quello a quattro dita dinamico, dove oltre a indice, pollice e medio vengono coinvolte anche le altre dita e infine, esiste l’impugnatura statica a quattro dita detta anche “laterale” in cui lo strumento grafico è appoggiato sull’anulare e indice, medio e anulare danno insieme inizio al movimento. Secondo Tsenge, Cermak (1993), Korkman, Kirk, Kemp (1998) e Dennis e Swinth (2001) la prensione dinamica a tre dita risulta essere la più completa in quanto permette alle articolazioni di muoversi liberamente. Bisogna però precisare che le prese atipiche della penna non influenzano né la velocità né la leggibilità della grafia (Ziviani ed Elkins, 1986; Sassoon, 1986). Altri

studi però hanno evidenziato come un minor movimento degli arti inferiori, un maggior livello di rilassatezza delle spalle e l'appoggio stabile dell'arto superiore non dominante sul foglio incidono significativamente sulla qualità e sulla velocità di copiatura di figure geometriche (Bearzotti, Tentori, Del Torre, 2012).

2.2.2 Indici grafo-motori

Oltre agli indici ergonomici e posturali esistono gli indici grafo-motori. Questi riguardano principalmente il prodotto e la qualità del gesto grafico, i quali vengono valutati in base alla leggibilità, parametro ad oggi valutabile solo a livello soggettivo (Blason et al., 2004). In letteratura si riporta un miglioramento della leggibilità in proporzione all'aumentare dell'età e della scolarizzazione. Nella revisione di Palmis e colleghi (2017) viene riportato uno studio trasversale (Mojet, 1991) che ha preso in considerazione un campione di bambini rappresentativo (rispettivamente, 300 e 219) ai quali veniva chiesto di scrivere semplici pseudo parole con il fine di analizzare in modo sistematico sia il prodotto che il processo della scrittura. Da i risultati è emerso che c'è un marcato aumento della leggibilità all'età di 8-10 anni che è seguito però da una temporanea diminuzione. Questi dati supportano l'idea che esista una fase in cui i bambini si concentrano di più sulla propria grafia e sul rispetto dello stile calligrafico seguita da una fase in cui i bambini si discostano dalla forma standard delle lettere in favore di altre componenti (de Ajuriaguerra, 1971). Altri studi hanno sottolineato alcuni periodi di regressione temporanea della performance (Meulenbroek and van Galen, 1988) (Rueckriegel et al. ,2008).

Altri indici grafo-motori sono: la direzionalità del movimento (fattore ancora poco studiato in quanto necessita della capacità di apprendimento per imitazione per poter essere acquisito), la grandezza della scrittura sia relativa che assoluta, la spaziatura tra le lettere e tra le parole e l'allineamento delle lettere sul rigo (Blason et al., 2004; Genna, 2012).

2.2.3 Indici cinetici e cinematici

Gli indici cinetici e cinematici sono invece riconducibili all'automatizzazione della scrittura manuale e sono coinvolti nel processo online che genera la traccia grafica. Tra i principali indici cinematici ci sono: la durata dei movimenti, la velocità, l'accelerazione e la pressione, i quali possono essere misurati per ogni singolo tratto o per l'intera traccia scritta (Genna, 2012; Accardo et al., 2013). L'evoluzione degli indici cinetici e cinematici è più complessa rispetto all'evoluzione del prodotto, infatti, le teorie si dividono tra chi sostiene un'evoluzione monotona del controllo motorio della scrittura manuale e chi sostiene una natura non monotona. Meulenbroek e van Galen (1988) hanno riportato una diminuzione della velocità di movimento e della fluidità in un'attività di produzione di lettere in bambini tra i 7 e i 9 anni. Rueckriegel et al. (2008) hanno anche osservato una diminuzione della fluidità in un gruppo di bambini di 8-9 anni rispetto al gruppo di bambini di 6-7 anni nello stesso tipo di attività. Un'interpretazione delle variazioni degli indici cinematici con l'età è che l'evoluzione della grafia dipende dal percorso evolutivo del bambino, come è stato dimostrato per altre abilità motorie. Hay (1979) ha mostrato che i bambini di 7-8 anni mostrano profili di velocità più a scatti rispetto a quelli dei bambini più piccoli o più

grandi. Si ritiene che questa perdita di fluidità del movimento avvenga perché la maturazione del sistema motorio che in questa fascia di età consente l'uso delle informazioni sensoriali durante l'esecuzione del movimento. Questi studi sostengono una natura non monotona dell'evoluzione del controllo motorio della scrittura manuale. Diversamente, altri studi sostengono una natura monotona dell'evoluzione del controllo motorio della scrittura manuale. Ad esempio, Mojet (1991), non riporta discontinuità delle variabili cinematiche e i cambiamenti che ha osservato sono stati osservati in una fascia d'età limitata (7-9 anni). Anche dopo i 10 anni, secondo l'autore, la performance non subisce significative evoluzioni anche se Zesiger (1992) evidenzia che esistono differenze tra la scrittura dei bambini di dodici anni e gli adulti sottolineando che il processo di scrittura continua ad evolversi leggermente anche durante l'adolescenza. Un profilo evolutivo monotono sarebbe più compatibile con l'idea che la performance di scrittura sia determinata principalmente dall'aumento della dimensione dei programmi motori che il bambino è in grado di attuare, non da un brusco cambiamento delle strategie sensomotorie dovute allo sviluppo.

Questa panoramica suggerisce che potrebbe verificarsi un periodo di transizione tra i 7 e gli 8 e dopo i 10 anni. Gli indici cinematici evolvono lentamente dopo i 10 anni e a questa età la scrittura inizia a diventare automatizzata. È probabile che i programmi motori per gli allografi vengano acquisiti dopo questa età e la scrittura possa quindi essere eseguita in modo automatico (Kandel & Perret, 2015).

Per quanto riguarda gli indici cinetici, il principale indice preso in considerazione è la pressione esercitata con la penna sul foglio. Alcuni studi pionieristici, come quello di Lin e colleghi (2015), hanno misurato anche la forza impressa dalle dita sullo strumento grafico evidenziando come la forza delle dita sulla penna e quella della punta della penna esercitata sul piano di scrittura correlino tra loro. Tuttavia, nessuna delle due misure sembrerebbe essere un indicatore della performance di scrittura in bambini con sviluppo tipico. Dallo stesso studio, effettuato su 181 bambini dai 5 ai 12 anni a cui è stato chiesto di scrivere i numeri da 1 a 9, è emerso che i bambini più piccoli eseguono un maggior numero di aggiustamenti di forza rispetto ai bambini più grandi, suggerendo un minor controllo della forza durante lo svolgimento del medesimo compito.

Altri studi si sono occupati di indagare la relazione tra il processo e il prodotto della scrittura manuale andando ad analizzare se tra i diversi fattori che compongono la scrittura a mano esiste o meno un certo grado di interdipendenza. Rosenblum e collaboratori (2006) hanno condotto uno studio su 100 partecipanti frequentanti la terza elementare 50 dei quali erano considerati scrittori esperti e 50 non esperti. Una volta formate le coppie di partecipanti lo studio ha indagato una serie di fattori ergonomici biomeccanici quali la postura del corpo, la posizione della penna e il tipo di prensione dello strumento grafico oltre che l'efficienza della scrittura, ovvero la sua fluidità, e la qualità del prodotto o leggibilità. Ciò che emerge da questo studio è che esiste una correlazione molto alta tra fattori ergonomici e il processo di scrittura, tranne che per la componente di prensione della penna. Per quanto

riguarda gli indici ergonomici e l'efficienza della scrittura a mano si sono mostrate differenze significative tra i bambini considerati scrittori esperti e bambini considerati meno abili. Questa differenza è stata interpretata dagli autori come una prova del fatto che le ridotte capacità ergonomiche dei bambini non esperti abbiano influito sull'efficienza della scrittura manuale. Quindi, la capacità di eseguire un compito di scrittura manuale è influenzata, almeno in parte, dall'ergonomia biomeccanica utilizzata durante l'esecuzione di un compito. La leggibilità, invece, sembra un fattore non influenzato dalle abilità ergonomiche, infatti, gli studiosi sostengono che sono altri i fattori che possono influenzare la leggibilità come, ad esempio, le abilità percettivo-motorie, le attitudini comportamentali e aspetti più ampi come quello dell'intelligenza.

Nonostante l'importanza di questi studi bisogna sottolineare che i dati con cui confrontare questi risultati in letteratura sono ancora troppo pochi per poter trarre delle vere e proprie conclusioni. Va sottolineato inoltre che lo studio è stato condotto con bambini israeliani che dunque maneggiavano l'alfabeto ebraico, alfabeto con caratteristiche sia morfologiche che direzionali molto differenti dall'alfabeto latino.

Un altro studio (Schwellnus et al. 2012) nel quale è stata indagata la relazione tra la prensione della penna e la leggibilità del prodotto, ha utilizzato un campione di 120 bambini con un'età media di 9 anni. In questo studio è emerso che non esiste una correlazione significativa tra i pattern di prensione della penna e la leggibilità della scrittura manuale. Questo è a prova del fatto che non esiste un pattern di prensione più corretto di un altro. Infatti, lo stesso studio ha sottolineato come il 20%

dei bambini del campione ha modificato il proprio pattern di prensione della penna durante il compito senza nessuna influenza sulla leggibilità o sulla velocità di scrittura. Anche questo studio, però, presenta dei limiti, infatti, il campione è troppo ridotto per consentire delle generalizzazioni. A tal proposito servirebbero ulteriori studi che indaghino il legame tra la leggibilità e la velocità di scrittura e i differenti pattern di prensione della penna.

In sintesi, è importante quindi ricordare che né la postura né la prensione sono fattori statici e su di loro incidono sia il naturale affinarsi delle capacità motorie che l'esperienza acquisita nell'utilizzo della mano e di strumenti diversi (Blason et al., 2004).

Accardo e colleghi (2013) hanno avanzato l'ipotesi che il prodotto della scrittura sia il risultato dell'interazione tra quattro indici cinematici: velocità, disposizione spaziale, automatizzazione e tempo di pianificazione motoria. 218 bambini frequentati le classi seconda, terza, quarta e quinta elementare sono stati testati con compiti di scrittura corsiva: il primo compito prevedeva un esercizio di scrittura indipendente dagli aspetti linguistici e richiedeva loro di scrivere il più velocemente possibile, per un minuto, la sillaba "uno" in modo ripetitivo; il secondo compito dipendeva parzialmente dalle conoscenze matematiche acquisite dai bambini e richiedeva la scrittura in corsivo, il più velocemente possibile, di numeri in ordine crescente per un minuto; il terzo e il quarto compito richiedevano buone competenze linguistiche in quanto veniva chiesto rispettivamente di copiare in corsivo nel modo più accurato e il più velocemente possibile un'intera frase. Dallo studio è emerso

una progressiva riduzione del numero di tratti per lettera all'aumentare della scolarizzazione. Ciò suggerisce un miglioramento continuo dell'automatizzazione motoria. Lo studio ha messo in evidenza, inoltre, un aumento della velocità di scrittura con l'avanzare della scolarizzazione. Ancora, che la disposizione spaziale dipende dalla grandezza della lettera che si riduce con l'aumentare della scolarizzazione, in particolare, dopo il quarto anno di primaria. Infine, si è osservato un aumento del tempo di pianificazione motoria nel corso dei primi anni di scuola presi in considerazione, tempo che tende a stabilizzarsi nell'ultimo anno della scuola primaria, suggerendo il completamento dello sviluppo di questo parametro. Bisogna sottolineare che ciascun compito ha delle caratteristiche specifiche: i compiti in cui si richiedeva maggiore accuratezza hanno portato a una minor automatizzazione, una velocità minore e un tempo per la pianificazione motoria più lungo mentre nel compito che richiedeva competenze matematiche è risultata una miglior performance di scrittura rispetto al compito ripetitivo.

In sintesi, quello che emerge da questo studio è che i parametri presi in considerazione variano in base all'età del soggetto e in base alle caratteristiche del compito.

Uno studio (Blason et al.,2004) ha voluto indagare la relazione tra la pressione esercitata con la penna e gli altri indici della scrittura manuale. Quello che da questo studio emerge è che la variazione della forza correla con la velocità solo quando i bambini aumentano la velocità di scrittura. Quando invece viene richiesto di scrivere alla velocità abituale la correlazione non risulta significativa.

Quello che emerge, in generale, è che gli indici presi in esame e la loro relazione con le variabili della scrittura non sono ancora stati sufficientemente studiati. È necessario però approfondire questa tematica in quanto avere una descrizione accurata e dettagliata dello sviluppo della scrittura manuale può contribuire a comprendere meglio le diverse performance nei compiti di scrittura sia in popolazioni tipiche che atipiche.

2.3 Aspetti linguistici

Nel sistema alfabetico la scrittura è la rappresentazione diretta del linguaggio orale, più precisamente della sua struttura fonologica, con cui stabilisce un rapporto sistematico senza la necessità di una mediazione semantica. Nelle prime fasi dell'apprendimento della scrittura manuale il bambino fa affidamento sulla propria consapevolezza metafonologica e sulla propria consapevolezza fonologica, ossia, la capacità di percepire e riconoscere per via uditiva i segmenti fonologici (sillabe e fonemi) che compongono le parole del linguaggio parlato. Questo presuppone che il bambino sia in grado di identificare le componenti fonologiche della propria lingua e le sappia poi manipolare. Una volta acquisita questa abilità, ossia la capacità di segmentare il flusso continuo del parlato, il bambino si potrà dedicare alla padronanza delle regole ortografiche, delle conoscenze lessicali, grammaticali e sintattiche. La consapevolezza fonologica è legata alla comprensione delle unità lessicali, competenza precocissima che si sviluppa grazie alla predisposizione innata del bambino di prediligere la voce umana e i suoni linguistici. Il bambino è in grado di segmentare il parlato precocissimamente grazie al processo di statistical

learning, ossia l'abilità di rilevare la struttura statistica di una data sequenza (Saffran, Aslin, Newport, 1996). Questo pone le basi per la costruzione del vocabolario fonetico e di conseguenza per l'abilità di estrapolare le singole unità all'interno del parlato (Valenza & Turati, 2019). Tutte queste abilità consentono al bambino di manipolare unità linguistiche via via sempre più complesse. Lo sviluppo della consapevolezza fonologica segue un andamento sequenziale lungo un continuum: da una sensibilità "superficiale" per unità fonologiche grandi alla sensibilità "profonda" per unità fonologiche piccole (Anthony et al., JECOP, 2002; RRQ, 2003). Si passa dunque dalla consapevolezza delle sillabe alla consapevolezza dei fonemi.

La competenza di scrittura è la risultante di molte capacità: da quelle di trascrizione, di livello inferiore a quelle di composizione, di livello superiore. Studi di Beringer e colleghi (1997) hanno rilevato come alcuni di questi processi possono essere definiti "low-level" ed implicano la rappresentazione di grafemi in memoria, l'accesso e la rievocazione dei grafemi dalla memoria, la pianificazione del movimento e la produzione dell'atto motorio; altri processi sono definiti, invece, "high level" e richiedono l'automatizzazione dei processi low-level: rientrano in questi processi le strategie di pianificazione, la generazione e la revisione del testo (Beringer et al. 1997).

Per concludere, come riportato da Baldi e Nunzi (2007) nel loro articolo "Le difficoltà di apprendimento della scrittura: la disgrafia" «Scrivere è un processo di natura neuropsicologica, in cui interagiscono i naturali processi di maturazione

neuromotoria (motricità fine delle dita e coordinazione visuo-motoria), linguistica (elaborazione linguistica del testo a livello lessicale, sintattico e semantico) e cognitiva (pianificazione, organizzazione e revisione del testo) e che si sviluppa per effetto dell'apprendimento. Nelle prime fasi di acquisizione della scrittura l'attenzione del bambino è concentrata sui processi di trascrizione che coinvolgono le abilità di conversione fonema-grafema, di motricità fine, e di integrazione visuo-motoria; man mano che tale processo si automatizza il bambino può porre maggiore attenzione alla generazione del testo, che implica processi cognitivi di natura linguistica, elaborando e producendo parole, frasi e paragrafi. Infine, quando il bambino ha raggiunto una buona abilità di elaborazione a livello linguistico potrà concentrare la sua attenzione sulle componenti cognitive e metacognitive complesse del processo di scrittura come la pianificazione e revisione del testo».

2.4 Prescrittura

Gli studi finora citati riguardanti gli aspetti motori e gli aspetti linguistici hanno indagato il fenomeno della scrittura manuale mediante compiti in cui veniva richiesto di approcciarsi con lettere, sillabe, parole o non parole. Tuttavia, il processo che porta alla scrittura inizia molto prima che i bambini sappiano produrre lettere vere e proprie. Infatti, secondo Vygotskij (1978) è indispensabile analizzare il processo dell'acquisizione della scrittura nell'ambito dell'intera storia dello sviluppo dei segni, contraddistinto da una serie di attività propedeutiche allo sviluppo del simbolismo della scrittura, quali: il gesto, il gioco simbolico e il disegno.

Per primo viene il gesto che il bambino utilizza per indicare alla madre dove porre l'attenzione. Successivamente, il bambino sviluppa il gioco simbolico che permette di separare il significato dall'oggetto. Questo assume il valore di notazione simbolica anticipando la funzione del segno. Attraverso il disegno il bambino inizia a raffigurare le proprie esperienze con dei segni grafici. Come prima cosa il bambino rappresenta ciò che conosce, poi gli attribuisce la funzione di illustrare le frasi; scopre che oltre alle cose si possono disegnare anche le parole, si avvicina così al simbolismo della scrittura. Ferreiro e Teberosky nei loro studi (1979), hanno dimostrato che i bambini sono in grado di distinguere tra il segno pittorico e quello notazionale (composto da lettere e numeri) tramite un processo attivo di scoperta che precede di molto la scolarizzazione. Passano da non distinguere il disegno dalla scrittura a considerare la scrittura analoga agli oggetti che disegnano fino ad arrivare a comprendere la funzione puramente simbolica della scrittura convenzionale. Tuttavia, il passaggio dal disegno alla scrittura oltre ad essere il risultato di un processo di sviluppo cognitivo è anche il risultato del supporto didattico. Infatti, fin dalla scuola dell'infanzia vengono proposti al bambino esercizi di pregrafismo e prescrittura (Figura 6)

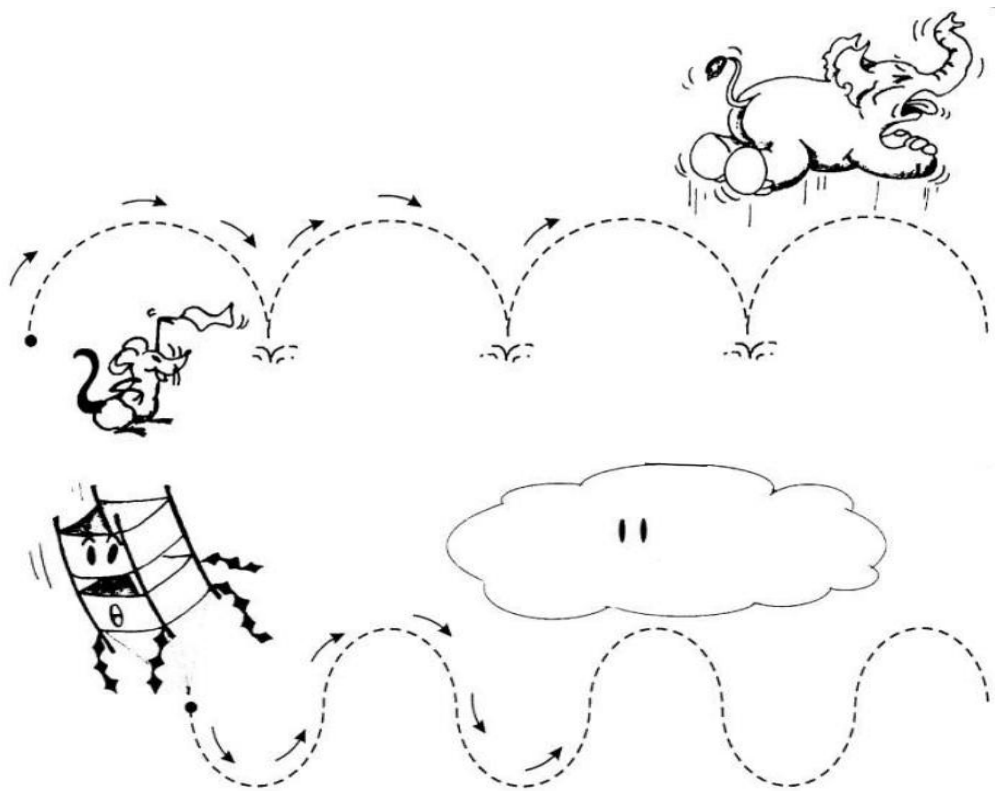


Figura 6 - Esempi di pregrafismi. (Zoja, Bravar, Borean, & Blason, 2004. *Il corsivo dalla A alla Z. Un metodo per insegnare i movimenti della scrittura. La pratica. Edizioni Erickson*)

Questi esercizi sono formati da ripetizioni di linee, cerchi o semicerchi che permettono al bambino di consolidare le nozioni di alto e basso, sopra e sotto e destra sinistra in relazione allo spazio oltre che a rispettare la direzionalità dei movimenti (Vaivre-Douret et al., 2021). Questi movimenti sono solitamente alla base della formazione di diverse lettere (Blason et al., 2004). Bisogna dire però che gli studi che si sono occupati dei pregrafismi e della prescrittura sono pochi. Uno di questi studi è stato recentemente condotto da Vaivre-Douret e colleghi (2021) i quali hanno proposto alcuni compiti di prescrittura a 331 bambini dai 6 a 11 anni. Quello che è emerso è che gli aspetti grafo-motori e cinematici misurati, oltre ad avere un

andamento progressivo nel corso degli anni di scuola, sembrerebbero essere dei buoni perditori della leggibilità e della lingua di scrittura.

La scrittura manuale implica l'interazione di molte abilità sia linguistiche che motorie che interagiscono in modo complesso tra loro. Negli studi riportati dalla letteratura, nonostante il grande apporto portato allo studio dello sviluppo della scrittura manuale, si basano ancora sul cercare relazioni dirette tra le diverse abilità implicate nella scrittura manuale. Ci hanno permesso però di verificare l'ormai indissolubile legame tra linguaggio e il dominio motorio e hanno indagato quali sono le componenti implicate in quest'abilità così complessa.

Con il nostro studio ci siamo proposti di indagare il processo e il prodotto della scrittura manuale mediante l'uso di pregrafismi ai fini di indagare la relazione tra i diversi indici che compongono la scrittura mettendo a confronto i risultati prodotti da bambini con dislessia evolutiva e da bambini disprassici a confronto con bambini a sviluppo tipico.

CAPITOLO 3

Lo studio empirico

3.1 Definizione del contesto e domande di ricerca

La relazione tra il dominio motorio e quello linguistico è stata ampiamente indagata sia per quanto riguarda gli aspetti neuropsicologici, sia per quanto riguarda gli aspetti neurofisiologici ed evoluzionistici. Come riportato nei capitoli precedenti, studi sugli adulti hanno evidenziato innanzitutto che regioni cerebrali tipicamente associate alle funzioni motorie (es. la corteccia motoria, l'area premotoria, il cervelletto) sono coinvolte anche in compiti linguistici. Allo stesso modo, le aree "classiche" del linguaggio, come l'area di Broca, si attivano anche in compiti motori (Iverson, 1999; Pulvermüller et al., 2005). Si è inoltre osservato che, in alcune popolazioni di pazienti (es. soggetti con afasia) così come nei bambini con disturbo primario del linguaggio, i deficit delle funzioni motorie e linguistiche sembrano essere strettamente collegati (Iverson, 1999; Leonard & Hill, 2015; Sanjeevan et al., 2015; Diepeveen et al., 2018; LeBarton & Iverson, 2013; Vicari & Caselli, 2017; Valenza & Turati, 2019). Da un punto di vista neurocostruttivista, è possibile ipotizzare che le associazioni tra il dominio motorio e quello linguistico, riscontrate negli adulti, siano l'esito di un processo epigenetico. In quest'ottica, ad esempio, lo sviluppo motorio non è considerato un processo indipendente poiché possiede relazioni complesse con lo sviluppo di altri domini, in particolar modo proprio con il dominio della comunicazione e del linguaggio (Leonard & Hill, 2014).

Principalmente, gli studi su bambini con sviluppo tipico e ad alto rischio di sviluppo atipico hanno dimostrato che il dominio motorio e il dominio linguistico sono correlati precocemente e che i diversi modi in cui il corpo impara a muoversi e ad interagire con l'ambiente hanno un impatto sullo sviluppo di abilità fondamentali per l'emergere della comunicazione e del linguaggio nella prima infanzia (Iverson, 2010). Infatti, ciò che si è indagato maggiormente è la relazione tra i gesti e le parole: tale associazione sarebbe inoltre dimostrata da una base neurale comune che sembrerebbe coinvolgere i neuroni specchio, i quali potrebbero spiegare l'origine del sistema di imitazione gestuale di comunicazione e, di conseguenza, l'evoluzione del linguaggio (Alcock & Krawczyk, 2010). Tuttavia, mentre vi è una letteratura ricca e in rapida crescita che descrive dettagliatamente l'associazione tra il sistema motorio e il sistema linguistico nei neonati e negli adulti, non vi sono ancora dati sufficienti per quanto riguarda tale relazione nei bambini in età scolare con sviluppo tipico o atipico (Iverson, 2010). È importante indagare queste fasce di età perché, sebbene la scrittura costituisca un apprendimento complesso che viene appreso e organizzato tramite l'istruzione formale e il cui completo sviluppo risulta essere tardivo rispetto ad altre abilità linguistiche (Blason et al., 2004), i bambini la scoprono ben prima di entrare a scuola, sperimentando spontaneamente diverse rappresentazioni pregrafiche che si organizzano in teorie ingenuie sul significato dei segni e sulla loro funzione (Blason et al., 2004).

Obbiettivo dello studio

All'interno di questa cornice teorica di riferimento, la scrittura manuale, definita come un vero e proprio "Language by Hand" (Berninger et al., 2006), potrebbe rappresentare un "terreno fertile" per esplorare ulteriormente la relazione interdipendente tra il sistema motorio e quello linguistico nei bambini. La scrittura, oltre ad essere un'attività propriamente dell'essere umano, è il prodotto della convergenza di diverse abilità di base: può essere definita come un'abilità fine e specializzata, risultato di un processo sofisticato in cui fattori linguistici, psicomotori e biomeccanici interagiscono con la maturazione fisica, lo sviluppo cognitivo e l'apprendimento (Accardo et al., 2013). Infatti, il processo di acquisizione della scrittura avviene a partire da alcuni prerequisiti fondamentali, tra i quali vi sono, appunto, precoci abilità linguistiche come la capacità di segmentare il flusso del parlato, e precoci abilità motorie come le capacità di reaching e grasping (Blason et al., 2004; Sundara, M., & Mateu, 2018; Valenza & Turati, 2019).

Il presente studio ha come obiettivo generale quello di analizzare la scrittura manuale come esempio specifico dell'incontro tra il dominio motorio e il dominio linguistico, con il fine di indagare come le diverse componenti che compongono questa complessa abilità interagiscano tra loro. Per fare ciò è stato scelto un campione di bambini dai 7 ai 10 anni di età, l'intervallo di tempo che coincide con l'inizio del supporto didattico per la scrittura manuale e il raggiungimento della sua automatizzazione (Blason et al., 2004; Cornoldi & Zaccaria, 2011; Lin et al., 2015), con sviluppo tipico e con possibili disturbi dell'apprendimento. Abbiamo quindi

stimato l'effetto delle relazioni che legano le diverse componenti di processo e prodotto della scrittura manuale e delle competenze linguistiche attraverso quattro compiti di prescrizione. La scelta è ricaduta su un compito di prescrizione perché ritenuto adatto per tutti i bambini della fascia di età selezionata (i bambini iniziano a familiarizzare con questo tipo di esercizi molto presto) e perché escludendo l'utilizzo di parole abbiamo reso il compito di pari difficoltà a bambini che presentano disturbi che interferiscono con le capacità di lettoscrittura. L'esperienza linguistica è stata valutata misurando il vocabolario ricettivo tramite il test standardizzato PPVT-R. L'efficacia del processo e del prodotto di scrittura è stato valutato attraverso 4 compiti di prescrizione con un gradiente di difficoltà crescente. Tutti i compiti sono stati valutati tramite un'applicazione per il tablet ed una check-list creati ad hoc.

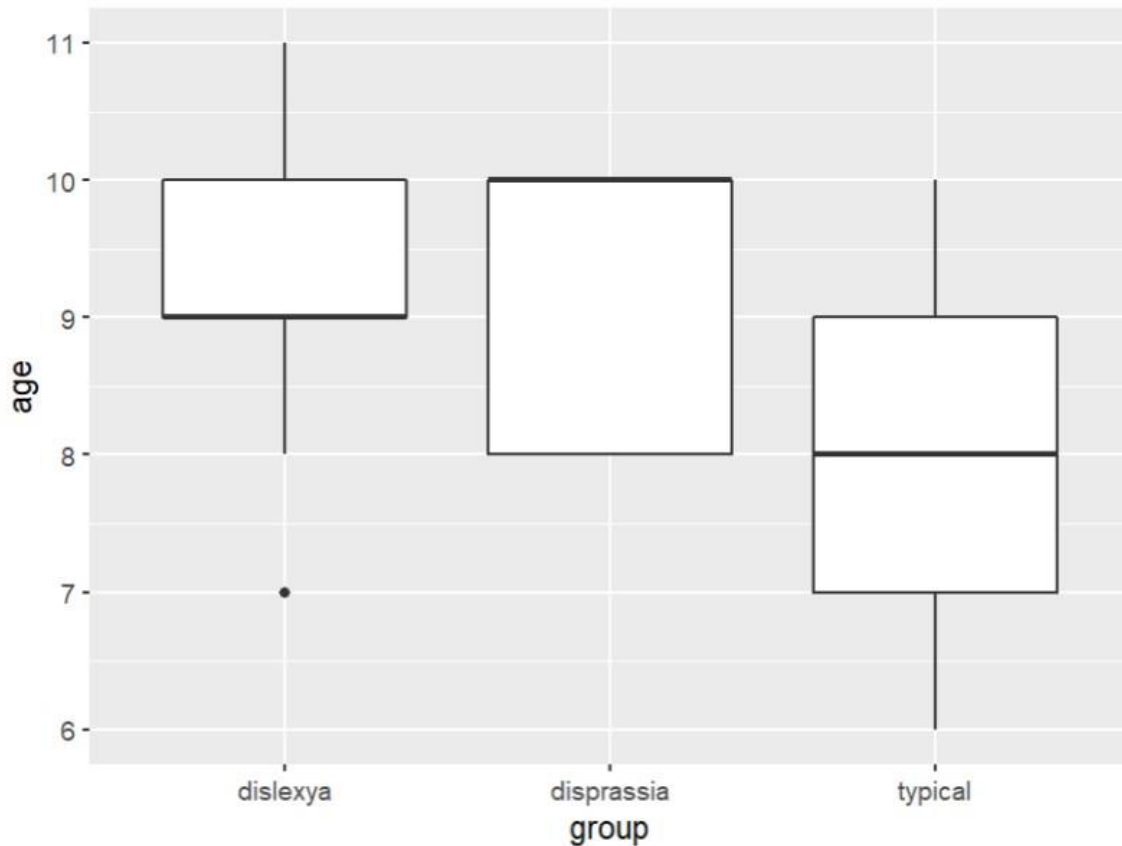
Ipotesi

Sulla base della letteratura esistente, si ipotizza che esista una relazione tra gli indici del prodotto e quelli del processo di scrittura, poiché l'apprendimento della scrittura avviene tramite il passaggio da un controllo orientato al prodotto, quindi sulla traccia scritta, ad un controllo orientato al processo, cioè sui pattern motori che generano la traccia. In un'ottica d'interazione tra il dominio motorio e quello linguistico si prevede inoltre che bambini con un vocabolario ricettivo più ampio manifestino prestazioni grafiche migliori, sia dal punto di vista del prodotto sia dal punto di vista del processo, rispetto ai bambini con un vocabolario ricettivo ridotto. Si prevede infine che le relazioni che legano indici cinetici e cinematici e il prodotto siano differenti nei tre campioni presi in considerazione.

3.2 Metodo

3.2.1 Soggetti

Hanno partecipato allo studio 30 bambini dai 7 ai 10 anni reclutati in un centro specializzato nella presa a carico di bambini con disturbi apprendimento della regione Veneto e in un centro culturale nella regione Marche. Tutti i bambini sono stati coinvolti previa autorizzazione e firma del consenso informato da parte dei genitori/tutori. Nel dettaglio il campione è formato da tre gruppi di bambini con quoziente intellettivo nella norma valutate mediante la scala di valutazione WISC-IV (Orsini, Pezzuti, & Picone, 2012). Il primo gruppo è formato da bambini con una valutazione di dislessia, ottenuta mediante la scala di valutazione MT-3 Clinica (Cornoldi, Carretti, 2016) e la batteria DDE-2 (Sartori, Job, Tressoldi, 2007) la cui età mediana è di 9 anni; il secondo gruppo è composto da bambini con una valutazione di disprassia, ottenuta mediante il test “BVSCO-2 Valutazione della Scrittura e della Competenza Ortografica – Prova di velocità prassica” (Tressoldi, Cornoldi, Re, 2012) con un’età mediana di 10 anni e il terzo gruppo è composto da bambini a sviluppo tipico con un’età mediana di 8 anni. Nel boxplot (Figura 7) è possibile osservare la distribuzione dell’età in anni divisa per gruppo di appartenenza del campione.



*Figura 7- Distribuzione dell'età in anni suddivisa per gruppo di appartenenza.
Con la linea nera è indicata la mediana di ogni distribuzione.*

Tutti i partecipanti rientrano nel range di età definito “età scolare” con qualche differenza nella distribuzione in quanto nell’appaiamento si è preferito eguagliare i 3 campioni per l’età linguistica più che per l’età cronologica. Infatti, è stato valutato il vocabolario recettivo dei partecipanti mediante l’utilizzo del Peabody Picture Vocabulary Test (Stella, Pizzoli, Tressoldi, 2000). Nel boxplot (Figura 8) è possibile osservare la distribuzione dell’età linguistica dei partecipanti suddivisi per gruppo di appartenenza. Si evince che la maggior parte dei partecipanti ottiene un punteggio

mediano tra 100 e 120. Nel dettaglio il gruppo di bambini che presentano dislessia ha una mediana di 101 punti al test peabody; il gruppo di bambini che presentano disprassia ha un punteggio mediano di 114 e il gruppo di bambini tipici di 109.

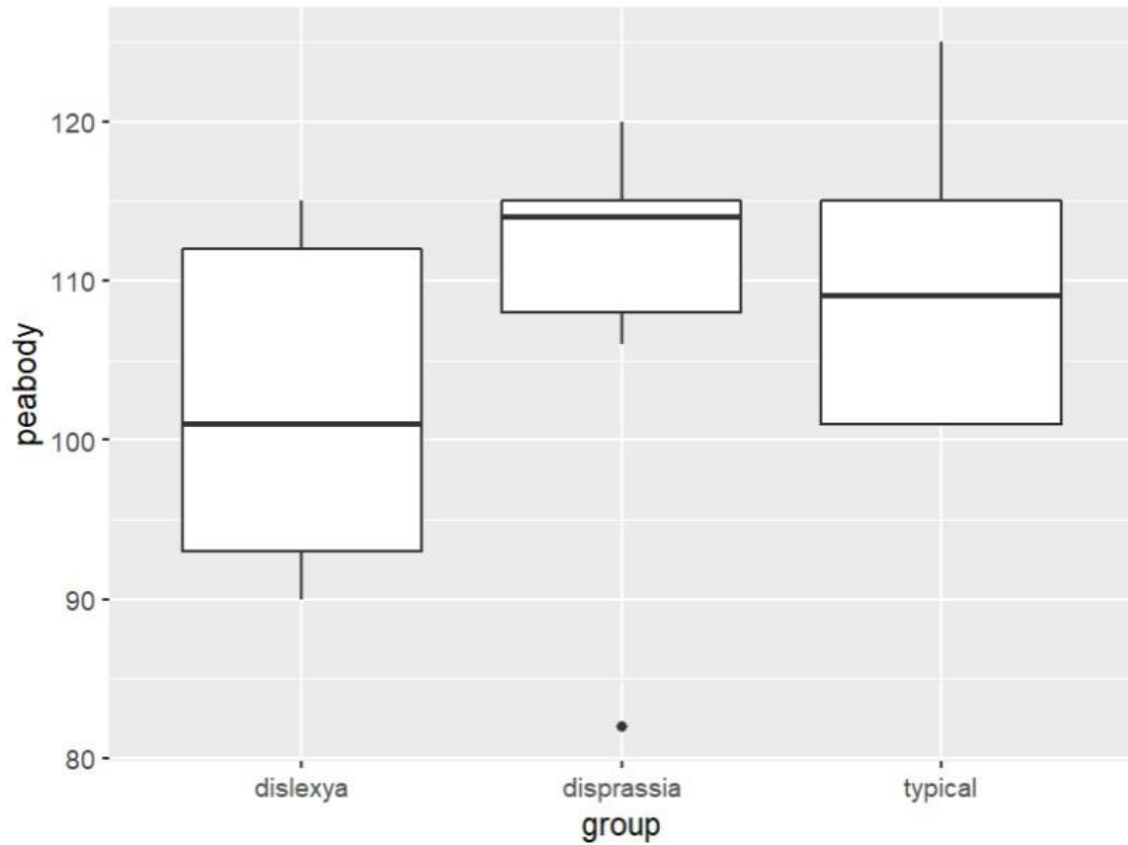


Figura 8- Distribuzione dei punteggi ottenuti nel PPVT-R suddivisa per gruppi di appartenenza.

Con la linea nera è indicata la mediana di ogni distribuzione.

3.2.2 Strumenti di screening

Per la procedura di screening sono stati utilizzati strumenti di valutazione clinica volti a misurare il quoziente intellettivo, la presenza di dislessia, la presenza di disprassia e l'abilità di vocabolario recettivo. Nel dettaglio i test utilizzati sono:

WISC-IV

La quarta versione della *Wechsler Intelligent Scale for Children* (WISC-IV; Wechsler, 2003), disponibile in Italia dal 2012 (Orsini, Pezzuti, & Picone, 2012), è uno strumento clinico che permette di valutare le capacità cognitive dei bambini e dei ragazzi di età compresa tra i 6 anni e i 16 anni e 11 mesi. La WISC-IV valuta quattro aree cognitive, mediante indici cognitivi distinti: Indice di Comprensione Verbale (ICV), Indice di Ragionamento Visuo-Perceptivo (IRP), Indice di Memoria di Lavoro (IML) e Indice di Velocità di Elaborazione (IVE). La WISC-IV prevede inoltre tre indici compositi: Quoziente Intellettivo Totale (QIT), Indice di Abilità generale (IAG) e Indice di Competenza Cognitiva (ICC). Mentre il QIT è costituito dai dieci sub-test che costituiscono i quattro indici (ICV, IRP, IML, IVE), l'IAG è composto dai sub-test che costituiscono solo l'ICV e l'IRP. Infine, l'ICC unisce IML e IVE in un unico punteggio.

Una delle applicazioni cliniche della WISC-IV è la valutazione cognitiva dei bambini che sembrano avere un Disturbo Specifico dell'Apprendimento (DSA), al fine di supportare mediante un test standardizzato l'ipotesi diagnostica. In Italia, infatti, per stabilire una diagnosi di DSA è richiesto un quoziente intellettivo di almeno 85 e una

notevole discrepanza tra il QI e la prestazione accademica interessata dal disturbo (Istituto Superiore di Sanità, 2011).

MT-3 Clinica

Le Prove MT -3 Clinica (6-14 anni) permettono di valutare in modo approfondito abilità di lettura e comprensione del testo a partire dalla scuola primaria e fino al secondo anno della scuola secondaria di II grado; abilità di matematica a partire dai 14 anni e fino al completamento della Scuola secondaria di II grado e abilità di scrittura per il biennio della scuola secondaria di II grado. Le Prove MT -3-Clinica (6-14 anni) sono composte da 27 prove di lettura e comprensione: 18 prove per la scuola primaria (6 prove di lettura e 12 prove di comprensione) e 9 prove per la scuola secondaria di I grado (3 prove di lettura e 6 prove di comprensione)

I brani proposti valutano comprensione, correttezza e rapidità di lettura per tutte le classi della scuola primaria e secondaria di I grado (Cornoldi, Carretti, 2016)

DDE-2

La DDE-2 è una batteria che permette di valutare il livello di competenza acquisita sia nella lettura che nella scrittura. La batteria comprende 8 prove: 5 per l'analisi del processo di lettura (denominazione di grafemi, lettura di parole, lettura di non parole, comprensione di frasi con omofone, correzione di parole omofone) e 3 per l'analisi del processo di scrittura (dettato di parole e non parole, dettato di frasi con parole omofone) (Sartori, Job, Tressoldi, 2007).

BVSCO-2

La BVSCO-2 - Valutazione della Scrittura e della Competenza Ortografica è uno strumento completo per valutare tutti gli aspetti implicati nel percorso di apprendimento della scrittura: il grafismo, la competenza ortografica e la produzione del testo scritto. La batteria stima le competenze del bambino per l'intero percorso scolastico della scuola primaria e secondaria di I grado.

La prova di velocità prassica valuta la competenza grafo-motoria. Una prova da realizzare velocemente per avere un'idea della collocazione individuale è quella della velocità. Sono disponibili i criteri per ogni classe, così è facilmente verificabile se un bambino rientra in una fascia accettabile per l'età. La prova è strutturata in tre parti:

1. Scrivere in modulo continuo, senza staccare la penna dal foglio, in corsivo, la sillaba "le" per un minuto. Compito complesso per il livello motorio richiesto.
2. Scrivere la parola uno, in corsivo, per un minuto la parola "uno"
3. Scrivere i numeri in parola in ordine, partendo da uno, per un minuto. Compito complesso per la pianificazione richiesta (Tressoldi, Cornoldi, Re, 2012).

Il PPVT-R

Il PPVT-R (Peabody Picture Vocabulary Test – Revised) è un test utilizzato per la misurazione del vocabolario recettivo italiano in bambini dai 3 anni e 9 mesi agli 11 anni e 6 mesi. La scelta di questo strumento è stata dettata dalla sua semplice e rapida somministrazione e dal fatto che presenta una standardizzazione italiana. Il PPVT-R è composto da 5 tavole di addestramento e 175 tavole per la vera e propria

somministrazione. Compito dell'esaminatore è quello di mostrare le tavole con 4 item ciascuna e dire la parola target che il bambino dovrà riconoscere ed indicare tra le figure presentate. Il punteggio grezzo finale è il risultato del numero delle risposte corrette nell'intervallo critico, delimitato dal livello di base e dal soffitto, dal quale viene ricavato il punteggio standard equivalente per l'età (Stella, Pizzoli, Tressoldi, 2000)

3.2.3 Strumenti sperimentali

Il compito di prescrizione è stato eseguito tramite l'utilizzo di un iPad Air di quarta generazione e di una Apple Pencil di seconda generazione. L'iPad Air ha un multi-touch retroilluminato con LED da 10,9" (diagonale) e una risoluzione di 2360x1640 pixel a 264 ppi (pixel per pollice). L'Apple Pencil è sensibile all'inclinazione e alla pressione e mentre la si usa è possibile appoggiare la mano sullo schermo del tablet come se fosse un vero foglio di carta. Il compito di prescrizione è stato inserito in un'applicazione sviluppata dall'ing. Luca Cossu che, oltre a consentire lo svolgimento della prova, ha permesso anche di raccogliere i dati del processo di scrittura. Per la raccolta degli indici del prodotto è stata realizzata una checklist ad hoc volta ad indagare indici ergonomici e posturali e indici grafo-motori oltre ad una serie di osservazioni aggiuntive utili alla valutazione (mano con cui prende la penna, motivazione al compito, numero di volte in cui si alza dalla postazione, verbalizzazioni rilevanti).

I dati anagrafici dei bambini e le informazioni necessarie sono stati raccolti tramite l'analisi della cartella clinica presente nel centro per i disturbi dell'apprendimento frequentato dai partecipanti alla ricerca.

3.2.4 Stimoli

Il compito di prescrittura è stato creato mettendo insieme 4 stimoli pregrafici selezionati tra quelli presenti nel volume "Il corsivo dalla A alla Z: un metodo per insegnare i movimenti della scrittura. La pratica" (Blason et al., 2004). Gli stimoli pregrafici considerati "semplici" sono formati da disegni utili a focalizzare l'attenzione del bambino e da linee tratteggiate che rimandano ai movimenti alla base della formazione delle lettere, come ad esempio onde, montagne, asole etc.

(Fig. 9 e 10)

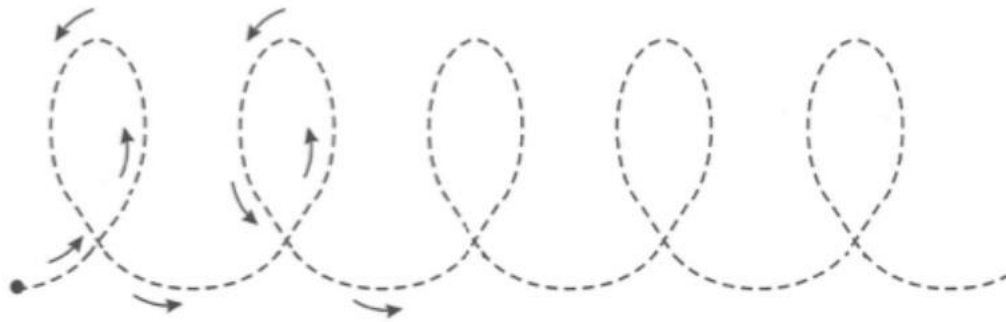


Figura 9- Primo stimolo pregrafico selezionato (tratto da Blason et al., 2004)



Figura 10- Secondo stimolo pregrafico selezionato (tratto da Blason et al., 2004)

Anche gli stimoli pregrafici più complessi prevedono l'esecuzione dei movimenti alla base della formazione delle lettere, ma le tracce da seguire sono di dimensioni ridotte (Fig.11 e 12)

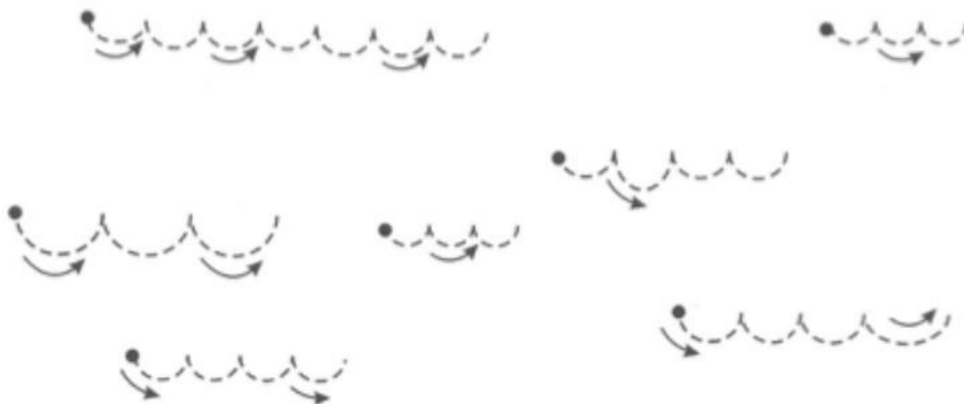


Figura 11- Terzo stimolo pregrafico selezionato (tratto da Blason et al., 2004)

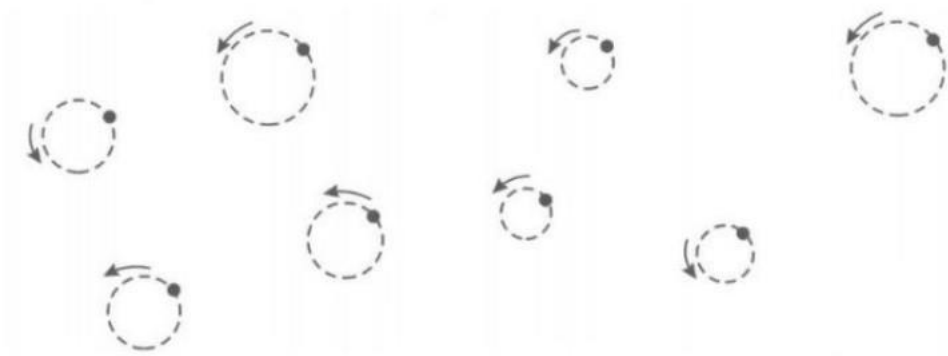


Figura 12- Quarto stimolo pregrafico selezionato (tratto da Blason et al., 2004)

Tutti gli stimoli selezionati seguono un ordine di complessità crescente.

La performance grafica è stata valutata sia in termini di prodotto (inteso come accuratezza spaziale della traccia; Palmis et al., 2017) che di processo (inteso come il movimento che genera la traccia; Palmis et al., 2017). Gli indici dell'analisi del prodotto, che valutano principalmente l'accuratezza spaziale della traccia (Palmis et al., 2017), sono stati suddivisi in indici ergonomici e posturali e indici grafo-motori. Gli indici ergonomici e posturali inseriti nella checklist sono (Blason et a., 2004; Costa, 2016):

- Modalità di prensione della penna
- Posizione del foglio
- Posizione della mano che non scrive
- Inclinazione frontale e laterale del tronco
- Posizione delle spalle

Mentre gli indici grafo-motori sono:

- L'accuratezza del tratto rispetto al modello di riferimento
- Direzionalità del movimento
- Presenza o meno di collegamenti interrotti
- Presenza o meno di tratti distorti e/o forme ambigue dei tratti
- Presenza o meno di tratti ritoccati e/o ricalcati
- Presenza o meno di tratti incerti e/o tremolanti

Inoltre, sono presenti alcune osservazioni aggiuntive utili alla valutazione quali:

- Mano con cui prende la penna
- Motivazione al compito
- Numero di volte in cui si alza dalla posizione
- Distrazione
- Presenza di vocalizzazioni (esempi)

Gli indici dell'analisi del processo, che valutano il movimento che genera la traccia (Palmis et al., 2017), misurati sono:

- Durata
- Velocità massima
- Velocità media - Accelerazione media
- Accelerazione massima
- Pressione media

- Deviazione Standard della pressione

3.2.5 Procedura

Le prove di valutazione clinica, la valutazione del vocabolario recettivo e le prove di scrittura sono state svolte da tutti i bambini del campione individualmente: prima sono state presentate le prove di valutazione clinica, poi la valutazione del vocabolario recettivo e infine la prova di scrittura. Ciascun bambino è stato invitato a sedersi, mettersi comodo e a sistemare il libro stimoli del PPVT-R davanti a sé in modo da rendere il più possibile comoda l'esecuzione del compito dopodiché è stata comunicata la consegna verificandone la comprensione anche attraverso gli stimoli esempio predisposti dal test. La prova di scrittura è stata presentata in una seduta successiva per non sovraccaricare l'attenzione e la concentrazione dei bambini del campione clinico. Prima di iniziare la prova grafica è stata specificata al bambino la consegna ed è stato sottolineato che il compito non aveva nessun limite di tempo. Inoltre, è stato consigliato di assumere una posizione comoda e di sistemare il tablet a proprio piacimento con lo scopo di rendere l'esecuzione del compito di prescrizione il più possibile ecologico e piacevole. Durante la prova di prescrizione è stata valutata penna e matita la checklist per la valutazione qualitativa della performance.

3.3 Analisi dei dati

Prima di passare alla presentazione dei risultati si ritiene necessaria una breve premessa: l'analisi dei dati è stata eseguita tenendo ben presenti l'esiguità del campione e la variabilità dell'età. Dunque, i risultati ottenuti riguardano

esclusivamente la relazione tra i fattori d'interesse all'interno del campione stesso, piuttosto che essere generalizzati alla popolazione di riferimento. Inoltre, si è scelto di condurre delle analisi focalizzate principalmente sugli indici di maggior influenza del processo e del prodotto della scrittura manuale, ovvero, per quanto riguarda il processo ci si è focalizzati su velocità di tratto, pressione e durata complessiva del compito e per quanto riguarda il prodotto sulle interruzioni del tratto e l'accuratezza.

L'analisi dei dati è stata svolta procedendo in primis con l'analisi descrittiva della variabilità di ogni indice preso in considerazione suddiviso per gruppo per poi effettuare delle network analysis che hanno invece permesso lo studio dell'interazione simultanea di tutte le variabili prese in considerazione.

I boxplot presentati per l'analisi descrittiva mostrano la distribuzione dei dati quantitativi delle variabili prese in considerazione. La linea centrale nella scatola rappresenta la mediana dei dati, dunque, la metà dei dati si trova sopra questo valore e l'altra metà sotto. La parte inferiore e superiore della scatola mostrano il 25° e il 75° percentile. Questo ha permesso di avere uno strumento visivo per la verifica della normalità e di identificare possibili outlier. Per quanto riguarda i dati qualitativi raccolti, questi sono stati rappresentati graficamente mediante un grafico a barre e un violin plot che permette di vedere il minimo, il massimo, il 1° quartile, la media, la mediana, il 3° quartile e la frequenza di più variabili in un frame di dati. La forma della curva di densità del grafico a violino esprime la frequenza delle osservazioni.

La network analysis è invece uno strumento utilizzato in numerosi campi di studio per affrontare la complessità delle interrelazioni tra diversi attori, costrutti o domini. Essa consente di dare un significato e una maggior rilevanza alla relazione tra i vari fattori analizzati, piuttosto che considerarli come entità separate ed isolate. Quindi, la network analysis permette la descrizione di quelle che sono le principali caratteristiche della rete formata da diverse entità e dalle loro connessioni.

Nel dettaglio, il software che è stato utilizzato è R Core Team (2021) e il pacchetto di riferimento usato per produrre i grafici relativi alle analisi descrittive è “ggplot2” (Wickham, Chang, & Wickham, 2016). Per i modelli generalizzati di regressione lineare ad effetti misti è stato utilizzato il pacchetto “lme4” (Bates, Maechler, Bolker, et al., 2011) mentre per le network analysis è stato utilizzato il pacchetto di R Core Team (2021) “bootnet” (Epskamp, Fried, 2020).

3.3.1 Velocità di tratto

Per quanto riguarda il processo, nella figura 13 viene riportato il boxplot riferito alla velocità di tratto, ossia il tempo in millisecondi impiegato per ciascun tratto prodotto dal bambino in tutti i compiti affrontati.

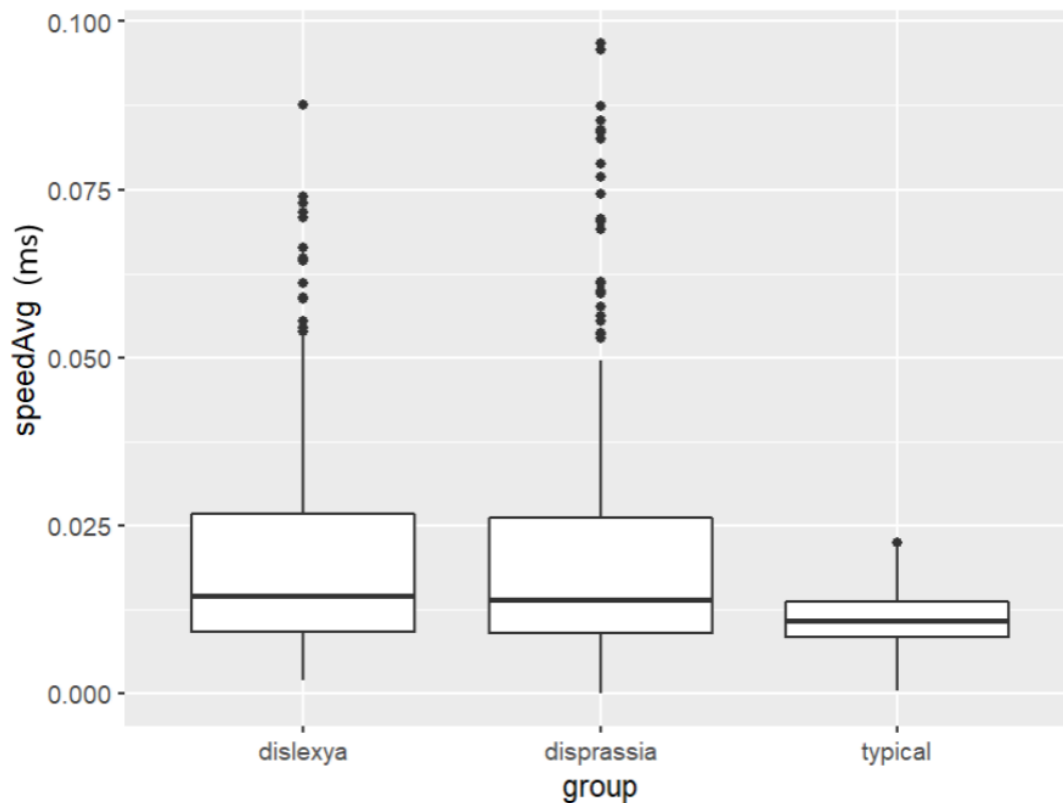


Figura 13- Distribuzione della velocità di tratto rappresentata in un boxplot.

Il grafico mostra che nel gruppo dei bambini a sviluppo tipico si osserva una performance molto uniforme e sono molto veloci nella produzione di ogni singolo tratto. Lo stesso non si può dire per il gruppo di bambini disprassici e per il gruppo

di bambini dislessici che mostrano una variabilità molto elevata con molti out liner che si discostano dalla mediana per almeno due deviazioni standard.

3.3.2 Interruzioni di tratto

Per quanto riguarda il prodotto, nella figura 14 viene riportato il diagramma a barre riferito alle interruzioni di tratto, ossia la presenza o meno di sospensioni temporanee nel flusso della scrittura.

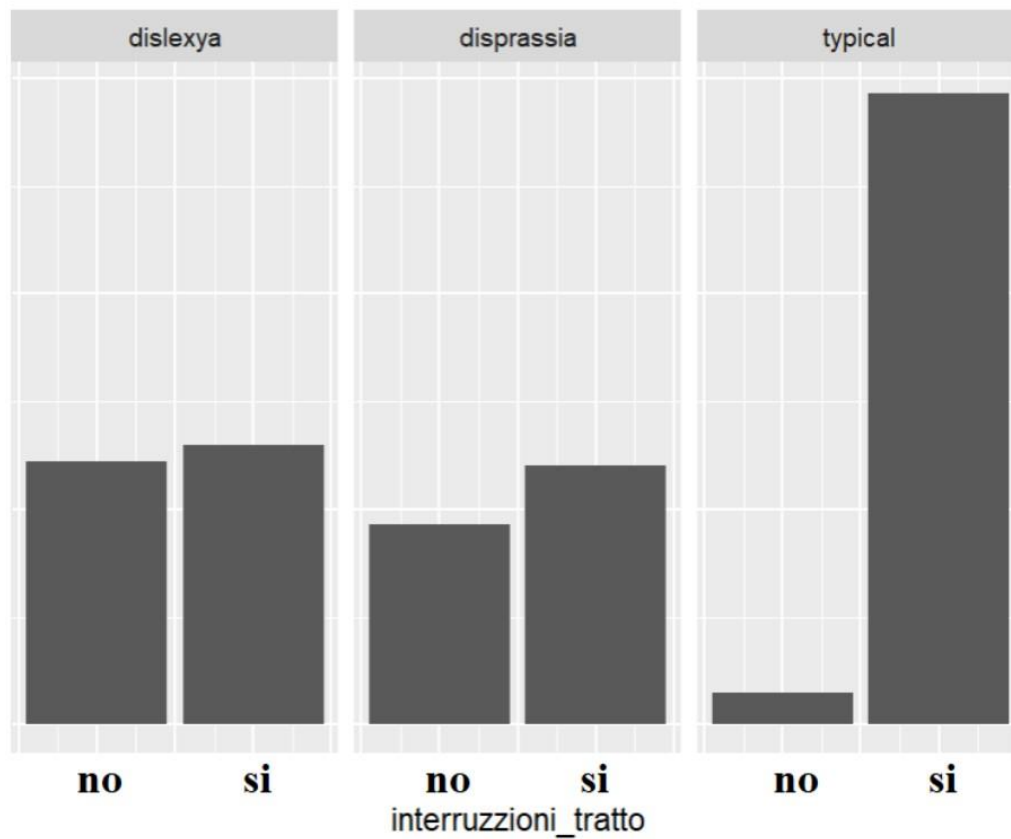


Figura 14- Diagramma a barre rappresentate la presenza di interruzioni di tratto nelle osservazioni prodotte dai soggetti divise per gruppo di appartenenza

Il grafico mostra che nel gruppo dei bambini a sviluppo tipico c'è una presenza significativa di interruzioni di tratto, cosa che invece non è presente né nel campione di bambini con dislessia né nel campione di bambini con disprassia. Questi dati suggeriscono che i bambini a sviluppo tipico mostrano una scrittura più stentata del campione clinico che invece presenta una scrittura più fluida.

3.3.3 Pressione

Per quanto riguarda il processo, nella figura 15 viene riportato il boxplot rappresentante la variabile "pressione" messa in atto dal bambino nel processo di scrittura. È stato quindi misurata la forza con la quale il soggetto preme la penna sul tablet in ogni osservazione.

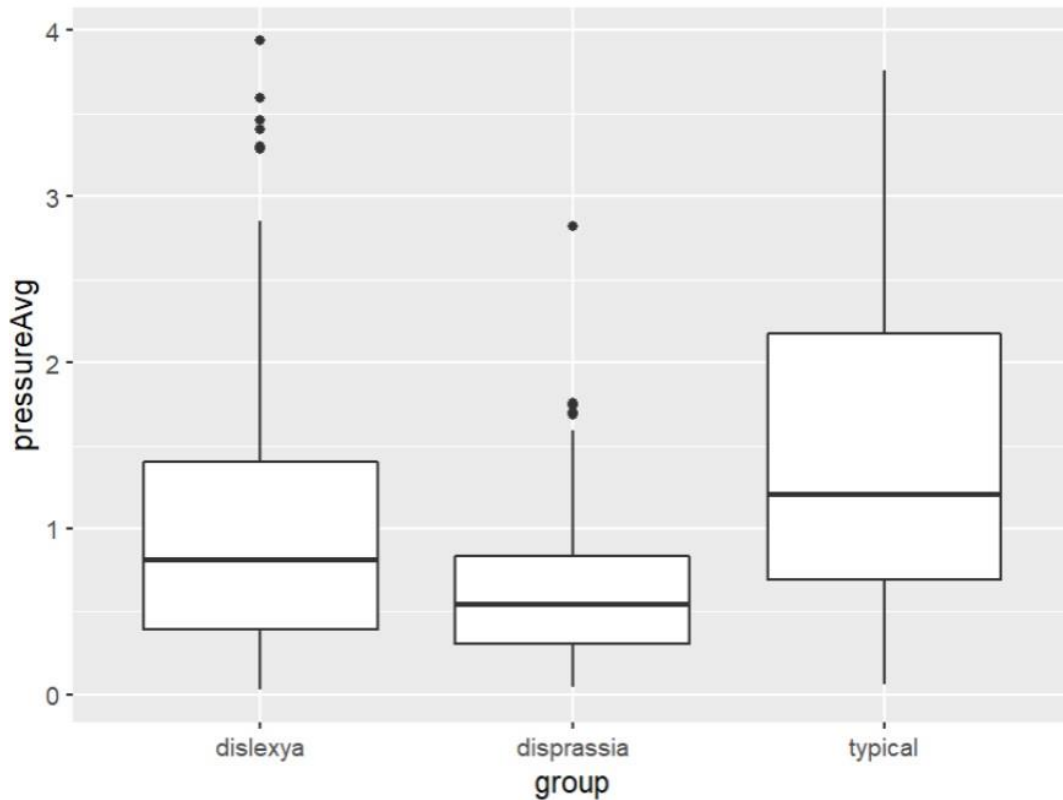


Figura 15- Distribuzione di punteggi ottenuti relativi alla variabile pressione di ogni osservazione divisa per gruppo rappresentati in un boxplot. Il valore di riferimento di 1 corrisponde a un tocco medio su iPad da parte degli adulti.

Dal grafico si evince che i bambini a sviluppo tipico esercitano una pressione sul tablet durante il processo di scrittura in modo più consistente rispetto ai bambini a sviluppo atipico. Anche in questo caso la distribuzione dei bambini a sviluppo tipico è meno variabile rispetto ai bambini a sviluppo atipico.

3.3.4 Durata

La figura 16 evidenzia la durata complessiva in millisecondi impiegata da ogni bambino nello svolgere ciascuna prova proposta dal test di prescrizione somministrato.

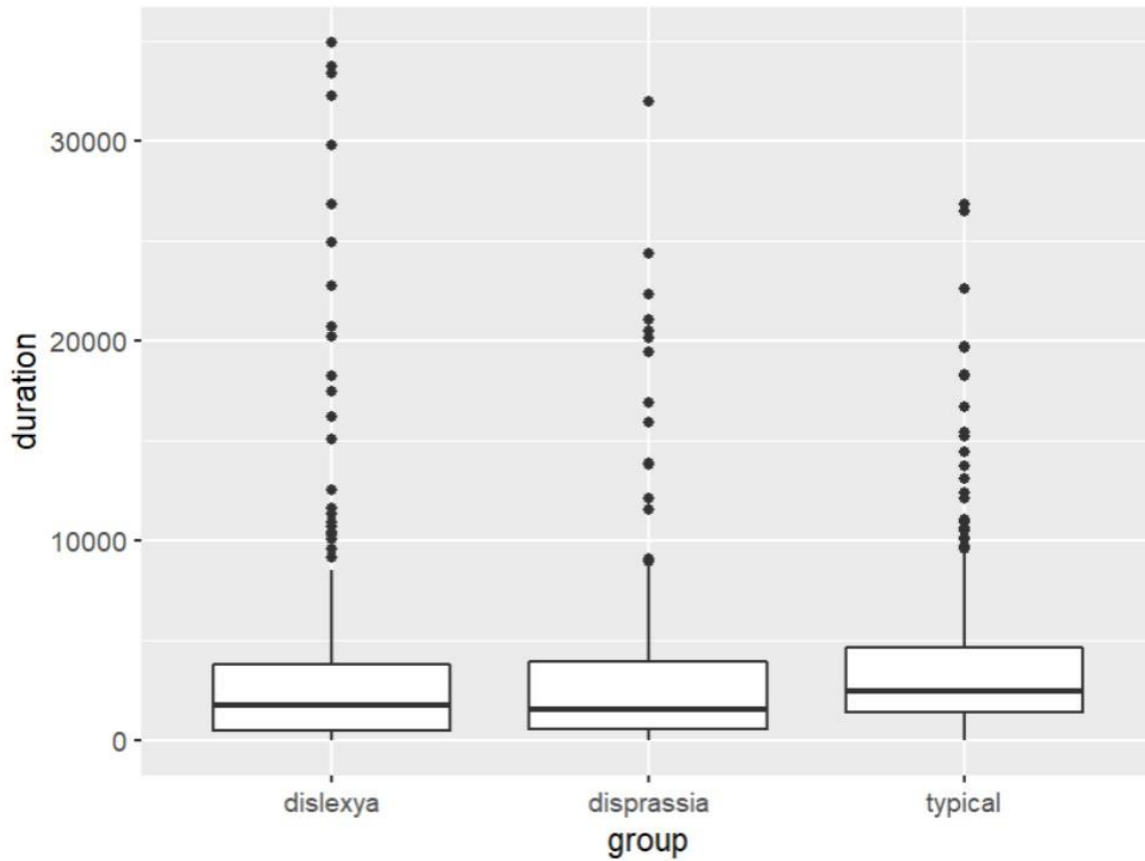


Figura 16- Boxplot rappresentate la durata in millisecondi impiegata da ogni bambino in ciascuna prova di prescrizione somministrata.

Dal grafico si evince che, nonostante le differenze evidenziate per le altre variabili del processo prese in considerazione, la durata complessiva di ciascuna prova somministrata è simile in tutti i gruppi presi in considerazione.

3.3.5 Accuratezza

Per quanto riguarda il prodotto, nella figura 17 viene riportato il violin plot rappresentante la distribuzione dell'accuratezza di tratto di ciascun bambino suddiviso per gruppo misurata attraverso un punteggio da 0 a 3 dove 0 corrisponde ad un'accuratezza insufficiente e 3 ad un'accuratezza ottima.

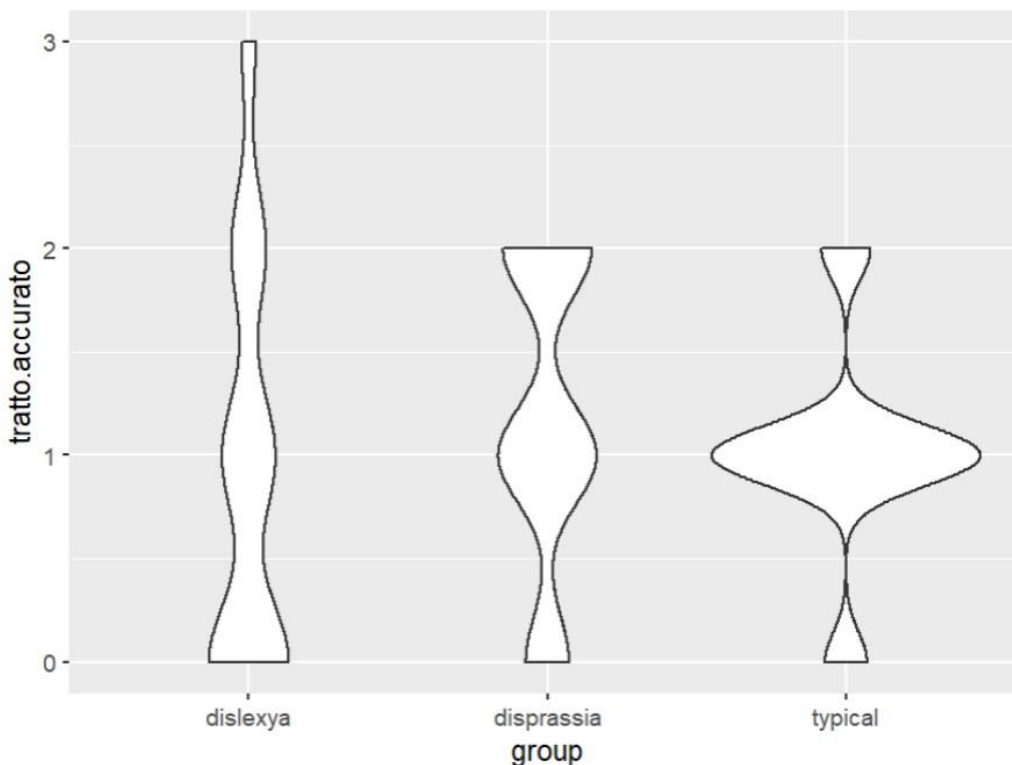


Figura 17- Violin plot dell'accuratezza del tratto misurata su una scala da 0 a 3 di ciascun bambino suddivisa per gruppo.

Come si evidenzia nel grafico, i bambini a sviluppo tipico hanno una distribuzione più uniforme dove la maggior parte dei soggetti ottiene una valutazione di accuratezza sufficiente. Lo stesso vale per il campione di bambini appartenente al gruppo dei disprassici però con una distribuzione più variabile; mentre per il gruppo

dei bambini con dislessia è presente una grande variabilità dove la maggior parte delle valutazioni su colloca tra 0 e 2 come negli altri gruppi, pur con la presenza di valutazioni anche migliori.

3.3.6 Analisi statistiche

In virtù delle analisi descrittive sopra riportate, lo studio è proseguito con delle analisi statistiche per comprendere al meglio le relazioni funzionali esistenti tra le variabili descrittive. Le analisi proposte sono regressioni lineari generalizzate ad effetti misti (effetti fissi: gruppo, punteggio al Peabody ed età; effetti random: intercette per ciascun soggetto) in cui vengono proposte a fattore le variabili prese in considerazione.

Nella figura 18, il modello di regressione lineare prende in considerazione la velocità di tratto come variabile dipendente in funzione delle variabili indipendenti: gruppo di appartenenza, competenza linguistica ed età utilizzando un fattore random che calcola gli effetti di interesse al netto delle differenze individuali.

```

Data: data
Models:
m0: speedAvg ~ (1 | codice)
m1: speedAvg ~ group + (1 | codice)
m2: speedAvg ~ group + peabody + (1 | codice)
m3: speedAvg ~ group + peabody + age + (1 | codice)
m4: speedAvg ~ group * peabody + age + (1 | codice)
m5: speedAvg ~ age * group * peabody + (1 | codice)
  npar    AIC    BIC logLik deviance  Chisq Df Pr(>Chisq)
m0     3 -5446.0 -5432.1 2726.0  -5452.0
m1     5 -5448.5 -5425.3 2729.2  -5458.5  6.4231  2  0.04029 *
m2     6 -5446.8 -5419.0 2729.4  -5458.8  0.3219  1  0.57045
m3     7 -5444.8 -5412.4 2729.4  -5458.8  0.0407  1  0.84019
m4     9 -5445.1 -5403.3 2731.5  -5463.1  4.2199  2  0.12124
m5    14 -5435.7 -5370.8 2731.9  -5463.7  0.6792  5  0.98409
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Figura 18- Regressione lineare di modelli generalizzati ad effetti misti della variabile "velocità"

Come si evince dalla selezione dei modelli in Tabella 15, tra i modelli implementati, il modello m1, che prende in considerazione la relazione tra la velocità di tratto e l'appartenenza ai gruppi, è quello che meglio spiega la relazione tra questi dati. Come emerso anche nell'analisi descrittiva, la velocità di tratto è maggiore nel gruppo dei tipici rispetto agli altri due gruppi (beta: -0.008, SE = 0.003, t = -2.99, p = 0.003). Dunque, i bambini a sviluppo tipico sono significativamente più veloci a produrre ogni tratto rispetto ai bambini del campione clinico (Figura 19).

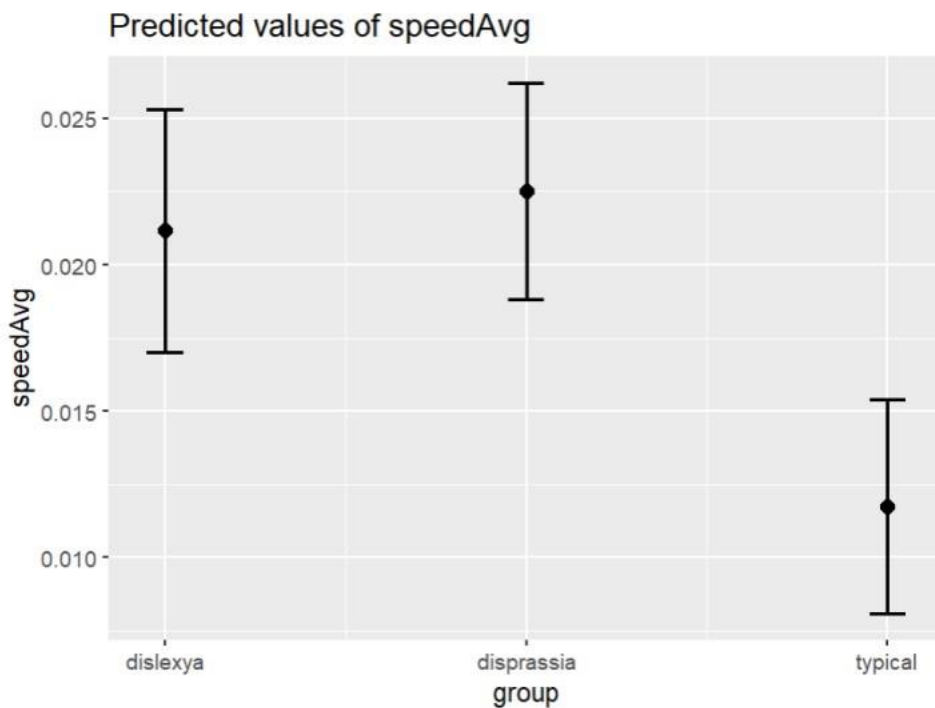


Figura 19- Plot rappresentante le distribuzioni significative della velocità di tratto in millimetro al secondo di ogni gruppo dove vengono riportate le medie e gli intervalli di confidenza al 95%.

La stessa analisi viene proposta prendendo in considerazione la durata come variabile dipendente. In questo caso, come suggerito dalle analisi descrittive, nessuno modello implementato risulta adeguato a spiegare i dati in quanto i tre gruppi impiegano un tempo molto simile per lo svolgimento del compito (Figura 20).

```

Data: data
Models:
m0: duration ~ (1 | codice)
m1: duration ~ group + (1 | codice)
m2: duration ~ group + peabody + (1 | codice)
m3: duration ~ group + peabody + age + (1 | codice)
m4: duration ~ group * peabody + age + (1 | codice)
  npar  AIC   BIC logLik deviance  Chisq Df Pr(>Chisq)
m0     3 13906 13920 -6950.0   13900
m1     5 13908 13932 -6949.2   13898 1.6288  2    0.4429
m2     6 13909 13937 -6948.7   13897 1.0191  1    0.3127
m3     7 13909 13942 -6947.7   13895 1.9663  1    0.1608
m4     9 13914 13955 -6947.9   13896 0.0000  2    1.0000

```

Figura 20- Regressione lineare di modelli generalizzati ad effetti misti della variabile "durata"

3.3.7 Network analysis

La network analysis (Figura 21,22,23), come precedentemente anticipato, è un insieme di tecniche utile a rappresentare le relazioni tra molteplici variabili e studiarne le relazioni. L'assunto di base è che studiare le relazioni tra un ragionevole numero di variabili offre spiegazioni migliori di un fenomeno complesso come lo sviluppo, rispetto alle tradizionali analisi di correlazioni che indagano poche variabili in isolamento. Infatti, questa analisi organizza in forma matriciale l'intera raccolta dati e permette di rappresentare tutte le variabili di interesse come nodi, e le loro relazioni come linee tra coppie di nodi. In questo modo il concetto di network diventa uno strumento analitico e operativo che utilizza il linguaggio matematico della teoria dei grafi e dell'algebra matriciale e relazionale per aiutarci a definire modelli plausibili del funzionamento cognitivo in età evolutiva. In questo modo è possibile studiare nel dettaglio le diverse relazioni al netto di tutti i fattori coinvolti.

La prima network analysis (figura 21) ci mostra la rete formata dalle variabili misurate e analizzate nello studio nel campione tipico.

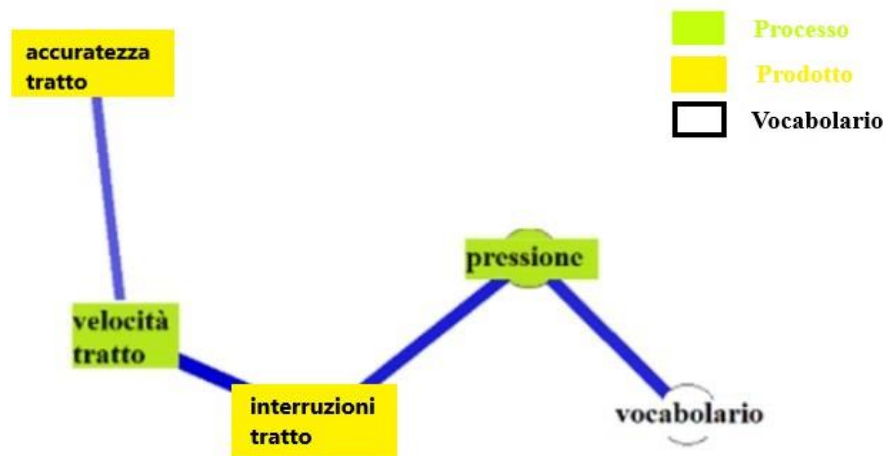


Figura 21- Network analysis dei collegamenti tra i principali fattori di riferimento nel campione tipico. Le linee rosse indicano la presenza di una correlazione direttamente proporzionale, mentre le linee blu indicano la presenza di una correlazione inversamente proporzionale. Lo spessore delle linee rappresenta la “forza” della correlazione: maggiore è lo spessore, più forte è la correlazione.

Osservando la rete si può notare una relazione negativa a cascata tra le variabili considerate dove minore è l'accuratezza, maggiore è la velocità, maggiori sono le interruzioni, maggiore è la pressione esercitata e minore è la competenza linguistica. Ciò significa che, la qualità del prodotto di scrittura è mediata da fattori di processo e da fattori di prodotto oltre che dalle competenze linguistiche.

La seconda network analysis (Figura 22) ci mostra la rete di relazioni tra le variabili considerate nel campione con disprassia.

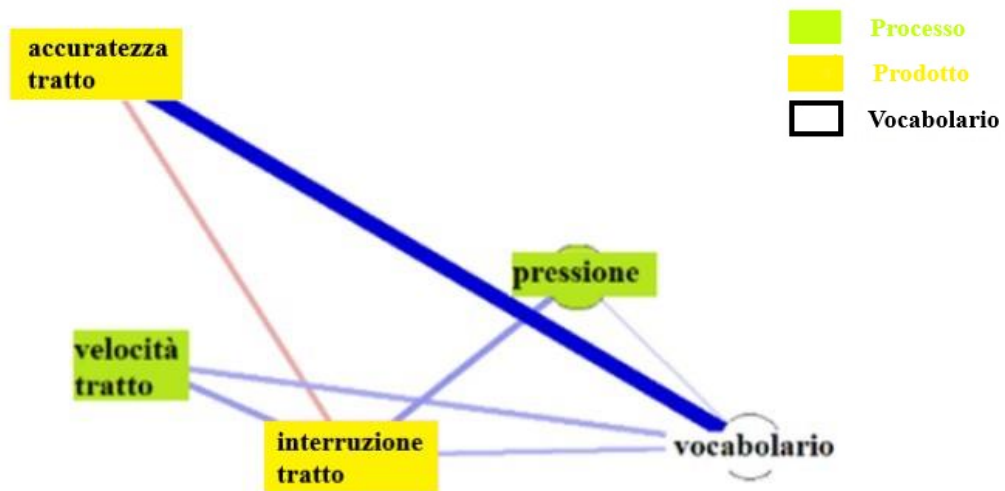


Figura 22- Network analysis dei collegamenti tra i principali fattori di riferimento nel campione 'disprassia'. Le linee rosse indicano la presenza di una correlazione direttamente proporzionale, mentre le linee blu indicano la presenza di una correlazione inversamente proporzionale. Lo spessore delle linee rappresenta la "forza" della correlazione: maggiore è lo spessore, più forte è la correlazione.

Osservando la rete si può notare una forte relazione negativa tra l'accuratezza del tratto e la competenza linguistica ma più in generale esistono delle relazioni negative dirette tra il linguaggio e le componenti di prodotto, non presenti nel campione tipico, oltre che con le componenti di processo. Emerge inoltre una relazione positiva tra le variabili di processo. In generale, si osservano più relazioni dirette tra tutte le componenti della rete.

Nella terza network analysis (figura 23) si analizzano le relazioni tra le variabili prese in considerazione nel campione di bambini con dislessia.

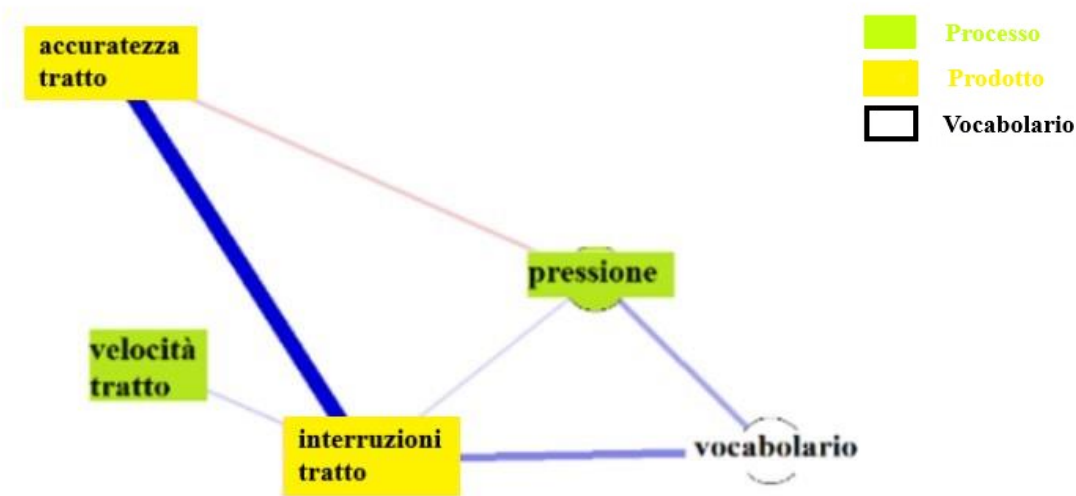


Figura 23- Network analysis dei collegamenti tra i principali fattori di riferimento nel campione 'dislessia'. Le linee rosse indicano la presenza di una correlazione direttamente proporzionale, mentre le linee blu indicano la presenza di una correlazione inversamente proporzionale. Lo spessore delle linee rappresenta la "forza" della correlazione: maggiore è lo spessore, più forte è la correlazione.

Osservando la rete si può notare una forte relazione negativa tra gli indici del prodotto presi in considerazione. Si evidenzia una relazione positiva tra l'accuratezza del prodotto e la pressione esercitata mentre le relazioni che legano il vocabolario alla pressione e alle interruzioni di tratto sono di tipo negativo, così come la relazione tra interruzioni di tratto e velocità. Esiste inoltre, una relazione negativa tra pressione e interruzioni di tratto.

In sintesi, da questa network analysis si può evincere che le relazioni che legano processo, prodotto e vocabolario sono differenti nelle popolazioni tipiche rispetto alle atipiche, dove nel campione tipico le relazioni sono più lineari mentre in quello atipico sono molto più interconnesse tra loro. Inoltre, esiste una differenza anche

tra popolazioni atipiche dove le relazioni che legano i diversi fattori variano per direzione e intensità.

3.4 Discussione

La relazione tra il dominio motorio e il dominio linguistico è già stata ampiamente indagata da diversi studi e da molteplici punti di vista principalmente in soggetti adulti e in infanti a rischio di sviluppo atipico o ancora in infanti a sviluppo atipico. Tuttavia, tale associazione è stata raramente esplorata in un confronto tra bambini a sviluppo tipico e atipico in età scolare. Per questo motivo, il presente studio ha voluto indagare i diversi indici che compongono la scrittura manuale, ovvero un linguaggio che consente di comunicare attraverso dei simboli visivi condivisi, in popolazioni distinguibili almeno sul piano clinico, per comprendere come questi fattori interagiscono tra loro. La scrittura manuale è uno strumento d'indagine complesso che permette di studiare in modo privilegiato l'associazione tra il sistema motorio e il sistema linguistico in quanto rappresenta la perfetta convergenza di competenze motorie e linguistiche in un'unica abilità fine e altamente specializzata.

Dalle analisi descrittive delle variabili considerate in questo studio emerge che i bambini a sviluppo tipico producono tratti più veloci (figura 10), rispetto ai bambini a sviluppo atipico, i quali impiegano più tempo per completare ogni singolo tratto. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che, come ci mostra il grafico della figura 11, i bambini a sviluppo atipico interrompano più raramente il tratto. I bambini a sviluppo tipico producendo tratti più brevi sono anche più rapidi nel tracciarli mentre i bambini a sviluppo atipico hanno una scrittura più fluida che però ha ricadute sulla

velocità di tratto. Questo potrebbe essere un primo indice che suggerisce una strategia di scrittura differente tra campione tipico e clinico.

Per quanto riguarda la pressione osserviamo che i bambini a sviluppo tipico esercitano maggior pressione rispetto al gruppo di bambini a sviluppo atipico (figura 12). In particolare, i bambini disprassici esercitano meno pressione degli altri due gruppi. Queste differenze potrebbero essere dovute all'età in quanto i bambini del campione tipico che esercitano più pressione sono anche quelli con età inferiore mentre i bambini del campione disprassico hanno un'età maggiore. In linea con lo studio di Lin e colleghi (2017) in cui emerge che i bambini più piccoli eseguono un maggior numero di aggiustamenti di forza rispetto ai bambini più grandi, suggerendo un minor controllo della forza durante lo svolgimento del medesimo compito. Tuttavia, non vi sono abbastanza studi che indagano la pressione per poter confrontare il risultato ottenuto. Sono necessari studi futuri per meglio pesare il ruolo di questa variabile nell'individuare differenze nelle traiettorie di sviluppo della scrittura in bambini con e senza diagnosi.

Nonostante le variazioni di velocità di tratto e di interruzioni emerse nei campioni di riferimento, la durata complessiva di ogni prova è uniforme in tutti i gruppi. È importante sottolineare come la durata di ciascuno dei quattro stimoli di prescrizione proposti non ha avuto una durata superiore ai 5 secondi. Questo ci permette di trascurare, nella discussione dei dati l'influenza di altre variabili come l'affaticamento o la distrazione.

Per quanto riguarda l'accuratezza si può sostenere, nonostante il campione esiguo, che i bambini a sviluppo tipico hanno prestazioni mediamente peggiori ma con una distribuzione più uniforme mentre i bambini a sviluppo atipico presentano prestazioni più disomogenee (figura 14) suggerendo che la qualità del prodotto possa essere definita dall'interazione di più variabili. Il punteggio in media inferiore del campione a sviluppo tipico può essere dovuto anche in questo caso all'età inferiore dei bambini di questo gruppo in linea con quanto riportato in letteratura (Palmis et al., 2017; Accardo et al., 2013) ossia che i bambini più grandi mostrano prestazioni grafiche migliori in termini di accuratezza del tratto rispetto ai bambini più piccoli.

Come primo approccio all'analisi dati abbiamo deciso di focalizzarci su una variabile alla volta modellando i dati grazie alle regressioni lineari. Da queste analisi è emerso che la velocità di tratto è un indice che influisce in modo significativo nel differenziare i tre gruppi presi in considerazione. Prendendo in considerazione solo l'età dei bambini senza considerare l'atipicità dei due gruppi questo risultato potrebbe andare a sostenere la teoria dell'evoluzione non monotona del controllo motorio della scrittura manuale per la quale esiste un decremento della velocità di tratto nei bambini di 8-9 anni rispetto a bambini di 6-7 (Rueckriegel et al., 2008). Quello che emerge da questo studio è che il processo e il prodotto della scrittura manuale non sono il risultato di relazioni lineari tra variabili ma sono l'esito dell'interazione tra più variabili che si influenzano vicendevolmente.

Data l'innovatività dell'indagine e la ricchezza delle misure collezionate è stato scelto di sintetizzare la complessità dei risultati in un'unica fotografia attraverso una tecnica statistica che permette di studiare la rete di relazioni tra gli indici, del processo e del prodotto della scrittura congiuntamente alle abilità linguistiche misurate. Quindi sono state eseguite delle network analysis dalle quali si evince che nei bambini a sviluppo tipico (figura 18) la relazione tra l'accuratezza del prodotto, e l'ampiezza del vocabolario, quindi tra dominio motorio e linguistico, è mediata sia da aspetti del prodotto sia da aspetti di processo. La performance di scrittura, come anticipato nei precedenti capitoli, non dipende direttamente dalle abilità linguistiche ma risulta mediata da abilità prassiche e dalla loro efficacia.

La stessa relazione si può osservare anche nel campione atipico (figura 19 e 20) ma con effetti e pesi diversi dei fattori che modulano questa relazione. Nel campione atipico la relazione tra vocabolario e accuratezza della scrittura è più diretta anche se intercorrono più relazioni tra variabili.

In sintesi, quello che si può evidenziare in questo studio, pur tenendo in considerazione il numero esiguo di partecipanti (si veda paragrafo successivo), è che le relazioni che legano vocabolario, processo e prodotto sono diverse nel campione tipico rispetto a quello atipico e anche tra i due campioni atipici si osservano relazioni diverse nelle relazioni tra dominio linguistico e motorio. Mi preme però sottolineare, che pur a fronte di tali differenze, rimane però comune lo schema che lega vocabolario, pressione, interruzioni di tratto e velocità. Conoscere questo schema comune ai tre campioni può essere informativo per arrivare ad avere

in futuro modelli teorici che analizzino l'acquisizione della scrittura manuale attraverso un'analisi approfondita delle abilità linguistiche senza dimenticarsi di considerare il peso dei singoli aspetti motori da cui la scrittura dipende.

Limiti dello studio

Va considerato che lo studio presentato in questa tesi ha selezionato un campione di riferimento così detto di convenienza e molto limitato, dunque, i risultati non possono essere generalizzati all'intera popolazione con e senza diagnosi di disprassia e dislessia evolutiva. Questa ricerca, infatti, non mira alla generalizzazione dei risultati ma offre le basi per affinare il metodo di indagine dei processi cognitivi superiori, analizzando le variabili che li compongono come nodi posti in una rete di connessioni che si influenzano l'uno con l'altro. Le variabili approfondite in questo studio mantengono il legame tra il dominio motorio e quello linguistico, analizzando il vocabolario che è una componente prettamente linguistica, e contemporaneamente la velocità di tratto, le interruzioni e la pressione che sono componenti prettamente motorie. Queste variabili sono stare inquadrare all'interno di un compito di prescrittura che, nonostante sia un compito motorio, presenta comunque dei rimandi linguistici.

Come soprariportato, il campione dello studio formato da 30 bambini di età compresa tra i 7 e i 10 anni è molto esiguo e presenta delle differenze di distribuzione di età tra i tre gruppi presi in considerazione dove il gruppo di bambini tipici è composto da soggetti con età inferiori rispetto al gruppo dei bambini a sviluppo atipico. L'influenza di questo discostamento verrà presa in considerazione

nell'interpretazione dei dati raccolti. La valutazione del vocabolario recettivo è necessaria per indagare la relazione di quest'ultimo con i processi motori coinvolti nella scrittura e funge da riferimento per il confronto tra i gruppi presi in considerazione.

3.5 Conclusione

Il presente studio ha cercato di indagare l'efficacia della scrittura manuale in un contesto di embodied cognition andando ad approfondire il rapporto tra la componente linguistica e la componente motoria di un processo altamente specializzato. A tal fine sono state condotte delle valutazioni, sia qualitative sia quantitative, sul processo e sul prodotto della scrittura manuale mediante un compito di prescrittura e una valutazione delle competenze linguistiche mettendo a confronto tre gruppi di bambini di età scolare con sviluppo tipico e atipico. I risultati, benché preliminari, ci hanno permesso di apprezzare le relazioni tra diverse componenti del processo e del prodotto della scrittura manuale e le competenze linguistiche sottolineando l'interazione tra corpo e mente sostenuta nelle ipotesi iniziali. Ovviamente, lo studio presenta limiti importanti quali la non omogeneità del campione e il ridotto numero dei soggetti presi in considerazione cosa che non consente la generalizzazione dei risultati ottenuti. Inoltre, gli studi presenti in letteratura sull'influenza delle componenti dinamiche della scrittura manuale sullo sviluppo sono troppo pochi e troppo contraddittori e ciò non permette di avere un riscontro con le relazioni indagate in questo studio. Tuttavia, i punti di forza di questo studio vertono su una tecnica di raccolta dati strumentale, del tutto

originale, e su un approccio al dato che consente di fare inferenze significative tra i legami multipli che costruiscono un'abilità cognitiva complessa come quella della scrittura manuale e che ha permesso in questo studio di affermare, mediante modelli statistici, che esiste una diversità tra i tre gruppi presi in considerazione. Una raccolta dati che permette in un tempo molto ridotto di acquisire mediante un tablet, strumento di forza delle nuove generazioni native digitali, di raccogliere numerose e precise informazioni sul processo di un fenomeno così complesso potrebbe essere una buona prospettiva per il futuro della valutazione delle numerose abilità che il bambino si trova a dover apprendere nel corso dello sviluppo.

Bibliografia

Accardo A. P., Genna M., Borean M. (2013), Development, maturation and learning influence on handwriting kinematics. *Human Movement Science*, 32, 136-146. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.humov.2012.10.004>

Adornetti I. (2016), *Il linguaggio: origine ed evoluzione*. Carocci Editore, Roma

Adornetti, I. (2012). *Origine del linguaggio*. *APhEx*.

Andrich Miato S., Miato L., *Apprendimento della lettura strumentale: due CD-ROM per promuovere le abilità visive e metafonologiche*, in «Difficoltà di apprendimento», vol. 10, n. 4, aprile 2005, pp. 489-506

Anthony, J. L., Lonigan, C. J., Burgess, S. R., Driscoll, K., Phillips, B. M., & Cantor, B. G. (2002). Structure of preschool phonological sensitivity: Overlapping sensitivity to rhyme, words, syllables, and phonemes. *Journal of experimental child psychology*, 82(1), 65-92.

Arbib M. (2005), From monkey-like action recognition to human language: an evolutionary framework for neurolinguistics. *Behavioral and Brain Science*, 28, 105-167. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0140525X05000038>

Arbib M. (2012), *How the Brain Got Language: The Mirror System Hypothesis*, Oxford University Press, Oxford.

Arbib M. A., Liebal K., Pika S. (2008), Primate vocalization, gesture, and the evolution of human language. *Current Anthropology*, 49:6, 1053-1076. Doi: 10.1086/593015

Baldi S., Nunzi M., *Le Difficoltà Di Apprendimento Della Scrittura: La Disgrafia*, In Valenti A. (A Cura Di), *I Percorsi Formativi. Tra Analisi Teoriche E Proposte Educative*, Luciano Editore, Napoli 2007, Pp. 163-170.

- Barone L. (2015), *Manuale di psicologia dello sviluppo*. Carocci Editore, Roma.
- Bates & Dick (2002), *Language, gesture, and the developing brain*. Wiley Periodicals. 40, 293-310. Doi: 10.1002/dev.10034
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., Christensen, R. H. B., Singmann, H., ... & Grothendieck, G. (2011). Package 'lme4'. Linear mixed-effects models using S4 classes. R package version, 1(6).
- Bearzotti F., Tentori M. e Del Torre E. (2012), *Qualità e velocità della produzione grafica: Influenza della postura del corpo, dell'impugnatura e degli arredi*. In D. Ianes (a cura di), *Le migliori proposte operative su... scrittura*, Trento, Erickson, pp. 15-25.
- Berninger V. W., Abbott R. D., Jones J. (2006), *Early development of language by hand: composing, reading, listening, and speaking connection; three letter writing modes; and fast mapping in spelling*. *Developmental Neuropsychology*, 29:1, 61-92.
- Berninger V.W., Cartwright A.C., Yates C.M., Swanson H.L., Abbott R.D., *Developmental skills related to writing and reading acquisition in the intermediate grades*, in «*Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*», 1994, n. 6, pp.161-196.
- Berninger V.W., Vaughn K., Abbott R., Abbott S., Rogan L., Brooks A., Reed E. E Graham S., *Treatment of handwriting problems in beginning writers: Transfer from handwriting to composition*, in «*Journal of Educational Psychology*», 1997, n.89, pp. 652-666.
- Best, M., & Demb, J. B. (1999). Normal planum temporale asymmetry in dyslexics with a magnocellular pathway deficit. *Neuroreport*, 10(3), 607-612.
- Bickerton, D. 2008. But how did protolanguage actually start *Interaction Studies: Social Behavior and Communication in Biological and Artificial Systems* 9:169–76.

- Blason L., Borean M., Bravar L., Zoia S. (2004), *Il corsivo dalla A alla Z: un metodo per insegnare i movimenti della scrittura. La teoria*. Trento, Erikson.
- Bradley, L., & Bryant, P. E. (1983). Categorizing sounds and learning to read—a causal connection. *Nature*, 301(5899), 419-421.
- Burling R. (2005), *The talking Ape*, Oxford University Press, New York.
- Capirci, O., Contaldo, A., Caselli, M. C. & Volterra, V. (2005). From action to language through gesture: A longitudinal perspective. *Gesture* 5, 155–77.
- Caruana, F., & Borghi, A. M. (2013). Embodied Cognition: una nuova psicologia. *Giornale italiano di psicologia*, 40(1), 23-48.
- Cheney D., Seyfarth R. (2005), “Constraints and preadaptations in the earliest stages of language evolution”, *The Linguistic Review*, 22, pp. 135–159
- Chun, H. H., & Gatti, R. A. (2004). Ataxia–telangiectasia, an evolving phenotype. *DNA Repair*, 3(8), 1187–1196.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dnarep.2004.04.010>
- Ciccia, E., Spadafora, G., & Valenti, A. (2013). *Scrittura e rappresentazione del pensiero. Risultati di un'indagine preliminare in alunni della scuola dell'infanzia e proposta di un curriculum trasversale* (Doctoral dissertation).
- Corballis (2014), The gradual evolution of language. *Humana.Mente Journal of Philosophical Studies*, 27, 39-60.
<http://www.humanamente.eu/index.php/HM/article/view/96>
- Corballis M. (2002), *From Hand to Mouth: the origins of language*, Princeton University Press, Princeton. Trad. it. di Romano S., *Dalla mano alla bocca. Le origini del linguaggio* (2008), Cortina, Milano.
- Corballis M. (2009a), “Language as gesture”, *Human Movement Science*, 28, pp. 556-565.

Corballis M. (2009b), "The evolution of language", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, pp. 19-43.

Corballis M. (2011), *The Recursive Mind. The Origins of Human Language, Thought, and Civilization*, Princeton University Press, Princeton.

Cornoldi, C., & Carretti, B. (2016). *Prove MT-3 clinica: la valutazione delle abilità di lettura e comprensione per la scuola primaria e secondaria di I grado*. Giunti Edu.

Costa F. (2016), *Analisi cinematica della scrittura nella valutazione di anomalie motorie dovute a disgrafia o patologie*. Tesi di dottorato, Università degli Studi di Trieste, Accardo A.

Crispiani, (2020), *Clinica della dislessia e disprassia*, Junior.

Crispiani, P. (2001). *Pedagogia clinica*. Parma: Junior. In Lodi, D., Seghi, G., Barbieri, M., & Lovecchio, N. (2018). *Difficoltà di apprendimento: il ruolo dell'attività motoria finalizzata*. *FORMAZIONE & INSEGNAMENTO. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 16(2), 335-344.

D'Ausilio A., Maffongelli L., Fadiga L. (2013), *L'origine comune del linguaggio e azione*. *Rivista Internazionale di Filosofia e Psicologia*, 4:2, 198- 203. Doi: 10.4453/rifp.2013.0018

Darwin C. (1871), *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, Murray, London. Trad. it. di Migliucci M., Fiorentini P. (2010), *L'origine dell'uomo e la selezione sessuale*, Newton Compton, Roma.

de Ajuriaguerra, J. (1971). *L'écriture de L'enfant: L'évolution de L'écriture et ses Difficultés*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé. (Vol. 1).

Deacon T. (1997), *The Symbolic Species. The Co-Evolution of Language and Brain*, Norton, New York. Trad. it. di Ferraresi F. (2001), *La specie simbolica. Coevoluzione di linguaggio e cervello*, Fioriti, Roma

Dennis J.L. e Swinth Y. (2001), Pencil grasp and children's handwriting legibility during different length writing task, «The American Journal of Occupational Therapy», vol. 55, n. 2, pp. 175-183.

Di Pellegrino G., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V., Rizzolatti G. (1992), "Understanding motor events: a neurophysiological study", *Experimental Brain Research*, 91, pp. 176-180.

Diepeveen F. B., van Dommelen P., Oudesluys-Murphy A., Verkek P. H. (2018), Children with specific language impairment are more likely to reach motor milestones late. *Child Care Health and Development*, 44, 857-862. Doi: 10.1111/cch.12614

Dunbar R. (1996), *Grooming, gossip and the evolution of language*, Faber and Faber Limited, Londra. Trad. it. di Sosio L. (1998), *Dalla nascita del linguaggio alla babele delle lingue*, Longanesi, Milano.

Eilers, R., Oller, D. K., Levine, S., Basinger, D., Lynch, M. P. & Urbano, R. (1993). The role of prematurity and socioeconomic status in the onset of canonical babbling in infants. *Infant Behavior and Development* 16, 297–315

Ejiri, K. (1998). Relationship between rhythmic behavior and canonical babbling in infant vocal development. *Phonetica* 55, 226–37.

Epskamp, S., & Fried, E. I. (2020). Package 'bootnet'. *R package version*, 1.

Fadiga L., Roy A. C., Fazio P., Craighero L. (2009), From hand actions to speech: evidence and speculations. *Journal of Biological Research*, 82:1, 401- 426. Doi: 10.4081/jbr.2009.4696.

Fawcett, A. J., Nicolson, R. I., & Dean, P. (1996). Impaired performance of children with dyslexia on a range of cerebellar tasks. *Annals of Dyslexia*, 46(1), 259-283.

Ferrerio E. e Teberosky A., *La costruzione della lingua scritta*, Giunti Barbera, Firenze 1985

Flatters I., Mushtaq F., Hill L. J. B., Rossiter A., Jarrett-Peet K., Culmer P., Holt R., Wilkie R. M., Mon-Williams M. (2014), Children's head movements and postural stability as a function of task. *Experimental Brain Research*, 232, 1953- 1970.

Frith U., *Beneath the surface of developmental dyslexia*, in Patterson K., Marshall J.C., Coltheart M. (eds.), *Surface dyslexia*, Routledge and Kegan Paul, London 1985

Galaburda, A.M., Menard, M.T. and Rosen, G.D. (1994) Evidence for aberrant auditory anatomy in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Science*, 91, 8010–8013.

Gallese V., Fadiga L., Fogassi L, Rizzolatti, G. (1996), "Action recognition in the premotor cortex", *Brain*, 119, pp. 593–609.

Genna M. (2012), *Sviluppo di strumenti per l'analisi della scrittura e applicazioni*. Tesi di dottorato, Università degli Studi di Trieste, Accardo A.

Gimenez P., Bugescu N., Black J. M., Hancock R., Pugh K., Nagamine M., Kutner E., Mazaika P., Hendren R., McCandliss B. D., Hoeft F. (2014), Neuroimaging correlates of handwriting quality as children learn to read and write. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8:155, 1-15. Doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00155>

Hauser M.D. (1996), *The evolution of communication*, MIT Press, Cambridge.

Hay, L. (1979). Spatial-temporal analysis of movements in children: Motor programs versus feedback in the development of reaching. *Journal of Motor Behavior*, 11(3), 189–200. <https://doi.org/10.1080/00222895.1979.10735187>.

Istituto superiore di sanità (2011). *Consensus Conference on Learning Disabilities*. Retrieved from http://www.snlg-iss.it/cms/files/Cc_Disturbi_Apprendimento_sito.pdf

Iverson J. M. & Goldin-Meadow S. (2005), Gesture paves the way for language development. *Psychological Science*. 16:5, 367-371. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.01542.x>

Iverson J. M. & Thelen E. (1999), Hand, Mouth and Brain: The dynamic emergence of speech and gesture. *Journal of Consciousness Studies*, 6, 11-12, 19-40. <https://www.ingentaconnect.com/content/imp/jcs/1999/00000006/f0020011/988>

Iverson J. M. (2010), Developing language in a developing body: the relationship between motor development and language development. *F. Child Lang*, 37, 229-261.

Iverson, J. M., Hall, A. J., Nickel, L. & Wozniak, R. H. (2007). The relationship between onset of reduplicated babble and laterality biases in infant rhythmic arm movements. *Brain and Language* 101, 198–207.

Kandel, S., & Perret, C. (2015). How does the interaction between spelling and motor processes build up during writing acquisition? *Cognition*, 136, 325–336. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.11.014>.

Kohler E., Keysers C., Umiltà M. A., Fogassi L., Gallese V., Rizzolatti G. (2002), Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons. *Science*, 297, 846-848. Doi: 10.1126/science.1070311

Koopmans-van Beinum, F. J. & van der Stelt, J. M. (1986). Early stages in the development of speech movements. In B. Lindbom & R. Zetterstrom (eds), *Precursors of early speech*, 37–50. New York: Stockton Press.

Korkman M., Kirk U. e Kemp S. (1998), *Nepsy: A developmental neuropsychological assessment*, San Antonio, TX, The Psychological Corporation/Harcourt Brace & Company

LeBarton, E.S. e Iverson, J.M, (2016), Association between gross motor and communicative development in at-risk infants, In *<Infant Behavior and Development>*, 44, pp. 59-67.

Ledomade B. (1979) La dislessia problema relazionale. *Armando Armando editore*.

Leonard H. C. & Hill E. L. (2014), The impact of motor development on typical and atypical social cognition and language: a systematic review. *Child and Adolescent Mental Health*, 19:3, 163-170.

Lieberman P. (2000), *Human Language and Our Reptilian Brain: The subcortical bases of speech, syntax and thought*, Harvard University Press, Cambridge.

Lin Q., Luo J., Wu Z., Shen F., Sun Z. (2015), Characterization of fine motor development: Dynamic analysis of children's drawing movements. *Human Movement Science*, 40, 163-175. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.12.010>

Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W., & Galaburda, A. M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88(18), 7943-7947.

Locke, J. L., Bekken, K. E., McMinn-Larson, L. & Wein, D. (1995). Emergent control of manual and vocal-motor activity in relation to the development of speech. *Brain and Language* 51, 498–508.

Lodi, D., Seghi, G., Barbieri, M., & Lovecchio, N. (2018). Difficoltà di apprendimento: il ruolo dell'attività motoria finalizzata. *FORMAZIONE & INSEGNAMENTO. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 16(2), 335-344.

Longchamp M., Velay J-L., Berninger V., Richards T. (2016), Neuroanatomy of handwriting and related reading and writing skills in adults and children with and without learning disabilities: french-american connections. *Pratiques*, 171- 172.

Longobardi E., Spataro P., Rossi-Arnaud C. (2014), The relationship between motor development, gestures and language production in the second year of life: a mediational analysis. *Infant Behavior & Development*, 37, 1-4. Doi: 10.1016/j.infbeh.2013.10.002

Lorusso, M. L., Parini, B., Bakker, D. (2010). Hemispheric Specialisation and Dyslexia. World Dyslexia Forum. Paris: Unesco. In Lodi, D., Seghi, G., Barbieri, M., & Lovecchio, N. (2018). Difficoltà di apprendimento: il ruolo dell'attività motoria finalizzata. *FORMAZIONE & INSEGNAMENTO. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 16(2), 335-344.

Lovegrove, W.J., Martin, F., Bowling, A., Blackwood, M., Badcock, D. and Paxton, S. (1982) Contrast sensitivity functions and specific reading disability. *Neuropsychologia*, 20, 309–315.

Lovett, M. W. (1992). Developmental dyslexia. In S. J. Segalowitz & I. Rapin (Eds.), *Handbook of neuropsychology*, Vol. 7, pp. 163–185). Elsevier Science

MacNeilage P. F. (1998), "The frame/content theory of evolution of speech production", *Behavioral and Brain Sciences*, 21, pp. 499-511

Mahakud, G. (2013). Dyslexia. An introduction to reading disorder. New Delhi: McGraw Hill Education in Lodi, D., Seghi, G., Barbieri, M., & Lovecchio, N. (2018). Difficoltà di apprendimento: il ruolo dell'attività motoria finalizzata. *FORMAZIONE & INSEGNAMENTO. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 16(2), 335-344.

Mattis, S., Kovner, R., & Goldmeier, E. (1978). Different patterns of mnemonic deficits in two organic amnesic syndromes. *Brain and Language*, 6(2), 179-191.

Maturana, H., Varela F., Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living. Dordrecht: Reidel Publishing 1980.

Meulenbroek, R. G. J., & van Galen, G. P. (1988). The acquisition of skilled handwriting: Discontinuous trends in kinematic variables. In *Advances in psychology* (Vol. 55, pp. 273–281). Elsevier. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166411508606275>.

Mithen S. (2005), *The singing Neanderthals*, Weidenfeld and Nicolson, Londra.
Trad. it. di Faravelli E., Minozzi C. (2007), *Il canto degli antenati*, Codice Edizioni, Torino.

Mojet, J. (1991). Development of graphic skills. In J. Wann, A. M. Wing, & N. Sovik (Eds.), *Characteristics of the developing handwriting skill in elementary education* (pp. 53–75). London: Academic Press.

Oller, D. K. & Eilers, R. E. (1988). The role of audition in infant babbling. *Child Development* 59, 441–66.

Ombredane (1937). *Les mimiques (Dumas) Le langage. Félix alcan*

Orsini, A., Pezzuti, L., & Picone, L. (2012). *WISC-IV. Contributo alla taratura italiana*. Firenze: Giunti OS – Organizzazioni speciali.

Orsolini M., *Imparare A Leggere*, In Pontecorvo C. (A Cura Di), *Manuale Di Psicologia Dell'educazione*, Il Mulino, Bologna 1999, Pp. 145-172

Orton, S.T. (1937). *Reading, writing and speech problems in children*.

Palmis S., Danna J., Velay J-L., Longchamp M. (2017), *Motor control of handwriting in the developing brain: A review*. *Cognitive Neuropsychology*, 34, 3-4, 187-204.

Pascoletti C., *La scrittura e i suoi errori*, Giunti Scuola, Firenze 2010

Pavlidis, G. T. (1985). Eye movements in dyslexia: their diagnostic significance. *Journal of learning disabilities*, 18(1), 42-50.

Piek, J.P., Barret, N.C., Smith, L.M., Rigoli, D. e Gasson, N. (2010), *Do motor skills in infancy and early childhood predict anxious and depressive symptomatology at school age*, in "Human Movement Science", 29, pp. 777-786.

Plaza, M., & Cohen, H. (2007). The contribution of phonological awareness and visual attention in early reading and spelling. *Dyslexia*, 13(1), 67-76.

Ploog D. (2002), "Is the neural basis of vocalization different in nonhuman primates and Homo sapiens?", in Crow T.J. (a cura di), *The Speciation of Modern Homo Sapiens*, Oxford University Press, Oxford, pp. 121–135.

Prado, C., Dubois, M., & Valdois, S. (2007). The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research*, 47(19), 2521–2530. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.06.001>

Quercia, P. (2008). *Traitement Proprioceptif et Dyslexi*. Paris: Associazione AF3dys. Sartori, G., Job, R.,

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126(4), 841-865.

Reinking, D., & Alvermann, D. E. (2003). The RRQ peer-review process. *Reading Research Quarterly*, 38(2), 168-171.

Rizzolatti G. & Craighero L. (2007), Language and mirror neurons. *The Oxford Handbook of Psycholinguistics*, 47, 771-785. Doi: 10.1093/OXFORDHOB/9780198568971.013.0047

Rosenblum S., Goldstand S., Parush S. (2006), Relationships among biomechanical ergonomic factors, handwriting product quality, handwriting efficiency, and computerized handwriting process measures in children with and without handwriting difficulties. *The American Journal of Occupational Therapy*. 60, 28-39. Doi: <https://doi.org/10.5014/ajot.60.1.28>.

Rowe M. L. & Goldin-Meadow S. (2009), Early gesture selectively predicts later language learning. *Developmental Science*, 12:1, 182-187. Doi: 10.1111/j.1467-7687.2008.00764.x

Rueckriegel, S. M., Blankenburg, F., Burghardt, R., Ehrlich, S., Henze, G., Mergl, R., & Hernáiz Driever, P. (2008). Influence of age and movement complexity on kinematic hand movement parameters in childhood and adolescence. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 26(7), 655–663. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2008.07.015>

Sabbadini L. (2013), *Disturbi specifici del linguaggio, disprassie e funzioni esecutive*, Milano, Springer.

Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928.

Sanjeevan T., Rosenbaum D. A., Miller C., van Hell J. G., Weiss D. J., MainelaArnold E. (2015), Motor issues in specific language impairment: a window into the underlying impairment. *Current Developmental Disorders Reports*, 2, 228-236.

Sartori, G., Job, R., & Tressoldi, P. E. (2007). *DDE-2. Batteria per la valutazione della dislessia e della disortografia evolutiva (Battery for the assessment of developmental dyslexia and dysorthographia)*. Firenze: Giunti OS.

Sassoon R. (1986), *Helping your handwriting*, Exeter, Wheaton

Schwellnus H., Carnahan H., Kushki A., Polatajko H., Missiuna C., Chau T. (2012). Effect of pencil grasp on the speed and legibility of handwriting in children. *American Journal of Occupational Therapy*, 66, 718–726. Doi: <http://dx.doi.org/10.5014/ajot.2012.004515>

Scillia A. (2021), *Disprassia Motoria, Verbale e Orale in età evolutiva, uno sguardo di insieme, cosa ci indica la scienza*.

Snowdon C. T. (2001), “From primate communication to human language”, in de Waal F. (a cura di), *Tree of origin: what primate behavior can tell us about human social evolution*, Harvard University Press, Cambridge, pp. 193-227

Snowling, M. J. (2001). From language to reading and dyslexia 1. *Dyslexia*, 7(1), 37-46.

Spezzi, M. (2017). *Dislessia. Il potenziamento cognitivo*. Viterbo: Sette Città.

Stanovich, K. E. (2000). *Progress in understanding reading: Scientific foundations and new frontiers*. Guilford Press.

Stein, J.F. and Walsh, V. (1997) To see but not to read: the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neuroscience*, 20, 147–152.

Stella, G., Pizzoli, C., & Tressoldi, P. E. (2000). PPVT-R, peabody picture vocabulary test-revised. *Omega Edizioni*.

Struhsaker T.T. (1967), “Auditory communication among vervet monkeys (*Cercopithecus aethiops*)”, in Altmann S.A. (a cura di), *Social Communication Among Primates*, Chicago University Press, Chicago, pp. 281-324

Tacconella, P. (2006). *Ruolo dell’optometrista nella valutazione e nel trattamento dei disturbi specifici dell’apprendimento*.

Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and language*, 9(2), 182-198.

Tallal, P., Townsend, J., Curtiss, S., & Wulfeck, B. (1991). Phenotypic profiles of language-impaired children based on genetic/family history. *Brain and language*, 41(1), 81-95.

Temple, C.M. and Marshall, J.C. (1983), A case study of developmental phonological dyslexia. *British Journal of Psychology*, 74: 517-533.

Thelen E., (1995), Motor development: a new synthesis. “*American Psychologist*”, 50 (2), 79-95.

Thelen, E. (1979). Rhythmical stereotypies in normal human infants. *Animal Behaviour* 27, 699–715.

Thibon L. S., Gerber S., Kandel S. (2018), The elaboration of motor programs for the automation of letter production. *Acta Psychologica*, 182, 200-211. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.12.001>

Tomasello M. (1999), *The Cultural Origins of Human Cognition*, Harvard University Press, Cambridge. Trad. it, Anolli, L. (2005), *Le origini culturali della cognizione umana*, Il Mulino, Bologna.

Tomasello M. (2005), *Le origini culturali della cognizione umana*. Il Mulino, Bologna.

Tomasello M. (2008), *Origins of human communication*, MIT Press, Cambridge. Trad. it. di Romano S. (2009), *Le origini della comunicazione umana*, Cortina Editore, Milano.

Tressoldi, P. E. (1995). Batteria per la valutazione della dislessia e della disortografia evolutiva in età evolutiva. Firenze: Giunti OS. In Lodi, D., Seghi, G., Barbieri, M., & Lovecchio, N. (2018). Difficoltà di apprendimento: il ruolo dell'attività motoria finalizzata. *FORMAZIONE & INSEGNAMENTO. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 16(2), 335-344.

Tressoldi, P., Cornoldi, C., & Re, A. M. (2012). Batteria per la Valutazione delle Competenze Ortografiche nella Scuola dell'Obbligo (BVSCO).

Tseng M.H. e Cermak S.A. (1993), The influence of ergonomic factors and perceptual motor abilities on handwriting performance, «*American Journal of Occupational Therapy*», vol. 47, vol. 10, pp. 919-926.

Vaivre-Douret L., Lopez C., Dutruel A., Vaivre S. (2021), Phenotyping features in the genesis of pre-scriptural gestures in children to assess handwriting developmental levels. Scientific Report, 11:731. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79315-w>

Valenza E. & Turati C. (2019), *Promuovere lo sviluppo della mente*. Il Mulino, Bologna.

Vallar & Papagno (2018), *Manuale di neuropsicologia*. Il Mulino, Bologna.

Vicari S. & Caselli M. C. (2017), *Neuropsicologia dell'età evolutiva*. Il Mulino, Bologna.

Volterra, V., Bates, E., Benigni, L., Bretherton, I. & Camaioni, L. (1979). First words in language and action: A qualitative look. In E. Bates (ed.), *The emergence of symbols: Cognition and communication in infancy*, 141–222. New York: Academic Press.

Volterra, V., Caselli, M. C., Capirci, O. & Pizzuto, E. (2005). Gesture and the emergence and development of language. In D. Slobin & M. Tomasello (eds), *Beyond nature–nurture: Essays in honor of Elizabeth Bates*, 3–40. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Vygotskij L.S., *Mind in society: The development of higher psychological processes*, Harvard University Press, Cambridge-London 1978

Wechsler, D. (2012). Wechsler preschool and primary scale of intelligence—fourth edition. *The Psychological Corporation San Antonio, TX*.

Wickham, H., Chang, W., & Wickham, M. H. (2016). Package 'ggplot2'. *Create elegant data visualisations using the grammar of graphics*. Version, 2(1), 1-189.

World Health Organization. *International statistical classification of disease and health related problems*. ICD-10. Ginevra 2007.

Wynn-Parry C.B. (1966), *Rehabilitation of the hand*, London, Butterworth. Ziviani J. (1983), Qualitative changes in dynamic tripod grip between seven and fourteen years of age, «*Developmental Medicine and Child Neurology*», vol.25, pp.778-782.

Zesiger, P. (1992). L'écriture chez l'enfant de 8 à 12 ans et chez l'adulte. Aspects perceptivo-moteurs et effets linguistiques.

Ziviani J. e Elkins J. (1986), The effect of pencil grip on handwriting speed and legibility, «Educational Review», vol. 38, p. 3.

Zoia, S., Bravar, L., Borean, M., & Blason, L. (2004). *Il corsivo dalla A alla Z. Un metodo per insegnare i movimenti della scrittura. La pratica*. Edizioni Erickson.

Zuberbuhler K. (2005a), "The phylogenetic roots of language", *Current Directions in Psychological Science*, 14, pp. 126-130.

Zuberbuhler K. (2005b), "Linguistic prerequisite in the primate lineage", in Tallerman M. (a cura di), *Language origins*, Oxford University Press, Oxford, pp. 262-282.