



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

## XXIX CICLO DEL DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA E ARCHITETTURA

### ANALISI DELLA SCRITTURA IN CORSIVO DURANTE L'APPRENDIMENTO E INFLUENZA DELL'ETÀ, DEL GENERE E DELLA LINGUA MADRE

Settore scientifico disciplinare: ING-INF/06

DOTTORANDO  
PIERLUIGI D'ANTRASSI

COORDINATORE  
CHIAR.MO PROF. MICHELI DIEGO

SUPERVISORE DI TESI  
CHIAR.MO PROF. AGOSTINO ACCARDO

ANNO ACCADEMICO 2015/2016



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

---

XXIX CICLO DELLA SCUOLA DI DOTTORATO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE



## ANALISI DELLA SCRITTURA IN CORSIVO DURANTE L'APPRENDIMENTO E INFLUENZA DELL'ETÀ, DEL GENERE E DELLA LINGUA MADRE

---

SSD ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA

DOTTORANDO  
**D'ANTRASSI** PIERLUIGI

DIRETTORE DELLA SCUOLA  
CHIAR.MO PROF. **MICHELI** DIEGO

SUPERVISORE  
CHIAR.MO PROF. **ACCARDO** AGOSTINO

---

ANNO ACCADEMICO 2015-2016



## Abstract

Handwriting difficulties represent a common cause of underachievement in children education and low self-esteem. Nowadays a new problem arises due to the growing use of modern technologies in daily life and in the school. In fact, primary-school children are increasingly using tablet and fingers rather than classic paper and pencil so that cursive writing is becoming difficult to learn properly and achieve correctly.

In this context, the analysis of handwriting represents an important tool for the evaluation of a teaching method to assess its efficacy in preventing dysgraphia. The aim of this thesis was the qualitative and quantitative analysis of handwriting acquired by using digital tablet in order to assess the differences of achievement of cursive related to different teaching methods. A comparative analysis between the traditional handwriting teaching method and the alternative Terzi's approach in 40 pupils, from the first to the last year of the primary school, was performed. The results highlighted that both quantitative and qualitative features of cursive handwriting depended on the teaching approach.

The developed methodologic approach proved to be a suitable tool for handwriting assessment and for the early identification of dysgraphia. Furthermore, the tool was used to investigate the influence on the kinematic parameters of handwriting by gender, age and mother-tongue.

## Sommario

Le difficoltà nella scrittura rappresentano una causa comune di scarso rendimento scolastico e di bassa autostima. Oggigiorno, questo problema è particolarmente importante a causa dell'utilizzo sempre più intensivo delle tecnologie moderne nella vita quotidiana e nelle scuole. Sin dalle scuole elementari, infatti, i bambini stanno incrementando l'uso di tablet e dita a discapito dei classici fogli e penna, rendendo sempre più difficoltoso l'apprendimento del corsivo.

In questo contesto, l'analisi della grafia rappresenta un importante strumento per la valutazione di metodi di insegnamento al fine di esaminarne l'efficacia nella prevenzione della disgrafia. Scopo della presente tesi è stato quello di analizzare i parametri qualitativi e quantitativi estratti da scritture acquisite mediante tavoletta digitale, al fine di valutare le differenze nell'apprendimento del corsivo in relazione al metodo di insegnamento applicato. In particolare, è stata eseguita un'analisi comparativa tra il metodo tradizionale di insegnamento del corsivo ed il metodo Terzi esaminando le grafie di 40 bambini, seguiti dalla prima alla quinta elementare, in due classi parallele nelle quali sono stati applicati i due metodi. Gli strumenti di analisi sviluppati hanno permesso di evidenziare le caratteristiche quantitative e qualitative delle grafie e la loro relazione con la scolarizzazione e col metodo di insegnamento seguito.

L'approccio metodologico sviluppato si è dimostrato adatto a stimare le abilità di scrittura e promettente ai fini dell'identificazione precoce della disgrafia nell'infanzia. Inoltre, queste metodologie sono state utilizzate per indagare l'influenza del genere, dell'età e della madrelingua sui parametri cinematici della grafia.

## Indice

1	Introduzione .....	7
2	L'apprendimento della scrittura.....	11
2.1	Componente ortografica.....	11
2.2	Componente grafica.....	14
2.3	Programmazione e realizzazione motoria.....	17
2.4	Disturbi e difficoltà della scrittura.....	22
2.5	Modello cinematico di Plamondon.....	23
3	Metodo Terzi .....	28
3.1	Peculiarità nell'insegnamento della grafia.....	29
3.2	Modello teorico.....	35
3.3	Modello teorico nella scrittura manuale .....	37
3.3.1	Selezione degli allografi.....	38
3.3.2	Controllo della dimensione.....	39
3.3.3	Aggiustamento muscolare .....	40
4	Strumenti di Analisi.....	41
4.1	Modello neuromotorio.....	42
4.2	Scala di valutazione qualitativa della scrittura .....	44
4.3	Protocollo per valutazione qualitativa .....	46
4.4	Strumenti di acquisizione grafie.....	50
4.5	Software di elaborazione.....	53
5	Apprendimento del corsivo .....	56
5.1	Analisi oggettiva della qualità .....	56
5.2	Influenza del metodo di insegnamento del corsivo .....	63
5.2.1	Seconda elementare.....	65
5.2.2	Terza elementare.....	69
5.2.3	Quarta elementare .....	75
5.2.4	Quinta elementare.....	78
5.2.5	Follow-up .....	88
6	Analisi degli schemi di pre-scrittura.....	99
6.1	Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare.....	99
7	Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura .....	107
7.1	Relazione tra scrittura e differenze di genere .....	107
7.2	Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura .....	120
7.3	Influenza della madrelingua.....	131
8	Conclusioni.....	136

9	Allegati .....	139
9.1	Calcolo punteggio postura.....	139
9.2	Calcolo punteggio impugnatura .....	140
10	Bibliografia .....	141
11	Pubblicazioni .....	154



### 1 Introduzione

La grafia è un processo in cui fattori linguistici e psicomotori interagiscono con la percezione sensoriale (es. sistema visivo e acustico) e propriocezione. Essa implica l'integrazione e la sinergia tra reti neurali: la conoscenza cognitiva delle lettere e delle parole insieme alla capacità fisica di produrre una forma corretta in modo fluente [1] [2]. Le competenze legate al processo di scrittura vengono acquisite con lo sviluppo fisico e cognitivo dall'educazione prescolare e della prima infanzia [3] [4] al loro miglioramento durante la scuola elementare [5] [6] [7]. Lo sviluppo calligrafico si ritiene completato tra la conclusione del quinto anno della scuola elementare e la terza media (10-14 anni) [8]. A questa età, infatti, il tratto grafico è più fluente, la procedura di esecuzione è automatizzata e la forma di ogni lettera con le relative giunzioni del corsivo sono stabilizzati assumendo specifiche caratteristiche individuali [9] [10] [11].

sviluppo fisico  
e cognitivo

A	B	C	D	E	Stampato maiuscolo
a	b	c	d	e	Stampato minuscolo
À	ß	Ç	Ð	È	Corsivo maiuscolo
à	ß	c	d	e	Corsivo minuscolo

Figura 1. Prime lettere dell'alfabeto italiano nei vari stili

La fase di apprendimento inizia solitamente con l'insegnamento dello stampato, uno stile semplificato [12] che richiede il costante sollevamento dello strumento di scrittura. Nello stampato, le lettere sono separate l'una dall'altra e sono caratterizzate da pochi elementi identificativi. Al fine di consentire agli studenti di automatizzare il processo grafo-motorio, sviluppando velocità ed efficienza nei compiti di scrittura a mano così come la leggibilità, è fondamentale fornire le giuste indicazioni per passare dallo stampato al corsivo [13] [12]. Il corsivo richiede il controllo di un sistema grafico fluido, caratterizzato da movimenti curvilinei continui per eseguire le singole lettere e per collegarle fra loro in parole.

fase di  
apprendimento

Malgrado una scarsa capacità di scrivere grafemi sulla carta sia una causa frequente di difficoltà o ritardi nell'apprendimento della lingua scritta [14], le capacità grafo-motorie coinvolte nella manipolazione di una matita o di una

difficoltà di  
apprendimento

## 1 Introduzione

---

penna durante la scrittura, così come le istruzioni fornite in fase di apprendimento per raffinarle, costituiscono l'aspetto meno sistematicamente approfondito nella ricerca sulla grafia.

Obiettivo principale del presente lavoro è quello di analizzare l'influenza che hanno sull'apprendimento del corsivo differenti metodi di insegnamento e quali modifiche comportino sulla scrittura il genere, l'età e la madrelingua. Si è in particolare approfondito lo studio di un nuovo ed innovativo metodo di insegnamento del corsivo, il metodo Terzi. Il Terzi consiste in una metodologia cognitivo-motoria che, attraverso una tassonomia di esercizi senso-motori specifici, sviluppa la capacità di integrare le informazioni spazio-temporali relative al proprio corpo e allo spazio esterno, al fine di facilitare la coerenza percettiva tra i vari stimoli sensoriali ed il passaggio da un uso inconscio ad un utilizzo conscio del proprio corpo in movimento [15]. Tale metodo nasce alla fine degli anni '50 dall'analisi delle supplenze funzionali nel cieco [16] e trova successivamente un importante impiego anche sui soggetti vedenti nei programmi di riabilitazione delle disgrafie [17]. Vista la recente applicazione anche in ambito educativo, uno degli obiettivi affrontati in corso di dottorato è stato quello di valutare statisticamente il contributo del metodo Terzi nel corso della scolarizzazione, rispetto al metodo classico di insegnamento del corsivo (Vedi Capitolo 5.2).

obiettivi

Conoscere approfonditamente l'influenza dei diversi metodi di insegnamento del corsivo può aiutare a porre maggiore attenzione ai bambini negli istituti scolastici e, quindi, **condurre verso istruzioni e programmi di intervento più precisi** al fine di prevenire disturbi di apprendimento come quello della disgrafia.

Un importante presupposto della presente strategia di ricerca è considerare la disgrafia come un disturbo della scrittura che viene affetta da rallentamenti e movimenti poco fluidi che producono una scarsa qualità di scrittura che ne compromette la leggibilità. Per questo motivo, in questo studio i risultati ottenuti dalle prove di scrittura in corsivo sono relativi sia all'aspetto cinematico che qualitativo della scrittura, al fine di **determinare gli effetti legati al metodo di insegnamento e fornire un sistema di riferimento per la valutazione della scrittura.**

Al fine di raggiungere i suddetti obiettivi, il presente elaborato di tesi si suddivide in sette capitoli.

struttura  
della tesi

## 1 Introduzione

---

Nel capitolo seguente (Capitolo 2) verrà descritto nel dettaglio come si articola il processo di apprendimento della scrittura, partendo da un'analisi delle componenti grafica e ortografica fino alla programmazione e realizzazione motoria con le difficoltà ad esse associate ed i modelli per la loro identificazione.

Nel Capitolo 3 verrà descritto il metodo Terzi, metodo di insegnamento del corsivo studiato ed approfondito in questo lavoro di tesi, che ha basato il suo approccio innovativo sull'esclusione del canale visivo durante le prime fasi dell'apprendimento.

Si analizzeranno poi gli strumenti sviluppati e utilizzati per l'analisi delle grafie (Capitolo 4), dai modelli utili alla caratterizzazione qualitativa e cinematica in essi implementati ai protocolli e software utilizzati.

Nei capitoli 5, 6 e 7 verranno infine trattate le applicazioni degli strumenti precedentemente esposti, riguardanti rispettivamente: l'apprendimento del corsivo, l'analisi cinematica di esercizi di grafia in varie fasce d'età e l'influenza del genere, dell'età e della lingua madre sulla scrittura.

L'apprendimento del corsivo (Capitolo 5) è stato valutato su due campioni da 20 soggetti, appartenenti rispettivamente al gruppo sperimentale (metodo Terzi) e al gruppo di controllo (metodo tradizionale). Tutti i soggetti considerati, destrimani e di madre lingua italiana, sono stati monitorati dalla seconda alla quinta elementare. Lo studio in questione ha previsto l'analisi sia qualitativa che cinematica delle scritture acquisite relativamente ad esercizi aventi un graduale livello di dipendenza al grado di scolarizzazione: dalla scrittura di pattern ripetitivi, alla copiatura di una frase di senso compiuto contenente tutte le lettere dell'alfabeto italiano e diverse regole fonologiche.

L'analisi cinematica degli esercizi di grafia (Capitolo 6) ha coinvolto 257 bambini destrimani, di madre lingua italiana, arruolati tra la prima elementare e la terza media. I test di pre-scrittura sottoposti hanno permesso di valutare i parametri cinematici e, di conseguenza, lo sviluppo motorio dei soggetti in relazione alla loro età e alla complessità del task.

L'influenza del genere (Capitolo 7.1) ha riguardato lo studio cinematico delle grafie relative a 90 studenti universitari (21-30 anni), equamente distribuiti tra i due sessi. Il protocollo utilizzato prevedeva la scrittura di 18 frasi relative ad azioni "neutre", "prettamente maschili" e "prettamente femminili", e di 40 parole associabili a sensazioni di "leggerezza" e "pesantezza".

## 1 Introduzione

---

L'influenza dell'età (Capitolo 7.2) e della madre lingua (Capitolo 7.3) sono state invece studiate su bambini di età compresa tra i 7 e gli 11 anni (dalla seconda alla quinta elementare): nel primo caso sono stati considerati 204 bambini, sia destrimani che mancini e di madre lingua italiana; nel secondo i soggetti coinvolti sono stati 173, tutti destrimani, di cui 131 italiani. L'influenza dell'età, proseguendo un lavoro precedente dello stesso gruppo di ricerca [11], è stata valuta come ulteriore variabile nella complessa relazione che lega la velocità e la curvatura nella scrittura. In entrambi gli studi sono stati proposti esercizi di graduale difficoltà, i quali richiedevano in modo più o meno accentuato la conoscenza della lingua italiana.

Il contributo della presente tesi è stato importante a livello di una creazione di una visione di insieme delle varie problematiche, sia tecnologiche che di progettazione dell'esperimento e di integrazione e interpretazione qualitativa/quantitativa dei dati. I risultati ottenuti hanno avuto un importante impatto sia nell'ambito della psicologia che della didattica, in particolare per la validazione del nuovo metodo di insegnamento analizzato. Si è inoltre ulteriormente rafforzata l'affidabilità dello strumento di analisi qualitativa e cinematica, sviluppato presso il nostro Biomedical Instrumentation and Signal Processing Laboratory dell'Università di Trieste, per l'identificazione precoce dei problemi di grafia nell'infanzia.

## 2 L'apprendimento della scrittura

Le difficoltà nella scrittura sono un problema sempre più frequente nella pratica clinica. Tra il 12% ed il 33% dei bambini in età scolare producono una scrittura illeggibile e poco fluente, compromettendo così le proprie abilità di comunicazione, di espressione personale o di documentare le proprie idee [15, 16, 17]. Queste difficoltà possono non solo influenzare le performance scolastiche del bambino ma anche la propria autostima e vita quotidiana nel futuro [18].

incidenza  
disgrafia

L'incremento della percentuale mondiale dei bambini con difficoltà nella scrittura può essere dovuto a diverse cause: l'uso sempre maggiore delle moderne tecnologie digitali [19]; l'eliminazione dell'insegnamento del corsivo nella scuola primaria [20]; metodi di insegnamento inadeguati e difficoltà nell'identificazione precoce delle carenze grafiche nel bambino [21].

cause  
disgrafia

In questo capitolo approfondiremo le componenti caratterizzanti l'apprendimento della scrittura le quali alterazioni possono portare a difficoltà o disturbi nell'organizzazione della grafia. La conoscenza di tali meccanismi è stata indispensabile per identificare il modello neuro-motorio della generazione della scrittura a mano che ha successivamente portato allo sviluppo di un nuovo approccio oggettivo per l'analisi cinematica e qualitativa della grafia. Questo approccio è servito inoltre per valutare l'efficacia di un nuovo metodo di insegnamento della scrittura e ha mostrato risultati interessanti per il futuro impiego nella prevenzione e identificazione precoce delle disgrafie.

in questo  
capitolo

Verrà inoltre descritto il modello identificato per la scomposizione della scrittura in elementi fondamentali, passaggio alla base dell'analisi cinematica delle grafie e successiva identificazione dei disturbi grafo-motori.

### 2.1 Componente ortografica

Nella composizione scritta del testo, la componente ortografica è quella immediatamente prima della componente motoria [22]. Ai fini del nostro studio non dovremo approfondire questo aspetto, tuttavia è necessario conoscerne la natura poiché errori strettamente ortografici potrebbero ripercuotersi sulla componente motoria alterando i risultati dell'analisi cinematica (es. scrivere una "c" piuttosto che una "q").

errori  
ortografici

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.1 Componente ortografica

A livello ortografico si deve tener conto dell'origine della parola che può raggiungere il buffer ortografico<sup>1</sup> attraverso diversi canali in relazione al fatto che essa venga pensata, ascoltata o letta. Assumendo che non vi siano difficoltà recettive nel bambino, un ruolo primario viene assunto dai processi di analisi fonemica che risultano necessari per la correttezza dell'individuazione dei grafemi corrispondenti. Questi processi potrebbero essere bypassati da un recupero dalla memoria ortografica, memoria che associa una precisa forma ortografica ad un significato specifico della parola. Risulta chiaro come il primo metodo risulta essere più efficiente anche se apparentemente più macchinoso. Le associazioni tra fonemi e grafemi sono un numero limitato e, una volta appresi, permetterebbero la scrittura di qualsiasi parola. Il secondo metodo, invece, richiederebbe la memorizzazione di ogni parola, comprese tutte le variazioni morfologiche, di genere, numero e tempo. L'utilizzo di una via piuttosto che l'altra è strettamente dipendente dalla lingua nella quale si scrive. Lingue come l'inglese, dove non vi è un vero rapporto fonologia-ortografia, rendono necessario utilizzare entrambi i metodi; mentre lingue come l'italiano ed il tedesco possono richiedere solo il primo. Esistono studi che dimostrano queste importanti differenze tra lingue: Landerl, Wimmer e Frith [23], ad esempio, trovano che nei primi anni di scolarizzazione gli alunni tedeschi raggiungono un livello di correttezza maggiore dei coetanei inglesi; Cossu [24], invece, dimostra che le abilità di analisi fonemica nei bambini italiani sono più sviluppate che quelle nei bambini americani.

analisi  
fonemica  
tra le lingue

La lingua italiana, pur avendo un rapporto regolare tra fonologia e ortografia, presenta qualche eccezione che rende necessaria la memorizzazione di specifiche forme ortografiche: parole che contengono "cq", "q" o "c" (es. acqua, quadro, cuore); parole (sostantivi) combinate con altre (articolo o preposizione) potrebbero essere scritte scorrettamente se non si riconosce la diversa categoria sintattica delle due (es. l'albero, l'aradio, c'è, di notte); parole omofone ma non omografe (es. l'ago-lago, c'ero-cero). Tutti questi esempi richiedono una specifica associazione tra il loro significato e la specifica rappresentazione ortografica in quanto non è sufficiente utilizzare le sole regole di corrispondenza tra fonologia e ortografia. Altre eccezioni della lingua italiana riguardano alcune caratteristiche fonetiche della parola caratterizzate da: il rapporto tra fonemi che

eccezioni della  
lingua italiana

---

<sup>1</sup> Buffer ortografico: Memoria di lavoro in cui avviene il sequenziamento ortografico di una stringa lessicale prima della sua produzione scritta.

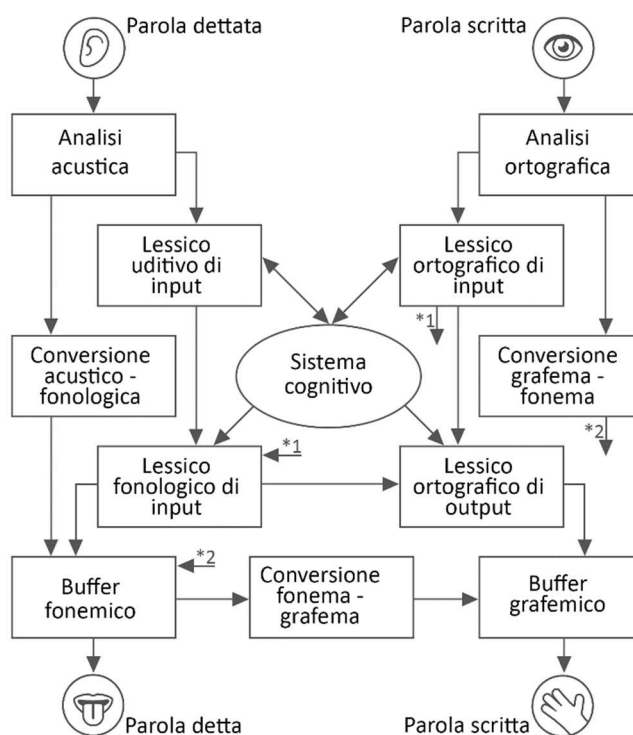
## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.1 Componente ortografica

vengono rappresentati graficamente con i diagrammi "sc", "gn" "chi", "gli"; gli accenti che richiedono l'aumento di sonorità di una vocale; il raddoppiamento delle consonanti (doppie) che portano al prolungamento di una consonante e alla diminuzione della durata vocalica pre-raddoppiamento consonantico.

Malgrado lettura e scrittura mantengano una parziale indipendenza, con la scolarizzazione l'esperienza con la lettura incrementa favorendo il rafforzamento delle associazioni grafema<sup>2</sup>-fonema<sup>3</sup> e di conseguenza l'arricchimento del patrimonio delle associazioni tra rappresentazioni ortografiche e loro significato. Tale conoscenza è utile a velocizzare il processo di scrittura e evitare errori ortografici su quelle parole che violano le regole comuni tra fonemi e ortografia [25].

lettura e  
scrittura



modello  
a due vie

Figura 2. Modello a due vie, architettura funzionale dell'elaborazione del testo [26].

Il legame tra lettura e scrittura si ritrova nel famoso "modello a due vie" (dual route models) [27] [26] [28], illustrato in Figura 2, il quale individua una serie di fasi dello sviluppo che possono spiegare la natura e l'evoluzione di determinati

<sup>2</sup> Grafema: unità grafica elementare, non suddivisibile ulteriormente, necessaria a riprodurre nello scritto uno specifico suono di una lingua (es. a, b, c, d, ...)

<sup>3</sup> Fonema: unità sonora elementare di un sistema linguistico che, in combinazione distintiva rispetto alle altre, dà luogo alle parole di una lingua.

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.2 Componente grafica

errori, utili sia da un punto di vista dell'insegnamento, per determinare e adottare interventi adeguati di prevenzione, che per avviare opportuni programmi di recupero.

Da un punto di vista ortografico, il modello a due vie sembrerebbe rappresentare l'evoluzione dell'apprendimento della scrittura, così come quello della lettura, come un processo indipendente dal metodo di insegnamento applicato. Quest'ultimo infatti potrebbe solo rallentare o favorire il passaggio tra le fasi dell'apprendimento senza però modificarle o saltarle. In generale, la fase ortografica è quindi una fase di perfezionamento utile a fissare le eccezioni alle regole di corrispondenza tra fonema e grafema e per velocizzare il riconoscimento della parola senza passare attraverso una ri-codificazione fonologica delle sue parti.

importanza  
ortografia

Lo studio dell'apprendimento della scrittura, al fine di sviluppare uno strumento di valutazione affidabile, dovrebbe tener conto di tutte le variabili implicate nel processo di scrittura come le conoscenze dovute alla scolarizzazione e la madrelingua che potrebbero favorire l'insorgenza di errori ortografici [29]. La produzione del testo è infatti influenzata dalla quantità di informazioni possedute (memoria a lungo termine o breve nel caso di dettati o copiati) e dalla fluency semantica, ossia la facilità con cui si riesce ad accedere ad esse. La generazione di queste informazioni è propedeutica alla pianificazione e organizzazione del testo da produrre, fasi presenti all'avvio come nell'intera durata dell'esecuzione della scrittura [30].

variabili  
apprendimento

Essendo il nostro studio focalizzato più sulla parte cinematica della scrittura, gli errori strettamente grafici ed ortografici dovranno essere pesati opportunamente. Trascurare completamente i secondi non è possibile in quanto, ad esempio, l'omissione di doppie, lo scambio di grafemi omofoni o l'omissione e l'aggiunta di lettere sono errori che richiedono movimenti differenti da quelli previsti influenzando il numero di lettere scritte ed altri parametri necessari all'analisi cinematica delle grafie.

errori  
pesati

### 2.2 Componente grafica

La scrittura manuale o grafismo (handwriting) è la parte più strumentale della scrittura (writing). La prima riguarda nello specifico l'esecuzione dello scritto con la mano dominante su uno spazio bidimensionale attraverso l'utilizzo di penne, matite o colori. Il secondo, più in generale, riguarda l'atto dello scrivere a

scrittura e  
grafismo



## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.2 Componente grafica

prescindere dal mezzo utilizzato (es. tastiera, touchscreen, penna) e comprende anche la capacità comunicativa. In entrambi i casi, le componenti effettrici coinvolte nella realizzazione grafica della scrittura non sono considerate parte del processo di scrittura in quanto potrebbero essere realizzate con effettori diversi dalla mano: in ambito patologico è possibile utilizzare i movimenti del piede; scegliere i grafemi da una tastiera virtuale mediante tracciamento oculare; trascrivere comandi vocali.

Con l'apprendimento della scrittura a mano il bambino passa dall'uso libero di segno e direzione sul foglio (esercizi di pre-scrittura) alla scrittura di lettere e numeri, la cui forma e direzione sulla riga sono ben definiti. Nel corso di questo processo il bambino dovrà apprendere sia la forma grafica standard che la componente motoria necessaria all'esecuzione di questi segni.

L'apprendimento della scrittura manuale è influenzato dalle componenti visuo-percettive e di integrazione visuo-motoria, che organizzano il campo d'azione dell'atto di scrivere e forniscono un feedback visivo sui risultati del gesto, associate alle componenti fino-motorie, che modulano il movimento in atti esecutivi complessi e intenzionali come la scrittura. Questa complessità a livello di apprendimento si ripercuote sul risultato, ossia sulla scrittura dei bambini: la corretta costruzione e memorizzazione dell'immagine visuo-spaziale della lettera, nei diversi tipi o stili di lettere, ed il recupero dei pattern grafo-motori influenzano la leggibilità o addirittura la riconoscibilità di lettere e numeri; l'efficienza neuromotoria influenza la velocità di esecuzione dei singoli grafemi.

L'apprendimento del grafismo è un processo che comincia lentamente con lo sviluppo degli aspetti esecutivo-motori, prosegue con le prime intuizioni relative alla lingua scritta e subisce una rapida accelerazione con l'insegnamento della letto-scrittura [31]. Intorno ai 20 mesi il bambino è in grado di tracciare le prime forme chiuse grazie all'acquisita capacità di rotazione del polso; nella seconda infanzia si sviluppa il disegno e a 5 anni il bambino entra spontaneamente nella fase pre-calligrafica nella quale riconosce alcuni segni della scrittura ed inizia ad attribuire un valore sonoro alle diverse forme grafiche, pronto ad iniziare il percorso scolastico in cui verrà proposto in modo sistematico l'associazione tra fonema e grafema. Se con la fine della II classe primaria si può ritenere acquisito il codice scritto, non si può dire altrettanto della sua automazione che prosegue più lentamente oltre la classe V [9] [10] [11], lo sviluppo della fase calligrafica procede infatti dai 7 ai 13-14 anni [8], epoca in cui

apprendimento  
grafismo

apprendimento  
classico

sviluppo e  
percorso di  
apprendimento

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.2 Componente grafica

il tratto grafico diventa più fluente, la procedura esecutiva si è automatizzata e la forma delle singole lettere ed i loro legami si stabilizzano assumendo specifiche caratteristiche individuali [32]. Esiste una relazione tra leggibilità e velocità di scrittura che raggiunge il miglior compromesso alla fine della classe V, in seguito la velocità continua ad evolvere fino all'età adulta mentre la leggibilità, secondo i parametri della bella scrittura adottati nella scuola primaria, tende a peggiorare [11].

Nella successione delle fasi del processo di scrittura, la componente grafomotoria della scrittura interviene dopo la componente ortografica [22]. Essa comprende la selezione dell'allografo<sup>4</sup>, il controllo sulla dimensione e la regolazione muscolare (Figura 3).

componente grafomotoria

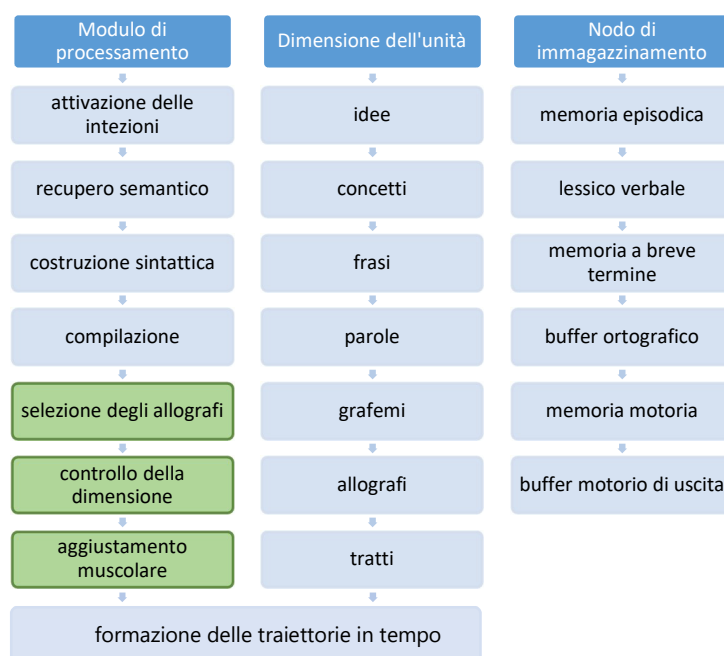


Figura 3. Modello di Van Galen [22]

La selezione dell'allografo comporta il recupero dalla memoria a lungo termine del programma motorio che specifica la forma e il pattern di esecuzione dell'allografo appropriato per ciascun grafema, in relazione alla modalità di scrittura interessata (stampatello maiuscolo e minuscolo, corsivo maiuscolo e minuscolo). Sostanzialmente, la selezione dell'allografo è un processo costituito da tre step: dal magazzino dell'immagine visuo-spaziale delle lettere si attinge il

selezione allografo

<sup>4</sup> Allografo: modalità di realizzazione di un grafema, e cioè nei diversi modi in cui un grafema può venire scritto nei testi a stampa o dalla mano dello scrivente (per es., maiuscolo o minuscolo).

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.3 Programmazione e realizzazione motoria

tipo di lettera e lo stile da usare (ad es. corsivo), si recupera dalla memoria a lungo termine il programma motorio che specifica forma e pattern di esecuzione dell'allografo appropriato per ciascun grafema e si attiva il repertorio motorio a lungo termine che dovrà essere applicato al successivo step di conversione grafema in allografo.

Il controllo sulla dimensione e sulla velocità di esecuzione delle singole lettere può essere visto come una forma di modulazione dei pattern esecutivo-motori precedentemente recuperati.

Infine interviene la componente neuro-motoria, la regolazione muscolare necessaria alla realizzazione della traiettoria della scrittura nel dato contesto biofisico: il lavoro effettivo dell'apparato muscolare è fortemente dipendente dallo spazio di lavoro disponibile dove andranno scritte le lettere (es. righe e margini del foglio). Mentre per lo studio del livello "recupero allografico" basta analizzare le singole lettere, per approfondire la componente neuro-motoria è necessario utilizzare come unità di processamento lo stroke<sup>5</sup> e le componenti<sup>6</sup> [22].

controllo  
dimensione

regolazione  
muscolare

### 2.3 Programmazione e realizzazione motoria

I grafemi costituenti la scrittura sono il risultato di atti motori molto rapidi e precisi, caratterizzati da frequenti cambi di direzione e da un'organizzazione sequenziale nel tempo e nello spazio. La mano sostiene e guida lo strumento di scrittura sul foglio ma questa, per avanzare lungo il foglio, necessita della contemporanea collaborazione di polso, braccio e spalla. Ogni singolo tratto della penna rappresenta la traccia visibile di un movimento programmato [33].

Come anticipato, la grafia è quella sfera della scrittura più strettamente neuro-psicomotoria che comprende aspetti relativamente indipendenti dalle componenti linguistiche:

- a) abilità motorie;
- b) lateralità;
- c) abilità visuo-percettive e visuo-spaziali.

complessità  
dei movimenti

componenti  
neuro -  
psicomotorie

<sup>5</sup> Stroke: elemento fondamentale della scrittura; identificato come il segmento tra due punti di minimo della velocità curvilinea e caratterizzata da un profilo a campana asimmetrica.

<sup>6</sup> Component: elemento identificato come la traccia scritta delimitata da due staccate (pen lifts) successive.

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.3 Programmazione e realizzazione motoria

Fra le abilità motorie occorre considerare la regolazione del tono muscolare (equilibrio e controlli posturali di capo, tronco, spalle, avambraccio, polso, dita e regolazione della forza nella presa dello strumento grafico), le coordinazioni cinetiche (aspetto cinetico del controllo motorio dell'arto superiore) e la motricità fine (dissociazione dei movimenti, controllo segmentario, coordinazione oculo-manuale).

abilità  
motorie

Lo sviluppo della lateralizzazione, insieme alle abilità spaziali, permette il riconoscimento di sé stessi, degli altri e degli oggetti. La distinzione percettiva dei due emisomi determina la parte dominante (dominanza laterale) e consente di costituire il sistema di coordinate geometriche fondamentali, importanti per il riconoscimento della destra e della sinistra durante l'esecuzione grafica; permettendo così di calibrare al meglio, durante l'atto dello scrivere, l'utilizzo del braccio di appoggio rispetto a quello dominante, in modo simmetrico ed equilibrato rispetto all'asse corporeo.

lateralizzazione

Le abilità visuo-percettive sono condizionate da molteplici aree cerebrali sensoriali ed associative, non solo dall'attività delle strutture ottiche e della corteccia visiva primaria. Nella scrittura, una corretta analisi visuo-spaziale permette di percepire la corretta sagoma delle lettere rispetto al modello proposto (es. corsivo piuttosto che stampatello) e la relazione spaziale tra le lettere all'interno della pagina (es. distanza tra le parole, orizzontalità della linea base del testo, margini del foglio). Questa abilità è alla base dell'integrazione e coordinazione della vista e del movimento (coordinazione oculo-manuale) che guida il movimento attraverso il controllo visivo.

abilità visuo-  
percettive  
e spaziali

Nel processo della scrittura sono coinvolti inoltre i processi cognitivi di base quali la memoria e l'attenzione. Sia che vengano dati come compiti di scrittura la copia, il dettato o la scrittura spontanea, sono di fatto necessarie buone capacità mnemoniche sia visive (per il recupero delle componenti grafiche) che uditive. Nella scrittura spontanea sono richiamate tutte le funzioni esecutive per la pianificazione del compito e, fra queste riveste un ruolo specifico l'organizzazione temporale. La capacità di mantenere l'attenzione durante il compito è una funzione necessaria al controllo del proprio processo esecutivo ed indispensabile per la programmazione del compito da svolgere [34].

processi  
cognitivi

I modelli teorici proposti in ambito neuropsicologico per il processo di scrittura, come il "modello a due vie" illustrato in Figura 2, a prescindere che si attivi la via lessicale-semantiche o la via fonologica, portano all'attivazione di un

processi  
periferici

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.3 Programmazione e realizzazione motoria

buffer grafemico che trasforma le parole o i fonemi nei corrispondenti grafemi. Si tratta infatti di due procedure funzionalmente indipendenti e parallele:

**Via lessicale-semantic:** recupero dell'ortografia per scrivere parole già incontrate e memorizzate nel magazzino del lessico ortografico d'uscita; informazioni inviate al Buffer grafemico d'uscita.

**Via fonologica:** conversione diretta tra ogni Fonema e Grafema; ordinati nello spazio e nel tempo secondo una precisa sequenzialità; meccanismo utilizzato per parole nuove o non-parole.

Il passaggio dalle rappresentazioni grafemiche astratte delle lettere alla loro realizzazione grafica, in tutte le possibili modalità, dipende da processi di ordine periferico [35]. Sono infatti i processi periferici o grafo-motori a permettere l'effettiva realizzazione della lettera attraverso i movimenti della mano; il buffer grafemico, in questo processo, occupa una posizione chiave di comunicazione tra questi due livelli, linguistico ed esecutivo [36].

La grafia è un processo strettamente individuale per il quale non è possibile stabilire la correttezza dei movimenti coinvolti nel tracciare una lettera. Tuttavia, è possibile stabilire l'appropriatezza del movimento quando questo appare essere essenziale per la produzione di una scrittura efficiente, scorrevole e leggibile. Il movimento infatti, nel caso specifico del corsivo, dipende sia dalla forma del grafema da realizzare che dal percorso con il quale si intende legarlo al successivo. Un giudizio chiaro può essere fornito esclusivamente quando sono presenti vincoli forti, dettati dalla direzione d'avanzamento della scrittura e dalla necessità di limitarne i tempi d'esecuzione.

Esistono numerosi schemi per lo stampatello maiuscolo e minuscolo che mostrano quale dovrebbe essere la direzione ottimale del gesto nel tracciare le lettere ma meno per il corsivo a causa delle tante eccezioni e limitazioni [37].

appropriatezza  
motoria

schemi motori  
nel corsivo

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.3 Programmazione e realizzazione motoria

Famiglie di somiglianza		Fogli con supporto cromatico			
1 <sup>a</sup>	i, t, u, r	i	t	u	r
2 <sup>a</sup>	e, l, f, (b)	e	l	f	(b)
3 <sup>a</sup>	n, m, p, h	n	m	p	h
4 <sup>a</sup>	c, a, d, q, g, (o)	c	a	d	q, g, (o)
5 <sup>a</sup>	s, z, (v)	s	z	(v)	
6 <sup>a</sup>	(j, k, w, x, y)	(j)	(k)	(w)	(x, y)

Figura 4. Diverse famiglie di lettere e indicazioni dei movimenti necessari per realizzarle

Uno dei metodi utilizzati nella didattica del corsivo consiste nell'associare specifici movimenti a famiglie di lettere (Figura 4), raggruppate scomponendo gli elementi caratterizzanti che le compongono (Figura 5) [35].

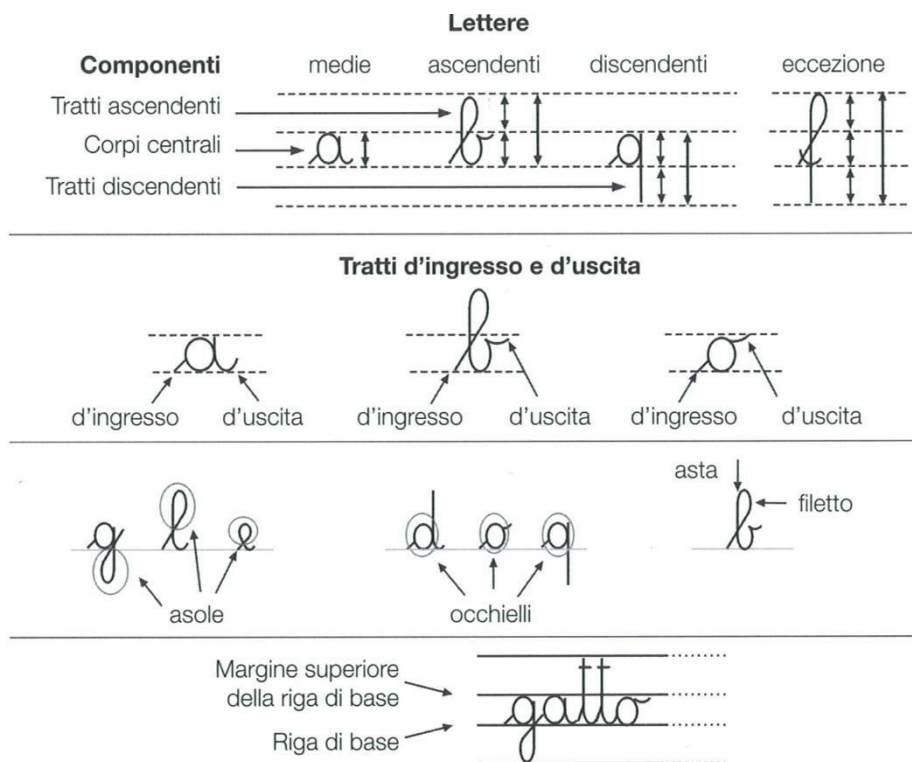


Figura 5. Elementi caratterizzanti le lettere nello spazio grafico del foglio.

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.3 Programmazione e realizzazione motoria

Analizzando la letteratura concernente il corsivo minuscolo, si possono ricavare schematicamente tre regole necessarie e sufficienti a produrre un movimento fluido per la realizzazione di un grafema:

- 1) Occhielli, asole ascendenti e tratti curvilinei che hanno la convessità rivolta verso l'alto, devono essere prodotti con un movimento rotatorio antiorario. Tratti curvilinei che hanno la convessità rivolta verso il basso e asole discendenti devono invece essere prodotti con un movimento rotatorio orario. Fa eccezione la lettera "s", che non appartiene a nessuna delle categorie elencate;
- 2) Le aste verticali devono essere tracciate con un movimento che procede dall'alto verso il basso;
- 3) I tratti orizzontali devono essere prodotti nella medesima direzione di progressione della scrittura, dunque da sinistra verso destra.

La scrittura a mano per il suo svolgimento richiede quindi un'adeguata programmazione e un'esecuzione coordinata di sequenze motorie integre che si realizzano sotto precisi vincoli temporali e spaziali [38] [39].

La grafia è un'abilità che funziona al meglio quando diventa automatizzata [33], cioè quando lo scrittore è in grado di eseguire gli atti motori richiesti come un'unità o come una sequenza integrata [40]. Ogni atto motorio è caratterizzato da numerosi fattori quali l'intensità (forte vs. piano), il tempo (rapido vs. lento), la tipologia (flessione, rotazione, ...) e la direzione (avanti, alto, ...). L'insieme di questi elementi costituisce lo schema motorio. Con la pratica, la capacità motoria si affina ed i movimenti necessari a produrre i grafemi richiedono un'attenzione conscia sempre più limitata, permettendo così di concentrarsi sugli aspetti contenutistici della scrittura. L'automaticità ha tuttavia un costo: un comportamento motorio errato o non efficiente, una volta acquisito e divenuto stabile, è molto difficile da correggere o eliminare.

automatizzazione

Le componenti sensoriali che contribuiscono in modo fondamentale alla realizzazione del movimento coinvolgono sia il sistema cinestesico, sia quello visivo. Questi sistemi hanno il ruolo di monitorare il movimento dell'arto durante la scrittura e di confrontarlo con la sequenza di movimenti registrata in memoria. Il feedback che ne deriva informa il cervello sulla precisa localizzazione e sul movimento delle varie parti del corpo nello spazio [41]: se il confronto tra l'informazione trasmessa dagli impulsi afferenti e la configurazione desiderata, prevista dal piano motorio immagazzinato nella memoria della persona, rileva

componenti  
sensoriali  
di controllo

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.4 Disturbi e difficoltà della scrittura

una discrepanza, comandi motori adeguati intervengono a correggere il movimento in atto [42].

Difficoltà nell'integrare informazioni sensoriali e motorie [43], nell'implementare il piano motorio o nel recupero delle sequenze motorie necessarie alla formazione della lettera [44] appaiono ben visibili nel prodotto scritto: i tratti sono tremolanti, imprecisi o addirittura frammentati per l'interruzione del movimento regolare della mano; l'ordine di esecuzione dei grafemi è sovvertito o compaiono delle perseverazioni<sup>7</sup>; il gesto non si arresta quando dovrebbe e alcuni tratti vengono esageratamente allungati o interrotti troppo presto. Quando la difficoltà è da imputarsi principalmente a un feedback cinestesico non ottimale, il bambino può manifestare uno scarso controllo della pressione che esercita con la penna sulla carta (tratto pesante o eccessivamente leggero) e può stare con il volto troppo vicino al foglio, tentando di guidare la mano esclusivamente attraverso il feedback visivo; ciò costituisce un processo indubbiamente più lento [35].

difficoltà  
integrazione  
senso-motoria

#### 2.4 Disturbi e difficoltà della scrittura

La componente motoria della scrittura permette di osservare se il bambino, in assenza di deficit neurologici importanti, dimostra di avere parametri esecutivi adeguati o presenta un disturbo specifico. Tra i disturbi specifici della scrittura si distinguono:

disgrafie

- a) disgrafia allografica: difficoltà nella selezione degli allografi corrispondenti alla rappresentazione astratta presente nel buffer grafemico di uscita;
- b) disgrafia prassica (disprassia o aprassia della scrittura): difficoltà a formare la lettera, perdita di linearità e produzione automatica di elementi scritti (es. inversione di lettere, perseverazioni);
- c) disgrafia spaziale: difficoltà di mantenere il corretto allineamento orizzontale e larghi margini vuoti a sinistra del foglio;
- d) disgrafia afferente (es. ripetizioni di sequenze grafemiche);
- e) scrittura speculare.

---

<sup>7</sup> Perseverazioni: Disturbo del linguaggio consistente nella tendenza a ripetere più volte con monotonia la stessa parola o la stessa frase.



## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.5 Modello cinematico di Plamondon

Le disgrafie (a) e (b) rimandano a conoscenze della forma e del programma motorio, mentre le ultime interessano i soli parametri esecutivi e quindi a difficoltà di controllo.

Nella valutazione dell'apprendimento della scrittura è quindi importante osservare se il bambino manifesta qualche disturbo in relazione al controllo dello spazio, alla velocità, all'uso corretto dei tratti associati alle lettere e parole (senza duplicazioni, omissioni, produzioni speculari, stacchi mal visibili tra le parole), alla fluidità del tratto grafico e in relazione alla scioltezza e precisione nell'utilizzo degli strumenti di scrittura o disegno.

valutazione  
apprendimento

Identificare già nelle prime fasi dell'apprendimento questo tipo di difficoltà è importante ai fini non solo del rendimento scolastico ma anche della ricaduta psicologica sul bambino. Una scarsa fluenza di scrittura può impedire di stare al passo con i compagni e anche di rallentare, o addirittura paralizzare, l'ideazione nell'espressione originale di idee [45]. Una scrittura faticosa, oltre a sottrarre attenzione e risorse cognitive alle componenti più rilevanti all'apprendimento, rappresenta una fonte di insicurezza e disagio che potrebbe portare a scoraggiare, fino ad allontanare, il bambino dallo scrivere. Inoltre, una scrittura poco o del tutto illeggibile impedisce di riconoscere gli errori ortografici presenti nel testo che, se trascurati, potrebbero portare a problemi di ortografia o di povertà lessicale che vanno oltre il solo problema motorio.

ricaduta  
psicologica

### 2.5 Modello cinematico di Plamondon

Per poter rendere possibile un'esaustiva diagnosi delle condizioni di disgrafia di un soggetto è necessario poter discriminare in modo oggettivo ed inequivocabile un semplice ritardo nell'apprendimento da una compromissione più grave dell'abilità grafo-motoria. Per facilitare questo tipo di analisi è necessario suddividere la complessità del movimento coinvolto nella scrittura nella programmazione, controllo e dinamiche di unità elementari significative. Il modello maggiormente utilizzato a questo scopo è il modello di Plamondon [46] [47] [48] [49].

semplificazione  
della scrittura

La teoria cinematica di Plamondon descrive una rete neuromuscolare coinvolta nella produzione della grafia come un sistema lineare che controlla la velocità della punta della penna. Supponendo che un tale sistema è costituito da numerosi sottosistemi accoppiati, e che tale accoppiamento può essere espresso con rapporti di proporzionalità tra i ritardi cumulativi associati con l'attivazione

modello  
lognormale  
della velocità

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.5 Modello cinematico di Plamondon

di questi sottosistemi, la teoria predice, utilizzando il teorema del limite centrale<sup>8</sup>, che le grandezze dei profili di velocità prodotte dal sistema globale tenderanno verso un modello lognormale:

$$\text{Equazione 1} \quad |\vec{v}(t; P_i)| = D_i \Lambda_i(t_{0i}; \mu_i, \sigma_i^2) = \frac{D_i}{\sigma_i \sqrt{2\pi}(t-t_{0i})} e^{-\frac{(\ln(t-t_{0i})-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}}$$

Dove il set di parametri  $P_i = [D_i, t_{0i}, \mu_i, \sigma_i]$  che descrive un impulso lognormale si riferisce a:

$D_i$ : il comando di input, corrispondente alla distanza destinata ad essere coperta con l'impulso;

$t_{0i}$ : istante in cui viene inviato il comando, come istanziato dal sistema nervoso centrale (SNC);

$\mu_i$ : ritardo su una scala temporale logaritmica;

$\sigma_i$ : tempo di risposta su una scala temporale logaritmica;

$\Lambda_i(t_{0i}; \mu_i, \sigma_i^2)$ : risposta impulsiva di tipo lognormale.

La produzione di un dato stroke può quindi essere vista come il processo di reclutamento di un numero sufficiente di unità neuromuscolari per produrre il miglior profilo lognormale. Queste funzioni lognormali sono le primitive di base, gli stroke elementari che possono essere utilizzati per la produzione di qualsiasi traiettoria complessa della punta della penna. In base a tale paradigma, la generazione della grafia inizia con l'istanziare un piano d'azione costituito da obiettivi virtuali collegati tra loro da archi circolari che agiscono come un generatore di comando per la produzione di uno stroke lognormale (Figura 6). Una sequenza di comandi si traduce in un processo di somma vettoriale dove le velocità dei singoli tratti si sovrappongono nel tempo per produrre un dato modello (una lettera, una parola, una firma, un gesto, e così via) [50].

stroke

---

<sup>8</sup> Il teorema del limite centrale implica che, se la dimensione del campione  $n$  è "grande," allora la distribuzione delle somme parziali  $Y_n$  (o, equivalentemente, della media campionaria  $M_n$ ) è approssimativamente normale.

2.5 Modello cinematico di Plamondon

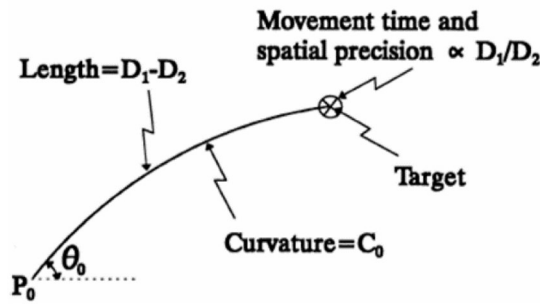


Figura 6. stroke elementare [51]

L'i-esimo stroke è rappresentato nel dominio dello spazio da un percorso curvilineo di lunghezza  $D_{1i} - D_{2i}$  con curvatura costante  $C_{0i}$  e nel dominio della velocità da un vettore velocità che ha inizio al tempo  $t_{0i}$  nel punto  $P_{0i}$  con direzione iniziale  $\theta_{0i}$ . La precisione temporale e spaziale per raggiungere un punto (target) è proporzionale al rapporto dei comandi agonisti e antagonisti ( $D_{1i}/D_{2i}$ ) in ingresso.

L'ampiezza e la direzione della velocità di una determinata traiettoria, per la teoria di Plamondon, sono descritte da una equazione Sigma-Lognormale [52]:

Equazione 2 
$$\vec{v} = \sum_{i=1}^N \vec{v}_i(t; t_{0i}, \mu_i, \sigma_i^2) = \sum_{i=1}^N D_i \begin{bmatrix} \cos(\theta_i(t)) \\ \sin(\theta_i(t)) \end{bmatrix} \Lambda_i(t; t_{0i}, \mu_i, \sigma_i^2); N \geq 2$$

Equazione 3 
$$\theta_i(t) = \theta_{si} + \frac{\theta_{ei} - \theta_{si}}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{\ln(t - t_{0i}) - \mu_i}{\sigma_i \sqrt{2}} \right) \right]$$

dove  $\theta_{si}$  e  $\theta_{ei}$  sono, rispettivamente, la direzione angolare di inizio e fine di ogni stroke discontinuo, come idealmente rappresentato nel piano d'azione.

Quando vengono riprodotti solo movimenti rettilinei, l'Equazione 2 si riduce a quella che viene definita equazione Delta-Lognormale:

Equazione 4 
$$v(t) = D_1 \Lambda(t; t_0, \mu_1, \sigma_1^2) - D_2 \Lambda(t; t_0, \mu_2, \sigma_2^2)$$

dove i pedici 1 e 2 si riferiscono, rispettivamente, alle reti neuromuscolari agonista e antagonista.

Secondo la teoria cinematica di Plamondon, dunque, il profilo di velocità completo di una sinergia neuromuscolare in risposta ad una coppia di comandi d'impulso sincroni (agonista e antagonista) che si hanno al tempo  $t_0$ , vengono descritte dalla differenza pesata di due lognormali.

movimenti rapidi complessi

movimenti rapidi semplici

stroke come risposta lognormale

2.5 Modello cinematico di Plamondon

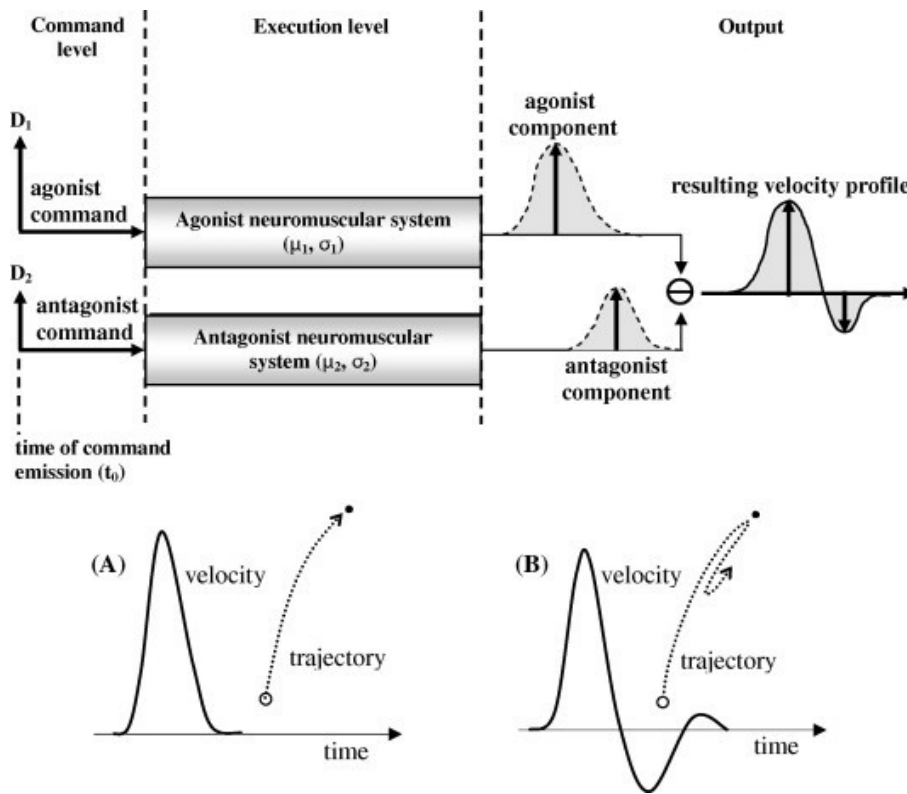


Figura 7. rappresentazione schematica di un sistema neuromuscolare agonista-antagonista coinvolto nella produzione di un profilo di velocità lognormale in reazione alla coppia di comandi  $D_1$  e  $D_2$  dati in ingresso in modo sincrono nell'istante  $t_0$ . Il sistema agonista agisce nella direzione del movimento desiderato, mentre l'antagonista agisce in verso opposto. In base alla forza relativa del comando  $D_i$  e alle tempistiche neuromuscolari ( $\mu_i, \sigma_i$ ) si ottengono le risposte sottostanti dovute al singolo comando (esempio A) o alla loro combinazione (esempio B) [53].

Dal punto di vista cinematico, la realizzazione di ogni singolo stroke avviene, dunque, controllando la velocità della punta della penna mediante l'attivazione sincronizzata delle due reti neuromuscolari per mezzo di due comandi,  $D_1$  e  $D_2$ , all'istante  $t_0$ .

Il modello funziona come un generatore di velocità ed il sistema nervoso centrale ne controlla modulo e direzione. Il sistema neuromuscolare reagisce ai comandi in ingresso  $D_1 U_o(t - t_0)$  e  $D_2 U_o(t - t_0)$  con una risposta impulsiva, uno stroke avente una certa velocità  $\vec{v}_i(t - t_0)$ , che può essere descritta da una funzione lognormale del tipo  $\lambda(t; t_0, \mu_i, \sigma_i^2)$ . Tramite tale funzione è possibile ricavare la velocità curvilinea istantanea della punta della penna, come somma vettoriale di tutti i singoli stroke realizzati fino all'istante  $t$  (Equazione 2).

Di seguito (Figura 8) è possibile vedere una simulazione di movimento a due stroke. Nel dominio dello spazio: le crocette mostrano il tratto che avrebbero gli

## 2 L'apprendimento della scrittura

### 2.5 Modello cinematico di Plamondon

stroke se considerati singolarmente; i puntini mostrano la traiettoria risultante dalla sovrapposizione temporale dei due movimenti. Nel dominio del tempo: i tratteggi mostrano i profili della velocità curvilinea e angolare (risposta lognormale) dei singoli stroke; la linea continua il profilo di velocità risultante.

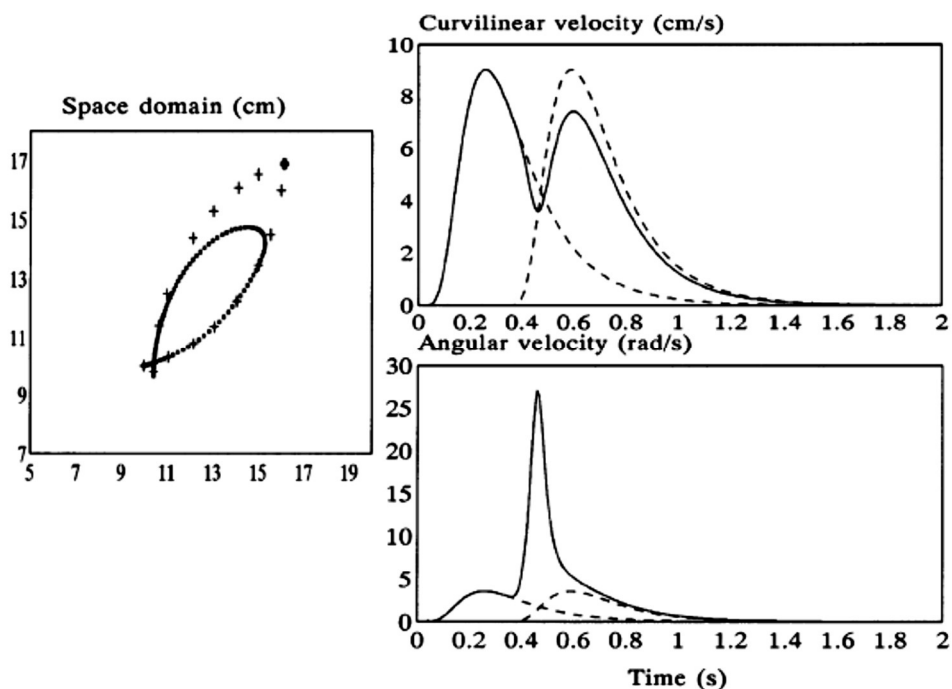


Figura 8. simulazione di movimento a due stroke: traiettoria generata, velocità curvilinea e angolare [51]

Dai tracciati risultanti si evince che il profilo di velocità angolare è strettamente correlato alla discontinuità angolare tra i due stroke, oltre che alla loro sovrapposizione temporale nel profilo della velocità curvilinea.

Trattandosi di movimento simulato, nei grafici delle velocità curvilinea e angolare, le curve teoriche relative ai due stroke (tratti tratteggiati) risultano essere uguali poiché la curvatura considerata è costante:

$$\text{Equazione 5} \quad C_{\theta i} = \frac{V_{\theta i}(t)}{V_i(t)}$$

l'Equazione 5 mostra la relazione che intercorre tra velocità angolare e curvilinea. Nel caso di movimenti complessi con più di due stroke, tale relazione diventa più complessa e la curvatura risultante sarà funzione del tempo, non necessariamente costante, lungo la traiettoria  $C_{\theta i}(t)$ .

Si può notare inoltre, che il massimo della velocità angolare coincide col minimo della velocità curvilinea. Tale relazione giustificerebbe lo sfasamento tra questi due segnali osservato nei movimenti reali [51].

## 3 Metodo Terzi

Dal capitolo precedente si può facilmente dedurre quanto le componenti visuo-percettive e di integrazione visuo-motoria siano importanti ai fini di una bella ed efficiente scrittura. Il metodo tradizionale di insegnamento prevede infatti un approccio visivo e, solitamente, statico nella didattica di costruzione delle lettere. L'insegnante richiede ai bambini di osservare le lettere dalla lavagna o dai libri, di ricordarle e di riprodurle sul proprio quaderno. I movimenti richiesti per una corretta costruzione della lettera possono essere assistiti da figure statiche: un puntino ad indicare il punto di inizio, frecce per guidare nella giusta direzione da seguire e una croce ad indicarne la fine; qualora la lettera dovesse contenere due o più parti separate e che quindi necessitasse di staccare la penna dal foglio, sono presenti anche numeri per indicarne l'ordine di esecuzione.

metodo  
tradizionale

Tuttavia, esistono metodi di insegnamento che non sono basati su di un approccio visivo. Tra questi, ha particolarmente attirato la nostra attenzione il metodo spazio-temporale Terzi [54]. Il metodo in questione fu ideato da Ida Terzi, insegnante specializzata in tiflogia<sup>9</sup>, che iniziò il suo percorso presso l'Istituto dei Ciechi di Reggio Emilia nel 1925. In quegli anni, sotto la spinta dell'imponente problema pedagogico di rendere autonomo il cammino dei suoi alunni, nasce la prima formulazione del metodo come rappresentazione del sistematico tentativo di trovare nuove vie compensative alla mancanza della vista. L'atto motorio fondamentale per l'organizzazione mentale dello spazio-tempo è, secondo Ida Terzi, la deambulazione: "Gli spostamenti del corpo nel mondo esterno determinati dall'attività degli arti inferiori non lasciano traccia nell'ambiente. Ma la mente ne conserva la memoria ed essi si prestano ad essere rappresentati nel loro andamento motorio". Ida Terzi prosegue il perfezionamento del metodo presso l'Istituto dei Ciechi e l'Istituto di Psichiatria dell'Università di Milano e, nel 1958, pubblica i primi risultati del suo lavoro [55]. Nel 1985 fonda l'A.I.R.M.T. (Associazione Italiana Ricerche Metodo Terzi-Monza-Brianza) che, per sua volontà, porterà avanti la ricerca sul Metodo.

metodo  
Terzi

Di seguito vedremo nel dettaglio le caratteristiche di questo metodo nella sua applicazione all'apprendimento della scrittura in corsivo, informazioni che ci

in questo  
capitolo

---

<sup>9</sup> Tiflogia: Studio delle condizioni e dei problemi dei ciechi, spec. in rapporto al loro inserimento nel mondo del lavoro.

### 3 Metodo Terzi

#### 3.1 Peculiarità nell'insegnamento della grafia

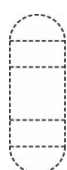
hanno permesso di comprendere l'apprendimento della scrittura ad un livello più profondo, favorendo così lo sviluppo degli strumenti di valutazione della scrittura più appropriati e la comprensione dei risultati ottenuti. I contenuti che seguono, integrati con i risultati illustrati nel Paragrafo 5.2 a titolo di validazione del metodo, sono stati raccolti in un libro di prossima pubblicazione con la Erickson (TN) dal titolo: "La scrittura in corsivo con il metodo Terzi. *Percorso per la costruzione delle immagini visuo-spaziali degli allografi in corsivo con il Metodo Terzi e la cinematica della grafia*" della Dott.ssa Iolanda Perrone, logopedista e docente senior del Metodo Terzi, in collaborazione con Luigia Bonelli, insegnante della scuola primaria, il Prof. Agostino Accardo e l'Ing. Pierluigi D'Antrassi.

#### 3.1 Peculiarità nell'insegnamento della grafia

Il Metodo di organizzazione spazio temporale di Ida Terzi, nella sua applicazione all'apprendimento della scrittura in corsivo, definisce l'essere umano come punto euclideo che, muovendosi nello spazio, costruisce linee rette, curve e rotazioni onde pervenire alla definizione formale dei simboli alfabetico grafici. Ida Terzi ha, infatti, individuato la possibilità di creare immagini mentali visuo-spaziali dei simboli alfabetico-grafici attraverso la loro costruzione deambulatoria e la loro rappresentazione visuo-motoria.

Per arrivare all'analisi geometrica di ogni simbolo alfabeto-grafico in corsivo studiò i modelli della scrittura Lamanna, utilizzati come materiale didattico nell'insegnamento della calligrafia, e individuò in essi lo schema geometrico ellittico entro il quale si inserivano tutte le lettere dell'alfabeto. Lo schema ellittico della scrittura Lamanna è una composizione armonica di linee rette e curve ed è costituito da (Figura 9):

- un corpo centrale quadrato;
- due prolungamenti del corpo centrale (uno verso il basso e uno verso l'alto) che lo raddoppiano in altezza;
- due ulteriori prolungamenti del corpo centrale (uno verso il basso e uno verso l'alto) che lo triplicano in altezza.



Prolungamento superiore							
Corpo centrale							
Prolungamento inferiore							

punto euclideo

simboli alfabetico-grafici

### 3 Metodo Terzi

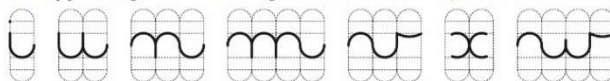
#### 3.1 Peculiarità nell'insegnamento della grafia

Figura 9. schema ellittico della scrittura Lamanna

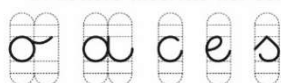
Di seguito, in Figura 10, viene mostrato il modello di classificazione dell'alfabeto in corsivo secondo il Metodo Terzi. Come si può osservare, le lettere sono classificate in famiglie che condividono i medesimi schemi geometrico-spaziali costitutivi e la loro collocazione nel rigo (corpo centrale, prolungamento superiore e/o inferiore).

classificazione delle lettere

A. Lettere che appartengono alla famiglia dei semicerchi, inserite nel corpo centrale



B. Lettere inscritte nel cerchio, inserite nel corpo centrale



C. Lettere inserite nel corpo centrale e prolungamento superiore o inferiore



D. Lettere con schema ad asola, inserite nel corpo centrale e prolungamento superiore e/o inferiore



E. Lettere costruite su rette parallele, inserite nel corpo centrale

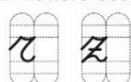


Figura 10. Raggruppamento dell'alfabeto in schemi ellittici secondo Ida Terzi

Ogni lettera, a differenza di altre classificazioni, è costituita da specifici elementi geometrici (vettori, rotazioni, cerchi, semicerchi) correttamente quantificati che partono da un preciso punto nello spazio, sono pianificati in una precisa sequenzialità spazio-temporale, con un punto di avvio e di conclusione nello spazio tale da permettere la corretta direzionalità della scrittura e un efficiente collegamento tra le lettere.

Lo stesso insegnamento delle lettere non segue un ordine alfabetico, in cui vengono mescolate forme e movimenti diversi, ma una presentazione che le accomuna per elementi geometrico-spaziali e per pattern esecutivo-motori. Ciò facilita l'apprendimento del corretto schema grafo-motorio e riduce i tempi della sua automatizzazione poiché ogni lettera di una famiglia si inserisce su uno schema simile già appreso.

ordine di insegnamento

L'insegnamento di ogni singola lettera prevede un processo operativo la cui finalità ultima è quella di perseguire la creazione di immagini mentali visuo-

dal visuo-motorio al visuo-spaziale



### 3 Metodo Terzi

#### 3.1 Peculiarità nell'insegnamento della grafia

spaziali di tutte le lettere dell'alfabeto in corsivo. Si giunge a ciò attraverso una tecnica applicata che induce il soggetto alla produzione di immagini mentali visuo-motorie che saranno tradotte successivamente in immagini visuo-spaziali. La modalità operativa si snoda attraverso le seguenti fasi:

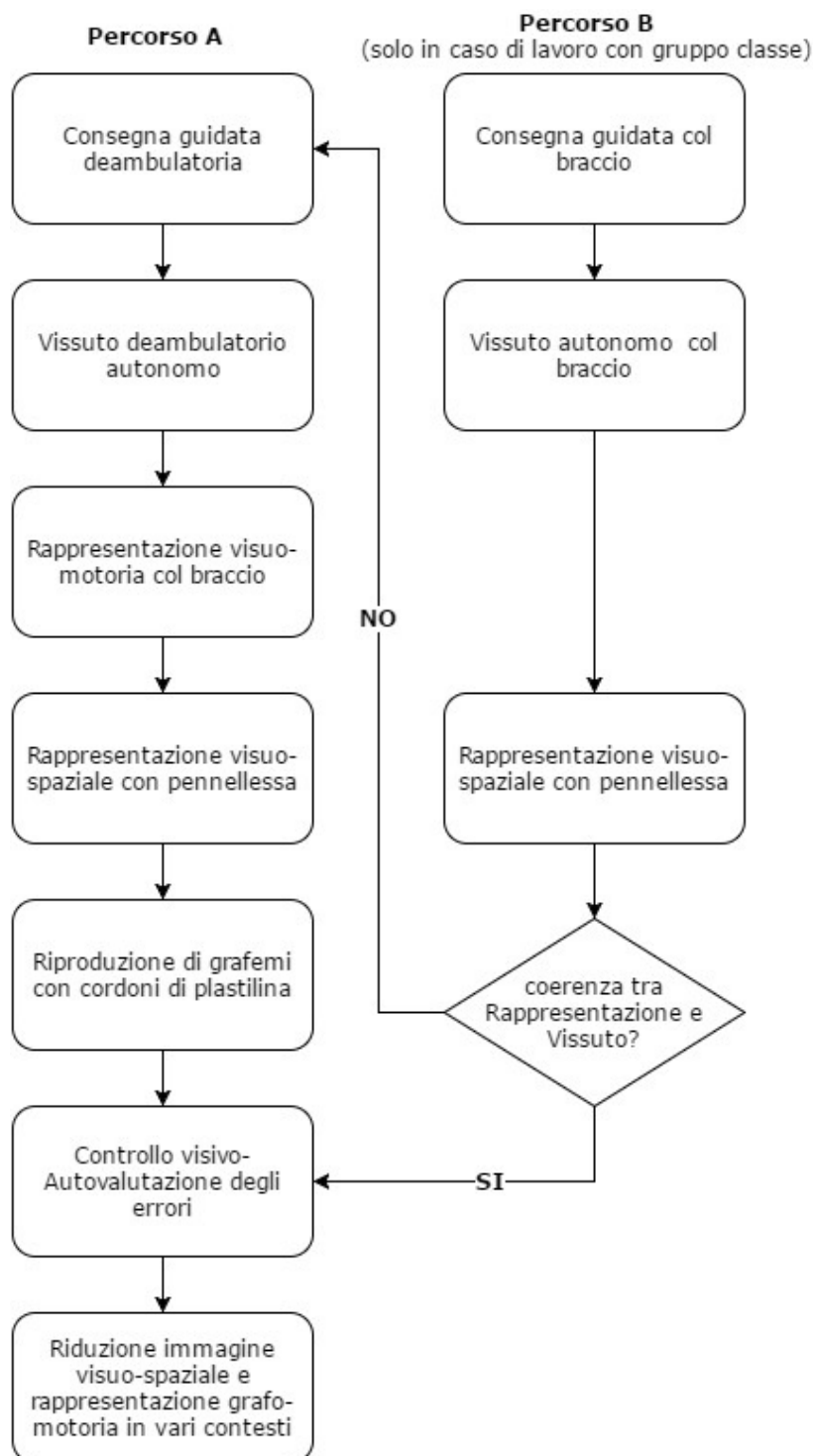


Figura 11. Diagramma di flusso delle fasi operative nella didattica con il Metodo Terzi

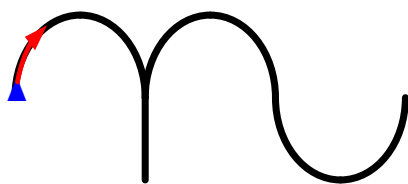
#### 3.1 Peculiarità nell'insegnamento della grafia

I due diversi percorsi, distinti nello schema delle fasi operative, mostrano come la tecnica operativa proposta (Percorso A) viene adattata nella sua applicazione nella didattica del gruppo classe (Percorso B). In questo caso, per l'insegnamento delle diverse famiglie di lettere, viene bypassata la consegna guidata motoria deambulatoria, preferendo una consegna guidata motoria, sempre individuale, ma effettuata su di una parete libera con solo gli arti superiori. Di seguito illustreremo meglio tutte le fasi del Percorso B:

Fase 1. CONSEGNA. Il bambino, ad occhi chiusi, viene guidato attraverso ampi e fluidi movimenti del braccio, del polso e della mano dominante nella successione ordinata degli elementi geometrici che costituiscono la forma della lettera (Figura 14a).

Fase 2. VISSUTO. Successivamente, segue la ripetizione rappresentativa di tutti i passaggi operativi con il movimento del braccio e la mano dominante sulla parete: il bambino, sempre ad occhi chiusi, riproduce la medesima forma sulla parete in modo autonomo (Figura 14b);

Fase 3. (opzionale) In caso di particolare difficoltà nello svolgimento della fase 2, l'insegnante guida nuovamente il bambino nella costruzione ad occhi chiusi della lettera usando la deambulazione: attraverso l'analisi geometrica spazio-temporale di ogni simbolo grafico e la sua costruzione deambulatoria camminando all'interno della stanza ad occhi chiusi (Figura 14a'), si porta il bambino ad acquisire i corretti schemi grafo-motori e ad organizzarli con corretti rapporti metrici nello spazio grafico (Figura 12).



1.  $\frac{1}{2}$  cerchio in senso orario
2. 3 passi avanti
3.  $\frac{1}{2}$  rotazione a sinistra
4. 3 passi avanti
5.  $\frac{1}{2}$  cerchio in senso orario
6. 1 passo avanti
7.  $\frac{1}{2}$  cerchio in senso antiorario

Figura 12. Esempio di consegna deambulatoria sequenziale

Fase 4. RAPPRESENTAZIONE. Segue la rappresentazione visuo-motoria su ampi fogli, prima ad occhi chiusi (Figura 14c) poi ad occhi aperti (Figura 14d). Il bambino può fare un controllo visivo, commenti ed eventuali rettifiche della rappresentazione visuo-spaziale del

#### 3.1 Peculiarità nell'insegnamento della grafia

grafema nella sua sintesi formale. Il confronto con l'immagine mentale visuo-motoria che l'ha generata permette al bambino di memorizzare al meglio lo schema grafo-motorio

Fase 5. Solo successivamente lo schema grafo-motorio delle lettere viene ridotto nelle dimensioni ed inserito in schemi ellittici (Figura 13) di dimensioni decrescenti, poi in quadretti di 0,5 cm ed infine nelle righe delle classi specifiche frequentate dai bambini.

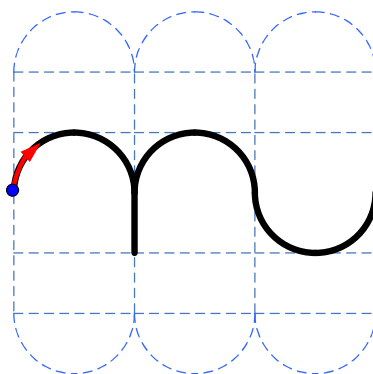


Figura 13. Esempio di scrittura in schemi ellittici

In ogni fase del processo, compreso la fase finale di rappresentazione visuo-spaziale del grafema, è possibile per il soggetto ricavare, dal magazzino allografico, la rappresentazione visuo-motoria della lettera, l'immagine mentale della dinamica costruttiva da cui recuperare il pattern esecutivo e quindi il corretto schema grafo-motorio. Dalla fase di rappresentazione visuo-spaziale è invece da sottolineare il fatto che è qui che il soggetto attiva i processi metacognitivi di valutazione delle proprie produzioni. Le produzioni "errate" non vengono cancellate ma vengono utilizzate per il processo di autovalutazione mediante "l'analisi dell'errore". Il soggetto si allena a valutare la tipologia di errori presenti (relazione tra spazio della lettera e schema ellittico (quadretto/riga, rapporti metrici tra le parti della lettera e tra le lettere, stabilità del calibro, fluttuazione sul rigo di base, etc.) e attiva processi di autocorrelazione sulle produzioni successive.

### 3 Metodo Terzi

#### 3.1 Peculiarità nell'insegnamento della grafia



Figura 14. Fasi del metodo di insegnamento terzi: a' e a) Consegna guidata deambulatoria e col braccio; b' e b) Vissuto autonomo deambulatorio e col braccio; c e d) Rappresentazione visuo-spaziale con pennellessa ad occhi chiusi Ø ed occhi aperti O; e) differenze tra performance ad occhi chiusi Ø ed occhi aperti O

#### 3.2 Modello teorico

Il Metodo di organizzazione spazio-temporale Terzi è un sistema di esercizi senso-motori che sviluppa la capacità di integrare le informazioni spazio-temporali che giungono al Sistema Nervoso Centrale dai canali percettivi (propriocettivo-motorio, cinestesico, vestibolare, tattile, uditivo e visivo). Potenzia la capacità di costruzione di corrette immagini mentali motorie (in 1° e 3° persona nelle fasi di "Vissuto" e "Rappresentazione") e visuo-spaziali nella fase di "Rappresentazione". Per le sue caratteristiche può essere qualificato come metodologia cognitivo-motoria, in cui le esperienze ricavate dal corpo in movimento e dalle sue relazioni con il mondo esterno giocano un ruolo essenziale per lo sviluppo della mente e degli apprendimenti, ovvero per lo sviluppo cognitivo.

metodologia  
cognitivo-motoria

Il modello teorico si basa su 3 fasi peculiari che caratterizzano tutto il processo di organizzazione spazio-temporale dei dati percettivi: Consegna-Vissuto-Rappresentazione che enfatizzano lo stretto legame tra Percezione-Azione-Cognizione. Il corpo col suo movimento e le interazioni del corpo con l'ambiente esterno, ordinate qualitativamente e quantitativamente, vengono utilizzate come dispositivi cognitivi da cui inizia l'attività mentale, essenzialmente legata al pensiero spaziale

Il modello teorico generale di riferimento del Metodo Terzi è *l'embodied cognition* (cognizione incarnata cioè radicata nel corpo). Secondo questo modello lo sviluppo cognitivo evolve a partire dalla percezione del proprio essere, parallelamente allo sviluppo delle funzioni motorie e al controllo delle stesse [56] [57]. L'azione anticipa la percezione [58], ed è talmente difficile distinguere i momenti tra percezione ed elaborazione che secondo alcuni autori non esistono momenti distinti tra stimolo, elaborazione centrale ed azione, né esistono rapporti gerarchici tra i sistemi [59]. Tuttavia, Il Metodo Terzi, attraverso le fasi del processo Consegna-Vissuto-Rappresentazione, permette di individuare e valutare sistematicamente il livello percettivo di elaborazione ed integrazione dei dati raggiunto dal soggetto. Ciò è possibile attraverso l'osservazione della rappresentazione visuo-motoria e visuo-spaziale che il soggetto stesso restituisce dopo ciascun Vissuto. L'immagine mentale visuo-spaziale costruita a partenza motoria e successivamente integrata al pensiero verbale è, in ultima analisi, la "cognizione incarnata". Anche autori come Borghi e Iachini [60], Rizzolatti e Sinigaglia [61], Gallese [62] sostengono che azione,

embodied  
cognition

percezione e cognizione divengono pertanto tre aspetti di un'unica funzione: interagire con l'ambiente e stimolare la "funzione integrata della mente". Lo sviluppo deve essere inteso, quindi, come capacità di tenere insieme i diversi sistemi percettivi e motori ed utilizzarli con flessibilità e coordinazione, per risolvere i quesiti funzionali con sempre maggiore specializzazione [63].

In sintesi, azione, percezione e cognizione sono presenti in ogni fase del processo di costruzione delle immagini mentali che si snoda attraverso le fasi di Consegna - Vissuto - Rappresentazione visuo-spaziale che equivalgono a un processo cognitivo completo (Figura 15).

fasi del  
processo  
cognitivo

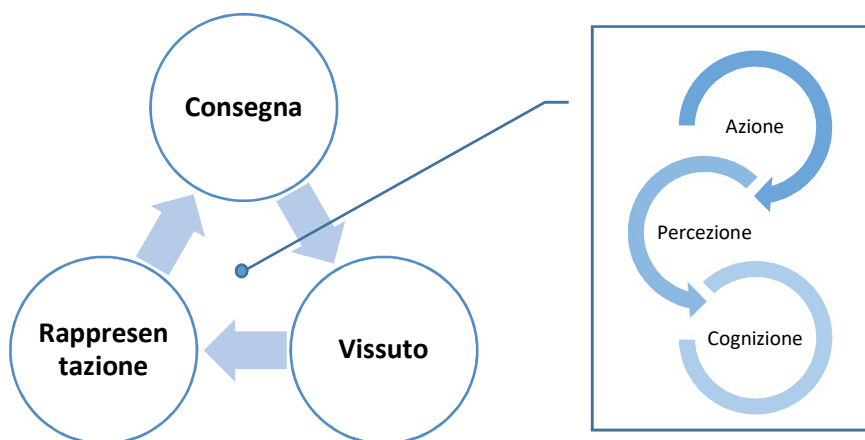


Figura 15. Schema modello teorico metodo spazio-temporale Terzi

Attraverso i passaggi tra le varie fasi il movimento, organizzato e pianificato in maniera ordinata nel tempo e nello spazio, diventa lo strumento per comprendere meglio il dato percettivo e favorire la formazione di corrette immagini mentali propriocettivo-motorie, visuo-motorie e visuo-spaziali. Le tre fasi del processo promuovono, infatti, l'integrazione multi-sensoriale dei dati cinestesico-motori, propriocettivi, vestibolari ed esterocettivi, prevalentemente di contatto, solo successivamente associati ai dati visivi e uditivi. L'integrazione toglie l'ambiguità percettiva e ci fornisce un senso integrato del corpo nello spazio [64, 65, 66, 67].

Secondo l'*embodied cognition* la cognizione è "incarnata" nel corpo, nasce e progredisce attraverso l'esperienza e la percezione del mondo circostante, mediante l'azione e le operazioni mentali su di esso [63]. Questa chiave di lettura della cognizione, è il punto di forza con cui il Metodo Terzi legge i modelli neuropsicologici di specifiche funzioni cognitive (es. organizzazione spaziale, scrittura, cognizione numerica, ...) e li reinterpreta alla luce delle fasi peculiari del suo processo di costruzione delle immagini mentali.

evoluzione  
della cognizione

### 3 Metodo Terzi

#### 3.3 Modello teorico nella scrittura manuale

##### 3.3 Modello teorico nella scrittura manuale

La scrittura a mano è un'abilità motoria complessa dove la persona prepara ed esegue movimenti specifici che si realizzano seguendo una precisa sequenzialità spazio-temporale. Sfruttando questa definizione in senso lato, Ida Terzi ha individuato la possibilità di creare immagini mentali visuo-spaziali dei simboli alfabetico-grafici attraverso la loro costruzione deambulatoria e la loro rappresentazione visuo-motoria. Tale costruzione e rappresentazione visuo-motoria risultano essere le basi su cui si fondano i movimenti specifici della mano nel compito "classico" della scrittura.

rappresentazione  
visuo-motoria

Ida Terzi nei suoi studi intuisce ed elabora anche una teoria dell'elaborazione cinematica del tratto grafico, teoria che collima con ciò che autori, quali van Galen e colleghi [68] [69], approfondiscono negli anni a venire per descrivere gli stadi finali del modello del processo di scrittura (Figura 3). Il soggetto, secondo Ida Terzi, con la costruzione geometrica deambulatoria, e quindi dinamica, dei simboli alfabetico grafici, è in grado di rappresentarsi mentalmente la loro corretta analisi cinematica; tale analisi viene poi trasferita di volta in volta, con la rappresentazione visuo-motoria, in analisi cinematica del tratto grafico. L'approccio alla grafia del metodo Terzi risulta per questo essere in linea con i più attuali modelli teorici sulla cognizione con la particolarità di affidare un ruolo determinante alla costruzione delle immagini mentali visuo-spaziali delle lettere, create attraverso l'organizzazione spazio-temporale con esclusione della vista nelle fasi cruciali del processo.

elaborazione  
cinematica

L'approccio del Metodo Terzi alla grafia ricade in particolare nei tre stadi coinvolti nell'esecuzione dei tratti di scrittura:

- ❖ selezione degli allografi
- ❖ controllo della dimensione
- ❖ aggiustamento muscolare

stadi di  
esecuzione  
del tratto grafico

Nel Terzi, l'allografo (immagine visuo-spaziale), creato e immagazzinato nella memoria motoria, è quello che scaturisce dall'immagine visuo-motoria della lettera scritta camminando in una successione quantificata e ordinata delle sue componenti fatte di linee rette, linee curve e rotazioni. Con il Metodo Terzi non si può pensare che sia possibile avere e immagazzinare una corretta immagine visuo-spaziale della lettera allo studio se non si è concretizzata l'immagine visuo-motoria della stessa lettera attraverso la rappresentazione del suo percorso costruttivo. Le lettere quindi sono costruite con modalità motoria, rappresentate

### 3 Metodo Terzi

#### 3.3 Modello teorico nella scrittura manuale

con modalità visuo-motoria ed infine riprodotte con modalità unicamente visuo-spaziale; le lettere studiate in tal modo rimangono nel soggetto come patrimonio indistruttibile. È un processo lungo, ma formativo e non informativo.

##### 3.3.1 Selezione degli allografi

Per allografo si intende l'immagine visuo-spaziale della lettera nei diversi tipi e stili. Per selezione dell'allografo si intende, di conseguenza, la scelta ed il recupero dalla memoria a lungo termine del programma motorio che specifica forma e pattern di esecuzione dell'allografo appropriato per ciascun grafema. Il processo operativo attraverso cui il Metodo Terzi opera in questa fase è finalizzato a creare le corrette immagini visuo-spaziali delle lettere in corsivo e dei numeri.

allografo  
e sua selezione

Attraverso la loro costruzione motoria (deambulatoria e/o con ampi movimenti del braccio) che utilizza gli elementi geometrici costitutivi dello spazio euclideo, linee rette, linee curve e rotazioni, quantificati e integrati nella giusta sequenza spazio-temporale, si genera una immagine visuo-motoria della lettera dove il punto di partenza e di arrivo dello schema geometrico inibiscono l'inversione o il ribaltamento della lettera allo studio. Il progetto pianificato motorialmente genera, attraverso la fase della rappresentazione motoria col braccio, un'immagine visuo-motoria della lettera, anche in assenza della vista. Questo è ciò che costituirà il nodo di immagazzinamento denominato *memoria motoria*.

Visuomotorio  
e  
Rappresentazione  
visuo-motoria  
ad occhi bendati

La successiva rappresentazione effettuata con pennellina su ampi fogli (di giornali quotidiani) permette di passare dalla rappresentazione visuo-motoria, presente in ogni fase rappresentativa, a quella visuo-spaziale. Sino ad ora la lettera era stata costruita e rappresentata con sintesi formale di tipo visuo-motorio, in cui l'analisi dei singoli elementi costruttivi erano determinanti e fortemente significativi.

Rappresentazione  
visuo-spaziale

Dopo la rappresentazione ad occhi bendati, la lettura visiva della lettera allo studio permette di rinforzare l'aspetto formale di sintesi e di riconoscerne il significato espressivo. Infatti, nel momento in cui apriamo gli occhi, l'immagine si definisce visivamente nello spazio, diventa un'immagine visuo-spaziale cognitivamente acquisita che porta ancora dentro di sé il costruito dello schema grafo-motorio che l'ha generata. Guardando la lettera, pur in assenza di movimento attivo costruttivo con la mano, riusciamo a immaginare il percorso

controllo  
visivo



### 3 Metodo Terzi

#### 3.3 Modello teorico nella scrittura manuale

fatto in precedenza col corpo e con la mano ed è possibile ripercorrerne in ordine sequenziale gli elementi. L'immagine visuo-spaziale della lettera può essere analizzata nei suoi pattern di esecuzione che ne determinano lo schema grafo-motorio.

Il metodo di insegnamento Terzi appena descritto, è quindi un processo che consente di memorizzare correttamente, ad occhi bendati, il pattern grafo-motorio della lettera e, attraverso un meccanismo di rievocazione motoria, ripristinando il canale visivo, attiva i movimenti che permettono la rappresentazione delle diverse forme grafemiche pianificate nella corretta sequenza spazio-temporale.

processo di apprendimento

##### 3.3.2 Controllo della dimensione

Il controllo della dimensione è lo stadio della parametrizzazione nel quale si stabilisce: la misura della singola lettera; l'inclinazione della scrittura; il livello di forza e velocità di esecuzione appropriati per adattare la prestazione allo specifico contesto. Attraverso i vari passaggi operativi col il Metodo Terzi il soggetto matura la capacità di parametrizzare le proprie produzioni adattandole al contesto specifico.

controllo della dimensione

Nelle varie fasi che vanno dal *Vissuto motorio* alla *Rappresentazione* il soggetto esercita fin da subito la capacità di:

capacità di parametrizzazione

- ❖ mantenere la corretta pianificazione del grafema nel passaggio tra i vari piani dello spazio (da quello orizzontale del pavimento a quello verticale della parete, per poi ritornare all'orizzontale nelle rappresentazioni grafiche e nelle riproduzioni dinamiche effettuate con i cordoni di plastilina<sup>10</sup>);
- ❖ riprodurre la lettera "in scala" mantenendo un rapporto di proporzionalità tra la grande superficie della lettera, costruita nello spazio del pavimento e/o della parete, e la stessa lettera ricostruita in spazi via via più ridotti (dagli schemi ellittici di decrescente grandezza, fino ai quadretti e alle righe della classe di appartenenza);
- ❖ mantenere stabili, all'interno del calibro della grafia utilizzata, i rapporti metrici proporzionali tra le parti della lettera e tra le lettere della parola, anche attraverso la possibilità di prenderne coscienza

<sup>10</sup> Nella didattica della scrittura è possibile far apprendere le dinamiche di costruzione delle lettere in corsivo, giocando e modellando un cordone di plastilina.

## 3 Metodo Terzi

---

### 3.3 Modello teorico nella scrittura manuale

attraverso il lavoro dinamico effettuato sulle lettere costruite con i cordoni di plastilina;

- ❖ mantenere alti i parametri di accuratezza delle produzioni fino alla loro automatizzazione;
- ❖ giungere a produzioni sempre più fluide e armoniche, curando il corretto collegamento tra le lettere, con una positiva ricaduta sulla velocità di esecuzione.

#### 3.3.3 Aggiustamento muscolare

Lo stadio conclusivo, precedente all'effettiva realizzazione del tratto grafico, è quello dell'aggiustamento muscolare al quale è affidato il reclutamento di un appropriato insieme di unità motorie (fibre muscolari) per lo svolgimento della sequenza motoria programmata e, dunque, per l'esecuzione della scrittura. Il Metodo Terzi interviene in questo ambito attraverso una serie di esercizi neuromuscolari finalizzati alla organizzazione ritmica del movimento e di conseguenza alla regolazione della tensione muscolare e all'ampiezza e alla precisione del movimento.

aggiustamento  
muscolare

È parte integrante del programma in questo ambito una serie di esercizi finalizzati a:

- migliorare la mobilità e la scioltezza delle dita, polso, braccio (mediante ampi movimenti svolti sulla parete e poi rappresentati con pennellata su ampi fogli);
- potenziare la consapevolezza e la precisione dei movimenti coinvolti nei processi esecutivi della scrittura a mano (movimenti di incisione, iscrizione e progressione delle dita, polso e spalla) mediante esercizi di modellatura con plastilina.

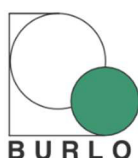
### 4 Strumenti di Analisi

Nel campo della valutazione dei metodi di apprendimento della scrittura la ricerca sia italiana che internazionale è piuttosto carente, in quanto non esiste una modalità d'analisi sistematica che permetta di verificare l'efficienza dei processi motori richiesti nella produzione della scrittura così come l'influenza di parametri soggettivi che potrebbero alterare le performance grafiche del soggetto a prescindere dal task da eseguire. Il Biomedical Instrumentation and Signal Processing Laboratory - BISP dell'Università degli studi di Trieste, in collaborazione con l'I.R.C.C.S. Burlo Garofolo, con l'Azienda ULSS7 di Pieve di Soligo (TV) e alcune scuole elementari della provincia di Milano e di Trieste, ha svolto diverse attività di ricerca attorno alla caratterizzazione e all'evoluzione della scrittura in corsivo dalle prime fasi dell'apprendimento in poi.

valutazione  
grafie

In questo capitolo vedremo nel dettaglio tutti gli strumenti utilizzati per la valutazione delle grafie: dal modello neuromotorio considerato per la realizzazione della scala di valutazione della qualità e del relativo protocollo di utilizzo, agli strumenti utilizzati per l'acquisizione digitale delle grafie e successiva elaborazione per l'estrazione dei parametri cinematici. Il protocollo di valutazione utilizza griglie di osservazione per la valutazione clinica degli aspetti grafo-motori e delle caratteristiche posturali coinvolte nell'attività di scrittura; si tratta di uno strumento derivato dall'analisi di una cospicua mole di dati teorici ed empirici presenti in letteratura e dall'esperienza maturata nella routine clinica di psicologi, logopedisti e neuropsicomotricisti. Il software di elaborazione cinematica si avvale per la raccolta di dati dell'uso di una tavoletta grafica, che rappresenta un ausilio nella definizione e nella diagnosi delle disgrafie in ambito clinico, nonché nella valutazione di metodi per il recupero del processo grafo-motorio. Entrambe le analisi, pur interessando due diversi ambiti della scrittura, forniscono un risultato comune utile alla valutazione di come si è sviluppato nel tempo la grafia nei soggetti e di risalire dunque all'efficacia del metodo di insegnamento applicato. Uno degli scopi principali del presente lavoro è stato quello di sviluppare nuovi strumenti per il miglioramento di entrambe le analisi.

in questo  
capitolo



4.1 Modello neuromotorio

Diversi modelli sono stati proposti per la modellizzazione della produzione grafemica. I primi consideravano solo abilità fonologiche [70] o visuali e grafo-motorie [71] [27] [72]; successivamente sono stati sviluppati modelli neurofisiologici più complessi che considerano la grafia come un flusso di informazioni originati dal processamento centrale e destinati alle componenti periferiche per l'esecuzione del movimento [73] [22] [74].

modellizzazione della grafia

Al fine di realizzare uno strumento che analizzasse le componenti effettrici della scrittura, per avere un diretto riscontro sulle componenti grafiche ed eventuali disgrafie, è stato utilizzato il modello della generazione della scrittura più diffuso, il modello a due vie (precedentemente discusso nel paragrafo 2.1), integrandolo con quello spazio-temporale di Ida Terzi:

modello considerato

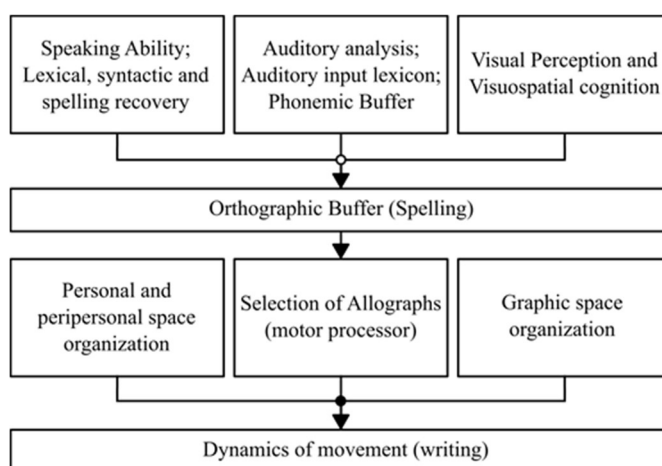


Figura 16. Modello neuro-motorio della generazione della scrittura manuale.

La Figura 16 presenta il modello neuro-motorio della generazione della scrittura manuale, ossia l'insieme dei meccanismi che sono impiegati nel grafismo, da noi considerato. A prescindere dall'origine del testo da scrivere (dettato, copiatura, tema), il bambino parte dalla rappresentazione ortografica di ogni singola parola che verrà bufferizzata lettera per lettera [75] [76].

componente ortografica

Con il buffer ortografico si considera conclusa la parte più strettamente cognitiva e ortografica (spelling) ed inizia quella motoria [22]. Questa fase inizia recuperando dal sistema allografico l'immagine visuo-spaziale delle lettere che porta in sé l'immagine visuo-motoria, cioè la rappresentazione del suo percorso costruttivo con la pianificazione dello schema grafo-motorio e dei pattern grafo-

componente motoria

### 4.1 Modello neuromotorio

motori necessari ad attuare la realizzazione della forma richiesta delle lettere. Lo step finale riguarda la dinamica del movimento come risultato del processamento del pattern grafo-motorio, i vincoli spazio-temporali (es. velocità e dimensione della modalità scrittura, scrivere all'interno delle righe senza superare i margini laterali e senza collidere con le altre lettere, punto di inizio e fine delle lettere), e la regolazione muscolare in relazione a postura e impugnatura [74].

Ai fini del nostro studio, si è focalizzata l'attenzione sull'ultima parte del modello, in particolare su: organizzazione degli spazi personale e peri-personale, selezione dell'allografo e organizzazione dello spazio grafico per quanto riguarda la valutazione qualitativa della scrittura: dinamica del movimento nella grafia per quanto riguarda la valutazione cinematica della stessa.

qualità e  
cinematica

La parte del modello che ha permesso la valutazione qualitativa della scrittura verrà descritta nel paragrafo 4.2 dove, per la realizzazione della scala valutativa, si entrerà nel dettaglio delle diverse aree del modello neuromotorio considerato (Figura 16). Ogni area può essere infatti essere scomposta in sottoaree caratterizzate da diversi parametri che influenzano la qualità della scrittura sotto diversi aspetti.

valutazione  
qualitativa

L'osservazione della struttura temporale della scrittura corsiva [77] e di movimenti liberi e pseudo-casuali dell'arto superiore nello spazio tri-dimensionale [78] hanno suggerito che un piano motorio complesso viene trattato dal sistema nervoso come una sequenza di movimenti elementari o "stroke", identificati da opportuni target intermedi (via-point), e raccordati tra loro mediante sovrapposizione temporale. Questo concetto ha permesso di fondare le basi per lo sviluppo delle successive teorie cinematiche per la descrizione della dinamica del movimento.

dinamica del  
movimento

Tra i vari modelli e approcci computazionali presenti in letteratura, è stato scelto di approfondire la teoria cinematica di Plamondon (illustrata paragrafo 2.5) che risulta essere la migliore per la riproduzione delle variabili coinvolte nella generazione di uno stroke. Essa permette di descrivere formalmente i movimenti semplici e può essere utilizzata per analizzare i movimenti rapidi umani descrivendo la sinergia, nel sistema neuromuscolare, dei muscoli agonisti ed antagonisti [79].

teoria cinematica  
di Plamondon

## 4 Strumenti di Analisi

### 4.2 Scala di valutazione qualitativa della scrittura

#### 4.2 Scala di valutazione qualitativa della scrittura

Partendo dal modello del paragrafo 4.1, per la valutazione della "bella grafia", parallelamente alla valutazione cinematica, il nostro gruppo di ricerca, in collaborazione con la dott.ssa Perrone, ha definito la tabella seguente:

dal modello  
alla scala

Tabella 1. Scala di valutazione per l'analisi qualitativa della scrittura

Area Modello	Sotto-area	Parametro/deficit/criterio	CAHPa	
A <sub>1</sub> . Organizzazione spazi personale e peri-personale	S <sub>1</sub> . Postura	E <sub>1</sub> . Postura inefficiente	0.03	
	S <sub>2</sub> . Impugnatura	E <sub>2</sub> . Impugnatura inefficiente	0.04	
A <sub>2</sub> . Organizzazione dello spazio grafico	S <sub>3</sub> . Spazio grafico del foglio	E <sub>3</sub> . Variabilità allineamento sinistro	0.02	
		E <sub>4</sub> . Margine destro non rispettato	0.02	
		E <sub>5</sub> . Spazi irregolari tra righe	0.03	
	S <sub>4</sub> . Spazio grafico della riga	E <sub>6</sub> . Spazi irregolare tra parole	0.03	
		E <sub>7</sub> . Collisione tra lettere	0.12	
		E <sub>8</sub> . Fluttuazioni sulla riga	0.05	
		E <sub>9</sub> . Variazione massima di calibro	0.05	
		E <sub>10</sub> . Dimensione errata della lettera	0.08	
		S <sub>5</sub> . Recupero allografico	E <sub>11</sub> . Confusione tra lettere simili visuo-spazialmente	0.10
			E <sub>12</sub> . Confusione sul tipo di carattere	0.07
A <sub>3</sub> . Selezione degli allografi	S <sub>6</sub> . Percorsi grafo-motori	E <sub>13</sub> . Errato schema grafo-motorio	0.12	
		E <sub>14</sub> . Dismetrie nell'esecuzione della traiettoria delle lettere	0.08	
		E <sub>15</sub> . Inesatta legatura tra lettere	0.09	
		E <sub>16</sub> . Autocorrezioni e ritoccatore grafemi tracciati	0.07	

<sup>a</sup> coefficienti Analytic Hierarchy Process (AHP)

Ogni area del modello (A<sub>n</sub>) è stata suddivisa in sotto aree (S<sub>p</sub>) e caratterizzata da diversi parametri (E<sub>p</sub>) che rappresentano i vari aspetti che influenzano la qualità della scrittura. Ogni E<sub>p</sub> è stato definito come il numero di errori per lo specifico parametro ed il loro insieme rappresenta il criterio per la valutazione della qualità. Questa gerarchia nella scala di valutazione permette l'identificazione, in caso di problemi nella scrittura, dello specifico deficit (vedi paragrafo 2.4) correlato all'area del modello neuro-motorio i quali parametri hanno fatto registrare il numero maggiore di errori.

gerarchia

In questo approccio, il numero di errori di ogni criterio (E<sub>p</sub>) produce un punteggio normalizzato ( $\hat{E}_p$ ) calcolato dal rapporto tra E<sub>p</sub> e il numero massimo di errori possibili per quel preciso criterio (E<sub>p max</sub>):

punteggio  
errori  
normalizzato

## 4 Strumenti di Analisi

### 4.2 Scala di valutazione qualitativa della scrittura

$$\text{Equazione 6} \quad \hat{E}_p = E_p / E_{p\max} .$$

Per cui, il punteggio normalizzato assumerà un valore adimensionale compreso tra 0 (nessun errore) e 1 (massimo numero di errori commessi). Per esempio: il parametro  $\hat{E}_4$  (*margini destro non rispettato*) rappresenta il rapporto tra il numero di righe scritte il quale margine destro viene superato o il ritorno a capo sulla nuova riga è prematuro ed il numero totale di righe; similmente, il parametro  $\hat{E}_{11}$  (*confusione tra lettere simili visuo-spazialmente*) è il rapporto tra il numero di lettere confuse ed il numero totale di lettere.

Solo due dei 16 parametri nella scala di valutazione non sono valutati contando gli errori riscontrati dall'analisi visiva dell'elaborato cartaceo del bambino. I parametri  $E_1$  (postura inefficiente) e  $E_2$  (impugnatura inefficiente), infatti, sono calcolati mediante la compilazione di una checklist sulla base di foto dettagliate scattate ai bambini nel momento dell'acquisizione delle grafie (Figura 17). Le checklist hanno lo scopo di valutare la corretta posizione in relazione a quanto riportato in letteratura per quanto riguarda testa, collo, busto e piedi [80], polso e braccio [81], mani scrivente e non scrivente [82] [83], dita [84] durante il processo di scrittura. Nel caso specifico della nostra ricerca, tutti i partecipanti allo studio sono stati fotografati per permettere la valutazione della posizione di tutti questi elementi.  $\hat{E}_1$  e  $\hat{E}_2$  sono uguali al numero di elementi che risultano essere differenti dalla migliore postura, normalizzata dal numero di elementi valutati per la specifica sottoarea (vedi Allegato 9.1 e 9.2).

checklist  
postura e  
impugnatura



Figura 17. Esempio di foto per valutazione postura e impugnatura

### 4.3 Protocollo per valutazione qualitativa

I coefficienti (CAHP<sub>p</sub>) che appaiono nell'ultima colonna della Tabella 1 sono ottenuti attraverso la tecnica di supporto alle decisioni multi criterio Analytic Hierarchy Process (AHP) [85]. I pesi relativi ad ogni parametro della scala di valutazione sono stati determinati attraverso l'analisi delle preferenze espresse da un gruppo eterogeneo di insegnanti, ingegneri, logopedisti, psicomotricisti e esperti in scienze utilizzando il metodo del confronto a coppie. In particolare, è stato chiesto agli esperti di decidere quanto il parametro E<sub>1</sub> influenzi la qualità della scrittura rispetto il parametro E<sub>2</sub>, poi rispetto E<sub>3</sub> e così via. Ripetendo il confronto a coppie per tutti i parametri si è ottenuta una matrice per ogni valutatore e, assumendo che ogni esperto ha la stessa importanza associato ad ogni criterio, basterà fare la media geometrica tra le matrici di tutti i valutatori per ottenere un'unica matrice di sintesi. Quest'ultima matrice sarà l'input per la determinazione dei pesi globali, e quindi della scala di priorità, attraverso l'AHP SuperDecision software [86].

coefficienti  
AHP

Infine, per poter fornire un indice generale per la valutazione della bontà della grafia, è stato calcolato il punteggio totale di errore, Total Error Score (TES). Per lo scritto che si vuole valutare, il TES sarà uguale alla somma dei punteggi normalizzati ( $\hat{E}_p$ ) pesati con i coefficienti AHP (CAHP<sub>p</sub>) moltiplicati per 100 (WE<sub>p</sub>):

Total  
Error  
Score

$$\text{Equazione 7} \quad WE_p = \hat{E}_p \cdot C_{AHPp} \cdot 100 .$$

$$\text{Equazione 8} \quad TES = \sum_{p=1}^{16} WE_p .$$

Poiché l'analisi visiva dell'elaborato scritto è una procedura estremamente soggettiva, al fine di garantire l'oggettività della misura, si richiede una valutazione della qualità da parte di più esperti. Questi dovranno essere adeguatamente formati sul protocollo da seguire con esempi pratici sull'analisi della scrittura. Al termine della valutazione da parte di ogni valutatore, il punteggio di ogni parametro dovrà essere mediato tra i valutatori e la deviazione standard relativa dovrà essere usata come misura della *inter-rater variability*.

variabilità tra  
valutatori

### 4.3 Protocollo per valutazione qualitativa

La scala di valutazione, opportunamente costruita e pesata, permette un'analisi obiettiva della qualità delle grafie pur sfruttando un approccio manuale, approccio tipicamente affetto da una grande soggettività del valutatore. Al fine di favorire una certa uniformità nella valutazione, tutti gli esperti coinvolti in



### 4.3 Protocollo per valutazione qualitativa

questo processo vengono istruiti su quello che è il protocollo, correlato da opportuni esempi, per la corretta discriminazione delle varie tipologie di errore.

Gli elementi relativi all'organizzazione dello spazio personale e peri-personale  $A_1$ , postura  $E_1$  e impugnatura  $E_2$ , come visto nel precedente paragrafo, sono stimati attraverso opportune checklist (Allegato 9.1 e 9.2) basate sull'osservazione del soggetto fotografato durante la fase di acquisizione della scrittura (Figura 17).

Per quanto riguarda l'organizzazione dello spazio grafico  $A_2$ , una buona parte di errori può essere conteggiata attraverso un'opportuna maschera da sovrapporre al foglio sul quale è presente la scrittura da valutare.

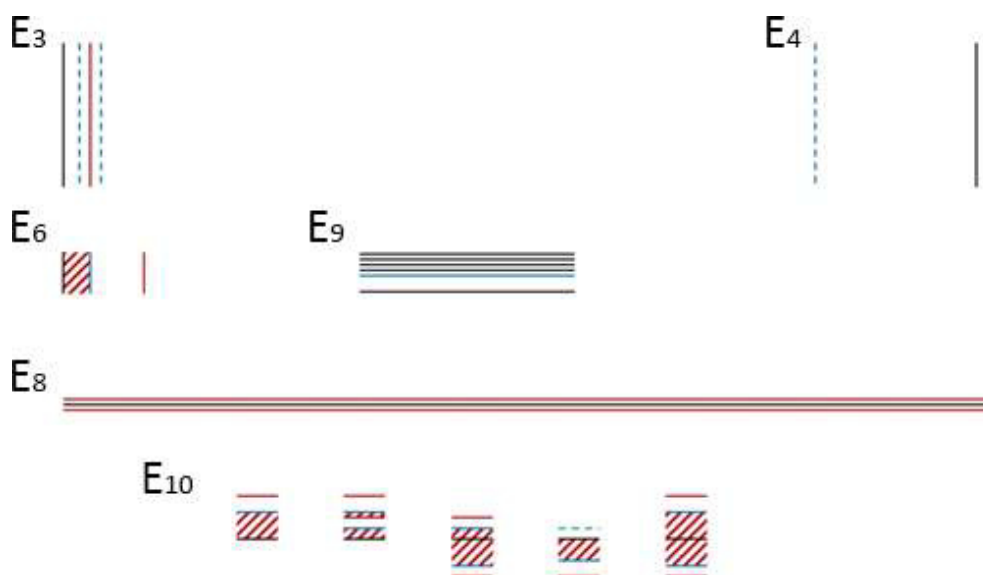


Figura 18. Maschera utilizzata per il conteggio di alcune tipologie di errore dello spazio grafico del foglio e della riga.

$E_3$ , variabilità dell'allineamento sinistro: posizionare la linea nera in corrispondenza del margine sinistro; è sempre errore quando c'è la fuoriuscita dal margine (linea nera); per il primo rigo, è errore quando rientra più di 5 mm dal margine (il testo deve iniziare tra la linea nera e quella rossa); per le righe successive, spostare la linea rossa in corrispondenza dell'inizio del primo rigo e contare l'errore se il testo inizia oltre una tolleranza di  $\pm 2$  mm dalla posizione iniziale del primo rigo (il testo deve rientrare tra le linee tratteggiate).

$E_4$ , margine destro non rispettato: posizionare la linea nera in corrispondenza del margine destro; è sempre errore quando c'è la fuoriuscita  $\geq 0.3$  cm dal margine destro (testo oltre la linea rossa); errore quando l'andata a capo viene

## 4 Strumenti di Analisi

---

### 4.3 Protocollo per valutazione qualitativa

fatta con uno spazio residuo a disposizione  $\geq 3$  cm (ritorno a capo prima della riga tratteggiata).

E<sub>5</sub>, spazi irregolari tra righe: errore se il testo salta righe, si posiziona in punti errati o non rispetta le indicazioni di organizzazione spaziale date dall'insegnante/terapista durante la consegna.

Per la normalizzazione degli elementi dello spazio grafico del foglio S<sub>3</sub> visti finora, il software di elaborazione dividerà il numero degli errori per il numero totale di righe.

E<sub>6</sub>, spazi irregolari tra parole: posizionare la linea nera in corrispondenza della fine di ogni parola; contare errore se la distanza è troppo piccola, inferiore a 5mm (errore se ricade nella zona rossa), o eccessiva, maggiore o uguale a 15 mm (oltre la linea rossa). Parametro che verrà normalizzato con il numero totale di spazi tra le parole ( $\#parole-1$ ).

E<sub>7</sub>, collisione tra lettere: contare errore quando due lettere successive collassano o si sovrappongono.

E<sub>8</sub>, fluttuazioni sulla riga: posizionare la linea nera in corrispondenza della riga; contare come errore il numero delle lettere che si discostano più di 1 mm dalla riga di base, al di sopra o al di sotto (le lettere devono rientrare tra le linee rosse).

I parametri E<sub>7</sub> e E<sub>8</sub> verranno normalizzati con il numero totale di lettere eseguite.

E<sub>9</sub>, variazione massima di calibro: si consideri la lettera avente il corpo centrale più grande, se ne misura l'altezza del corpo centrale e si sottrae l'altezza di riferimento (5mm per la classe seconda e 3mm dalla terza classe in poi). Si ripeta il procedimento con il corpo centrale della lettera più piccola. Tra i due valori ottenuti, se ne considera il più grande in valore assoluto; valore successivamente da normalizzare rispetto l'altezza di riferimento del corpo centrale (5mm per la classe seconda e 3mm dalla terza classe in poi).

E<sub>10</sub>, dimensione errata della lettera: valuta quando le parti della lettera non hanno una misura corretta rispetto ai riferimenti esterni (righe e margini) o in proporzione al corpo centrale della lettera. Per il calcolo normalizzato di tale parametro si considera il rapporto tra il numero di lettere di dimensione errata e il numero totale di lettere eseguite. Nella valutazione della proporzione delle lettere, si utilizza la maschera di Figura 18 per misurare le altezze delle singole

## 4 Strumenti di Analisi

### 4.3 Protocollo per valutazione qualitativa

parti in modo assoluto, senza fare riferimento ai margini per includere erroneamente i casi di fluttuazione:

Tabella 2. Schema per valutazione item E<sub>10</sub>

In 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> elementare	
<b>lettere medie</b>	sempre errore quando l'altezza totale della lettera è minore di 4mm o maggiore di 5mm
<b>lettere ascendenti senza corpo centrale (l, t)</b>	sempre errore quando l'altezza totale è minore di 9mm o superiore di 12mm
<b>lettere ascendenti o discendenti con corpo centrale (b, h, d, q, p, g)</b>	sempre errore quando il corpo centrale è minore di 4 mm e/o la parte ascendente/discendente è minore di 5 mm o quando il corpo centrale è maggiore di 5 mm e/o la parte ascendente/discendente è maggiore di 7 mm
<b>Lettera f</b>	sempre errore quando la parte superiore è minore di 9 mm e/o la parte discendente è minore di 5 mm o quando la parte superiore è maggiore di 12 mm e/o la parte discendente è maggiore di 7 mm
In 3 <sup>a</sup> elementare	
<b>lettere medie</b>	sempre errore quando l'altezza totale della lettera è minore di 2 mm o maggiore di 3 mm
<b>lettere ascendenti senza corpo centrale (l, t)</b>	sempre errore quando l'altezza totale della lettera è minore di 8 mm o maggiore di 10 mm
<b>lettere ascendenti o discendenti con corpo centrale (b, h, d, q, p, g)</b>	sempre errore quando il corpo centrale è minore di 2 mm e/o la parte ascendente/discendente è minore di 5 mm o quando il corpo centrale è maggiore di 3 mm e/o la parte ascendente/discendente è maggiore di 8mm
<b>Lettera f</b>	sempre errore quando la parte superiore è minore di 8 mm e/o la parte discendente è minore di 5 mm o quando la parte superiore è maggiore di 10 mm e/o la parte discendente è maggiore di 8 mm
Dalla 4 <sup>a</sup> elementare in poi	
<b>lettere medie</b>	sempre errore quando l'altezza totale della lettera è minore di 2 mm o maggiore di 4 mm
<b>lettere ascendenti senza corpo centrale (l, t)</b>	sempre errore quando l'altezza totale della lettera è minore di 5 mm o maggiore di 8 mm
<b>lettere ascendenti o discendenti con corpo centrale (b, h, d, q, p, g)</b>	sempre errore quando il corpo centrale è minore di 2 mm e/o la parte ascendente/discendente è minore di 5 mm o quando il corpo centrale è maggiore di 4 mm e/o la parte ascendente/discendente è maggiore di 8mm. Quando il corpo centrale è = 2 mm, la parte discendente può essere ≥4 mm
<b>Lettera f</b>	sempre errore quando la parte superiore è minore di 5 mm e/o la parte discendente è minore di 5 mm o quando la parte superiore è maggiore di 8 mm e/o la parte discendente è maggiore di 7 mm

L'ultima area del modello neuromotorio riguarda la selezione degli allografi A<sub>3</sub> che può essere a sua volta suddivisa nel recupero allografico S<sub>5</sub> e nella selezione dei pattern grafo-motori necessari alla loro esecuzione S<sub>6</sub>. S<sub>5</sub>

### 4.4 Strumenti di acquisizione grafie

comprende due parametri, entrambi normalizzati rispetto il numero totale delle lettere eseguite:

E<sub>11</sub>, confusione tra lettere simili da un punto di vista visuo-spaziale: contare le lettere confuse rispetto quelle che si sarebbero dovute eseguire.

E<sub>12</sub>, confusione sul tipo di carattere (maiuscolo/minuscolo e/o stampato/corsivo): conteggio del numero di lettere aventi un tipo di carattere diverso da quello richiesto del compito.

La sottoarea S<sub>6</sub> considera invece i seguenti quattro parametri:

E<sub>13</sub>, schema grafo-motorio errato: valuta il punto di avvio, la sequenza dei tratti e la direzionalità della lettera, qualora questa sia una lettera di fine parola se ne considera anche il punto di uscita, altrimenti si rientra nel criterio E<sub>15</sub>. Anche eventuali parti mancanti (es. tratti finali -gambette- delle "n" o "i" o della "m", puntino della "i", trattino orizzontale della "t" o della "z") o aggiunte inusuali allo schema grafico della lettera rientrano nella valutazione di questo parametro che viene sempre normalizzato rispetto al numero totale delle lettere eseguite.

E<sub>14</sub>, dismetrie nell'esecuzione delle traiettorie della lettera: si considera imperfetta l'esecuzione della traiettoria del movimento quando la chiusura delle punte o delle asole superiori e/o inferiori risulta eccessiva o mancante, oppure quando le gambette delle lettere sono slegate dal corpo centrale. Il parametro normalizzato considera il rapporto tra il numero di lettere che presentano tali tipi di errori ed il numero totale di lettere eseguite.

E<sub>15</sub>, inesatta legatura tra le lettere: contare il numero di giunzioni errate o tratti che nella giunzione si sovrappongono in modo imperfetto (tratti "doppi") o giunzioni mancanti. Tale conteggio è da normalizzare rispetto al numero di giunzioni totali (numero di lettere meno il numero di parole).

E<sub>16</sub>, autocorrezioni e ritoccatore del grafema tracciato: si considera errore quando si ripassa sul segno già tracciato per modificarlo/correggerlo, errori da normalizzare rispetto il numero totale di lettere eseguite.

#### 4.4 Strumenti di acquisizione grafie

Storicamente nella valutazione delle grafie, venivano utilizzati complessi e primitivi sistemi per la registrazione della traccia scritta nel tempo e delle articolazioni dell'arto superiore [87] o foto e videoregistrazioni [88] [89].

Oggi è possibile ricorrere a tecnologie più evolute e precise che permettono di rilevare digitalmente un gran numero di parametri come la pressione,

## 4 Strumenti di Analisi

### 4.4 Strumenti di acquisizione grafie

l'inclinazione in decimi di grado, la posizione e l'istante esatti del tocco con la punta della penna. Nel nostro caso si sono utilizzate le tavolette grafiche della Wacom, in particolare i modelli Intuos2 e Intuos3, aventi un'area attiva di dimensioni maggiori di un A4 e le seguenti caratteristiche:

Tabella 3. Specifiche dei modelli di tavoletta grafica utilizzati

Wacom tablet	Risoluzione spaziale	Risoluzione temporale	Sensibilità di pressione	Accuratezza
Intuos2	2540 lpi / 1000 lpcm	10 ms	1024 livelli	< 0.008 in /
Intuos3	5080 lpi / 2000 lpcm	5 ms		0.2 mm

lpi: lines per inch, linee per pollice (1 inch=25,4 mm)

La tecnologia sviluppata da Wacom si basa sulla risonanza elettromagnetica. Il dispositivo di acquisizione (Figura 19) è costituito da una penna passiva, priva di batterie o cavi di collegamento, che riflette le onde elettromagnetiche inviate per un controllo continuo da una tavoletta attiva. La tavoletta, connessa al PC tramite porta USB, è composta da una griglia di fili, disposti sotto la superficie rigida di scrittura, che passa da uno stato di trasmissione a uno di ricezione ogni 5ms o 10ms a seconda della frequenza di campionamento (200Hz per la Intuos3, 100Hz per la Intuos2). Tale variazione induce un'oscillazione nel circuito magnetico risonante posto nelle vicinanze della punta della penna fornendo energia al dispositivo. Un chip posto all'interno della penna fornisce indicazioni relative alla pressione e all'inclinazione della penna, informazioni che vengono inviate al modulatore che si occupa della trasmissione alla tavoletta. Quest'ultima determina la posizione della punta della penna ed invia tutti i dati al computer. Essendo sprovvisto di vincoli e batterie, il dispositivo risulta avere lo stesso peso di una penna normale, di circa quaranta grammi.

Al fine di riprodurre il normale contesto penna/foglio e non alterare quindi la dinamica dello scrivere, sul supporto digitale è stato posto un foglio con varie rigature a seconda della classe seguita dal bambino ed è stata utilizzata una penna ad inchiostro (Intuos Ink Pen) capace di dare un feedback "analogico" parallelamente all'acquisizione digitale (Figura 20).

4.4 Strumenti di acquisizione grafie

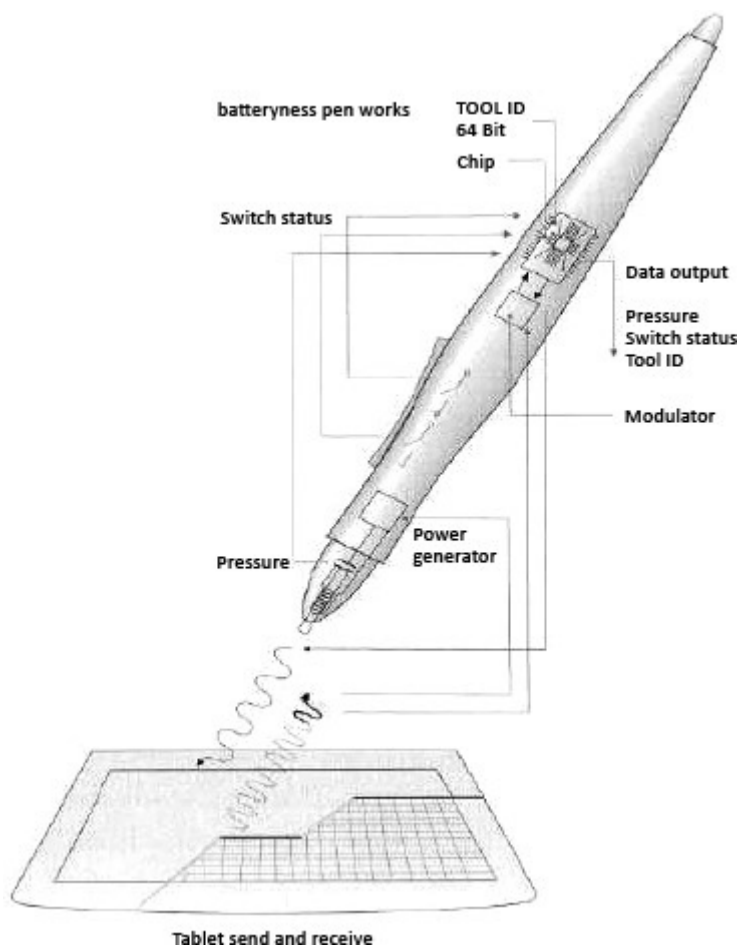


Figura 19. Schema a blocchi di funzionamento della tavoletta grafica

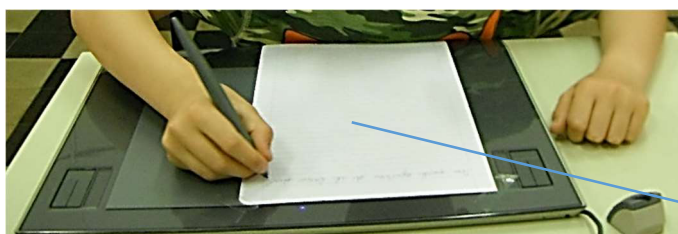
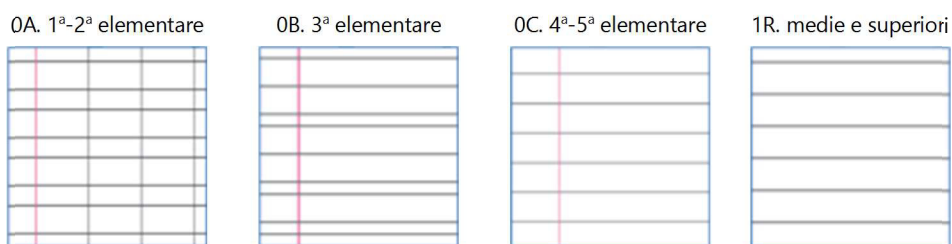


Figura 20. Sistema di acquisizione con dettaglio rigature foglio utilizzato per diverse classi

#### 4.5 Software di elaborazione

Per l'acquisizione delle informazioni è stato utilizzato un programma, Sypress, tratto dal S.D.K. (Software Development Kit) realizzato da LCS/Telegraphics [90] e ottimizzato in studi precedenti dal Laboratorio di Strumentazione Biomedica del Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'informazione. Svolte le operazioni d'acquisizione dei dati, l'adattamento di questi ultimi alle fasi successive avviene innanzitutto effettuandone la conversione del formato in cui vengono memorizzati dal software di acquisizione (formato dedicato \*.asl) in un formato gestibile in ambiente Matlab® (\*.m).

La fase di elaborazione spetta ad un altro software del nostro Laboratorio che permette di identificare sull'intera traccia scritta (frasi o parole), sulle componenti e stroke che la compongono, una serie di informazioni utili alla loro caratterizzazione statica e cinematica:

Tabella 4. parametri cinematici calcolati per ogni acquisizione

Parametro	Unità di misura	Intera traccia	Componenti	Stroke
Durata	s	✓		
Durata media±DS	ms		✓	✓
Velocità curvilinea e rispetto gli assi X e Y	mm/s			
✓ media±DS		✓	✓	✓
✓ di picco			✓	✓
Accelerazione curvilinea e rispetto gli assi X e Y	mm/s <sup>2</sup>			
✓ media±DS		✓	✓	✓
✓ di picco			✓	✓
Pressione media±DS	0-1023	✓	✓	
Altitudine media±DS	°	✓		
Azimuth medio e DS	°	✓		
Curvatura oraria (negativa) e antioraria (positiva)	[-5, +5]			✓
Distanza lungo la curva (lunghezza curvilinea)	cm	✓		
Lunghezza curvilinea media±DS	mm		✓	✓
Lunghezza orizzontale media±DS	mm		✓	✓
Lunghezza verticale media±DS	mm		✓	✓
Durata totale staccate	s	✓		
Durata media±DS staccata	ms	✓		
Durata media±DS ritorno a capo	s	✓		

La velocità e l'accelerazione lungo gli assi X e Y sono ricavate derivando rispettivamente una e due volte il profilo di posizione lungo gli assi X e Y, tra

campioni successivi. Da queste è stata valutata la velocità curvilinea considerando l'interpolazione dello spostamento complessivo lungo la curva:

$$\text{Equazione 9} \quad V_c = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

I segnali di velocità sono quindi filtrati con un filtro passa-basso di Butterworth del secondo ordine, con frequenza di taglio uguale a 10 Hz, per eliminare le componenti in alta frequenza che non appartengono al segnale utile.

I livelli di pressione sono dettati dalla precisione della tavoletta grafica utilizzata e verranno visualizzati come gradazioni di colore del tratto acquisito per una più rapida identificazione.

L'altitudine e l'azimut rappresentano gli angoli, espressi in gradi, che la penna forma rispetto alla tavoletta secondo un sistema di riferimento sferico centrato nel punto di contatto della penna. Per convenzione lo zero dell'altitudine corrisponde col piano del foglio ed il valore massimo (90°) con la posizione verticale della penna, mentre lo zero dell'azimuth è posto al centro della parte superiore del foglio e l'angolo cresce spostandosi in senso orario.

Ricordando che le componenti costituiscono l'insieme dei tratti, costituiti a loro volta da uno o più stroke successivi, delimitati dal punto di appoggio e dal punto di distacco della penna dal foglio, è possibile individuarle analizzando i campioni e raggruppandoli in insiemi i quali punti abbiano una distanza temporale inferiore a 30 ms. Superato tale valore tra un campione e l'altro infatti, viene rilevata una nuova staccata e, quindi, l'inizio di una nuova componente. È pari invece a 180 ms il limite per l'identificazione dei ritorni a capo. Se due componenti successive distano per meno di 1 mm lungo l'asse X o 1.2 mm lungo l'asse Y tra i punti di fine componente ed inizio della successiva oppure il tempo di staccata individuato tra componenti risulta inferiore ai 180 ms, è possibile considerarle come appartenenti alla stessa parola o lettera in esame.

Per quanto riguarda gli stroke, l'unità fondamentale della scrittura, mediante la cui sovrapposizione, secondo una precisa sequenza temporale, viene realizzato il tracciato grafico, questi vengono identificati analizzando il profilo della velocità curvilinea: come suggerito dalla teoria sul profilo a campana della velocità, gli stroke possono essere identificati come i tratti delimitati da due punti di minimo della velocità curvilinea [91].



## **4 Strumenti di Analisi**

---

### **4.5 Software di elaborazione**

Infine, oltre al numero di parole, componenti, di stroke, di staccate e ritorni capo, vengono calcolati i rapporti tra essi come  $\frac{\#componenti}{\#lettere}$  e  $\frac{\#stroke}{\#lettere}$  per individuare il grado di segmentazione della scrittura.

## 5 Apprendimento del corsivo

Da questo capitolo si inizieranno a descrivere i diversi studi che sono stati affrontati attorno al tema principale della grafia. Basandosi sugli approfondimenti in campo di apprendimento ed insegnamento della scrittura, descritti nei capitoli precedenti, si è potuto infatti studiare e comprendere meglio le diverse componenti implicate nel processo neuromotorio della scrittura a mano.

Gli studi che saranno qui di seguito descritti riguarderanno lo sviluppo di un sistema per la valutazione obiettiva della qualità del corsivo ed al successivo studio di comparazione tra due metodi di insegnamento. Analizzando cinematica e qualità degli scritti, è stato possibile valutare l'apprendimento della stessa sia quando il processo motorio viene già considerato del tutto acquisito che nel corso della scolarizzazione.

in questo capitolo

### 5.1 Analisi oggettiva della qualità

La valutazione qualitativa della grafia si basa su check-list e scale di valutazione riguardanti aspetti posturali e di prensione della penna, osservati durante l'esecuzione dell'esercizio, e leggibilità del prodotto scritto, stimati attraverso un'analisi visiva a posteriori [92]. La qualità della grafia non è semplice da valutare in quanto il valutatore deve tenere in considerazione sia la sequenza grafo-motoria di ogni grafema che la sua distribuzione nello spazio. Inoltre, errori o inesattezze nella scrittura potrebbero essere attribuiti sia a difficoltà psicologiche che ad importanti disordini della scrittura. La discriminazione tra ritardi nell'apprendimento e disgrafia può essere risolta attraverso la valutazione di abilità di base quali l'organizzazione degli spazi personale ed extra-personale [93]. Strumenti recenti permettono questa distinzione, come il test per la valutazione di difficoltà grafo-motorie e posturali DGM-P [36], confrontando il livello di performance grafemico dei bambini segnalati come aventi una scrittura lenta e illeggibile con le performance tipiche dei loro coetanei. Malgrado l'utilizzo di questi strumenti, attualmente la valutazione resta puramente soggettiva, basata solo su evidenze empiriche ed esperienza soggettiva del valutatore.

valutazione qualitativa della grafia

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.1 Analisi oggettiva della qualità

L'approccio proposto in questo studio è basato sia sulle scale di valutazione validate più comunemente utilizzate in letteratura [94] che sulle griglie di osservazione usate nella pratica clinica da logopedisti [95] [96] e, al fine di fornire una misura più obiettiva possibile, integrato con metodi di confronto a coppie per pesare opportunamente i vari parametri coinvolti nella qualità della grafia. Lo studio dei modelli ha portato alla costruzione del modello neuromotorio, visto nel paragrafo 4.1, sul quale è stata basata la scala di valutazione, anch'essa illustrata precedentemente nel paragrafo 4.2. I punteggi ottenuti attraverso questa scala sono normalizzati rispetto il numero massimo di errori che è possibile commettere per ogni specifica voce, questo permette di distinguersi dai vecchi processi di valutazione che mantengono un conteggio degli errori di tipo assoluto. Altro tratto distintivo di questo approccio è la presenza di pesi associati ad ogni parametro della scala di valutazione in relazione all'importanza che questo avrebbe sulla qualità della scrittura. La somma pesata dei parametri normalizzati ha permesso di ottenere, per ogni grafia valutata, un punteggio totale di errore (Total Error Score, TES) che, in modo oggettivo, permette di valutare la qualità della grafia in esame.

nuovo  
approccio

Al fine di validare il nuovo approccio, è stata eseguita una prima applicazione per il confronto dei metodi di insegnamento tradizionale e Terzi. In particolare, sono stati considerati due gruppi di 18 studenti ciascuno provenienti dalla scuola elementare "Don Milani" di Cernusco sul Naviglio, che segue il metodo di Ida Terzi (gruppo etichettato con CE) e la scuola elementare di Pioltello che segue invece il metodo tradizionale (gruppo di controllo, PI). Le acquisizioni sono state eseguite alla fine della seconda elementare, primo anno durante il quale vengono fornite le istruzioni per la scrittura in corsivo, sui soli bambini di madre lingua italiana, destrimani e senza disfunzioni motorie o cognitive.

partecipanti

A tutti i partecipanti è stato chiesto di scrivere in corsivo la frase "*in pochi giorni il bruco diventò una bellissima farfalla che svolazzava sui prati in cerca di margherite e qualche quadrifoglio*"; frase caratterizzata dal fatto di contenere tutte le lettere dell'alfabeto italiano, diverse regole fonologiche, collegamenti tra lettere difficoltosi (b-r, v-e, c-h, q-u, g-l, g-h) e pattern grafo-motori ripetitivi (s-s, z-z, l-l). La frase, presentata in stampatello maiuscolo, è stata fatta prima leggere ad alta voce, per assicurare la comprensione della consegna, e poi fatta scrivere sia in modalità quanto più accurata possibile (Test A) che veloce (F).

test

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.1 Analisi oggettiva della qualità

Per la valutazione dell'influenza del metodo di insegnamento sulla qualità della scrittura, per entrambi i gruppi (PI e CE) ed in ogni test (A e F), sono stati calcolati media e deviazione standard del punteggio di errore totale (TES), delle sotto-aree del modello e dei singoli parametri che le costituiscono (Tabella 1) su tutti i soggetti appartenenti alla stessa classe. Per ogni test, le differenze tra le classi sono state valutate attraverso il test non parametrico di Wilcoxon per campioni indipendenti [97] e, al fine di determinare i parametri più rappresentativi è stata utilizzata la regression stepwise con forward selection [98]. Infine, per valutare eventuali differenze tra la classe di controllo PI e la classe sperimentale CE, è stata effettuata un'analisi PCA sui parametri normalizzati (Z-score) selezionati dalla stepwise regression (le variabili sono state considerate statisticamente significative per  $p\text{-value}<0.05$ ). I risultati dell'analisi PCA sono stati discussi in termini di punteggi delle componenti principali e mostrati sotto forma di loading plot, in cui le variabili originali sono incluse in un nuovo sistema avente le prime due componenti principali come assi.

analisi  
dati

Una differenza significativa ( $p<0.0001$ ) è stata notata già tra i TES dei due gruppi:  $0.08\pm 0.02$  per la classe di Cernusco e  $0.14\pm 0.03$  per quella di Pioltello. Per comprendere in cosa consista tale differenza, è possibile analizzare nel dettaglio le singole sotto aree del modello neuromotorio considerato (Figura 16). La Tabella 5 mostra che, per il test A, il gruppo di controllo PI fa registrare per tutte le sotto aree del modello un punteggio di errore maggiore rispetto CE.

risultati

Tabella 5. Valore medio punteggio di errore calcolato per sotto-aree, test A (\*:  $p<0.005$ )

sotto-area	punteggio errore		
	Max	PI	CE
S1. Postura	0,031	0,007	0,004
S2. Impugnatura	0,038	0,025	0,023
S3. Spazio grafico del foglio	0,067	0,007*	0,002
S4. Spazio grafico della riga	0,328	0,053*	0,031
S5. Recupero allografico	0,169	0,001	0,001
S6. Percorsi grafo-motorii	0,366	0,052*	0,023

Dalla

## **5 Apprendimento del corsivo**

---

### **5.1 Analisi oggettiva della qualità**

Tabella 6 alla Tabella 8 vengono mostrati in dettaglio i criteri caratterizzanti le sotto aree del modello, illustrate in Tabella 5, che hanno mostrato una differenza significativa maggiore ( $p\text{-value} < 0.005$ ) tra i due gruppi.

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.1 Analisi oggettiva della qualità

Tabella 6. Valore medio punteggio di errore calcolato per i parametri dello spazio grafico del foglio, test A (\*:  $p < 0.005$ )

Parametri dello spazio grafico del foglio	punteggio errore		
	Max	PI	CE
E3. Variabilità allineamento sinistro	0,020	0,001	0,001
E4. Margine destro non rispettato	0,019	0,006*	0,002
E5. Spazi irregolari tra righe	0,028	0,000	0,000

Per quanto riguarda l'area "Spazio grafico del foglio" (

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.1 Analisi oggettiva della qualità

Tabella 6), le differenze sono significative solo nel criterio riguardante il superamento del margine destro del foglio.

Tabella 7. Valore medio punteggio di errore calcolato per i parametri "Spazio grafico della riga", test A (\*:  $p < 0.005$ )

Parametri "Spazio grafico della riga"	punteggio errore		
	Max	PI	CE
E6. Spazi irregolare tra parole	0,032	0,005	0,002
E7. Collisione tra lettere	0,122	0,001	0,000
E8. Fluttuazioni sulla riga	0,052	0,003	0,001
E9. Variazione massima di calibro	0,047	0,021*	0,016
E10. Dimensione errata della lettera	0,075	0,023*	0,012

Le differenze significative nell'area "Spazio grafico della riga" (Tabella 7) sono correlate alla massima variazione di calibro alla dimensione errata delle lettere.

Tabella 8. Valore medio punteggio di errore calcolato per i parametri "Percorsi grafo-motori", test A (\*:  $p < 0.005$ )

Parametri "Percorsi grafo-motori"	punteggio errore		
	Max	PI	CE
E13. Errato schema grafo-motorio	0,118	0,022*	0,007
E14. Dismetrie nell'esecuzione della traiettoria delle lettere	0,085	0,013*	0,007
E15. Inesatta legatura tra lettere	0,092	0,016*	0,008
E16. Autocorrezioni e ritoccatore grafemi tracciati	0,071	0,002	0,002

Per l'area "Percorsi grafo-motori" (Tabella 8) tre parametri su quattro sono significativamente maggiori nel gruppo di controllo PI, rispetto quello sperimentale CE.

La Figura 21 mostra, per il test A, i pesi delle variabili calcolate in ognuna delle due classi rispetto alle prime due componenti della PCA effettuata considerando prima tutti i parametri qualitativi e successivamente considerando solo quelli selezionati dalla stepwise regression: la postura inefficiente, il margine destro non rispettato, la dimensione errata della lettera, confusione tra lettere simili visuo-spazialmente, schemi grafo-motori errati e dismetrie nell'esecuzione della traiettoria delle lettere.

## 5.1 Analisi oggettiva della qualità

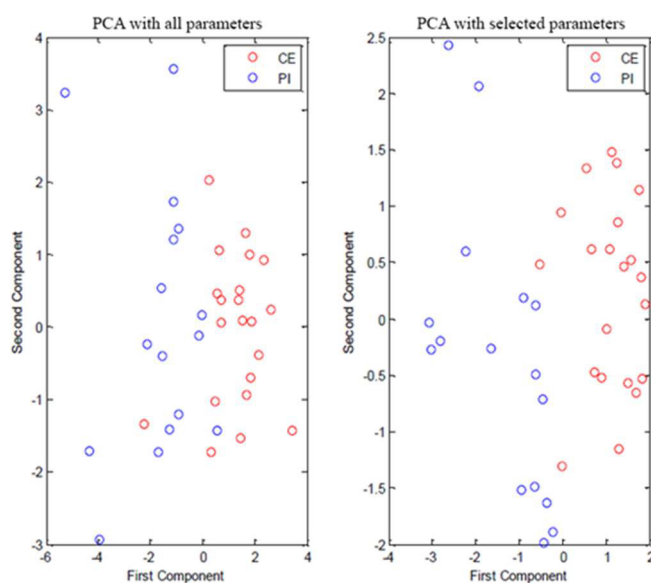


Figura 21. Loading Plot per il test A.

Le percentuali di varianza totale spiegata dalle prime due componenti principali sono del 37%, considerando tutti i parametri, e del 57% considerando i parametri maggiormente significativi. In entrambi i casi i loading plot mostrano una distinzione abbastanza chiara tra i due gruppi considerati.

Risultati analoghi sono stati registrati nel caso del test V.

In entrambi i test, il gruppo di Cernusco registra migliori risultati in termini di qualità del prodotto scritto rispetto il gruppo di controllo di Pioltello. Studi precedenti [99] hanno mostrato che, da un punto di vista cinematico, l'insegnamento attraverso il metodo Terzi porta ad assumere una scrittura più fluida, con movimenti continui e brevi intervalli di staccata dal foglio, pur richiedendo tempi maggiori di scrittura. Questi risultati cinematici aiutano a comprendere meglio come gli studenti del metodo Terzi producano meno errori di quelli del metodo tradizionale. Inoltre, le differenze maggiormente significative sono state registrate per le sotto aree del modello neuromotorio caratterizzanti il metodo spazio-temporale: i migliori risultati riguardanti lo spazio grafico del foglio, della riga ed i percorsi grafo-motori, infatti, rispecchiano la maggiore focalizzazione sul miglioramento dell'organizzazione dello spazio personale, peri-personale e extra-personale.

Il nuovo approccio descritto può essere usato nella valutazione del metodo di insegnamento della scrittura corsiva ed aiutare ad evidenziare i possibili problemi sui quali è necessario porre maggiore attenzione ed intervenire prontamente per prevenire l'insorgenza della disgrafia.

discussioni

conclusioni



## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Il lavoro è stato presentato in occasione della 16esima Nordic-Baltic Conference on Biological Engineering and Medical Physics, tenutasi a Göteborg (Svezia) dal 14 al 16 Ottobre 2014 [i].

#### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Ai fini della prevenzione per un possibile sviluppo dei problemi di disgrafia, risulta essere fondamentale dare agli studenti, sin dai primi anni della scuola elementare, le opportune istruzioni per migliorare l'accuratezza e la fluency della scrittura [100]. È quindi importante identificare il metodo di insegnamento più appropriato per raggiungere tale scopo. Sfortunatamente, non esiste un metodo di insegnamento univoco per l'insegnamento della scrittura in tutte le scuole e non esistono studi obiettivi sulla validazione di questi metodi in termini di prevenzione della disgrafia.

In letteratura sono stati proposti diversi metodi per l'analisi cinematica delle grafie acquisite mediante tavoletta digitale [101] [102] ma nessuno di questi include anche una valutazione oggettiva delle caratteristiche qualitative.

Si è ritenuto dunque necessario avviare un primo studio per la valutazione obiettiva, in termini qualitativi e cinematici, di due metodi di insegnamento del corsivo: il metodo Terzi ed il metodo tradizionale, entrambi illustrati a pagina 28.

Per il presente studio sono state coinvolte due classi di 20 studenti ciascuno, di cui 7 maschi e 13 femmine, seguiti nel loro intero percorso di apprendimento del corsivo: dalle prime istruzioni in seconda elementare all'ultimo anno di insegnamento, in quinta elementare, quando si suppone si siano apprese e consolidate le competenze nella scrittura corsiva. Tutti i bambini erano di madre lingua italiana, appartenenti alla stessa area con stato socioeconomico medio e senza problemi cognitivi, di disgrafia o altri disturbi motori. Ogni gruppo considerato rappresenta una stessa classe che ha seguito un metodo di insegnamento ben preciso: il gruppo CE rappresenta una classe della scuola elementare "Don Milani" di Cernusco sul Naviglio (MI) che ha seguito il metodo di Ida Terzi (vedi Capitolo 2.5); il gruppo PI rappresenta una classe della scuola elementare di Pioltello (MI) che ha invece seguito il metodo di insegnamento del corsivo classico.

Per ogni acquisizione, tutti i partecipanti allo studio hanno provveduto a svolgere un esercizio di scrittura in corsivo strettamente dipendente dalle

partecipanti

test

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

competenze linguistiche e non soggetto a limiti temporali. Il test in questione richiede di scrivere la frase illustrata nel paragrafo 5.1, secondo le medesime modalità. I dati che verranno di seguito analizzati saranno quindi relativi alla frase scritta in modo quanto più accurato possibile (Test A) e più velocemente possibile (Test F).

Ai fini della valutazione delle differenze tra i due diversi metodi di insegnamento, per ogni test sono stati calcolati i parametri cinematici e qualitativi.

Per la quantificazione delle performance correlate al movimento della mano scrivente è stato utilizzato un algoritmo proprietario MATLAB sviluppato da studi precedenti del nostro gruppo [11] al quale ingresso sono stati inviati i dati acquisiti digitalmente per mezzo della tavoletta grafica. Questo programma ha permesso di eseguire l'analisi cinematica della scrittura basandosi sui suoi elementi fondamentali: le componenti e gli stroke [103]. Le prime identificate come la traccia scritta tra due staccate della penna consecutive; i secondi identificati come i segmenti compresi tra due punti di minimo della velocità curvilinea, come suggerito dalla teoria del profilo di velocità a campana [91]. Su questi elementi, per fornire le informazioni inerenti il livello di automazione e fluidità raggiunta dal bambino nella scrittura, sono stati calcolati ed analizzati per ogni test una serie di parametri cinematici e statici [104]. In particolare per componenti, stroke e la traccia scritta considerata per intero sono stati calcolati: durata, lunghezza, media e valore di picco delle velocità verticale, orizzontale e curvilinea. Sono stati inoltre calcolati la durata delle staccate ed il numero di stroke, lettere e componenti.

Per l'analisi qualitativa della scrittura è invece stato utilizzato un approccio di tipo manuale che consisteva nell'analisi visiva del prodotto cartaceo seguendo la scala di valutazione precedentemente descritta nel paragrafo 4.3. A tale scopo è stato istituito, ed adeguatamente formato al protocollo, un gruppo di valutazione composto da due insegnanti, due ingegneri, due logopedisti, tre psicologhe e un pedagogista. I risultati descritti nei sottoparagrafi successivi si riferiranno alla media delle valutazioni ottenute all'interno del gruppo.

Per entrambi i parametri qualitativi e cinematici, la significatività delle differenze tra le scuole di Pioltello e Cernusco sono state valutate per mezzo del Wilcoxon test per campioni indipendenti, mentre quello per campioni dipendenti per eseguire lo studio delle differenze tra i vari anni di ognuno dei due gruppi.

analisi  
dati

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Per identificare i parametri maggiormente significativi ( $p < 0.05$ ), è stata invece utilizzata la regressione stepwise progressiva (forward selection). Infine, per meglio apprezzare le differenze tra i due metodi di insegnamento, l'analisi delle componenti principali (PCA) è stata utilizzata sui parametri qualitativi e cinematici normalizzati (Z-score) considerati prima nel loro insieme e poi solo nel loro sottogruppo più significativo.

#### 5.2.1 Seconda elementare

Tabella 9. Media  $\pm$  1SD dei parametri cinematici della traccia scritta calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in seconda elementare

intera traccia  
2<sup>a</sup> elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
<b>Durata Test (s)</b>	238.6 $\pm$ 63.7	236.8 $\pm$ 49.5	n.s.	206.5 $\pm$ 60	195.2 $\pm$ 40.3	n.s.
<b>Lunghezza intero scritto (cm)</b>	264.4 $\pm$ 22.7	253.7 $\pm$ 30	n.s.	282 $\pm$ 25.2	249.8 $\pm$ 34.9	<b>&lt;0.008</b>
<b>Velocità media Curvilinea (mm/s)</b>	16.6 $\pm$ 3.4	19 $\pm$ 4.7	n.s.	21.2 $\pm$ 4.4	22.7 $\pm$ 4.7	n.s.
<b>Velocità media Orizzontale (mm/s)</b>	7.8 $\pm$ 1.7	9.7 $\pm$ 2.7	<b>&lt;0.03</b>	10.3 $\pm$ 2.2	11.5 $\pm$ 2.4	n.s.
<b>Velocità media Verticale (mm/s)</b>	12.5 $\pm$ 2.7	13.7 $\pm$ 3.5	n.s.	15.8 $\pm$ 3.5	16.4 $\pm$ 3.6	n.s.
<b>Intera durata staccata (s)</b>	72.5 $\pm$ 25.5	98.7 $\pm$ 29.7	<b>&lt;0.008</b>	66.4 $\pm$ 20.7	82.4 $\pm$ 24.5	<b>&lt;0.04</b>
<b>#Componenti</b>	56.8 $\pm$ 12.4	118.9 $\pm$ 25.1	<b>&lt;0.0001</b>	59.2 $\pm$ 13.9	120.4 $\pm$ 27.2	<b>&lt;0.0001</b>
<b>#Strokes</b>	914 $\pm$ 297	829.6 $\pm$ 185.1	n.s.	785 $\pm$ 278.5	695.2 $\pm$ 145.6	n.s.
<b>Durata media staccata (ms)</b>	1190.1 $\pm$ 373.4	757 $\pm$ 216.2	<b>&lt;0.0001</b>	1061.2 $\pm$ 373.8	625.1 $\pm$ 141.9	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Durata media ritorno a capo (s)</b>	2.9 $\pm$ 1.3	3.2 $\pm$ 1.3	n.s.	2.5 $\pm$ 1.1	2.4 $\pm$ 0.8	n.s.
<b>#Componenti/#Lettere</b>	0.5 $\pm$ 0.1	1.1 $\pm$ 0.2	<b>&lt;0.0001</b>	0.6 $\pm$ 0.1	1.1 $\pm$ 0.3	<b>&lt;0.0001</b>
<b>#Strokes/#Lettere</b>	8.6 $\pm$ 2.8	7.8 $\pm$ 1.7	n.s.	7.4 $\pm$ 2.6	6.6 $\pm$ 1.3	n.s.
<b>#Lettere</b>	106.6 $\pm$ 2.1	106.1 $\pm$ 3	n.s.	106.7 $\pm$ 1.5	105.5 $\pm$ 4.4	n.s.

n.s. – non significativo

Analizzando medie e deviazione standard dei parametri cinematici registrati su tutto il tracciato (Tabella 9), notiamo che entrambi i gruppi, in entrambi i test, realizzano il compito nel medesimo tempo. Le velocità di esecuzione sono simili, ad eccezione di una maggiore velocità di trascinamento nella modalità accurata da parte di Pioltello, così come la segmentazione del movimento (numero analogo di stroke e stesso rapporto stroke per lettera). È possibile apprezzare delle differenze nei tempi delle staccate: Cernusco esegue staccate più lunghe rispetto Pioltello ma, complessivamente, resta meno tempo con la penna alzata dal foglio. Questo è spiegato da un numero doppio di staccate da parte di Pioltello, il quale gruppo impiega più di una Componente per lettera, a differenza di Cernusco che riesce a legare in un'unica componente almeno due lettere.

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

La lunghezza del tratto risulta essere minore per il gruppo di Pioltello ma in modo significativo solo per il test veloce. Questo può essere spiegato osservando il comportamento medio nelle componenti nella Tabella 10.

Tabella 10. Media  $\pm$  1SD dei parametri cinematici delle Componenti calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in seconda elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata media (s)	3 $\pm$ 1	1.2 $\pm$ 0.4	<0.0001	2.5 $\pm$ 1.1	1 $\pm$ 0.4	<0.0001
Lunghezza media (mm)	48.3 $\pm$ 9.6	23.5 $\pm$ 12.8	<0.0001	49.7 $\pm$ 10.5	22.7 $\pm$ 11.4	<0.0001
Velocità media Curvilinea (mm/s)	15.2 $\pm$ 3.2	20.2 $\pm$ 3.9	<0.0005	19.9 $\pm$ 4.5	24.2 $\pm$ 3.6	<0.003
Velocità media Orizzontale (mm/s)	8.3 $\pm$ 1.8	11.3 $\pm$ 2.3	<0.0005	11.1 $\pm$ 2.7	13.7 $\pm$ 2.2	<0.006
Velocità media Verticale (mm/s)	10 $\pm$ 2.5	13.6 $\pm$ 2.9	<0.0006	13.1 $\pm$ 3.2	16.1 $\pm$ 2.6	<0.005
Velocità media di picco Curvilinea (mm/s)	39.4 $\pm$ 8.2	42.2 $\pm$ 8.5	n.s.	50.3 $\pm$ 11	49.1 $\pm$ 7.8	n.s.
Velocità media di picco Orizzontale (mm/s)	26.9 $\pm$ 4.7	30.4 $\pm$ 6.3	n.s.	34.2 $\pm$ 6	35.1 $\pm$ 5.3	n.s.
Velocità media di picco Verticale (mm/s)	33.8 $\pm$ 8.1	36.1 $\pm$ 7.7	n.s.	43.7 $\pm$ 10.4	41.8 $\pm$ 7.7	n.s.
Lunghezza media Orizzontale (mm)	13.1 $\pm$ 2.4	7.7 $\pm$ 4.3	<0.0001	13.9 $\pm$ 2.7	7.4 $\pm$ 3.2	<0.0001
Lunghezza media Verticale (mm)	6.3 $\pm$ 0.7	5.7 $\pm$ 0.9	<0.02	6.8 $\pm$ 0.8	5.6 $\pm$ 1	<0.0003

n.s. – non significativo.

Notiamo che Pioltello esegue delle componenti più corte in tutte le direzioni (verticalmente, orizzontalmente e lungo la curva), facendo intuire che, oltre ad eseguire più componenti brevi (maggior numero di componenti per lettera), utilizza una scrittura significativamente più piccola rispetto il gruppo di Cernusco (altezze minori, specialmente in modalità veloce). Dalla Tabella 10 notiamo inoltre che le componenti vengono eseguite con velocità medie maggiori in tutte le direzioni, mantenendo tuttavia velocità simili di picco.

Tabella 11. Media  $\pm$  1SD dei parametri cinematici degli stroke calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in seconda elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata media (ms)	184.3 $\pm$ 12.7	167.8 $\pm$ 10.1	<0.0003	180 $\pm$ 11.1	163 $\pm$ 9.5	<0.0002
Lunghezza media (mm)	2.3 $\pm$ 0.6	2.2 $\pm$ 0.6	n.s.	2.7 $\pm$ 0.6	2.6 $\pm$ 0.6	n.s.
Velocità media Curvilinea (mm/s)	14.7 $\pm$ 2.9	17.3 $\pm$ 4.2	n.s.	19 $\pm$ 4	20.7 $\pm$ 4.2	n.s.
Velocità media Orizzontale (mm/s)	7.3 $\pm$ 1.6	9.3 $\pm$ 2.6	<0.02	9.7 $\pm$ 2.1	11.3 $\pm$ 2.4	n.s.
Velocità media Verticale (mm/s)	10.8 $\pm$ 2.3	12.2 $\pm$ 3	n.s.	13.9 $\pm$ 3.1	14.6 $\pm$ 3	n.s.
Velocità media di picco Curvilinea (mm/s)	23.8 $\pm$ 5.1	26.1 $\pm$ 6.7	n.s.	31.1 $\pm$ 6.8	31.4 $\pm$ 6	n.s.
Velocità media di picco Orizzontale (mm/s)	13.4 $\pm$ 3.2	16 $\pm$ 4.8	n.s.	18 $\pm$ 4.1	19.9 $\pm$ 4	n.s.
Velocità media di picco Verticale (mm/s)	19.8 $\pm$ 4.6	21.4 $\pm$ 5.6	n.s.	26.1 $\pm$ 6.3	26 $\pm$ 5.3	n.s.
Lunghezza media Orizzontale (mm)	3.6 $\pm$ 2.4	2.7 $\pm$ 2.1	n.s.	4 $\pm$ 2.5	3.2 $\pm$ 3.8	n.s.
Lunghezza media Verticale (mm)	1.4 $\pm$ 0.3	1.5 $\pm$ 0.5	n.s.	1.7 $\pm$ 0.4	1.8 $\pm$ 0.4	n.s.

n.s. – non significativo.

componenti  
2<sup>a</sup> elementare

stroke  
2<sup>a</sup> elementare

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Da un'analisi degli stroke (Tabella 11) non notiamo grandi differenze tra le due classi ad eccezione della durata media. Pioltello esegue stroke più brevi rispetto Cernusco. Questo confermerebbe ulteriormente quanto visto per le componenti: essendo il numero di stroke uguale, così come il numero di stroke utilizzato per lettera (Tabella 9), si deduce che i ragazzi di Pioltello scrivono mediamente più in piccolo rispetto quelli di Cernusco; ipotesi confermata da un'analisi visiva delle grafie su carta.

Tabella 12. Media  $\pm$  1SD dei parametri qualitativi calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in seconda elementare

Parametro	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
<b>S1. Postura</b>	0.4 $\pm$ 0.4	0.7 $\pm$ 0.5	n.s.	0.4 $\pm$ 0.4	0.7 $\pm$ 0.5	n.s.
<b>S2. Impugnatura</b>	2.3 $\pm$ 1.2	2.5 $\pm$ 1	n.s.	2.3 $\pm$ 1.2	2.5 $\pm$ 1	n.s.
<b>S3. Spazio grafico del foglio</b>	0.2 $\pm$ 0.4	0.7 $\pm$ 0.5	<b>&lt;0.004</b>	0.7 $\pm$ 0.6	0.7 $\pm$ 0.8	n.s.
<b>E3. Variabilità allineamento sinistro</b>	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.3	n.s.	0.1 $\pm$ 0.2	0.2 $\pm$ 0.4	n.s.
<b>E4. Margine destro non rispettato</b>	0.2 $\pm$ 0.4	0.6 $\pm$ 0.4	<b>&lt;0.0007</b>	0.6 $\pm$ 0.5	0.6 $\pm$ 0.5	n.s.
<b>E5. Spazi irregolari tra le righe</b>	0 $\pm$ 0.1	0 $\pm$ 0	n.s.	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	n.s.
<b>S4. Spazio grafico della riga</b>	3.1 $\pm$ 1.3	5.3 $\pm$ 2.1	<b>&lt;0.0008</b>	4.1 $\pm$ 1.9	5.2 $\pm$ 2.4	n.s.
<b>E6. Spazi irregolari tra parole</b>	0.2 $\pm$ 0.3	0.5 $\pm$ 0.6	n.s.	0.2 $\pm$ 0.2	0.6 $\pm$ 0.7	n.s.
<b>E7. Collisioni tra lettere</b>	0 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.
<b>E8. Fluttuazioni sulla riga</b>	0.1 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.4	<b>&lt;0.02</b>	0.2 $\pm$ 0.3	0.4 $\pm$ 0.4	n.s.
<b>E9. Variazione massima di calibro</b>	1.6 $\pm$ 0.7	2.1 $\pm$ 0.9	<b>&lt;0.05</b>	1.8 $\pm$ 0.8	2.1 $\pm$ 0.8	n.s.
<b>E10. Errata dimensione della lettera</b>	1.2 $\pm$ 0.7	2.3 $\pm$ 1	<b>&lt;0.0003</b>	1.8 $\pm$ 1.1	2.1 $\pm$ 1.3	n.s.
<b>S5. Recupero allografico</b>	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.
<b>E11. Confusione tra lettere simili</b>	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.1	<b>&lt;0.002</b>	0 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.
<b>E12. Confusione sul tipo di carattere</b>	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.
<b>S6. Percorsi grafo-motori</b>	2.3 $\pm$ 0.9	5.2 $\pm$ 1.9	<b>&lt;0.0001</b>	3.1 $\pm$ 1.2	5.7 $\pm$ 2.1	<b>&lt;0.0002</b>
<b>E13. Schema grafo-motorio errato</b>	0.7 $\pm$ 0.6	2.2 $\pm$ 1.2	<b>&lt;0.0001</b>	0.8 $\pm$ 0.6	2.2 $\pm$ 1.1	<b>&lt;0.0002</b>
<b>E14. Dismetria nelle lettere</b>	0.7 $\pm$ 0.3	1.3 $\pm$ 0.6	<b>&lt;0.0002</b>	0.9 $\pm$ 0.3	1.5 $\pm$ 0.7	<b>&lt;0.008</b>
<b>E15. Inesatta legatura tra lettere</b>	0.8 $\pm$ 0.5	1.6 $\pm$ 0.8	<b>&lt;0.002</b>	1.1 $\pm$ 0.6	1.8 $\pm$ 0.8	<b>&lt;0.02</b>
<b>E16. Auto correzioni grafemi</b>	0.2 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.2	n.s.	0.3 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.3	n.s.
<b>Punteggio totale di errore (TES)</b>	8.5 $\pm$ 2.1	14.6 $\pm$ 3.2	<b>&lt;0.0001</b>	10.7 $\pm$ 3	15 $\pm$ 3.2	<b>&lt;0.0007</b>

n.s. – non significativo.

Dall'analisi qualitativa, il TES risulta essere maggiore per il gruppo di Pioltello. Analizzando più nel dettaglio, si può notare come, in entrambe le modalità di scrittura, i ragazzi che seguono il metodo tradizionale commettono più errori dei ragazzi di Cernusco nell'area dei percorsi grafo-motori: legando le lettere tra loro non correttamente, eseguendo lettere non simmetriche ed errati schemi grafo-motori. Per quanto riguarda le altre aree, in modalità veloce non vi sono differenze significative tra gli errori commessi dalle due classi. Tuttavia, in modalità accurata, il numero di errori da parte di Cernusco è minore rispetto

qualità  
2<sup>a</sup> elementare

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

quanto registrato nella modalità veloce, a differenza di Pioltello che mantiene lo stesso numero di errori. Questo comporta l'incremento del numero di differenze significative tra i due gruppi rispetto la modalità veloce: Cernusco commette un numero minore di errori relativi al margine destro non rispettato, alle fluttuazioni sulla riga, alla massima variazione di calibro, alle dimensioni delle lettere e alla confusione tra lettere simili.

In seconda elementare si ha il primo approccio con il corsivo, dove i bambini passando dai primi esperimenti di pre-scrittura della prima elementare alla combinazione dei movimenti appresi per la costruzione delle lettere. Durante questa fase iniziale di apprendimento, si trova la prima distinzione tra i due metodi. Mentre il metodo tradizionale procede con l'insegnamento delle singole lettere dell'alfabeto, il metodo Terzi si focalizza sulle famiglie di lettere che condividono elementi geometrici e schemi grafomotori.

L'analisi cinematica sulla traccia scritta (Tabella 9), evidenzia un'importante differenza significativa tra i due gruppi legata alla continuità del tratto: il gruppo di Cernusco esegue meno sollevamenti dal foglio, unendo due lettere con una sola componente, a differenza di Pioltello che utilizza più di una componente per lettera. Mediamente il gruppo di Pioltello risulta più veloce sia nell'esecuzione di componenti (Tabella 10) e di stroke (Tabella 11), che nel sollevamento della penna. Il tempo medio di staccata, infatti, risulta essere inferiore per il gruppo del metodo tradizionale che, tuttavia, mantiene la penna staccata dal foglio per un tempo complessivo superiore. Il gruppo di Pioltello, a causa del numero doppio di staccate, perde il suo vantaggio di rapidità nei movimenti e conclude il test in un tempo non significativamente inferiore a quello di Cernusco.

L'analisi qualitativa (Tabella 12) evidenzia delle differenze significative a favore del gruppo di Cernusco, soprattutto in modalità di scrittura accurata. In questo primo test, infatti, i bambini che seguono il metodo Terzi pongono più attenzione nel rispettare il margine destro, a rimanere allineati sulla riga, e non fare troppe variazioni di calibro tra le lettere durante l'esecuzione del task. In modalità di scrittura veloce, il gruppo di Cernusco si allinea al gruppo di Pioltello raggiungendo punteggi simili di errore. A rendere comunque migliore il gruppo del metodo Terzi è la capacità di rispettare i percorsi grafomotori (schemi grafomotori, simmetrie nelle lettere e legature).

Altra cosa da evidenziare interessa il calibro delle lettere. CE scrive significativamente più grande rispetto PI, producendo una traccia scritta più alta

discussioni

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

e più lunga, quest'ultima giustificata anche dalla presenza di più lettere all'interno della stessa componente (Tabella 10). Il Metodo Terzi, fino alla fine della seconda elementare, cerca di mantenere stabilità di calibro all'interno del quadretto e riga da 0,5cm. Il metodo tradizionale, invece, già dalla seconda varia il calibro andando verso una sua riduzione. Tale processo ha ripercussioni anche da un punto di vista qualitativo: I bambini di Pioltello trovano maggiori difficoltà a mantenere un calibro proporzionale tra le lettere e di mantenerlo costante durante l'intera esecuzione del testo in modalità accurata (Tabella 12, parametri E9 e E10).

Entrambi i metodi provvedono in questa prima fase ad insegnare la pianificazione della sequenza di movimenti necessari alla rappresentazione delle lettere. Nel caso del metodo Terzi, però, tramite l'approccio individuale e, dove necessario, deambulatorio, questa avviene in modo più fluido, senza salti, nel tempo e nello spazio. Questa tipologia di approccio porta ad una migliore definizione del punto di partenza e di arrivo del percorso costruttivo delle lettere e della modalità di legatura tra le lettere. Tutto ciò potenzia la memorizzazione dell'immagine visuo-motoria e visuo-spaziale della lettera con una ricaduta positiva sull'organizzazione dello spazio grafico, come dimostrato dal minor numero di errori relativi ai percorsi grafomotori in entrambe le modalità (accurata e veloce).

Anche i deficit di velocità tra i due gruppi sembrerebbe essere associato al metodo di insegnamento. Secondo il metodo Terzi, infatti, i processi che si stimolano in questa prima fase vanno sempre nella direzione dell'accuratezza piuttosto che della velocità.

#### 5.2.2 Terza elementare

Un anno dopo, le differenze significative dei parametri cinematici, relativi all'esecuzione dell'intera traccia scritta, aumentano. Questa volta, infatti, Pioltello completa il test in minore tempo rispetto Cernusco. Gli studenti del metodo tradizionale sono più veloci sia con la penna sul foglio che durante le staccate ed i ritorni a capo, inoltre riescono a completare la frase in una lunghezza significativamente più corta. Malgrado Pioltello continui ad utilizzare un numero doppio di componenti per lettera rispetto Cernusco, la durata complessiva con la penna staccata dal foglio risulta questa volta essere uguale, perfettamente recuperato dall'incremento di velocità. Pioltello, pur frammentando di più il

traccia scritta  
3<sup>a</sup> elementare

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

corsivo con maggiori staccate (più componenti), mostra una maggiore costanza nell'andamento della penna sul foglio eseguendo un minor numero di minimi di velocità (meno stroke).

Tabella 13. Media  $\pm$  1SD dei parametri cinematici della traccia scritta calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in terza elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata Test (s)	216.7 $\pm$ 48.3	160.8 $\pm$ 20.4	<0.0002	139.3 $\pm$ 31.7	100 $\pm$ 13.3	<0.0001
Lunghezza intero scritto (cm)	172.3 $\pm$ 39.6	146.6 $\pm$ 20	<0.009	179.2 $\pm$ 42.4	153.7 $\pm$ 23.4	<0.03
Velocità media Curvilinea (mm/s)	12.7 $\pm$ 3	17.6 $\pm$ 4.2	<0.0003	20.1 $\pm$ 4.9	26.7 $\pm$ 4.9	<0.0004
Velocità media Orizzontale (mm/s)	6.1 $\pm$ 1.5	9.3 $\pm$ 2.5	<0.0001	10 $\pm$ 2.6	14.7 $\pm$ 3.2	<0.0001
Velocità media Verticale (mm/s)	9.3 $\pm$ 2.5	12.3 $\pm$ 3	<0.002	14.8 $\pm$ 3.8	18.1 $\pm$ 3.1	<0.007
Intera durata staccata (s)	76.6 $\pm$ 18.2	75.5 $\pm$ 14.6	n.s.	47.3 $\pm$ 13.1	42.1 $\pm$ 10.2	n.s.
#Componenti	58.3 $\pm$ 13.5	111.5 $\pm$ 21.6	<0.0001	54.3 $\pm$ 13.5	110.9 $\pm$ 24.2	<0.0001
#Strokes	743.9 $\pm$ 191	548.5 $\pm$ 55.2	<0.0003	528.4 $\pm$ 82.8	436.7 $\pm$ 38.3	<0.0002
Durata media staccata (ms)	1280.4 $\pm$ 330.4	654 $\pm$ 166.6	<0.0001	836.5 $\pm$ 242.3	360.2 $\pm$ 75.2	<0.0001
Durata media ritorno a capo (s)	3.1 $\pm$ 1.4	2.8 $\pm$ 1	n.s.	2.1 $\pm$ 0.6	1.5 $\pm$ 0.4	<0.002
#Componenti/#Lettere	0.5 $\pm$ 0.1	1 $\pm$ 0.2	<0.0001	0.5 $\pm$ 0.1	1 $\pm$ 0.2	<0.0001
#Strokes/#Lettere	6.7 $\pm$ 1.7	5.1 $\pm$ 0.5	<0.0004	4.8 $\pm$ 0.8	4 $\pm$ 0.4	<0.0006
#Lettere	110.6 $\pm$ 6.5	108 $\pm$ 0.5	n.s.	110.6 $\pm$ 6.6	108 $\pm$ 0.6	n.s.

n.s. – non significativo

Tabella 14. Media  $\pm$  1SD dei parametri cinematici delle componenti calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in terza elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata media (s)	2.5 $\pm$ 0.8	0.8 $\pm$ 0.3	<0.0001	1.8 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.2	<0.0001
Lunghezza media (mm)	31.1 $\pm$ 10.2	13.8 $\pm$ 4.4	<0.0001	34.5 $\pm$ 10.2	14.9 $\pm$ 6.2	<0.0001
Velocità media Curvilinea (mm/s)	11.9 $\pm$ 3.1	17.6 $\pm$ 4.2	<0.0001	18.8 $\pm$ 4.9	26.5 $\pm$ 4.8	<0.0001
Velocità media Orizzontale (mm/s)	6.5 $\pm$ 2	10.1 $\pm$ 2.7	<0.0002	10.5 $\pm$ 2.9	15.8 $\pm$ 3.4	<0.0001
Velocità media Verticale (mm/s)	7.5 $\pm$ 2.2	11.5 $\pm$ 2.6	<0.0001	12.2 $\pm$ 3.4	16.6 $\pm$ 2.8	<0.0002
Velocità media di picco Curvilinea (mm/s)	30.5 $\pm$ 7.8	34.5 $\pm$ 6.1	n.s.	47 $\pm$ 12.4	49.5 $\pm$ 8	n.s.
Velocità media di picco Orizzontale (mm/s)	20.6 $\pm$ 5.1	24.9 $\pm$ 4.8	<0.006	31.7 $\pm$ 8.2	36.3 $\pm$ 6.7	n.s.
Velocità media di picco Verticale (mm/s)	25.4 $\pm$ 7	28.9 $\pm$ 5.7	n.s.	40.1 $\pm$ 11.3	41 $\pm$ 7.5	n.s.
Lunghezza media Orizzontale (mm)	8.2 $\pm$ 2.5	4.5 $\pm$ 1.1	<0.0001	9.4 $\pm$ 2.6	5 $\pm$ 1.5	<0.0001
Lunghezza media Verticale (mm)	4.4 $\pm$ 1	3.4 $\pm$ 0.5	<0.0001	4.7 $\pm$ 1	3.5 $\pm$ 0.7	<0.0001

n.s. – non significativo.

Per quanto riguarda le componenti (Tabella 14), i risultati sono molto simili a quanto visto per la seconda elementare. I bambini di Cernusco eseguono sì meno staccate rispetto quelli di Pioltello, ma le loro componenti risultano essere più lunghe sia nel tempo che nello spazio. Essendo maggiori in tutte le direzioni del piano, si intuisce una scrittura significativamente più grande. Le velocità medie

componenti  
3<sup>a</sup> elementare



## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

di esecuzione sono minori in tutte le direzioni, pur mantenendo velocità di picco simili.

Tabella 15. Media  $\pm$  1SD dei parametri cinematici degli Stroke calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in terza elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
<b>Durata media (ms)</b>	188.6 $\pm$ 12.1	155.3 $\pm$ 14	< <b>0.0001</b>	172.4 $\pm$ 22	132.6 $\pm$ 10.3	< <b>0.0001</b>
<b>Lunghezza media (mm)</b>	1.7 $\pm$ 0.5	1.8 $\pm$ 0.4	n.s.	2.4 $\pm$ 0.5	2.2 $\pm$ 0.4	n.s.
<b>Velocità media Curvilinea (mm/s)</b>	11.4 $\pm$ 2.7	16 $\pm$ 3.9	< <b>0.0003</b>	18.5 $\pm$ 4.8	24.7 $\pm$ 4.6	< <b>0.0006</b>
<b>Velocità media Orizzontale (mm/s)</b>	5.7 $\pm$ 1.4	8.9 $\pm$ 2.4	< <b>0.0001</b>	9.4 $\pm$ 2.4	14.3 $\pm$ 3.1	< <b>0.0001</b>
<b>Velocità media Verticale (mm/s)</b>	8.1 $\pm$ 2.1	11 $\pm$ 2.7	< <b>0.002</b>	13.4 $\pm$ 3.8	16.4 $\pm$ 2.9	< <b>0.007</b>
<b>Velocità media di picco Curvilinea (mm/s)</b>	18.3 $\pm$ 4.5	23.9 $\pm$ 5.3	< <b>0.003</b>	30.2 $\pm$ 7.4	36.4 $\pm$ 6.2	< <b>0.009</b>
<b>Velocità media di picco Orizzontale (mm/s)</b>	10.5 $\pm$ 2.7	15.7 $\pm$ 3.9	< <b>0.0001</b>	17.9 $\pm$ 4.4	25.3 $\pm$ 5.1	< <b>0.0001</b>
<b>Velocità media di picco Verticale (mm/s)</b>	15 $\pm$ 4.3	19.6 $\pm$ 4.7	< <b>0.005</b>	25.6 $\pm$ 7	29.6 $\pm$ 5.2	n.s.
<b>Lunghezza media Orizzontale (mm)</b>	2.9 $\pm$ 2.8	2.2 $\pm$ 1.1	n.s.	3.7 $\pm$ 4.9	2.4 $\pm$ 1.2	n.s.
<b>Lunghezza media Verticale (mm)</b>	1.1 $\pm$ 0.3	1.3 $\pm$ 0.3	< <b>0.04</b>	1.5 $\pm$ 0.3	1.8 $\pm$ 0.4	n.s.

n.s. – non significativo.

Le differenze registrate per gli stroke (Tabella 15) aumentano. Questi risultano essere ancora più rapidi per il gruppo di Pioltello grazie al significativo incremento delle velocità medie e di picco lungo l'asse orizzontale, verticale e lungo la curva.

*L'analisi qualitativa (*

stroke  
3<sup>a</sup> elementare

qualità  
3<sup>a</sup> elementare

## **5 Apprendimento del corsivo**

---

### **5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo**

Tabella 16) mostra un miglioramento in entrambi i gruppi in termini di TES. Nessuna differenza tra i due gruppi viene segnalata in termini di postura, impugnatura e spazio grafico del foglio. In entrambe le modalità, tuttavia, si nota una differenza significativa per gli errori dello spazio grafico della riga: Pioltello utilizza un numero maggiore di spazi irregolari tra le parole, un numero maggiore di collisioni, variazioni di calibro e errate dimensioni delle lettere. Restano significative le differenze in termini di percorsi grafo-motori a favore del gruppo di Cernusco. Pioltello inoltre, solo per la modalità veloce, fa più errori nell'aria del recupero allografico, confondendo lettere simili da un punto di vista visuo-spaziale.

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Tabella 16. Media $\pm$ 1SD dei parametri qualitativi calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in terza elementare

Parametro	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
S1. Postura	0.5 $\pm$ 0.4	0.6 $\pm$ 0.5	n.s.	0.5 $\pm$ 0.4	0.6 $\pm$ 0.5	n.s.
S2. Impugnatura	2.2 $\pm$ 1.4	2.3 $\pm$ 1.1	n.s.	2.2 $\pm$ 1.4	2.3 $\pm$ 1.1	n.s.
S3. Spazio grafico del foglio	0.2 $\pm$ 0.4	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.	0.1 $\pm$ 0.2	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.
E3. Variabilità allineamento sinistro	0.2 $\pm$ 0.4	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.	0 $\pm$ 0.2	0 $\pm$ 0.1	n.s.
E4. Margine destro non rispettato	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.
E5. Spazi irregolari tra le righe	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	n.s.	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	n.s.
S4. Spazio grafico della riga	3.2 $\pm$ 1.1	5 $\pm$ 1.3	< 0.0001	3.5 $\pm$ 1.8	5.7 $\pm$ 1.4	< 0.0001
E6. Spazi irregolari tra parole	0.5 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.9	<0.02	0.5 $\pm$ 0.8	1 $\pm$ 0.8	<0.005
E7. Collisioni tra lettere	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.1	<0.04	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.1	<0.02
E8. Fluttuazioni sulla riga	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0.1	0 $\pm$ 0	n.s.
E9. Variazione massima di calibro	2.2 $\pm$ 0.7	2.7 $\pm$ 0.6	<0.02	2.3 $\pm$ 1.1	3.1 $\pm$ 1	<0.0008
E10. Errata dimensione della lettera	0.5 $\pm$ 0.3	1.1 $\pm$ 0.5	< 0.0001	0.6 $\pm$ 0.6	1.5 $\pm$ 0.6	< 0.0001
S5. Recupero allografico	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.2	<0.002
E11. Confusione tra lettere simili	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.2	<0.002
E12. Confusione sul tipo di carattere	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	n.s.	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	n.s.
S6. Percorsi grafo-motori	2.2 $\pm$ 0.9	3.8 $\pm$ 1.2	<0.0002	3.2 $\pm$ 1.4	4.6 $\pm$ 1.1	<0.0007
E13. Schema grafo-motorio errato	0.7 $\pm$ 0.6	1 $\pm$ 0.5	<0.02	0.8 $\pm$ 0.7	1.4 $\pm$ 0.6	<0.002
E14. Dismetria nelle lettere	0.7 $\pm$ 0.3	1.3 $\pm$ 0.6	<0.003	1.1 $\pm$ 0.4	1.3 $\pm$ 0.6	n.s.
E15. Inesatta legatura tra lettere	0.7 $\pm$ 0.3	1.5 $\pm$ 0.6	< 0.0001	1.2 $\pm$ 0.6	1.8 $\pm$ 0.6	<0.006
E16. Auto correzioni grafemi	0.1 $\pm$ 0.1	0 $\pm$ 0.1	n.s.	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.
<b>Punteggio totale di errore (TES)</b>	<b>8.4<math>\pm</math>2.1</b>	<b>11.9<math>\pm</math>2.5</b>	<b>&lt;0.0002</b>	<b>9.5<math>\pm</math>3.1</b>	<b>13.5<math>\pm</math>2.5</b>	<b>&lt; 0.0001</b>

n.s. – non significativo.

In terza elementare le differenze tra i due metodi di insegnamento si fanno più evidenti. Osservando i risultati cinematici relativi alla traccia intera (Tabella 13), si nota che Pioltello, pur mantenendo la stessa frammentazione della scrittura mostrata in seconda, finisce i test molto prima rispetto Cernusco. Questo è dovuto sia ad una maggiore rapidità dei movimenti su carta (velocità medie lungo il tratto e le due dimensioni del foglio maggiori) e in aria (tempo medio staccata minore) che ad una significativa riduzione del calibro (minore lunghezza dell'intero scritto). A differenza di quanto visto in seconda elementare, le velocità sono tali da equivalere la durata totale di staccata del gruppo di Cernusco, compensando il maggior numero di staccate (più componenti). Oltre ad essere più rapidi, i movimenti acquisiti mediante il metodo tradizionale risultano essere anche più fluidi, eseguendo un minor numero di stroke complessivo e per lettera.

Solo in terza elementare, i bambini del metodo Terzi si confrontano con la riduzione del calibro, ponendo un'attenzione particolare alla corretta legatura tra le lettere. Il metodo Terzi, a differenza del metodo tradizionale, prevede una

discussioni

## 5 Apprendimento del corsivo

---

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

modalità di congiunzione tra le lettere denominata "a cappellino". Quest'ultima permette di non staccare mai la penna dal foglio sino alla fine della scrittura della parola (es. i puntini sulla "i" o i tratti orizzontali di "t" e "z" si fanno a fine parola): nella legature con le lettere che hanno il corpo centrale inscritto nel cerchio (quali la "o", "a" e "c") e con quelle che si estendono anche nel prolungamento superiore o inferiore (come la "d" o la "q"), il segno grafico va in senso orario fino a posizionarsi sul corretto punto di avvio della lettera, poi ci si ferma e si attiva il cambio di direzione che dà l'avvio alla costruzione della lettera in senso antiorario, come deve essere nella scrittura della lettera singola. Se da una parte viene così migliorato il grado di frammentazione del tratto, mantenuta l'unità psicologica della parola e meglio fissati i punti di avvio delle lettere, da un punto di vista cinematico si è obbligati a continue variazioni di direzione nel movimento che si ripercuotono sul profilo di velocità e, di conseguenza, sul numero di stroke. Un'altra conseguenza di questo tipo di legatura è l'aggiunta di tratto scritto tra le lettere che incrementa inevitabilmente la lunghezza curvilinea dell'intera traccia scritta. Gli stroke (Tabella 15) eseguiti dal gruppo di Pioltello, oltre ad essere meno numerosi, sono più rapidi, pur mantengono la stessa lunghezza di Cernusco. Questo fattore sembrerebbe infatti essere indipendente dal metodo di insegnamento seguito, dipendente solo dalla tipologia di esercizio richiesto.

*La maggiore velocità del gruppo del metodo tradizionale, trova ripercussioni negative da un punto di vista qualitativo (*

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Tabella 16), in entrambe le modalità di scrittura. Non vengono rilevate differenze con Cernusco per quanto riguarda postura, impugnatura o spazio grafico del foglio ma si registrano maggiori difficoltà ad organizzare lo spazio nella riga: le parole risultano distanziate in modo irregolare con all'interno lettere che collidono e che presentano dimensioni errate con una variabilità significativa rispetto CE. Vengono inoltre riconfermate le difficoltà nell'eseguire i corretti schemi grafo-motori o nel legare correttamente le lettere tra loro.

#### 5.2.3 Quarta elementare

In quarta elementare vengono riconfermati i risultati visti in terza. La classe di Pioltello finisce prima l'esecuzione del testo in entrambi i task di scrittura grazie ad una velocità maggiore e ad una durata più breve delle staccate (Tabella 17). Questa volta il tempo impiegato per il ritorno a capo risulta essere significativo solo nella modalità veloce. Cernusco, in compenso, mantiene una minore frammentazione del tratto, riuscendo a limitare il numero di staccate ed utilizzando un'unica componente per due lettere, a differenza di Pioltello che raddoppia le staccate, utilizzando una componente per lettera. Malgrado un numero maggiore di staccate, la maggiore rapidità a riabbassare la penna da parte dei ragazzi di Pioltello, fa sì che il tempo con la penna staccata dal foglio sia uguale al gruppo di Cernusco. Come visto per la terza elementare, anche in questo caso il gruppo del metodo tradizionale, pur utilizzando un numero maggiore di componenti e quindi eseguendo più sollevamenti della penna dal foglio, mostra un tratto più fluido con la penna sul foglio, eseguendo un numero minore di stroke e quindi facendo registrare meno minimi di velocità.

traccia scritta  
4<sup>a</sup> elementare

Tabella 17. Media  $\pm$  1SD dei parametri cinematici della traccia scritta calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in quarta elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata Test (s)	216.7 $\pm$ 50.3	160.2 $\pm$ 20.7	<0.0003	133.5 $\pm$ 25.6	99.3 $\pm$ 13.2	< 0.0001
Lunghezza intero scritto (cm)	162.8 $\pm$ 28.7	147.7 $\pm$ 20	n.s.	170 $\pm$ 30.5	155.4 $\pm$ 22.7	n.s.
Velocità media Curvilinea (mm/s)	12.2 $\pm$ 3	17.8 $\pm$ 4.1	< 0.0001	20 $\pm$ 4.9	27.2 $\pm$ 4.5	<0.0003
Velocità media Orizzontale (mm/s)	5.9 $\pm$ 1.6	9.4 $\pm$ 2.5	< 0.0001	10 $\pm$ 2.6	15 $\pm$ 3.1	< 0.0001
Velocità media Verticale (mm/s)	8.8 $\pm$ 2.4	12.5 $\pm$ 2.9	<0.0004	14.6 $\pm$ 3.8	18.4 $\pm$ 2.8	<0.003
Intera durata staccata (s)	77 $\pm$ 18.3	75.7 $\pm$ 15	n.s.	45.6 $\pm$ 11.2	41.8 $\pm$ 10.4	n.s.
#Componenti	57.4 $\pm$ 14.1	111.2 $\pm$ 22.2	< 0.0001	53.9 $\pm$ 13.9	110.2 $\pm$ 24.6	< 0.0001
#Strokes	746.6 $\pm$ 200.4	543.8 $\pm$ 52.6	<0.0004	511.7 $\pm$ 69.3	432.5 $\pm$ 34.4	<0.0002
Durata media staccata (ms)	1328.2 $\pm$ 418.1	659.4 $\pm$ 169.3	< 0.0001	815.8 $\pm$ 221.5	361.2 $\pm$ 77.1	< 0.0001
Durata media ritorno a capo (s)	3.3 $\pm$ 1.5	2.7 $\pm$ 0.9	n.s.	2.1 $\pm$ 0.6	1.4 $\pm$ 0.4	<0.0007

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

#Componenti/#Lettere	0.5±0.1	1±0.2	< 0.0001	0.5±0.1	1±0.2	< 0.0001
#Strokes/#Lettere	6.8±2	5±0.5	<0.003	4.7±0.7	4±0.3	<0.003
#Lettere	110.3±6.5	108±0.5	n.s.	110.3±6.5	108±0.7	n.s.

Tabella 18. Media±1SD dei parametri cinematici delle Componenti calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in quarta elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata media (s)	2.6±0.9	0.8±0.3	< 0.0001	1.7±0.5	0.6±0.2	< 0.0001
Lunghezza media (mm)	29.7±7.7	14±4.4	< 0.0001	33±8.1	15.2±6.2	< 0.0001
Velocità media Curvilinea (mm/s)	11.3±3	17.8±4.2	< 0.0001	18.5±4.8	26.9±4.6	< 0.0001
Velocità media Orizzontale (mm/s)	6.3±2	10.2±2.7	< 0.0001	10.4±2.8	16±3.4	< 0.0001
Velocità media Verticale (mm/s)	7.1±2	11.6±2.6	< 0.0001	12±3.5	16.9±2.6	< 0.0001
Velocità media di picco Curvilinea (mm/s)	29±7.3	34.8±6.1	<0.02	46.1±12.3	50.2±7.6	n.s.
Velocità media di picco Orizzontale (mm/s)	19.7±4.9	25±4.9	<0.002	31.1±8.1	36.6±6.8	<0.03
Velocità media di picco Verticale (mm/s)	24±6.3	29.2±5.7	<0.03	39.4±11.4	41.8±7	n.s.
Lunghezza media Orizzontale (mm)	7.9±2	4.6±1.1	< 0.0001	9.2±2.2	5.1±1.5	< 0.0001
Lunghezza media Verticale (mm)	4.2±0.6	3.4±0.5	<0.0002	4.5±0.7	3.6±0.7	<0.0002

n.s. – non significativo.

Cernusco, scrivendo due lettere ogni componente, a differenza di Pioltello che solleva la penna ad ogni lettera, presenta delle componenti di durata e lunghezza maggiore (Tabella 18). A questo si aggiungono però anche minori velocità medie e di picco ed una dimensione del testo maggiore, evidenziata da una maggiore lunghezza anche in altezza.

Anche gli stroke (Tabella 19) risultano essere più lenti per il gruppo del Metodo Terzi. Questi però, come visto in terza elementare, non mostrano differenze significative in termini di lunghezza curvilinea ed orizzontale ma solo in altezza.

Tabella 19. Media±1SD dei parametri cinematici degli Stroke calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in quarta elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata media (ms)	187.7±12.1	155±14.3	< 0.0001	170.7±21.4	132.7±10.6	< 0.0001
Lunghezza media (mm)	1.6±0.4	1.8±0.4	n.s.	2.3±0.4	2.2±0.3	n.s.
Velocità media Curvilinea (mm/s)	11±2.7	16.2±3.9	< 0.0001	18.4±4.8	25.1±4.4	<0.0004
Velocità media Orizzontale (mm/s)	5.5±1.5	9±2.4	< 0.0001	9.4±2.4	14.5±3.1	< 0.0001
Velocità media Verticale (mm/s)	7.7±2.1	11.1±2.7	<0.0005	13.3±3.8	16.7±2.7	<0.005
Velocità media di picco Curvilinea (mm/s)	17.5±4.6	24.2±5.2	<0.0007	30±7.5	36.9±5.8	<0.004
Velocità media di picco Orizzontale (mm/s)	10.1±2.9	15.9±3.9	< 0.0001	17.9±4.5	25.6±5	< 0.0001
Velocità media di picco Verticale (mm/s)	14.3±4.2	19.9±4.7	<0.001	25.3±7.1	30.1±4.7	<0.03
Lunghezza media Orizzontale (mm)	2.9±2.9	2.2±1.1	n.s.	3.8±5	2.4±1.3	n.s.
Lunghezza media Verticale (mm)	1±0.3	1.3±0.3	<0.01	1.5±0.3	1.8±0.3	<0.03

n.s. – non significativo.

componenti  
4<sup>a</sup> elementare

stroke  
4<sup>a</sup> elementare

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Anche da un punto di vista qualitativo (Tabella 20), le due scuole ottengono dei risultati analoghi a quanto visto in terza elementare. Pioltello, pur avendo un ritmo di scrittura più sostenuto ed ultimando in tempi migliori i test in entrambe le modalità, perde in qualità. Ancora una volta, i ragazzi del metodo tradizionale commettono, in misura maggiore rispetto Cernusco, errori legati a spazi irregolari e collisioni tra lettere, variazioni di calibro e dimensioni errate delle lettere. Si riconfermano gli errori legati ai percorsi grafo-motori quali schemi errati, dismetrie tra lettere (solo nel test A) e legature inesatte. In modalità veloce, inoltre, commettono un numero maggiore di errori nell'area del recupero allografico, relativo alla confusione di lettere simili da un punto di vista visuo-spaziale.

qualità  
4<sup>a</sup> elementare

Tabella 20. Media  $\pm$  1SD dei parametri qualitativi calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in quarta elementare

Parametro	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
S1. Postura	0.5 $\pm$ 0.4	0.6 $\pm$ 0.5	n.s.	0.5 $\pm$ 0.4	0.6 $\pm$ 0.5	n.s.
S2. Impugnatura	2.2 $\pm$ 1.4	2.3 $\pm$ 1.1	n.s.	2.2 $\pm$ 1.4	2.3 $\pm$ 1.1	n.s.
S3. Spazio grafico del foglio	0.2 $\pm$ 0.4	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.	0 $\pm$ 0.2	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.
E3. Variabilità allineamento sinistro	0.2 $\pm$ 0.4	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.	0 $\pm$ 0.1	0 $\pm$ 0.1	n.s.
E4. Margine destro non rispettato	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.2	n.s.
E5. Spazi irregolari tra le righe	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	n.s.
S4. Spazio grafico della riga	3.2 $\pm$ 1.1	5 $\pm$ 1.3	<0.0003	3.5 $\pm$ 1.8	5.8 $\pm$ 1.5	<0.0001
E6. Spazi irregolari tra parole	0.5 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.9	<0.02	0.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.8	<0.008
E7. Collisioni tra lettere	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.1	<0.02
E8. Fluttuazioni sulla riga	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0.1	0 $\pm$ 0	n.s.
E9. Variazione massima di calibro	2.2 $\pm$ 0.7	2.7 $\pm$ 0.6	<0.03	2.3 $\pm$ 1.2	3.1 $\pm$ 1	<0.001
E10. Errata dimensione della lettera	0.5 $\pm$ 0.3	1.1 $\pm$ 0.5	<0.0001	0.6 $\pm$ 0.6	1.5 $\pm$ 0.6	<0.0002
S5. Recupero allografico	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.2	<0.002
E11. Confusione tra lettere simili	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.	0 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0.2	<0.002
E12. Confusione sul tipo di carattere	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	n.s.	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	n.s.
S6. Percorsi grafo-motori	2.2 $\pm$ 0.9	3.7 $\pm$ 1.2	<0.0004	3.2 $\pm$ 1.4	4.6 $\pm$ 1.1	<0.002
E13. Schema grafo-motorio errato	0.7 $\pm$ 0.6	1 $\pm$ 0.5	<0.02	0.8 $\pm$ 0.8	1.4 $\pm$ 0.6	<0.002
E14. Dismetria nelle lettere	0.8 $\pm$ 0.3	1.2 $\pm$ 0.6	<0.005	1.1 $\pm$ 0.4	1.3 $\pm$ 0.6	n.s.
E15. Inesatta legatura tra lettere	0.7 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.6	<0.0002	1.2 $\pm$ 0.6	1.8 $\pm$ 0.6	<0.009
E16. Auto correzioni grafemi	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	n.s.
<b>Punteggio totale di errore (TES)</b>	<b>8.3<math>\pm</math>2.1</b>	<b>11.9<math>\pm</math>2.5</b>	<b>&lt;0.0003</b>	<b>9.4<math>\pm</math>3.1</b>	<b>13.5<math>\pm</math>2.5</b>	<b>&lt;0.0001</b>

n.s. – non significativo.

In quarta elementare gli scolari passano ai fogli con riga unica (Figura 20-0C). I bambini devono fare un vero e proprio lavoro sulle immagini mentali e visuo-spaziali: devono immaginare il margine superiore del rigo di base che nelle righe

discussioni

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

di terza (Figura 20-0B) c'era e ora non esiste più. Entro quel rigo "immaginario" il bambino può continuare a scrivere dando i giusti limiti di grandezza alle lettere, sono i margini che lui stesso deve crearsi per poter avere una scrittura con un calibro abbastanza stabile. Inoltre, a questa età (circa 9 anni) il bambino sta cercando una personalizzazione della propria grafia all'interno di processi di accuratezza del tratto grafico.

Il metodo Terzi, considerando la grande difficoltà nell'approcciarsi al nuovo stile del foglio, non spinge ancora verso un incremento della velocità, preoccupandosi di controllare meglio la grandezza delle lettere e dei rapporti metrici che devono essere mantenuti tra le parti della lettera e tra le lettere stesse.

I risultati sono analoghi a quelli riscontrati in terza elementare: Il gruppo del metodo Terzi risulta essere più lento, sia con la penna sul foglio che con la penna in aria, ultimando gli esercizi in un tempo maggiore rispetto il gruppo PI. Per Cernusco, le staccate eseguite (#componenti), pur essendo numericamente la metà, perdono la loro efficacia sul tempo finale di esecuzione poiché richiedono una durata doppia rispetto il gruppo di Pioltello.

Anche da un punto di vista qualitativo i risultati non sembrano mostrare differenze significative da quanto già sottolineato in terza.

#### 5.2.4 Quinta elementare

La quinta elementare è l'ultimo anno durante il quale vengono fornite istruzioni inerenti la scrittura in corsivo, poiché si assume che il bambino a 10-11 anni abbia già completamente acquisito l'automatismo di scrittura. Per queste ragioni, particolare attenzione è stata posta a questo anno, i quali dati sono stati studiati e pubblicati in un primo lavoro a loro dedicato.

Il lavoro relativo ai risultati registrati in 5<sup>a</sup> elementare è stato presentato in occasione della 17th Conference of the International Graphonomics Society (IGS2015), tenutasi a Guadeloupe dal 21 al 24 Giugno 2015 [ii].

La versione estesa, con tutti i dettagli del metodo di insegnamento ed i risultati ottenuti, sarà pubblicata come capitolo del prossimo volume della serie "Smart Innovation System and Technologies, Springer" [iii].



## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Media e deviazione standard dei parametri statici e cinematici, valutati sulla traccia scritta nel suo complesso, sono illustrati in Tabella 21. Le significatività delle differenze tra ogni gruppo per ogni test sono evidenziate dalla colonna dei p-value.

risultati  
cinematici

In modalità veloce (V), entrambi i gruppi impiegano lo stesso tempo per scrivere la frase: malgrado il gruppo PI sia significativamente più veloce con la penna sul foglio rispetto al gruppo CE, perde il suo vantaggio mantenendo per più tempo la penna in aria. In modalità accurata (A), invece, CE completa il test in meno tempo rispetto PI in quanto quest'ultimo perde significativamente più tempo durante la staccata rispetto CE e rispetto sé stesso nella modalità veloce.

Essendo la differenza tra le durate medie delle staccate non significativa, la più lunga durata complessiva delle staccate per il gruppo PI è correlata al più alto numero di componenti e al maggiore tempo richiesto per il ritorno a capo.

Il numero di componenti minimo aspettato per la copia in corsivo della nostra frase è uguale a 40. Questo valore corrisponde al numero di parole sommato al numero di "i", "t", "z", "ò" che richiedono una staccata in più per il loro completamento.

Inoltre, poiché il numero di lettere è costante in tutti i test e per entrambi i gruppi, il maggior numero di componenti per il gruppo di controllo (PI) indica un più alto livello di frammentazione nelle lettere scritte (#Componenti/#Lettere).

Tabella 21. Media  $\pm$  1SD dei parametri cinematici della traccia scritta calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in quinta elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata Test (s)	97 $\pm$ 16	128 $\pm$ 28,3	< 0,0001	74,4 $\pm$ 11,5	76 $\pm$ 9,4	n.s.
Lunghezza intero scritto (cm)	126,3 $\pm$ 22,3	145,2 $\pm$ 20,5	< 0,02	136,5 $\pm$ 26,9	150,6 $\pm$ 24	n.s.
Velocità media Curvilinea (mm/s)	18,6 $\pm$ 4,7	21 $\pm$ 6,7	n.s.	25 $\pm$ 5,2	32,9 $\pm$ 6,2	< 0,0002
Velocità media Orizzontale (mm/s)	8,9 $\pm$ 2,3	10,9 $\pm$ 3,8	n.s.	12,4 $\pm$ 2,5	17,8 $\pm$ 4,1	< 0,0001
Velocità media Verticale (mm/s)	13,9 $\pm$ 3,9	14,8 $\pm$ 4,7	n.s.	18,1 $\pm$ 4,3	22,3 $\pm$ 4,4	< 0,004
Intera durata staccata (s)	28 $\pm$ 9,1	55 $\pm$ 17	< 0,0001	19,2 $\pm$ 6	30 $\pm$ 8,5	< 0,0002
#Componenti	57 $\pm$ 17	104 $\pm$ 22	< 0,0001	56 $\pm$ 18	97 $\pm$ 20	< 0,0001
#Strokes	431 $\pm$ 42	486 $\pm$ 86	n.s.	381 $\pm$ 43	366 $\pm$ 40	n.s.
Durata media staccata (ms)	473 $\pm$ 163	498 $\pm$ 132	n.s.	334 $\pm$ 98	290 $\pm$ 87	n.s.
Durata media ritorno a capo (s)	1,5 $\pm$ 0,7	2,2 $\pm$ 1,3	< 0,02	1 $\pm$ 0,3	1,1 $\pm$ 0,3	< 0,05
#Componenti/#Lettere	0,5 $\pm$ 0,2	1 $\pm$ 0,2	< 0,0001	0,5 $\pm$ 0,2	0,9 $\pm$ 0,2	< 0,0001
#Strokes/#Lettere	4,0 $\pm$ 0,3	4,5 $\pm$ 0,8	n.s.	3,6 $\pm$ 0,4	3,4 $\pm$ 0,3	n.s.
#Lettere	109 $\pm$ 3	108 $\pm$ 1	n.s.	107 $\pm$ 4	107 $\pm$ 3	n.s.

n.s. – non significativo

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

La Tabella 22 mostra i valori medi ( $\pm 1SD$ ) dei parametri cinematici valutati per le componenti seguiti da i p-value delle differenze tra i due gruppi per ogni test.

componenti

Le componenti nel gruppo sperimentale (CE) hanno una durata ed una lunghezza maggiore rispetto il gruppo di controllo (PI) per entrambi i test. Essendo la lunghezza delle componenti significativamente differente solo orizzontalmente ma non verticalmente, la differenza nella lunghezza totale non dipende dalla grandezza delle lettere ma solo al numero di lettere scritte in un'unica componente.

Media e valore di picco delle velocità sono significativamente maggiori per il gruppo PI solo nel test F, in quanto incrementa in misura maggiore la velocità passando dal test accurato a quello veloce rispetto quanto fatto registrare dal gruppo che segue il metodo Terzi.

Tabella 22. Media  $\pm 1SD$  dei parametri cinematici delle Componenti calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in quinta elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata media (s)	1,3 $\pm$ 0,4	0,7 $\pm$ 0,2	< 0,0001	1,1 $\pm$ 0,3	0,5 $\pm$ 0,2	< 0,0001
Lunghezza media (mm)	23,7 $\pm$ 7,1	14,7 $\pm$ 4,5	< 0,0003	26,5 $\pm$ 8,1	16,2 $\pm$ 4,9	< 0,0002
Velocità media Curvilinea (mm/s)	16,3 $\pm$ 3,6	20,2 $\pm$ 6,4	n.s.	22,3 $\pm$ 4,3	31,8 $\pm$ 6,7	< 0,0001
Velocità media Orizzontale (mm/s)	8,9 $\pm$ 2	11,6 $\pm$ 3,8	< 0,03	12,7 $\pm$ 2,3	18,9 $\pm$ 4,3	< 0,0001
Velocità media Verticale (mm/s)	10,8 $\pm$ 2,6	13,1 $\pm$ 4,3	n.s.	14,4 $\pm$ 3,3	19,9 $\pm$ 4,4	< 0,0002
Velocità media di picco Curvilinea (mm/s)	37,7 $\pm$ 6,6	38,2 $\pm$ 9,7	n.s.	50,2 $\pm$ 8,2	58,1 $\pm$ 9,4	< 0,02
Velocità media di picco Orizzontale (mm/s)	24,3 $\pm$ 4,7	27,4 $\pm$ 7,2	n.s.	33,7 $\pm$ 5,3	43,1 $\pm$ 9	< 0,002
Velocità media di picco Verticale (mm/s)	33 $\pm$ 6,5	32,2 $\pm$ 8,4	n.s.	43,6 $\pm$ 8,6	48,1 $\pm$ 8,6	n.s.
Lunghezza media Orizzontale (mm)	6,3 $\pm$ 1,6	4,6 $\pm$ 1	< 0,002	7,2 $\pm$ 1,8	5,3 $\pm$ 1,2	< 0,003
Lunghezza media Verticale (mm)	3,7 $\pm$ 0,6	3,5 $\pm$ 0,5	n.s.	4,1 $\pm$ 0,8	3,8 $\pm$ 0,6	n.s.

n.s. – non significativo.

La Tabella 23 mostra i parametri cinematici calcolati sugli stroke.

stroke

Tabella 23. Media  $\pm 1SD$  dei parametri cinematici degli Stroke calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in quinta elementare

Parameter	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
Durata media (ms)	160 $\pm$ 13	150 $\pm$ 125	< 0,03	144 $\pm$ 12	126 $\pm$ 9	< 0,0001
Lunghezza media (mm)	2,1 $\pm$ 0,5	2 $\pm$ 0,5	n.s.	2,4 $\pm$ 0,5	2,5 $\pm$ 0,5	n.s.
Velocità media Curvilinea (mm/s)	17 $\pm$ 4,4	19 $\pm$ 6,2	n.s.	22,9 $\pm$ 4,9	30,4 $\pm$ 6,3	< 0,0004
Velocità media Orizzontale (mm/s)	8,5 $\pm$ 2,2	10,5 $\pm$ 3,7	n.s.	11,7 $\pm$ 2,4	17,4 $\pm$ 4,2	< 0,0001
Velocità media Verticale (mm/s)	12,4 $\pm$ 3,6	13,1 $\pm$ 4,3	n.s.	16,4 $\pm$ 4	20,2 $\pm$ 4,3	< 0,005
Velocità media di picco Curvilinea (mm/s)	27,1 $\pm$ 6,6	27,9 $\pm$ 8,5	n.s.	35,6 $\pm$ 6,8	43,9 $\pm$ 7,9	< 0,004
Velocità media di picco Orizzontale (mm/s)	15,9 $\pm$ 3,8	18,5 $\pm$ 6,4	n.s.	21,9 $\pm$ 4,1	31,1 $\pm$ 7,3	< 0,0001

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Velocità media di picco Verticale (mm/s)	23,3±6,3	23,3±7,3	n.s.	30,5±6,9	36±7	< 0,02
Lunghezza media Orizzontale (mm)	4,7±6,4	2,4±1,8	n.s.	3,9±4,1	2,9±2,3	n.s.
Lunghezza media Verticale (mm)	1,3±0,3	1,4±0,4	n.s.	1,6±0,3	1,9±0,4	< 0,003

n.s. – non significativo.

La lunghezza media degli stroke è simile in entrambi i gruppi per entrambi i test. Tuttavia, il gruppo PI impiega meno tempo rispetto CE per realizzarli. Migliori performance in termini di velocità sono maggiormente evidenti nel test F, dove il gruppo PI è significativamente più veloce (minore durata media degli stroke) del gruppo CE.

L'analisi PCA è stata realizzata separatamente sui dati acquisiti in modalità accurata e veloce, prima utilizzando tutti i parametri cinematici e successivamente utilizzando solo quelli selezionati mediante regressione stepwise. In Figura 23 e Figura 23 sono mostrati gli score plots per le prime due componenti principali calcolati rispettivamente per il test accurato e veloce.

analisi  
PCA

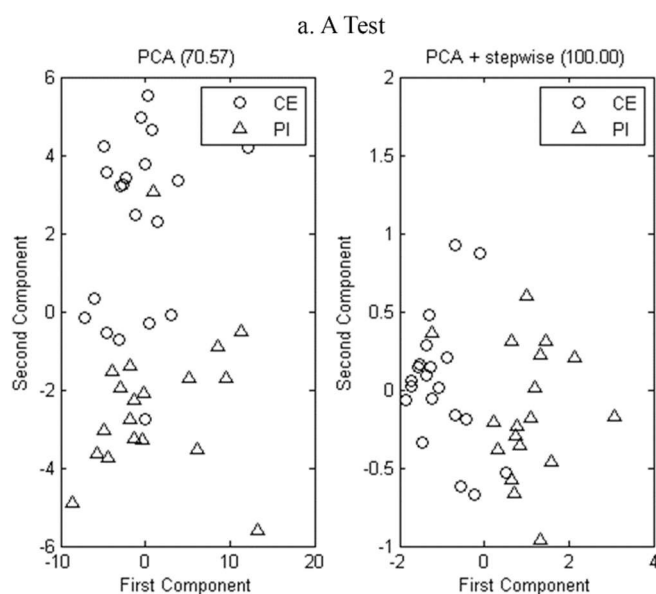


Figura 22. Loading PCA plot ottenuto per il test A usando prima tutti i parametri cinematici e dopo solo quelli selezionati dalla stepwise regression.

Nel test A, considerando tutti i parametri cinematici, la PCA mostra che le prime due componenti hanno una varianza spiegata associata pari al 70.57%, che incrementa al 100% considerando solo i parametri più significativi identificati mediante stepwise regression: intera durata staccata e numero di componenti.

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

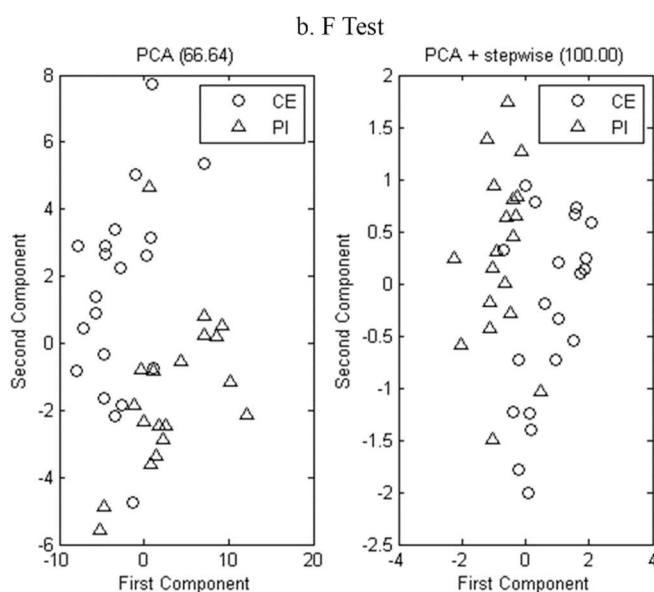


Figura 23. Loading PCA plot ottenuto per il test F usando prima tutti i parametri cinematici e dopo solo quelli selezionati dalla stepwise regression.

Nel test F, i parametri selezionati mediante stepwise regression sono il numero di componenti e la velocità orizzontale media che, anche in questo caso, attraverso la PCA mostrano una varianza spiegata associata del 100%, contro il 66.64% ottenuto considerando i parametri cinematici nel loro complesso.

Per l'analisi qualitativa, ogni parametro della scala di valutazione è stato calcolato mediando i punteggi di errore dati da tutti gli esperti del gruppo di valutazione. La variabilità dei punteggi assegnati nel gruppo di valutazione per ogni parametro (deviazione standard) si è dimostrata essere inferiore all'1% rispetto il numero massimo degli errori conteggiabili per lo specifico parametro.

La Tabella 24 mostra media e deviazione standard per ogni parametro qualitativo calcolato nei due test per le due diverse scuole. La colonna p-value indica la significatività della differenza tra i valori dei due gruppi.

inter-rater  
variability

risultati  
qualitativi

Tabella 24. Media  $\pm$  1SD dei parametri qualitativi calcolati per entrambi i test in entrambi i gruppi in quinta elementare

Parametro	A Test			F Test		
	CE	PI	p-value	CE	PI	p-value
<b>S1. Postura</b>	0,4 $\pm$ 0,6	0,9 $\pm$ 0,5	< <b>0,003</b>	0,4 $\pm$ 0,6	0,9 $\pm$ 0,5	< <b>0,003</b>
<b>S2. Impugnatura</b>	1,5 $\pm$ 1,1	2,7 $\pm$ 1,3	< <b>0,005</b>	1,5 $\pm$ 1,1	2,7 $\pm$ 1,3	< <b>0,005</b>
<b>S3. Spazio grafico del foglio</b>	0,1 $\pm$ 0,5	0,2 $\pm$ 0,4	n.s.	0,2 $\pm$ 0,5	3,4 $\pm$ 4,6	< <b>0,0001</b>
<b>E3. Variabilità allineamento sinistro</b>	0,1 $\pm$ 0,3	0,1 $\pm$ 0,4	n.s.	0,1 $\pm$ 0,4	1,3 $\pm$ 0,7	< <b>0,0001</b>
<b>E4. Margine destro non rispettato</b>	0 $\pm$ 0	0,1 $\pm$ 0,2	n.s.	0,1 $\pm$ 0,2	0,2 $\pm$ 0,4	n.s.
<b>E5. Spazi irregolari tra le righe</b>	0,1 $\pm$ 0,2	0 $\pm$ 0	n.s.	0 $\pm$ 0	1,9 $\pm$ 4,7	n.s.
<b>S4. Spazio grafico della riga</b>	3,7 $\pm$ 1,3	5 $\pm$ 1,5	< <b>0,007</b>	3,7 $\pm$ 1,2	13,2 $\pm$ 4,5	< <b>0,0001</b>

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

E6. Spazi irregolari tra parole	0,8±0,9	1,5±1,1	< 0,03	0,7±0,8	0±0	< 0,0001
E7 Collisioni tra lettere	0,1±0,2	0,1±0,1	n.s.	0,2±0,2	2,1±1,5	< 0,0001
E8. Fluttuazioni sulla riga	0±0	0±0	n.s.	0±0,1	0±0	n.s.
E9. Variazione massima di calibro	2,2±0,7	2,8±0,8	< 0,02	2,3±0,9	0,1±0,1	< 0,0001
E10. Errata dimensione della lettera	0,5±0,2	0,6±0,3	n.s.	0,4±0,2	11±4,3	< 0,0001
S5. Recupero allografico	0±0	0±0,1	n.s.	0,1±0,1	0,9±0,5	< 0,0001
E11. Confusione tra lettere simili	0±0	0±0,1	n.s.	0,1±0,1	0,7±0,4	< 0,0001
E12. Confusione sul tipo di carattere	0±0	0±0	n.s.	0±0	0,2±0,3	< 0,004
S6. Percorsi grafo-motori	1,9±1,1	2,8±1,3	< 0,05	2,4±1,3	14,3±5	< 0,0001
E13. Schema grafo-motorio errato	0,8±0,6	1,3±0,7	< 0,02	1±0,8	0±0	< 0,0001
E14. Dismetria nelle lettere	0,3±0,3	0,7±0,5	< 0,008	0,4±0,4	1,4±0,8	< 0,0001
E15. Inesatta legatura tra lettere	0,8±0,6	0,8±0,4	n.s.	0,9±0,6	0,8±0,5	n.s.
E16. Auto correzioni grafemi	0±0,1	0±0	< 0,003	0±0,1	12,1±4,1	< 0,0001
<b>Punteggio totale di errore (TES)</b>	<b>7,6±1,6</b>	<b>11,6±2,3</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>8,2±2</b>	<b>35,4±8,6</b>	<b>&lt; 0,0001</b>

n.s. – non significativo.

Il TES è più alto nel gruppo PI rispetto CE, sia per l'esecuzione del test in modalità veloce che accurata. Confrontando i due test, il gruppo che segue il metodo Terzi (CE) ottiene circa lo stesso TES. Al contrario, il gruppo che segue il metodo tradizionale (PI), mostra un TES significativamente più alto passando alla modalità veloce.

Per meglio capire le specifiche differenze tra i due gruppi, è possibile investigare sui punteggi delle singole sotto aree e relativi sotto criteri. In particolare, per quanto riguarda l'organizzazione degli spazi personale e peri-personale ( $A_1$ ), il gruppo CE mantiene una migliore postura ( $S_1$ ) e impugnatura ( $S_2$ ) rispetto PI. Nella modalità accurata, altre differenze significative tra CE e PI sono presenti nelle aree dello spazio grafico della riga ( $S_4$ ) e dei percorsi grafo-motori ( $S_6$ ): CE presenta spazi più regolari tra le parole ( $E_6$ ), una migliore uniformità nel calibro delle lettere ( $E_9$ ), schemi grafo-motori più corretti ( $E_{13}$ ) e meno dismetria nell'esecuzione della traiettoria delle lettere ( $E_{14}$ ). Nella modalità veloce sono riscontrate ancora più differenze significative a favore del gruppo CE.

Come per l'analisi cinematica, anche per i parametri qualitativi è stata eseguita la PCA. La Figura 25 mostra gli score plot delle prime due componenti per le variabili calcolate nei due test.

Nel test A (Figura 25) la PCA mostra che per l'insieme di tutti i parametri qualitativi le prime due componenti principali hanno una varianza associata spiegata del 33.35% che incrementa al 62.16% considerando solo la selezione tramite stepwise regression dei parametri più significativi: postura e impugnatura insufficiente, spazi irregolari tra le parole e percorsi grafo-motori errati.

analisi  
PCA

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

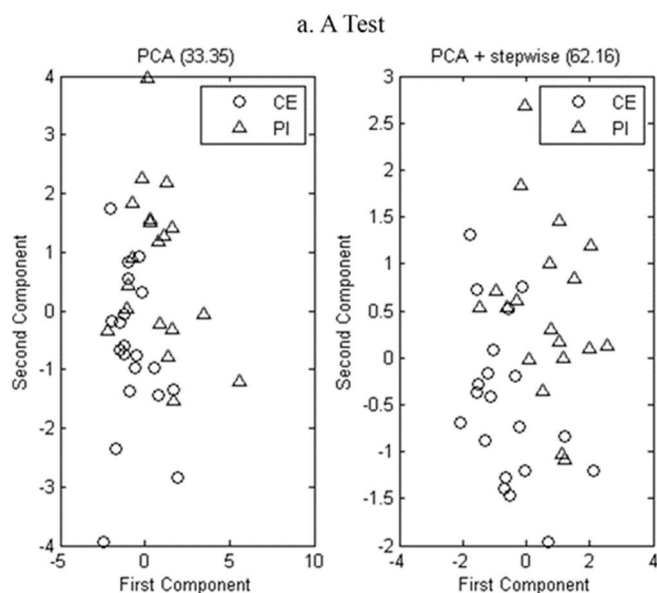


Figura 24. Loading PCA plot ottenuto per il test A usando prima tutti i parametri qualitativi e dopo solo quelli selezionati dalla stepwise regression.

Nel test F (Figura 25) la PCA mostra che per l'insieme di tutti i parametri qualitativi e per la loro selezione più significativa (collisione tra lettere, fluttuazioni sulla riga, variazione massima di calibro, dimensione errata della lettera, percorsi grafo-motori errati e autocorrezioni) le due componenti principali spiegano rispettivamente il 54% e l'80% della varianza.

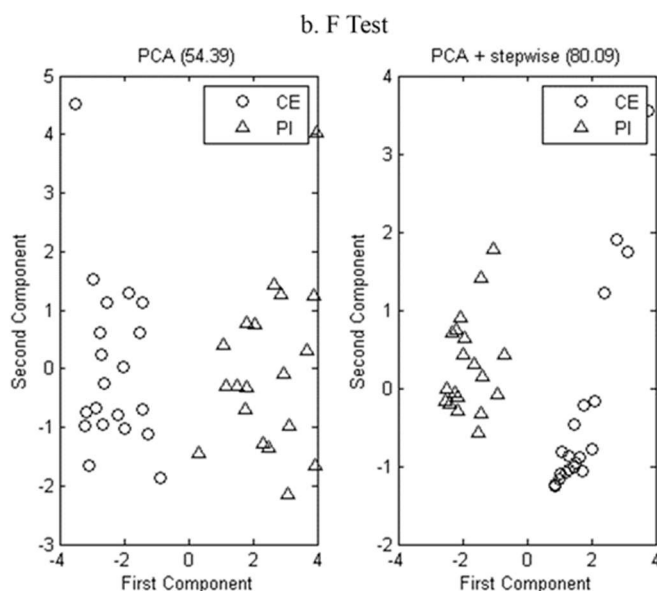


Figura 25. Loading PCA plot ottenuto per il test F usando prima tutti i parametri qualitativi e dopo solo quelli selezionati dalla stepwise regression.

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Rispetto quanto registrato per il metodo tradizionale di insegnamento del corsivo, gli studenti del metodo Terzi mostrano una migliore pianificazione motoria e transazioni nella scrittura più morbide, con meno staccate della penna dal foglio. L'analisi qualitativa, inoltre, mostra che, in caso di scrittura veloce, chi ha appreso il corsivo col metodo Terzi acquisisce un miglior bilanciamento tra velocità ed accuratezza; la modalità appresa è diventata parte integrante dello stile di scrittura, i bambini scrivono con una buona qualità grafica sia se sottoposti allo stress della velocità che dell'accuratezza. Il gruppo di controllo, che ha seguito un metodo tradizionale, commette invece un numero maggiore di errori quando decade l'attenzione nello scrivere con accuratezza. La valutazione della migliore qualità e velocità raggiungibile nella grafia di ogni soggetto è stata possibile grazie alla richiesta di esecuzione dei testi accurato e veloce, che pone il soggetto in due condizioni limite di scrittura.

discussioni

L'analisi cinematica mostra che gli studenti che seguono il metodo tradizionale necessitano di un tempo maggiore per organizzare il corretto percorso grafo-motorio, come giustificato dal numero maggiore di staccate dal foglio e dalla durata maggiore di esecuzione dell'intero test (Tabella 21). Rispetto i pari-classe che seguono il metodo Terzi, inoltre, questi studenti trovano più fatica nel legare insieme le lettere come imposto dalla scrittura corsiva. In un contesto ideale e nelle frasi conclusive del percorso conclusivo della fase calligrafica, scrivendo in corsivo, si dovrebbe registrare una componente per parole; gli studenti del metodo tradizionale, tuttavia, utilizzano una componente per lettera, come se scrivessero in stampato. Anche gli studenti del metodo Terzi fanno registrare un numero inatteso di componenti, comunque migliore rispetto al gruppo di controllo, utilizzandone una ogni due lettere (Tabella 21).

analisi  
cinematica

Le differenze tra i due gruppi sono particolarmente enfatizzate e sottolineate dalle performance degli studenti durante la modalità di scrittura accurata, in cui gli studenti di Cernusco completano il test un tempo significativamente minore rispetto quelli di Pioltello (Tabella 21). Sebbene le velocità non mostrano differenze significative, il minor numero di staccate e la scrittura più fluente permettono agli studenti di Cernusco di essere più veloci rispetto al gruppo di controllo. Tuttavia, durante la modalità veloce, gli studenti di Pioltello incrementano significativamente la loro velocità (sia orizzontalmente che verticalmente) recuperando il tempo perso con la penna sollevata dal foglio.

modalità  
accurata

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

I parametri cinematici registrati per le componenti (Tabella 22) confermano quanto visto per la traccia intera. Gli studenti di Cernusco eseguono componenti con lunghezza e durata doppia rispetto il gruppo di Pioltello, giustificando il maggiore numero di lettere realizzato con una singola componente (scrittura più fluente); l'ipotesi di una dimensione maggiore delle lettere è esclusa vista la dimensione verticale delle componenti simile tra i due gruppi. Gli studenti del Terzi mantengono transizioni più fluenti nella scrittura di entrambi i test ma la loro velocità è confrontabile con quella del gruppo di controllo solo nel test in modalità accurata.

componenti

I parametri cinematici degli stroke (Tabella 23) confermano, a loro volta, quanto visto per le componenti. La lunghezza media degli stroke è simile tra i gruppi nei vari test ma gli studenti che seguono il metodo tradizionale li completano in meno tempo, specialmente nella modalità veloce dove si registra un incremento importante della velocità rispetto la modalità accurata e rispetto l'incremento registrato per gli studenti del Terzi.

stroke

L'analisi stepwise, applicata ai parametri cinematici, conferma quanto evidenziato dall'analisi cinematica mettendo in risalto: la durata totale con la penna sollevata dal foglio ed il numero di componenti per il test accurato; il numero di componenti con la velocità orizzontale media delle stesse per il test veloce. La PCA applicata a questi parametri (Figura 23) mostra per entrambi i test che le prime due componenti spiegano la totale varianza tra gli studenti.

analisi  
PCA

La consistenza dell'analisi qualitativa, confermata da una variabilità tra i valutatori inferiore all'1%, dimostra una buona standardizzazione e definizione del protocollo valutativo. Questa valutazione ha mostrato differenze significative nel comportamento dei due gruppi: Il gruppo di Cernusco commette significativamente meno errori (minore TES) rispetto il gruppo di Pioltello in entrambi i test (Tabella 24). Inoltre, la classe del metodo Terzi mantiene all'incirca la stessa qualità passando dalla modalità accurata a quella veloce, a differenza del gruppo di controllo che incrementa significativamente il numero di errori commessi. La postura e l'impugnatura risultano non subire variazione tra i test, mostrando punteggi migliori per il gruppo di Cernusco. Nel test accurato differenze significative tra i gruppi riguardano anche le sottoaree dello spazio grafico del foglio e dei pattern grafo-motori a favore degli studenti di Cernusco. Nel test veloce, la classe di Pioltello produce un punteggio degli errori in tutte le sottoaree del modello (Figura 16) tre volte più grande rispetto lo stesso

analisi  
qualitativa



## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

punteggio ottenuto durante la modalità accurata. La classe del metodo Terzi, invece, mantiene circa lo stesso punteggio tra le due modalità (Tabella 24). Queste differenze tra i test fanno sì che nella modalità veloce gli errori significativi per il gruppo di controllo coinvolgono anche lo spazio grafico della riga ed il recupero allografico.

L'analisi PCA, eseguita sui parametri qualitativi mostra che, quando viene chiesto agli studenti di eseguire il test nel modo più accurato possibile, non sono evidenti differenze significative tra i gruppi (Figura 24); al contrario, quando viene chiesto di scrivere il più velocemente possibile, la distinzione tra i due gruppi risulta essere più evidente (Figura 25).

analisi  
PCA

I risultati qualitativi risultano essere concordanti con quelli cinematici evidenziando importanti caratteristiche della grafia in relazione al particolare metodo di insegnamento seguito. Nel nostro caso, entrambi i test suggeriscono che gli studenti del metodo Terzi hanno automatizzato in modo migliore i processi grafo-motori e riescono a legare meglio le lettere tra loro, producendo una scrittura più leggibile e accurata rispetto i pariclasse che seguono l'approccio tradizionale. Il gruppo di Cernusco, che ha seguito la metodologia Terzi, finisce i test in un tempo inferiore rispetto la classe di controllo, facendo meno errori. Il gruppo di Pioltello, pur mostrando velocità maggiori con la punta della penna sul foglio, perde il suo vantaggio facendo staccate più numerose e più lunghe, sia tra una componente e l'altra che nel ritorno a capo. Inoltre, l'incremento della velocità fa perdere di precisione il gruppo di controllo che quindi peggiora la qualità del proprio elaborato. Questi risultati suggeriscono un migliore bilanciamento tra accuratezza e velocità a favore degli studenti sottoposti all'approccio di insegnamento del corsivo di Ida Terzi.

conclusioni

Le caratteristiche del metodo di insegnamento Terzi rispondono alle linee guida del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR – Decreto N.5669 del 12/07/2011) riguardante il diritto all'educazione dei bambini con disturbi specifici dell'apprendimento [105], compreso le disgrafie. A tale proposito, le indicazioni sottolineano che il segno grafico della scrittura "viene costruito mediante una pluralità ed una complessità di atti che portano alla raffigurazione di una immagine mentale... La forma grafica deve essere ben percepita e ricreata con la fantasia immaginativa del bambino, meglio se sperimentata attraverso il corpo (per es. fatta tracciare sul pavimento

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

camminando o in aria con le mani) per poi chiedere di disegnare qual segno sul foglio”.

Il Metodo Terzi, col suo modello teorico di riferimento (embodied cognition) e la particolare modalità di proposta, considera il corpo e la sua azione negli spazi come uno strumento attivo per l'apprendimento, capace di creare, attraverso il movimento consapevole, la corretta rappresentazione mentale (visuo-motoria e visuo-spaziale) delle lettere e della scrittura in corsivo. I risultati trovati dimostrano l'efficacia di questo approccio all'insegnamento del corsivo, promuovendo questo metodo come un valido supporto per la prevenzione alla disgrafia.

#### 5.2.5 Follow-up

Lo studio, come visto, ha seguito lo sviluppo dell'apprendimento della scrittura in corsivo dalla seconda elementare alla quinta di due classi che seguono due diversi approcci di insegnamento: CE connesso all'approccio sperimentale Terzi e PI relativo all'approccio tradizionale come gruppo di controllo.

Si tratta di una valutazione prettamente connessa all'apprendimento della scrittura da parte dei due gruppi analizzando le differenze tra i due differenti metodi seguiti e come si evolvono i parametri cinematici e qualitativi all'interno di ogni singolo gruppo nel corso degli anni. Quest'ultimo paragrafo si occupa proprio di mostrare come si evolvono i parametri per i singoli gruppi, CE e PI, evidenziandone le significatività delle differenze tra i vari anni.

Le differenze dovute all'apprendimento e allo sviluppo dei soggetti che hanno seguito un ben preciso metodo di insegnamento sono state valutate attraverso il Wilcoxon test per campioni accoppiati, eseguito tra tutte le coppie degli anni analizzati. Di seguito verranno analizzate le differenze dei parametri cinematici, relativi all'intera traccia scritta e le sue componenti e stroke, e dei parametri qualitativi prima del gruppo sperimentale CE e successivamente del gruppo di controllo PI.

Tabella 25. significatività delle differenze dei vari parametri cinematici relativi alla traccia intera, registrati per la classe di Cernusco con la scolarizzazione

CE: intera traccia	2 <sup>a</sup> vs3 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		4 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
Durata (s)	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Lung. (cm)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0002	<0.001	<0.0001	<0.0007
VmC (mm/s)	<0.0001	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.02	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0006	<0.0001	<0.0004

Cernusco,  
Metodo Terzi

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

<b>VmX (mm/s)</b>	<0.0002	n.s.	<0.0002	n.s.	n.s.	<0.02	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.003	<0.0001	<0.003
<b>VmY (mm/s)</b>	<0.0001	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.04	n.s.	n.s.	<0.0002	<0.002	<0.0001	<0.0009
<b>D stac. (s)</b>	n.s.	<0.0005	n.s.	<0.0006	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<b>#Comp</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>#Stroke</b>	<0.003	<0.0001	<0.008	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<b>Dm stac. (ms)</b>	n.s.	<0.002	n.s.	<0.004	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<b>Dm capo (s)</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<b>#L/cm</b>	<0.006	<0.006	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.05	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<b>#S/#L</b>	<0.0004	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Lung: lunghezza tracciato; Vm[C,X,Y]: velocità medie; D stac: durata totale staccate; Dm stac: durata media staccata; Dm capo: durata media ritorno a capo; #C,#S,#L: numero componenti, stroke e lettere; n.s. non significativo (p-value $\geq$ 0.05).

Da questa tabella, insieme a Tabella 9, Tabella 13, In quarta elementare vengono riconfermati i risultati visti in terza. La classe di Pioltello finisce prima l'esecuzione del testo in entrambi i task di scrittura grazie ad una velocità maggiore e ad una durata più breve delle staccate (Tabella 17). Questa volta il tempo impiegato per il ritorno a capo risulta essere significativo solo nella modalità veloce. Cernusco, in compenso, mantiene una minore frammentazione del tratto, riuscendo a limitare il numero di staccate ed utilizzando un'unica componente per due lettere, a differenza di Pioltello che raddoppia le staccate, utilizzando una componente per lettera. Malgrado un numero maggiore di staccate, la maggiore rapidità a riabbassare la penna da parte dei ragazzi di Pioltello, fa sì che il tempo con la penna staccata dal foglio sia uguale al gruppo di Cernusco. Come visto per la terza elementare, anche in questo caso il gruppo del metodo tradizionale, pur utilizzando un numero maggiore di componenti e quindi eseguendo più sollevamenti della penna dal foglio, mostra un tratto più fluido con la penna sul foglio, eseguendo un numero minore di stroke e quindi facendo registrare meno minimi di velocità.

Tabella 17 e Tabella 21 che riportano medie e deviazioni standard dei vari parametri cinematici relativi allo studio dell'intera traccia scritta registrati nei diversi anni, si può apprezzare l'evoluzione dei parametri cinematici con la scolarizzazione che sembra trovare una stabilizzazione tra la 3<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup>, in cui varia solo la lunghezza lungo il tracciato, per poi riprendere con l'ultima classe delle elementari. In generale si può apprezzare una diminuzione della lunghezza e della durata totale della traccia scritta, una diminuzione del numero di stroke per lettera e del numero di lettere per centimetro, come prevedibile col normale andamento della scolarità.

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

La durata del test diminuisce non significativamente in entrambe le modalità dalla 2<sup>a</sup> alla 3<sup>a</sup>, trova una stabilizzazione in 4<sup>a</sup>, per poi dimezzarsi in 5<sup>a</sup> conseguentemente al dimezzamento della durata media e totale delle staccate, interessate da una non significativa diminuzione dalla 2<sup>a</sup> alla 4<sup>a</sup>. Anche il ritorno a capo sembra influire sulla durata complessiva del test: in 5<sup>a</sup>, per entrambi i test, viene registrato un dimezzamento di questo valore che fino all'anno precedente non aveva mostrato differenze significative.

Si nota uno strano andamento della velocità lungo il tracciato (VmC) e lungo le due assi del piano di scrittura (VmX e VmY) che diminuisce dalla 2<sup>a</sup> alla 3<sup>a</sup>, per poi aumentare significativamente in 5<sup>a</sup>. È proprio quest'ultimo anno ad evidenziare un importante incremento della velocità per il gruppo CE, specialmente per la modalità di scrittura veloce (Test F). La velocità aumenta solo in 5<sup>a</sup> ma nel corso degli anni è sempre più fluida nel tratto, come evidenziato dal decrescente numero di stroke. In particolare, il numero di stroke per lettera diminuisce di anno in anno, in particolare in 5<sup>a</sup>, dove rispetto quanto registrato in 2<sup>a</sup> questo valore risulta più che dimezzato.

A rimanere costante negli anni è invece il numero di componenti, legato al grado di frammentazione della grafia, che per il gruppo di Cernusco è sin dalla 2<sup>a</sup> elementare vicino al numero di componenti minime previste per la scrittura in corsivo.

Tabella 26. significatività delle differenze dei vari parametri cinematici relativi alle componenti, registrati per la classe di Cernusco con la scolarizzazione

componenti CE

CE: componenti	2 <sup>a</sup> vs3 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		4 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
Dm (s)	<0.003	<0.0003	<0.07	<0.0003	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Lm (mm)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0002	<0.002	<0.0008	<0.0008	<0.0005
VmC (mm/s)	<0.0002	n.s.	<0.0002	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0002	<0.0003	<0.007	<0.0002	<0.004
VmX (mm/s)	<0.0003	n.s.	<0.0003	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.002	<0.007	<0.001	<0.004
VmY (mm/s)	<0.0002	n.s.	<0.0002	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.01	<0.0001	<0.006
VpC (mm/s)	<0.0003	n.s.	<0.0003	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.009	<0.002	n.s.	<0.0008	n.s.
VpX (mm/s)	<0.0003	n.s.	<0.0002	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.007	n.s.	<0.004	n.s.
VpY (mm/s)	<0.0002	n.s.	<0.0002	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0003	n.s.	<0.0002	n.s.
LmX (mm)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.001	n.s.	<0.003	<0.002	<0.002	<0.001
LmY (mm)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0005	<0.002	<0.0003	<0.002

Dm: durata media; Lm[X,Y]: lunghezza media; Vm[C,X,Y]: velocità medie; Vp[C,X,Y]: velocità di picco medie; n.s. non significativo (p-value ≥ 0.05).

In accordo con quanto visto per la traccia intera, anche per le componenti (Tabella 26) si può apprezzare lo stesso andamento delle velocità: una

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

diminuzione della velocità di scrittura dopo il primo anno di insegnamento del corsivo che trova un nuovo massimo alla fine della 5<sup>a</sup> classe, valore prossimo alla velocità registrato in 2<sup>a</sup>. Con la scolarizzazione si può notare, invece, una naturale diminuzione della durata e della lunghezza delle componenti, in tutte e tre le direzioni considerate.

Gli stroke (Tabella 27), invece, fanno notare un interessante comportamento nel corso degli anni. L'andamento della velocità lungo la curva è coerente a quanto visto con componenti e traccia intera, la loro durata media tuttavia, diminuisce significativamente solo in 5<sup>a</sup>. La lunghezza media curvilinea e verticale ha una significativa riduzione dalla 2<sup>a</sup> alla 4<sup>a</sup>, per poi ritornare in 5<sup>a</sup> a valori prossimi a quelli della 2<sup>a</sup>. A rimanere invariata con la scolarizzazione, è la lunghezza media orizzontale degli stroke.

stroke CE

Tabella 27. significatività delle differenze dei vari parametri cinematici relativi agli stroke, registrati per la classe di Cernusco con la scolarizzazione

CE: stroke	2 <sup>a</sup> vs3 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		4 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
Dm (s)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0003	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0003	<0.0005	<0.0002	<0.0003
Lm (mm)	<0.0001	<0.002	<0.0001	<0.002	n.s.	<0.008	<0.004	n.s.	<0.001	n.s.	<0.0006	n.s.
VmC (mm/s)	<0.0001	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.04	<0.008	n.s.	<0.006	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0006
VmX (mm/s)	<0.0002	n.s.	<0.0002	n.s.	n.s.	<0.02	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.003	<0.0001	<0.002
VmY (mm/s)	<0.0001	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.01	n.s.	n.s.	<0.0002	<0.004	<0.0001	<0.002
VpC (mm/s)	<0.0001	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.03	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.005	<0.0001	<0.003
VpX (mm/s)	<0.0003	n.s.	<0.0002	n.s.	<0.02	<0.007	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.005	<0.0001	<0.003
VpY (mm/s)	<0.0001	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.05	<0.02	n.s.	n.s.	<0.0002	<0.007	<0.0001	<0.004
LmX (mm)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
LmY (mm)	<0.0007	<0.02	<0.0004	<0.02	n.s.	n.s.	<0.02	n.s.	<0.009	n.s.	<0.006	n.s.

Dm: durata media; Lm[X,Y]: lunghezza media; Vm[C,X,Y]: velocità medie; Vp[C,X,Y]: velocità di picco medie; n.s. non significativo (p-value $\geq$ 0.05).

L'analisi dei parametri qualitativi (Tabella 28) fa notare come i ragazzi di Cernusco mantengono negli anni diverse caratteristiche qualitative: postura (S1), allineamento sinistro (E3), spazio tra righe (E5), schema grafo-motorio (E13), legature tra lettere (E15) e l'intera area dello spazio grafico della riga (S4).

qualità CE

Come visto per l'analisi cinematica, anche in questo caso non vi sono differenze significative tra 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup>. La 3<sup>a</sup> elementare sembra essere un anno importante per la qualità: da quest'anno si registra un miglioramento degli errori inerenti le fluttuazioni sulla riga (E8), le dimensioni della lettera (E10), la confusione sul tipo di carattere (E12) e l'autocorrezione dei grafemi (E16) che rimarranno costanti da qui fino all'ultimo anno. Sempre in 3<sup>a</sup> migliora il numero

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

di collisioni tra lettere (E7) che però peggiora in 5<sup>a</sup>. Solo la variazione massima di calibro (E9) peggiora in 3<sup>a</sup> rispetto la 2<sup>a</sup> elementare, per poi permanere così.

Tabella 28. significatività delle differenze dei vari parametri qualitativi, registrati per la classe di Cernusco con la scolarizzazione

CE	2 <sup>a</sup> vs3 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		4 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
S1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
S2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.005	<0.005	n.s.	n.s.	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
S3	n.s.	<0.002	n.s.	<0.002	n.s.	<0.006	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E4	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.002	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
S4	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.003	<0.004	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E7	<0.04	<0.008	<0.04	<0.008	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005
E8	<0.002	<0.0001	<0.002	<0.0001	<0.007	<0.003	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E9	<0.004	n.s.	<0.004	n.s.	<0.002	<0.05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E10	<0.0002	<0.0001	<0.0002	<0.0001	<0.0007	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
S5	n.s.	<0.0005	n.s.	<0.0005	<0.01	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.01	n.s.	<0.01
E11	n.s.	<0.04	n.s.	<0.04	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.01	n.s.	<0.01
E12	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.002	<0.001	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
S6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.05	n.s.	n.s.	n.s.	<0.04	n.s.	<0.04
E13	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E14	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.002	<0.002	n.s.	n.s.	<0.0007	<0.0003	<0.0007	<0.0003
E15	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E16	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.0005	<0.008	<0.0003	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
TES	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. non significativo (p-value≥0.05).

L'ultimo anno, qualitativamente parlando, non è importante come dal punto di vista cinematico. Tuttavia in 5<sup>a</sup> si nota un miglioramento dell'impugnatura (S2) ed una diminuzione delle dismetrie nelle lettere (E14).

A parte queste differenze locali, in generale, non vi sono differenze significative nel punteggio totale di errore (TES) col passare degli anni, sin da subito i ragazzi di Cernusco mostrano una buona qualità del prodotto scritto.

Passiamo ora ad analizzare la scuola di Pioltello, dove è stato insegnato il corsivo col metodo tradizionale.

I parametri cinematici relativi alla traccia intera (Tabella 29) mostrano, per la scuola di Pioltello, un andamento più lineare con la scolarizzazione: la durata e la lunghezza della traccia scritta diminuiscono dalla 2<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup>, così come il numero di componenti, di stroke, di stroke per lettera, la durata totale delle

Pioltello,  
Metodo  
tradizionale

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

staccate. Anche la durata media delle staccate e dei ritorni a capo diminuiscono ma mostrano differenze significative solo nel test Veloce.

Tabella 29. significatività delle differenze dei vari parametri cinematici relativi alla traccia intera, registrati per la classe di Pioltello con la scolarizzazione

PI: intera traccia	2 <sup>a</sup> vs3 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		4 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
Durata (s)	<0.0005	<0.0004	<0.0001	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0003	<0.0001	<0.0003	<0.0001
Lung. (cm)	<0.0004	<0.0004	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
VmC (mm/s)	n.s.	<0.006	n.s.	<0.02	n.s.	<0.0003	<0.02	<0.008	<0.02	<0.002	<0.02	<0.002
VmX (mm/s)	n.s.	<0.005	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0004	n.s.	n.s.	n.s.	<0.006	n.s.	<0.006
VmY (mm/s)	n.s.	<0.03	n.s.	<0.03	n.s.	<0.0009	<0.03	<0.02	<0.02	<0.002	<0.02	<0.0011
D.stac. (s)	<0.002	<0.0004	0.0015	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0003	<0.0001	<0.0003	<0.0001
#Comp	<0.05	<0.04	n.s.	n.s.	<0.0002	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.007	<0.0005	<0.007	<0.0005
#Stroke	<0.0006	<0.0004	0.0002	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0008	<0.0002	<0.0008	<0.0002
Dm stac. (ms)	n.s.	<0.0004	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Dm capo (s)	n.s.	<0.001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.03	n.s.	<0.03
#L/cm	<0.006	<0.007	0.0001	n.s.	<0.04	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
#S/#L	<0.0005	<0.0004	0.0001	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Lung: lunghezza tracciato; Vm[C,X,Y]: velocità medie; D stac: durata totale staccate; Dm stac: durata media staccata; Dm capo: durata media ritorno a capo; #C,#S,#L: numero componenti, stroke e lettere; n.s. non significativo (p-value≥0.05).

La velocità, curvilinea come quella orizzontale e verticale, crescono dalla 2<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup> ma solo per il test Veloce, le variazioni di velocità per il test Accurato non risultano variare in modo significativo con la scolarizzazione. Il numero di lettere varia significativamente in 3<sup>a</sup> portandosi al valore atteso (108 lettere), in 2<sup>a</sup> evidentemente gli studenti facevano più errori di omissioni di lettere.

Anche per Pioltello si può apprezzare una certa situazione di stazionarietà tra le performance della 3<sup>a</sup> e della 4<sup>a</sup> elementare.

Tabella 30. significatività delle differenze dei vari parametri cinematici relativi alle componenti, registrati per la classe di Pioltello con la scolarizzazione

PI: componenti	2 <sup>a</sup> vs3 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		4 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
Dm (ms)	<0.0008	<0.0004	<0.0003	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.03	<0.01	<0.03	<0.01
Lm (mm)	<0.0004	<0.0005	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
VmC (mm/s)	<0.03	n.s.	<0.05	<0.002	n.s.	<0.002	<0.002	<0.0003	<0.04	<0.004	<0.04	<0.004
VmX (mm/s)	n.s.	<0.05	n.s.	n.s.	n.s.	<0.002	n.s.	n.s.	<0.03	<0.009	<0.03	<0.009
VmY (mm/s)	<0.02	n.s.	<0.02	n.s.	n.s.	<0.02	n.s.	n.s.	n.s.	<0.005	n.s.	<0.005
VpC (mm/s)	<0.002	n.s.	<0.0006	<0.002	<0.04	<0.005	<0.002	<0.003	n.s.	<0.006	n.s.	<0.006
VpX (mm/s)	<0.006	n.s.	<0.007	n.s.	n.s.	<0.04	n.s.	n.s.	n.s.	<0.009	n.s.	<0.009
VpY (mm/s)	<0.002	n.s.	<0.0009	<0.02	<0.03	<0.03	<0.02	n.s.	n.s.	<0.005	n.s.	<0.005
LmX (mm)	<0.0004	<0.0006	<0.0001	n.s.	<0.0001	<0.0003	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
LmY (mm)	<0.0004	<0.0004	<0.0001	<0.008	<0.0001	<0.0001	<0.008	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

componenti PI

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

Dm: durata media; Lm[X,Y]: lunghezza media; Vm[C,X,Y]: velocità medie; Vp[C,X,Y]: velocità di picco medie; n.s. non significativo (p-value $\geq$ 0.05).

Le componenti (Tabella 30) mostrano un assestamento delle lunghezze (curvilinea, e nelle due direzioni del piano di scrittura) sin dalla 3<sup>a</sup>, diminuiscono rispetto quelle registrate il primo anno e tendono a rimanere costanti fino all'ultimo anno. La durata media delle componenti invece continua a diminuire dalla 2<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup>, mostrando stazionarietà solo tra il 3° e 4° anno.

Le velocità medie aumentano dalla 2<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup> solo nel test Veloce, mentre nel test Accurato rallentano in 3<sup>a</sup> per poi risalire in 5<sup>a</sup>, con valori prossimi a quelli iniziali. Le velocità di picco diminuiscono nel test Accurato, rispetto quanto registrato il primo anno (in 2<sup>a</sup> elementare), fino all'ultimo anno. Per il test veloce invece aumentano dalla 4<sup>a</sup>.

Tabella 31. significatività delle differenze dei vari parametri cinematici relativi agli stroke, registrati per la classe di Pioltello con la scolarizzazione

PI: stroke	2 <sup>a</sup> vs3 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		4 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
Dm (ms)	<0.006	<0.0004	<0.002	n.s.	<0.0004	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.004	n.s.	<0.004
Lm (mm)	<0.004	<0.003	<0.0009	n.s.	<0.05	n.s.	n.s.	n.s.	<0.04	<0.02	<0.04	<0.02
VmC (mm/s)	n.s.	<0.007	n.s.	0.0008	n.s.	<0.0004	0.0008	<0.005	<0.02	<0.002	<0.02	<0.002
VmX (mm/s)	n.s.	<0.005	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0004	n.s.	n.s.	n.s.	<0.004	n.s.	<0.004
VmY (mm/s)	n.s.	<0.03	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0009	n.s.	n.s.	<0.03	<0.002	<0.03	<0.002
VpC (mm/s)	n.s.	<0.008	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0004	n.s.	<0.02	<0.04	<0.003	<0.04	<0.003
VpX (mm/s)	n.s.	<0.003	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0003	n.s.	n.s.	<0.05	<0.003	<0.05	<0.003
VpY (mm/s)	n.s.	<0.01	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0009	n.s.	n.s.	<0.03	<0.002	<0.03	<0.002
LmX (mm)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
LmY (mm)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Dm: durata media; Lm[X,Y]: lunghezza media; Vm[C,X,Y]: velocità medie; Vp[C,X,Y]: velocità di picco medie; n.s. non significativo (p-value $\geq$ 0.05).

Per gli stroke (Tabella 31) si nota una coerenza delle lunghezze orizzontali e verticali dal primo all'ultimo anno di acquisizione. Anche per le velocità medie e di picco non vengono registrate variazioni significative, ma solo per il test Accurato. In modalità veloce il gruppo di Pioltello incrementa le velocità anche nei singoli stroke. La durata media degli stroke risulta comunque diminuire dalla 2<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup> per entrambi i test, ad eccezione del solito assestamento tra la 3<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup>. La lunghezza curvilinea media risulta diminuire in 3<sup>a</sup>, rispetto la seconda in modo significativo per entrambi i test, riportandosi però ai valori iniziali il 5° anno.

A parte le similarità tra il 3° e 4° anno si notano differenze significative anche da un punto di vista qualitativo (Tabella 32). In generale, osservando il TES, si può

stroke PI

qualità PI



## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

apprezzare un miglioramento della qualità tra la 2<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup> che peggiora però in 5<sup>a</sup>, in corrispondenza del test veloce.

Tabella 32. significatività delle differenze dei vari parametri qualitativi, registrati per la classe di Cernusco con la scolarizzazione

PI	2 <sup>a</sup> vs3 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs4 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>		4 <sup>a</sup> vs5 <sup>a</sup>	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
S1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
S2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
S3	<0.002	<0.008	<0.002	<0.007	<0.004	<0.002	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0002	n.s.	<0.0002
E3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0002	n.s.	<0.0002
E4	<0.002	<0.008	<0.002	<0.007	<0.0005	<0.02	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
S4	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0002	n.s.	<0.0002
E6	<0.04	<0.03	<0.04	<0.03	<0.002	<0.001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0002	n.s.	<0.0002
E7	<0.05	<0.02	<0.04	<0.008	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.0001
E8	<0.002	<0.0001	<0.002	0.0001	<0.0004	<0.006	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
E9	n.s.	<0.008	n.s.	0.0097	<0.02	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.0001
E10	<0.003	n.s.	<0.003	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.005	<0.0001	<0.005	<0.0001
S5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.05	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.0001
E11	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0002	n.s.	<0.0002
E12	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.04	n.s.	n.s.	n.s.	<0.02	n.s.	<0.02
S6	<0.003	n.s.	<0.003	n.s.	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.007	<0.0001	<0.007	<0.0001
E13	<0.0004	<0.03	<0.0004	<0.03	<0.003	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.0001
E14	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.007	n.s.	n.s.	n.s.	<0.005	n.s.	<0.005	n.s.
E15	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.007	<0.0009	n.s.	n.s.	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
E16	<0.004	<0.02	<0.004	<0.02	<0.002	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.004	<0.0001	<0.004	<0.0001
TES	<0.002	n.s.	<0.002	n.s.	<0.005	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	n.s.	<0.0001

n.s. non significativo (p-value $\geq$ 0.05).

Scendendo nel dettaglio, in 3<sup>a</sup> si ha un miglioramento nelle macro-aree dello spazio grafico del foglio (S3), dovuta in particolare da una maggior precisione nel rispettare il margine destro (E4), e dei percorsi grafo-motori (S6), dovuti ad un miglioramento degli schemi grafo-motori (E13) e delle autocorrezioni dei grafemi (E16). Sempre in 3<sup>a</sup> vi sono differenze significative all'interno dello spazio grafico della riga (S4) che però si compensano tra loro non mostrando differenze significative a livello di macro-area: diminuiscono le collisioni tra lettera (E7), le fluttuazioni sulla riga (E8) e l'errata dimensione delle lettere (E10) ma incrementano gli spazi irregolari tra le parole (E6) e le variazioni massime di calibro (E9).

In 5<sup>a</sup>, sembrano perdersi nella modalità veloce, i progressi fatti in 3<sup>a</sup>: Peggiora l'area dei percorsi grafo-motori (S6), incrementando notevolmente il numero di autocorrezioni dei grafemi (E16), e dello spazio grafico del foglio (S3),

## 5 Apprendimento del corsivo

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

peggiorando la variabilità dell'allineamento sinistro (E3). Sempre in modalità veloce si introducono differenze significative tra: gli errori dello spazio grafico della riga (S4) dove, pur migliorando gli spazi irregolari tra le parole (E6) e le variazioni massime di calibro (E9), incrementa notevolmente il numero di collisioni tra lettere (E7) e le dimensioni errate delle lettere (E10); e gli errori nell'area del recupero allografico (S5), dove aumentano le confusioni tra lettere simili visuospatialmente (E11) e sul tipo di carattere (E12).

In 5<sup>a</sup>, a prescindere dal test eseguito, peggiorano anche la postura (S1) e l'impugnatura (S2). A migliorare sembrano essere solo i minori errori legati alle dismetrie nelle lettere (E14) e l'inesatta legatura tra le lettere (E15).

I risultati visti fino ad ora hanno messo a confronto le prestazioni degli studenti della scuola elementare di Cernusco con quella di Pioltello, anno per anno, e confrontando gli stessi risultati all'interno di ogni singola classe, considerando l'intero follow-up dalla 2<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup> elementare. Questo ha permesso di individuare i progressi degli studenti dovuti al metodo di insegnamento da quelli dovuti dalla maturazione dei soggetti, processi non del tutto scorrelati tra loro.

Con la scolarizzazione, a prescindere dal metodo di insegnamento seguito, si osserva: una riduzione del calibro (la lunghezza del tratto si dimezza e raddoppia il numero di lettere per centimetro), fattore condizionato dal passaggio a righe del foglio via via sempre più piccole; un miglioramento nella fluidità dei movimenti nella costruzione delle lettere, dimostrato da un numero di stroke e di stroke/lettera anch'esso dimezzato; dimezzamento della durata dell'esercizio. Queste importanti riduzioni non avvengono tuttavia in modo lineare dalla seconda alla quinta. Il numero di stroke e di stroke/lettera trovano una significativa riduzione dalla 2<sup>a</sup> alla 3<sup>a</sup>, rimangono invariati fino alla 4<sup>a</sup>, per poi diminuire ancora in 5<sup>a</sup> per entrambi i gruppi. La riduzione del calibro diminuisce più linearmente nel gruppo di Cernusco, mentre nel gruppo di Pioltello diminuisce bruscamente in 3<sup>a</sup> variando leggermente fino in 5<sup>a</sup>, questo a dimostrazione del fatto che il metodo tradizionale pone sin da subito i bambini di fronte alla necessità di ridurre la dimensione della scrittura, il metodo Terzi invece necessita un costante riadattamento degli schemi visuo-motori ai nuovi spazi della riga disponibili, anno per anno. La durata del task diminuisce anch'essa con un plateau tra la 3<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup> ma il suo andamento è relazionato a diversi fattori in base al metodo di insegnamento seguito: il gruppo del metodo

discussioni

## 5 Apprendimento del corsivo

---

### 5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo

tradizionale ha un andamento della durata totale del test allineato alle durate media e totale delle staccate e inversamente proporzionale al numero di componenti; il gruppo del metodo Terzi invece, incrementando le durate totali e medie delle staccate e mantenendo costante il numero di componenti, già ottimizzato dalla 3<sup>a</sup> classe, deve la riduzione del tempo totale di esecuzione alla minore lunghezza scritta.

Differentemente da quanto atteso, la continua riduzione del tempo di esecuzione, nei primi tre anni considerati, dipende da diversi fattori ma non dalla velocità di scrittura. Quest'ultima, infatti, diminuisce lungo le tre direzioni (orizzontale, verticale e lungo il tratto) dalla 2<sup>a</sup> alla 4<sup>a</sup>, per poi aumentare considerevolmente in 5<sup>a</sup>, superando il valore iniziale registrato in 2<sup>a</sup>. Questa incoerenza tra durata del test e velocità di esecuzione si registra per entrambi i gruppi solo nella modalità accurata. In modalità veloce, infatti, il gruppo del metodo tradizionale si distingue, facendo registrare un incremento lineare dalla 2<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup>, come atteso per una normale maturazione motoria dei soggetti. Evidentemente, lo sforzo richiesto dal gruppo del metodo tradizionale per scrivere in modo accurato è tale da compromettere la velocità di esecuzione ma solo fino a quando il movimento non è definitivamente automatizzato (in 5<sup>a</sup> elementare). Il gruppo del metodo Terzi, invece, non distingue tra le due modalità di scrittura: la velocità viene trascurata dal metodo fino alla 5<sup>a</sup> elementare, concentrando prima l'attenzione sulla dimensione del carattere e la sua accuratezza.

Per quanto riguarda l'aspetto qualitativo, il gruppo di Cernusco acquisisce, sin dalla 2<sup>a</sup> elementare, un ottimo bilanciamento tra le due prove: i punteggi qualitativi tra il test accurato e veloce risultano essere equivalenti. Inoltre, già in 3<sup>a</sup> elementare, si raggiunge un buon livello di qualità che viene mantenuto fino all'ultimo anno delle scuole elementari. Rispetto i due anni precedenti, in 5<sup>a</sup> vengono perfezionati solo impugnatura e dismetrie delle lettere, tuttavia viene registrato un numero maggiore di collisioni tra lettere, probabilmente dovuto all'importante incremento di velocità anche nella prova accurata.

Per il gruppo di Pioltello si registra un miglioramento della qualità più costante nel corso degli anni, con un plateau tra la 3<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup>. L'ultimo anno però, durante lo svolgimento del test in modalità veloce, gli studenti triplicano il numero di errori rispetto la modalità accurata e li raddoppiano rispetto gli anni precedenti. Questo risultato mostra come gli studenti del metodo tradizionale

## **5 Apprendimento del corsivo**

---

### **5.2 Influenza del metodo di insegnamento del corsivo**

abbiano maggiore difficoltà a mantenere una scrittura accurata all'aumentare della velocità di esecuzione; difficoltà dovuta ad una mancata automatizzazione del processo di scrittura nel corso degli anni e ad una conseguente e precoce personalizzazione della grafia che li porta ad allontanarsi dagli standard qualitativi del corsivo alla base della nostra scala di valutazione.

## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

Un'estensione dello studio sul corsivo ha visto anche l'analisi cinematica degli esercizi di pre-scrittura per la valutazione dello sviluppo grafomotorio nei bambini.

L'insegnamento del corsivo, come visto precedentemente, inizia in seconda elementare. In prima elementare vengono tuttavia insegnati, se pur giocando, quegli elementi essenziali della scrittura necessari a far apprendere le forme e i movimenti di base per velocizzare il processo di apprendimento della grafia vera e propria. Parliamo degli schemi di pre-scrittura: linee, curve e punti che, pur appearing inizialmente come semplici scarabocchi, se messi nel giusto ordine permettono la costruzione di tutte le lettere dell'alfabeto. Il bambino inizia a sviluppare il controllo dello strumento di scrittura che muoverà lungo i percorsi indicati. Questi schemi costituiscono, di fatto, il primo vero passo verso una corretta grafia.

pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

L'apprendimento dei movimenti necessari a realizzare gli schemi di pre-scrittura permette di raggiungere un controllo motorio più fine. I bambini che l'avranno acquisito, saranno più confidenti con la scrittura e il tratto grafico risulterà più fluente [106].

sviluppo  
grafomotorio

In letteratura non sono molti gli studi che utilizzano l'analisi degli schemi di pre-scrittura nella valutazione delle abilità grafo-motorie, soprattutto ricorrendo a strumenti di acquisizione affidabili come le tavolette grafiche e software dedicati per la valutazione delle abilità grafomotorie negli scolari. Rémi e colleghi [107] nel 2002 proposero un protocollo sperimentale contenente, tra i vari test, anche la rappresentazione di percorsi grafomotori, come la copia di figure geometriche (le figure di Bender e Meulenbroek) o il disegno continuo di cerchi all'interno di un'area limitata da altri due cerchi concentrici. Il protocollo avrebbe permesso la discriminazione, attraverso la selezione di features selezionate, delle abilità di scrittura dei bambini a sviluppo tipico da quelli che presentavano problemi di grafia. Khalid & al. [108] nel 2010, attraverso l'estrazione di caratteristiche dinamiche (es. velocità media e variabilità della pressione) dalle rilevazioni eseguite di semplici test di disegno discontinuo (linee orizzontali, verticali e oblique), raggiunsero simili risultati riuscendo ad identificare i bambini

stato  
dell'arte

## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

con disgrafia. Le linee sono spesso usate tra i test di pre-scrittura per la rilevazione del livello di automazione dei movimenti della mano. Informazioni inerenti la dinamica del movimento sono invece estratti dai task che richiedono il disegno di cerchi continui o discontinui. Fleury e colleghi [109], nel 2013, trovò che i bambini tra 4 e 8 anni con Disturbi dello Spettro Autistico (in inglese, ASD, Autistic Spectrum Disorders), differivano dal gruppo di controllo nella variabilità delle tempistiche necessarie alla realizzazione dei cerchi continui rispetto quelli discontinui (tempi maggiori per i ASD), probabilmente causato dal controllo dinamico immaturo del sistema limbico degli autistici o le loro differenze cerebrali rispetto i soggetti sani. I test di disegno di linee e cerchi sono stati utilizzati anche in uno studio di Lin e colleghi [110], nel 2015, su bambini dalla prima alla quinta elementare. Lo studio in questione dimostra una correlazione tra i parametri cinematici (velocità, durata e numero di stroke) e lo sviluppo motorio. I test di pre-scrittura trovano tuttavia principale applicazione in studi inerenti la scuola dell'infanzia e la prima elementare, prima dell'insegnamento della scrittura. Lange-Küttner [111], già nel 1998, sottopose a bambini di età compresa tra i 4 e 6 anni, una serie di disegni da eseguire più velocemente possibile. Gli esercizi riguardavano il disegno di righe verticali, orizzontali e a zig-zag, cerchi e onde sovrapposte, che portarono ad affermare che sia l'età che la complessità del task influenzano diversi parametri, tra i quali: pressione media, velocità di scrittura, tempo di staccata e tempo di completamento test.

Al fine di valutare lo sviluppo delle abilità grafomotorie con la scolarizzazione, il presente studio propone l'estrazione e la valutazione di diversi parametri cinematici su una serie di semplici test di pre-scrittura sottoposti a studenti dalla prima elementare, prima dell'insegnamento della scrittura, alla terza media, quando si considera completamente acquisite le abilità grafiche.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata su 257 bambini destrimani e di madrelingua italiana, provenienti da tre diverse scuole elementari e tre scuole medie. La distribuzione degli studenti tra le varie classi è mostrata in Tabella 33.

Tabella 33. Numero di studenti considerato tra i vari livelli di scolarizzazione

Classe	1° el.	2° el.	3° el.	4° el.	5° el.	1° med.	2° med.	3° med.
#studenti	46	28	34	30	22	25	33	39

Per ogni acquisizione, tutti i partecipanti allo studio hanno provveduto a svolgere una serie di otto prove di velocità che riguardavano: (Figura 26a) il

obiettivo

popolazione

test sottoposti

## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

disegno di sequenze di specifici schemi di pre-scrittura (cerchi, colline, onde e triangoli che riproducono i movimenti base necessari nella costruzione delle lettere); (Figura 26b) la riproduzione di figure sovrapposte (cerchio, otto, infinito ed un percorso a piacere). Ad eccezione del primo test (disegno di cerchi singoli), tutti gli altri richiedono di disegnare in modo continuo, senza mai staccare la penna dal foglio. Tutti i test richiedevano di scrivere quanto più velocemente possibile, per i primi quattro fino al riempimento della riga (lunga 15cm e alta 1cm), 15 secondi per il secondo gruppo di esercizi eseguiti in quadrati di 4x4cm.

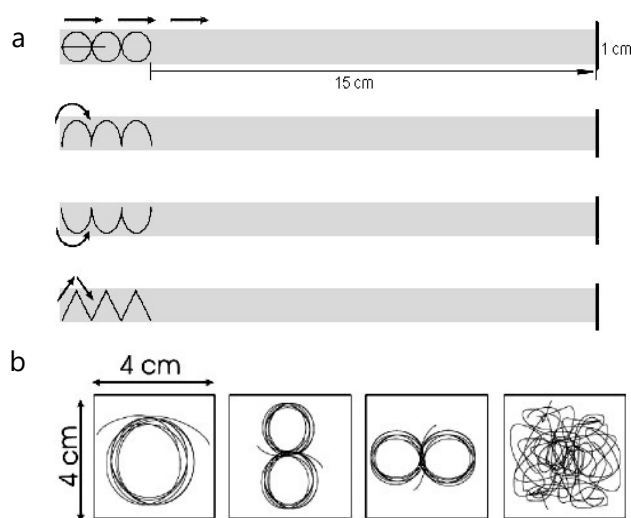


Figura 26. Sequenza di pattern di base (a); dall'alto: cerchi, colline, onde e triangoli. Task di disegno continuo (b): da destra: cerchio, otto, infinito e scarabocchio.

Per l'analisi delle acquisizioni è stato sviluppato un programma in MATLAB ad-hoc capace di estrarre una selezione di parametri cinematici per la caratterizzazione delle performance grafomotorie degli studenti: numero di stroke/cm, componenti e movimenti ascendenti e discendenti, velocità media curvilinea, orizzontale e verticale, durate del task (per le sequenze di task base), durate totali con la penna giù e di staccata, lunghezza del tratto grafico.

analisi dei dati

Come componente è stato considerato il tratto scritto tra due staccate consecutive e come stroke il tratto tra due minimi successivi nel profilo a campana della velocità curvilinea [112]. Il numero di stroke/cm e le velocità medie rappresentano rispettivamente due indicatori del grado di segmentazione e di automatizzazione dei movimenti della scrittura [108]. Il numero di componenti e la durata media di staccata misurano l'automatizzazione della scrittura solo per la sequenza di cerchi, primo test richiesto, in quanto è l'unico a prevedere più di una componente per la sua esecuzione.

## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

I parametri cinematici hanno mostrato andamenti simili tra le sequenze di colline, onde e triangoli, così come tra i disegni continui di cerchi, otto e infinito. Per questa ragione i risultati più significativi sono stati raggruppati in quattro gruppi: la sequenza di cerchi, la sequenza di colline (rappresentativa degli altri task di sequenze), lo scarabocchio ed i cerchi sovrapposti (test rappresentativo degli altri task di disegno continuo).

risultati

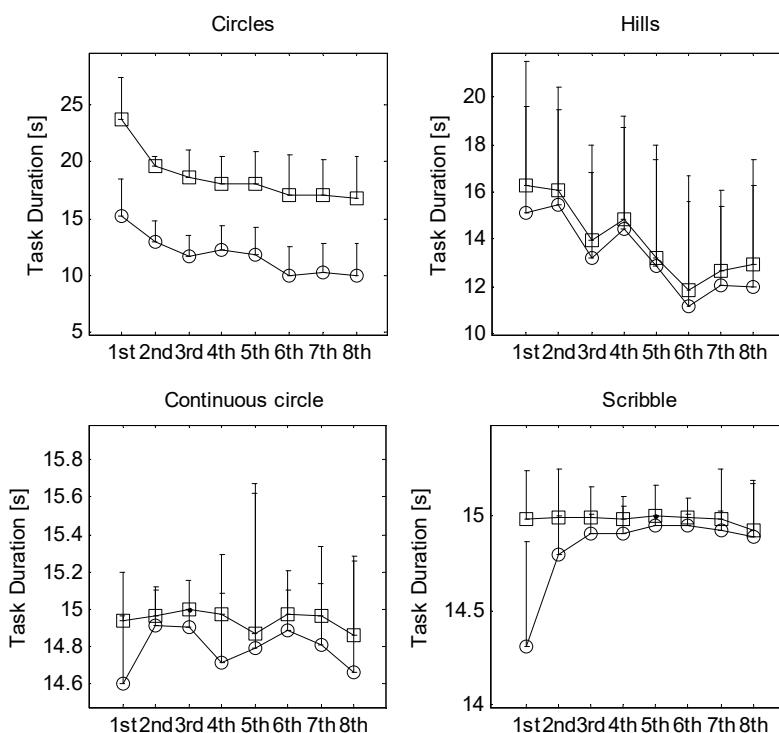


Figura 27. media+SD della durata totale del task (□) e la durata totale con la penna giù (○) valutate in ognuna delle otto classi per ogni gruppo di esercizi considerato.

Nel test delle sequenze di cerchi, sebbene il numero di cerchi realizzati (#componenti) e la durata media di staccata (circa 700ms) tra due cerchi successivi si mantengono costanti tra le classi, il tempo speso dagli studenti per ultimare il test, così come il tempo totale registrato con la penna giù, diminuisce con la scolarizzazione (Figura 27). Nelle altre sequenze, il numero di tratti ascendenti e discendenti è risultato essere costante tra le classi, mentre la durata totale con la penna giù si sovrappone all'andamento decrescente della durata totale dei test (durata penna giù + durata staccata), vedi l'andamento della sequenza di colline in Figura 27. Nei test di disegno continui, nei quali la durata del task è stata fissata a 15 secondi, solo nella prima classe si registra una



## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

riduzione della durata totale con la penna giù rispetto la durata totale del task, differenza particolarmente enfatizzata per il test dello scarabocchio (Figura 27).

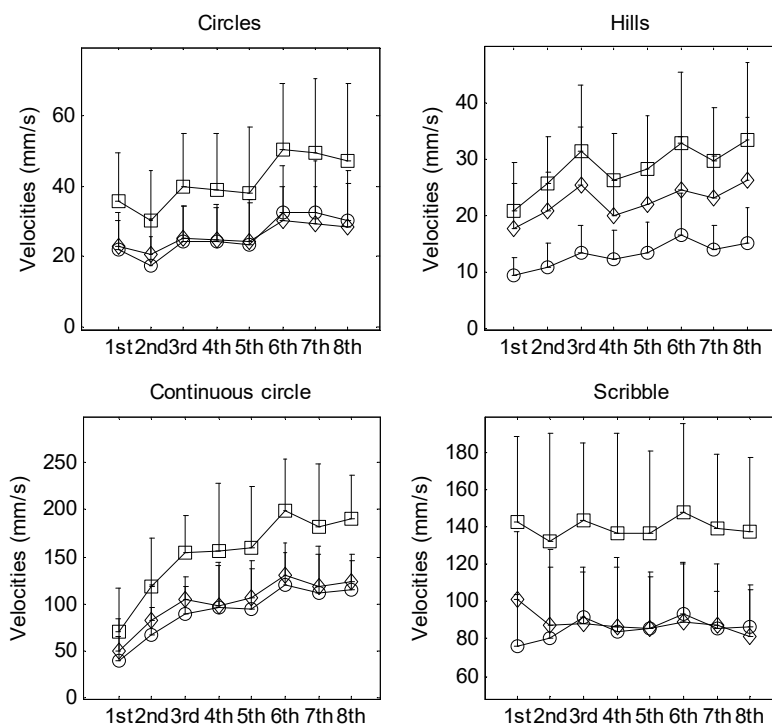


Figura 28. media+SD delle velocità curvilinea (□), verticale (◇) e orizzontale (○) valutate per l'intera traccia scritta in ognuna delle otto classi per ogni gruppo di esercizi considerato

La Figura 28 mostra le velocità medie curvilinea, orizzontale e verticale. Le velocità lungo l'asse verticale e orizzontale presentano un andamento simile per le sequenze di cerchi, così come per i test di disegno continuo. Solo nella sequenza di colline, onde e triangoli la velocità media verticale è più alta della velocità orizzontale. Tutte le tre velocità medie aumentano con la scolarizzazione in tutti task, ad eccezione dello scarabocchio continuo nel quale le velocità rimangono costanti tra le classi. Poiché la durata del task in questi test era fissa, l'incremento della velocità corrisponde ad un aumento della lunghezza totale, ad eccezione dello scarabocchio dove la lunghezza si è mantenuta costante tra le classi.

Il numero di stroke/cm (Figura 29) presenta una chiara diminuzione con la scolarizzazione nelle sequenze di tratti base mentre si mantiene costante nei task continui, con un'eccezione per il cerchio continuo in corrispondenza della prima classe.

## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

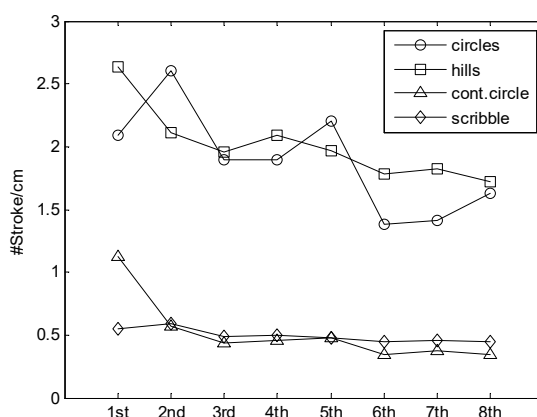


Figura 29. Numero di stroke/cm per le sequenze di cerchi e colline e per cerchio e scarabocchio continui

Nel primo test, relativo alla riproduzione di una sequenza di cerchi separati tra loro, gli studenti di tutte le classi producono generalmente una componente per cerchio indicando che, sin dal primo anno di insegnamento (prima elementare), i bambini apprendono correttamente come eseguire il task di pre-scrittura. Gli altri test relativi alle sequenze di schemi base di scrittura confermano questa ipotesi, in quanto la scolarizzazione non influenza il numero di colline onde e triangoli eseguiti dentro lo spazio considerato, dimostrato dal numero di tratti ascendenti e discendenti costante tra le classi. Tuttavia, il numero decrescente di stroke/cm con la scolarizzazione (Figura 29) mostra che gli studenti migliorano la loro fluency nella scrittura, almeno fino alla prima media, riducendo la frammentazione del movimento, specialmente nelle sequenze di cerchi.

discussioni  
test sequenze

Inoltre, l'incremento delle velocità curvilinea, verticale e orizzontale (Figura 28) suggerisce il miglioramento dell'automazione nella produzione degli elementi base della scrittura con l'avanzare delle classi. Le velocità verticale e orizzontale si mantengono simili nel task della sequenza di cerchi, come aspettato dai percorsi circolari, ma si differenziano per le altre sequenze. Per questi test, infatti, la velocità media verticale risulta avere valori doppi rispetto quelli registrati lungo la componente orizzontale. Questo risultato potrebbe essere spiegato dal differente tipo di movimento richiesto nei test: le sequenze richiedono un movimento orizzontale sono in una direzione, a differenza della sequenza di cerchi che lo richiede sia in avanti che indietro. In tutti i test, i movimenti orizzontali con la penna sul foglio richiedono la rotazione dell'avambraccio [113], la rotazione del polso [113] [114] e, ad eccezione della sequenza di cerchi, la traslazione dell'avambraccio [113]. Il primo task proposto

## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

richiede un lieve sollevamento della penna dal foglio tra la fine e l'inizio di ogni cerchio, questo causa una riduzione del tempo con la penna giù che si ripercuote sull'aumento della velocità media orizzontale. I movimenti verticali della punta della penna invece, richiedendo solo un'adeguata flessione ed estensione del dito indice [114] [115], vengono eseguiti alla stessa velocità in tutti i test delle sequenze elementari.

Le differenze tra le durate totali del task e con la penna giù nel test dei cerchi (Figura 27) è dovuto alla particolarità del task che richiede molte staccate, producendo un tempo totale con la penna staccata dal foglio non trascurabile. Per tutte le altre sequenze, la diminuzione delle durate totali (sia dell'intero task che con la penna sul foglio) è una conseguenza dell'incremento di velocità, essendo la lunghezza totale circa la stessa in tutti i task, vincolata in uno specifico spazio che si mantiene sempre costante (riga 15x1cm).

Il numero di stroke/cm nei task continui è risultato essere molto più basso di quello necessario a realizzare i test delle sequenze. Tra le classi questo valore si è mantenuto costante nello scarabocchio, con una leggera riduzione degli altri task. Fa eccezione la prima classe che presenta un valore due volte più grande rispetto quello delle classi superiori (Figura 29). Questi risultati provano che i processi grafomotori coinvolti in questi task possono essere considerati maggiormente automatizzati (meno movimenti segmentati) rispetto quelli coinvolti nel disegno di sequenze. Tali processi risultano essere completamente sviluppati nello scarabocchio già dalla prima elementare e dalla seconda per gli altri test continui.

Nei task continui è attesa una sola componente, venendo esplicitamente richiesto agli studenti di disegnare il percorso senza mai staccare la penna dal foglio per tutta la durata del test (15sec). Tuttavia, nella prima elementare, gli studenti non sono capaci di completare il task senza alzare la penna dal foglio. Per questo motivo, la durata totale con la penna sul foglio nella prima classe risulta differente dalla durata totale del task (Figura 27). Con la scolarizzazione, gli studenti migliorano la propria pianificazione motoria riuscendo a non interrompere la linea disegnata durante l'intera durata del task.

Per i test continui del cerchio, otto e infinito, tutte le velocità crescono con la maturazione della classe. In particolare, la velocità curvilinea raddoppia dalla prima alla terza elementare, continuando ad aumentare fino alla prima media (Figura 28). Questo conferma una progressiva maturazione delle funzioni

discussioni  
test continui

## 6 Analisi degli schemi di pre-scrittura

### 6.1 Sviluppo grafo-motorio nei bambini in età scolare

motorie complesse coinvolte nell'automazione della scrittura. Inoltre, viene confermato quanto trovato per i test delle sequenze con valori quattro/cinque volte più grandi, seguendo la minor complessità di questi task. I task delle sequenze impongono vincoli spaziali più stringenti (riga alta solo 1cm), rispetto i task continui (quadrati 4x4cm), richiedendo maggior accuratezza ed attenzione, le quali portano ad una riduzione delle velocità a parità di livello di automazione.

Da notare come nel test dello scarabocchio continuo, dove non è richiesto alcuno schema specifico di movimento, gli studenti mantengono la stessa velocità elevata tra le classi (Figura 28), dimostrando che i bambini raggiungono una pianificazione motoria matura già dalla prima elementare.

Poiché in questi test la durata totale è stata fissata, in tutti i task continui gli studenti eseguono cerchi, otto, infiniti e scarabocchi più lunghi con la scolarizzazione.

I risultati dimostrano che l'analisi cinematica dei disegni, in modo simile a quanto registrato negli studi della grafia, è capace di valutare lo sviluppo motorio (automazione, frammentazione, velocità, ecc.) di un movimento che dipende fortemente dalla complessità del task. In alcuni esercizi la maturazione del movimento è già completa alla fine della prima elementare (come nel caso dello scarabocchio), mentre per altri la maturazione richiede più anni per automatizzare il movimento e superarne i vincoli. In particolare, gli esercizi continui ripetitivi che non richiedono il movimento del braccio ma solo della mano e del polso, la velocità curvilinea può raggiungere valori elevati, incrementando fino a tre volte passando dalla prima elementare alla prima media. Lievi incrementi possono essere ottenuti negli esercizi più complessi (sequenze di cerchi, colline, onde e triangoli) che richiedono anche il movimento del braccio.

In letteratura non esisteva ancora uno studio che analizzasse i test di pre-scrittura in un range di età tanto vasto (dalla prima elementare alla terza media). L'aver individuato i test ed i parametri cinematici che mantengono determinate caratteristiche in questo grande intervento temporale, apre la strada verso lo sviluppo di strumenti per diagnostica precoce delle disgrafie.

conclusioni

Il lavoro sarà presentato in occasione della 18esima International Graphonomics Society Conference (IGS2017), che si terrà a Gaeta (Italia) dal 18 al 21 Giugno 2017 [iv].

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

In questo capitolo verranno affrontate le applicazioni dell'analisi della grafia nello studio della relazione che lega i parametri cinematici a quelli di tipo soggettivo, quali: sesso, età e madre lingua.

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

In collaborazione con il Dipartimento di Psicologia dell'Università di Trieste, si è voluto approfondire il tema dello stereotipo e la sua relazione con la grafia. Storicamente, lo stereotipo viene definito come "la proiezione sul mondo del senso del nostro proprio valore, della nostra propria posizione e dei nostri propri diritti" [116], in cui i membri di un certo gruppo sono percepiti come scarsamente distinguibili tra di loro. Oltre all'aspetto di rigidità dello stereotipo, si è messo in evidenza anche l'aspetto caricaturale, parlando di stereotipi come di "un insieme di credenze esagerate che sono associate a una categoria" [117]. L'attivazione di questi stereotipi avviene in maniera spontanea dalle informazioni presenti nell'ambiente sociale e tale attivazione può avvenire senza che ne siamo consapevoli. Conseguenza di ciò, sono una serie di comportamenti tipicamente associati a tali credenze che possono essere innescati dagli stessi indizi contestuali che attivano le conoscenze descrittive. In altre parole, la cognizione sociale orienta il comportamento sociale. Gli individui, in situazioni di scarse risorse cognitive, tendono a utilizzare delle forme di elaborazione delle informazioni sociali che richiedono il minor sforzo. Gli stereotipi sono infatti delle forme di scorciatoie cognitive, che ci permettono di giungere velocemente e senza eccessivi sforzi a delle conclusioni sugli altri. Il prezzo che paghiamo è in termini di accuratezza del nostro giudizio. In uno studio condotto da Bodenhausen [118] viene infatti dimostrato che, solo nel momento in cui i partecipanti hanno a disposizione una sufficiente quantità di risorse cognitive, essi riescono a inibire l'applicazione delle informazioni stereotipiche. Laddove invece il carico cognitivo è elevato, allora i partecipanti basano il loro giudizio sulla strategia di trattamento delle informazioni che richiede lo sforzo minore, ossia il ricorso a stereotipi.

L'aspetto analizzato in questo studio è la minaccia indotta dall'attivazione dello stereotipo. L'idea generale alla base di questa teoria è che la minaccia dello

lo stereotipo

minaccia allo stereotipo

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

---

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

stereotipo si esprime nel modo in cui le aspettative degli altri, a proposito degli esiti di successo o di insuccesso in una prestazione, influenzano l'individuo che è il bersaglio di tali aspettative. Si tratta di un'esperienza psicologica nella quale l'individuo avverte la sua vulnerabilità, considerando che corre il pericolo di confermare le previsioni che lo stereotipo avanza nei suoi confronti. È proprio questa esperienza di minaccia percepita che finisce per produrre obiettivamente dei cambiamenti vistosi di prestazione. Ma qual è il meccanismo che conduce a questo cambiamento di prestazione nell'individuo? Ci sono diversi contributi empiricamente testati [119] che hanno tentato di dare una spiegazione a questa domanda:

**Ansietà.** Lo stereotipo genera un diffuso senso di ansietà che interferisce con l'esecuzione del compito. È vero che gli individui alle prese con qualsiasi test provano una certa quantità di ansia, ma quella legata alla minaccia dello stereotipo sembra dover aggiungersi alla componente "di base" e quindi influenza in qualche modo il risultato della prestazione di quei partecipanti che appartengono alla minoranza afflitta dalla credenza dello stereotipo.

**Attivazione.** Il grado di attivazione dello stereotipo. L'attivazione dello stereotipo riguardante il gruppo-bersaglio sembra essere parte importante della minaccia. L'individuo percepisce, con diversi livelli di consapevolezza, che uno stereotipo riguardante il proprio gruppo diventa un fattore rilevante nell'indirizzare il proprio comportamento. È questa percezione che allerta l'individuo circa la dannosa possibilità di essere valutato sulla base dello stereotipo. In altre parole, sarà proprio l'attivazione dell'immagine stereotipica nei partecipanti appartenenti al gruppo di minoranza a influenzare la prestazione nel test.

**Cautela.** Tendenza ad una maggior cautela nella produzione delle risposte. Si tratta di una sorta di timore di essere giudicati nel dominio conoscitivo corrispondente: questo timore porterebbe il partecipante a essere particolarmente cauto nel fornire le risposte.

**Aspettative.** Il livello di aspettativa che il partecipante individua in relazione alla sua imminente prestazione nel compito. È plausibile ritenere che la minaccia dello stereotipo diminuisca le aspettative dell'individuo a proposito della sua prestazione e questa condizione di tipo psicologico può influenzare l'effettiva esecuzione del compito.

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

Il nostro lavoro si è basato in particolare sulla minaccia allo stereotipo di mascolinità e femminilità. Grazie alla collaborazione con il Dipartimento di Psicologia è stato possibile condurre due studi paralleli: il primo, più ingegneristico, che consiste nella rilevazione dei campioni di scrittura tramite tavoletta grafica e successiva valutazione dei parametri cinematici; il secondo, di competenza degli psicologi, che consiste nella compilazione di un questionario a crocette per indagare sugli aspetti di psicologicamente rilevanti dei candidati.

Il progetto ha coinvolto un totale di **90 soggetti**, di età compresa tra i 21 e i 30 anni, dei quali 45 di sesso femminile e 45 di sesso maschile. I candidati sono tutti studenti dell'Università degli Studi di Trieste e vengono analizzati in maniera del tutto anonima. Gli unici dati personali richiesti a ciascun soggetto, mediante a compilazione di un apposito modulo anonimo, sono: sesso, età, professione, orientamento sessuale, nazionalità e lingua madre. Durante l'acquisizione della grafia viene compilata inoltre una checklist nella quale si specifica il tipo di prensione ed il tipo di postura del candidato (vedi Allegato 9.1 e 9.2).

La parte psicologica dello studio consiste nella compilazione di questionari standardizzati riguardanti diversi aspetti psicologici del candidato: PANAS (Positive and Negative Affect Schedule) per descriverne lo stato emotivo; IAT (Implicit Association Test) per valutarne atteggiamenti e opinioni spontanee; STAI – Y (State-Trait Anxiety Inventory Forma Y) per delinearne le caratteristiche d'ansia; ASI (Ambivalent Sexism Inventory) per misurarne il livello di sessismo; IRI (Interpersonal Reactivity Index) per valutarne l'empatia.

Per lo studio della grafia, a tutti i candidati è stato chiesto di svolgere tre semplici task:

1. trascrizione di un breve testo libero utilizzando la calligrafia abituale occupando tutto lo spazio a disposizione del foglio bianco posto sopra la tavoletta digitale. Fase necessaria per mettere il candidato a suo agio, facendo sistemare opportunamente tavoletta grafica, sedia e tavolo per una scrittura a lui più confortevole.
2. riportare **18 frasi**, 9 per colonna, su di un foglio a righe posto sopra la tavoletta digitale. Le frasi, presentate in ordine casuale per ogni candidato, sono state scelte in modo da descrivere azioni puramente maschili (es. Ho fatto la barba), azioni puramente femminili (es. Ho indossato una gonna) e azioni neutre (es. Sono andato a fare un

popolazione

test psicologico

test cinematografico

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

controllo dentistico). Nelle due colonne sono da riportate le frasi stesse frasi rispettivamente in terza persona ed in prima persona.

3. riportare sul foglio **40 parole**, sempre divise tra due colonne distinguendo tra emozioni e oggetti, che richiamano sensazioni di leggerezza (es. Piuma) e pesantezza (es. Pietra).

Da un punto di vista psicologico, le diverse tipologie di frasi e parole dovrebbero esercitare un impatto diverso sul candidato e quindi ottenere delle variazioni nel risultato del test di scrittura del soggetto stesso. Ad esempio, nei soggetti di tipo maschile si aspetta: una maggiore pressione (tratto molto più marcato e accurato) nell'andamento delle frasi si natura maschile; una minor pressione ed una maggiore velocità (tratto molto più approssimativo) nell'andamento delle frasi si natura femminile. Prova di questa ipotesi si può trovare in un recente studio condotto in Australia [120], che ha dimostrato come uomini altamente conformi allo stereotipo maschile alterano il loro comportamento nel momento in cui sono di fronte a una minaccia alla loro mascolinità. I 74 soggetti, tutti di sesso maschile ed eterosessuali, interagivano attraverso il computer con un soggetto virtuale di tipo maschile e femminile, la cui opinione su delle battute sessiste variava. Il risultato ottenuto è che coloro che erano altamente conformi allo stereotipo maschile alteravano il loro comportamento, allineandolo alla risposta del soggetto maschile virtuale. Mentre, coloro che non erano conformi allo stereotipo maschile, cercavano in qualche modo di contrastarla. Ciò che è stato dedotto dallo studio australiano è che la tendenza degli uomini ad acquisire atteggiamenti sessisti è influenzata dalla presenza o meno di soggetti del loro stesso sesso. E, quindi, dalla presunta minaccia percepita dal soggetto alla propria identità di genere. Nel nostro progetto non esponiamo il candidato alla presenza di soggetti di genere diverso, ma li sottoponiamo a delle frasi che descrivono azioni di natura diversa.

ipotesi  
iniziali

Per la quantificazione delle performance cinematiche dei vari soggetti è stato utilizzato un algoritmo proprietario MATLAB sviluppato da studi precedenti del nostro gruppo [11] al quale ingresso sono stati inviati i dati acquisiti digitalmente per mezzo della tavoletta grafica. Il software in questione è stato ottimizzato per l'identificazione delle parole e frasi scritte e successiva analisi delle relative componenti e relativi stroke [103]. Su questi elementi sono stati calcolati **19 parametri** cinematici e statici [104] per la caratterizzazione della singola scrittura. In particolare, per ogni grafia relativa al task 2 e 3, sono stati calcolati: velocità

analisi  
dati



## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

curvilinea massima e media degli stroke; durata media stroke; numero stroke; durata totale e media delle staccate; durata media e totale delle componenti; lunghezza, altezza e larghezza della parola/frase analizzata; pressione; Velocità media curvilinea, verticale e orizzontale dell'intera parola/frase scritta; Lunghezza curvilinea, verticale e orizzontale del tratto costituente la parola/frase; numero di componenti. Per la valutazione delle differenze di genere, i risultati ottenuti sono stati mediati all'interno del gruppo maschile e femminile e ne è stata determinata la significatività mediante il test Wilcoxon per campioni indipendenti.

Di seguito verranno riportati i risultati significativamente rilevanti ( $p$ -value < 0.05) nella differenza tra i due sessi.

risultati e discussioni

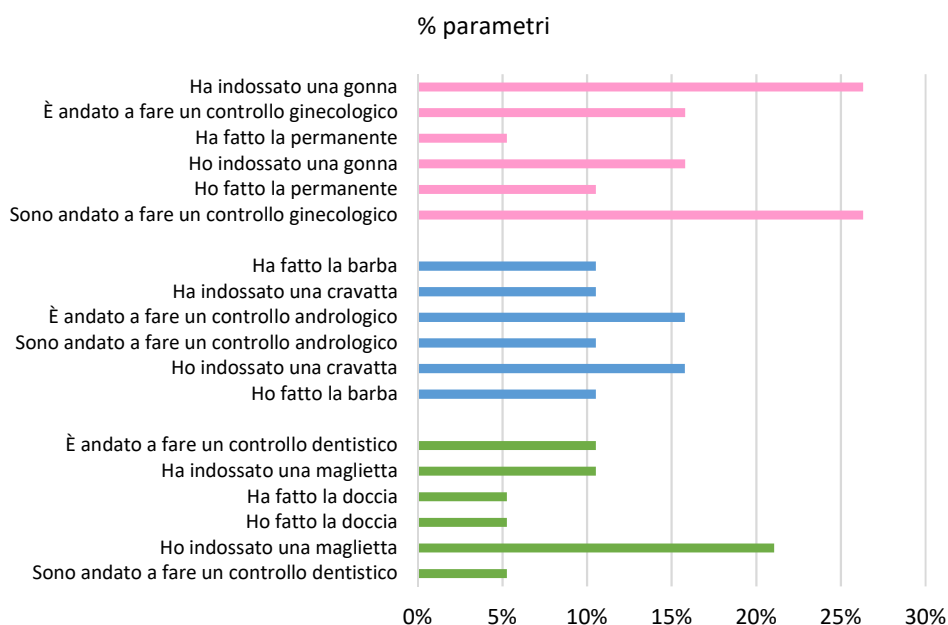


Figura 30. Percentuale dei parametri significativi nella differenza di genere per ogni frase

La Figura 30 mostra la percentuale di parametri che fa registrare differenze significative tra i due gruppi nelle diverse frasi, suddivise nelle tre categorie: femminili (rosa), maschili (blu) e neutre (verdi). Sebbene l'andamento medio nelle tre categorie possa far pensare ad una differenza di genere maggiore nella scrittura di frasi femminili rispetto quelle maschili e neutre, la grande variabilità di parametri tra le singole frasi all'interno di ogni categoria suggerisce si tratti di una differenza dovuta al caso più che alle differenze di genere.

Osservando nel dettaglio in quante frasi ogni singolo parametro fa registrare differenze significative tra i generi (Figura 31), si nota come non ci sia un legame tra i generi e le tipologie di frasi.

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

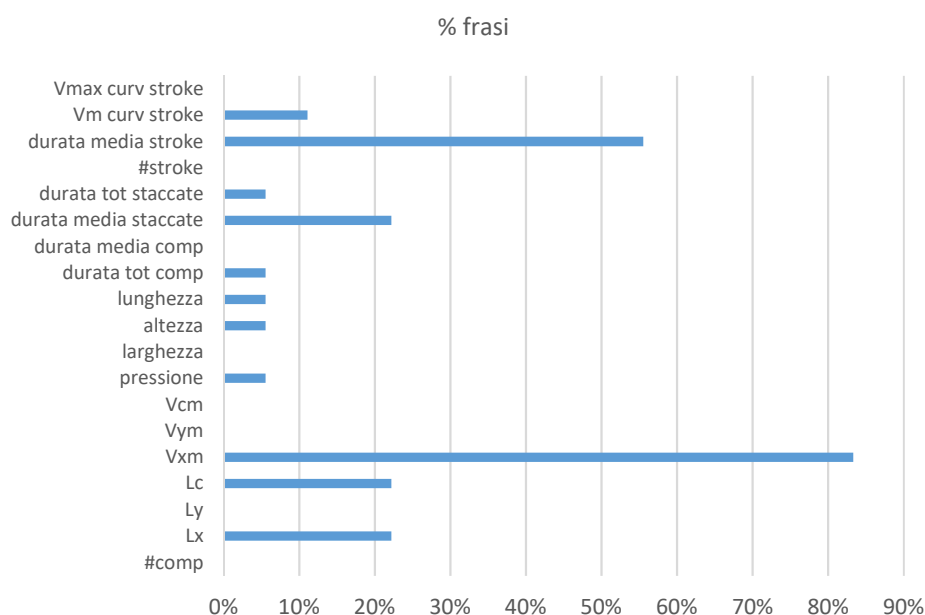


Figura 31. Percentuale di frasi in cui un dato parametro è maggiormente significativo nella differenza di genere

La velocità media lungo l'asse orizzontale (Vxm), anche detta velocità di trascinamento, così come la durata media degli stroke mostrano differenze significative tra i due sessi in oltre il 50% delle frasi, a prescindere dalla loro tipologia.

Tabella 34. Media  $\pm$  1SD della velocità di trascinamento (Vxm) nei due gruppi per le frasi in cui la differenza di genere è significativa (p-value < 0.05)

FRASE	p-value	Maschi	Femmine
Ho fatto la barba	<0.037	16.8 $\pm$ 5	18.4 $\pm$ 3.6
Sono andato a fare un controllo ginecologico	<0.02	16.5 $\pm$ 4.2	18 $\pm$ 3.2
Ho fatto la permanente	<0.021	17 $\pm$ 5	18.4 $\pm$ 3.6
Ho fatto la doccia	<0.033	17.4 $\pm$ 5.4	18.7 $\pm$ 3.7
Ho indossato una cravatta	<0.001	16.5 $\pm$ 4.9	18.7 $\pm$ 3.5
Sono andato a fare un controllo andrologico	<0.014	16.5 $\pm$ 4.7	18.1 $\pm$ 3.2
Ho indossato una gonna	<0.005	16.3 $\pm$ 4.7	18 $\pm$ 3.1
È andato a fare un controllo andrologico	<0.039	16.8 $\pm$ 4.7	18.1 $\pm$ 3.3
Ha indossato una maglietta	<0.033	16.2 $\pm$ 4.6	17.9 $\pm$ 3.7
Ha indossato una cravatta	<0.036	16.6 $\pm$ 4.8	18.1 $\pm$ 3.5
Ha fatto la permanente	<0.029	16.2 $\pm$ 4.6	18 $\pm$ 3.5
È andato a fare un controllo ginecologico	<0.01	16.3 $\pm$ 4.5	18.2 $\pm$ 3.5
Ha fatto la barba	<0.027	17.3 $\pm$ 5.9	18.9 $\pm$ 3.5
È andato a fare un controllo dentistico	<0.024	16.4 $\pm$ 5.2	17.6 $\pm$ 3.3
Ha indossato una gonna	<0.008	15.9 $\pm$ 4.8	18.2 $\pm$ 4

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

Dalla Tabella 34 si nota come, nonostante ogni frase abbia un diverso numero e tipologia di lettere, la velocità di trascinamento si presenta come una grandezza indipendente ma che dipende dal gruppo. In tutte le frasi evidenziate (oltre l'80% del totale), le femmine fanno registrare una velocità di trascinamento significativamente maggiore di quella dei maschi, differenza praticamente costante per tutte le frasi con una media di  $18.2 \pm 0.3$  mm/s per le femmine contro i  $16.6 \pm 0.4$  mm/s dei maschi.

Un discorso analogo può essere fatto per la durata media degli stroke (Tabella 35) dove si ha una media di 121 ms per le femmine e 113.9 ms per i maschi, con deviazione standard di  $\pm 2.6$  per entrambi i gruppi.

Tabella 35. Media  $\pm$  1SD della durata media degli stroke nei due gruppi per le frasi in cui la differenza di genere è significativa ( $p$ -value  $< 0.05$ )

FRASE	p-value	Maschi	Femmine
Sono andato a fare un controllo dentistico	$< 0.022$	$112.9 \pm 14.8$	$119.7 \pm 10.9$
Ho indossato una maglietta	$< 0.03$	$112 \pm 17.9$	$118.2 \pm 10.5$
Sono andato a fare un controllo ginecologico	$< 0.029$	$117.3 \pm 16.5$	$124.1 \pm 11.5$
Ho fatto la permanente	$< 0.001$	$113 \pm 15.3$	$123.2 \pm 12.5$
Ho indossato una cravatta	$< 0.028$	$111.8 \pm 15.6$	$117.8 \pm 11.2$
Sono andato a fare un controllo andrologico	$< 0.04$	$119.6 \pm 16.2$	$125.5 \pm 10.4$
È andato a fare un controllo andrologico	$< 0.044$	$114.5 \pm 17.6$	$121.7 \pm 11.8$
Ha indossato una cravatta	$< 0.023$	$113.1 \pm 17.1$	$119.6 \pm 10.5$
È andato a fare un controllo dentistico	$< 0.002$	$112 \pm 14.5$	$120 \pm 10.8$
Ha indossato una gonna	$< 0.021$	$112.5 \pm 18.2$	$120.1 \pm 13.4$

Le significatività trovate per gli altri parametri cinematici sono date dalla casualità considerando la loro non riproducibilità tra le diverse frasi, a prescindere dalla loro tipologia. Tra questi si vogliono evidenziare la durata media delle staccate e le lunghezze curvilinea e orizzontale che hanno comunque fatto registrare una significatività nel 20% delle frasi. Come si evince dalla Tabella 36, Tabella 37 e Tabella 38, questi tre parametri, variabili per loro natura da frase a frase, non permettono di discriminare le differenti performance dei gruppi nella scrittura delle diverse tipologie di frasi ma evidenziano, a prescindere, una certa differenza di genere: staccate prolungate e minori lunghezze curvilinea e di trascinamento nei maschi.

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

Tabella 36. Media  $\pm$  1SD della durata media delle staccate nei due gruppi per le frasi in cui la differenza di genere è significativa ( $p$ -value  $< 0.05$ )

FRASE	p-value	Maschi	Femmine
Ho fatto la barba	$< 0.037$	223.5 $\pm$ 132.9	167.7 $\pm$ 50.4
Ho indossato una gonna	$< 0.028$	209.1 $\pm$ 72	177.8 $\pm$ 72.5
Ha fatto la doccia	$< 0.034$	191.1 $\pm$ 67	166.2 $\pm$ 68.1
Ha fatto la barba	$< 0.036$	193.1 $\pm$ 68.7	161.1 $\pm$ 39.3

Tabella 37. Media  $\pm$  1SD della lunghezza curvilinea (Lc) nei due gruppi per le frasi in cui la differenza di genere è significativa ( $p$ -value  $< 0.05$ )

FRASE	p-value	Maschi	Femmine
Ho indossato una maglietta	$< 0.024$	202.2 $\pm$ 65.8	233.6 $\pm$ 63
Sono andato a fare un controllo ginecologico	$< 0.009$	276.3 $\pm$ 81	319.9 $\pm$ 85.7
È andato a fare un controllo ginecologico	$< 0.04$	252.1 $\pm$ 89	290.9 $\pm$ 82.5
Ha indossato una gonna	$< 0.044$	174.2 $\pm$ 56.4	195.1 $\pm$ 43.1

Tabella 38. Media  $\pm$  1SD della lunghezza orizzontale (Lx) nei due gruppi per le frasi in cui la differenza di genere è significativa ( $p$ -value  $< 0.05$ )

FRASE	p-value	Maschi	Femmine
Ho indossato una maglietta	$< 0.046$	64.4 $\pm$ 23.9	72.6 $\pm$ 19.1
Sono andato a fare un controllo ginecologico	$< 0.014$	85.7 $\pm$ 23.2	95.9 $\pm$ 18.8
È andato a fare un controllo ginecologico	$< 0.046$	79.9 $\pm$ 26.2	90.2 $\pm$ 21.1
Ha indossato una gonna	$< 0.035$	55.5 $\pm$ 18.4	60.1 $\pm$ 11.9

Le frasi nelle quali i parametri sopracitati hanno fatto registrare una differenza significativa tra i generi appartengono a categorie differenti, escludendo così l'ipotesi di una certa relazione tra cinematica della grafia e mascolinità/femminilità del testo da riprodurre.

Un'analisi analoga a quella delle frasi è stata fatta su 40 parole, scelte dal team di Psicologia, nel tentativo di stimolare nel soggetto scrivente diverse sensazioni di pesantezza e leggerezza. Queste parole sono state selezionate accuratamente da un punto di vista psicologico, accertandosi di considerare le parole più frequentemente usate nel gergo comune<sup>11</sup>, malgrado questo abbia comportato una grande variabilità da un punto di vista cinematico: lunghezze diverse, caratteri diversi con un numero di ripetizioni e doppie variabili all'interno della parola.

<sup>11</sup> per l'identificazione delle frequenze di utilizzo è stato utilizzato l'apposito tool dalla Research Network University Of Ghent.

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

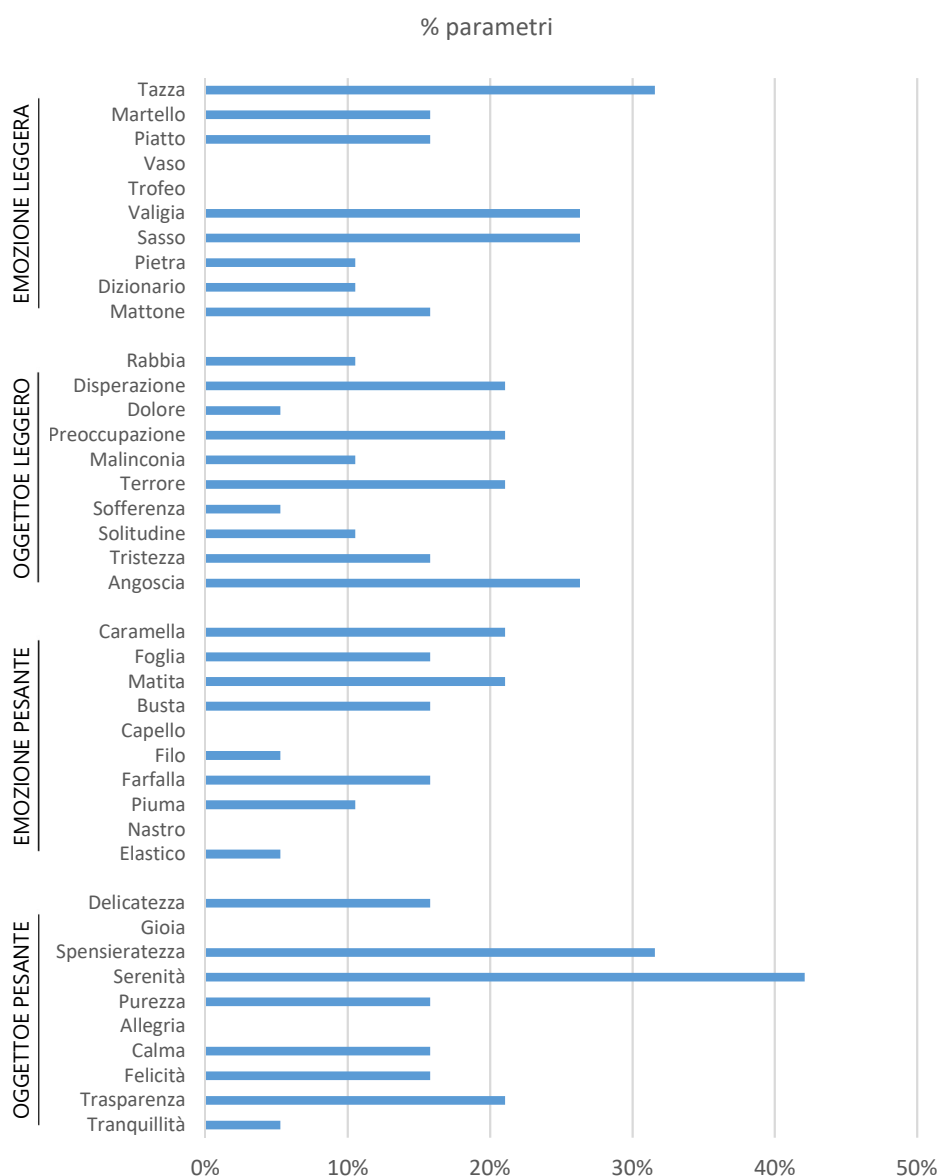


Figura 32. Percentuale dei parametri significativi nella differenza di genere per ogni parola

La Figura 32 mostra la percentuale di parametri che fa registrare differenze significative tra i due gruppi nelle diverse parole, suddivise nelle due categorie: pesanti e leggeri, a loro volta distinti tra oggetti ed emozioni.

Risulta evidente come non ci sia alcuna relazione tra il significato/tipologia delle parole e particolari variazioni dei parametri cinematici. Il numero di parametri con differenze significative tra i maschi e le femmine variano senza un apparente significato logico.

La Figura 33 permette di evidenziare quali parametri sono interessati da una differenza significativa di genere tra le parole.

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

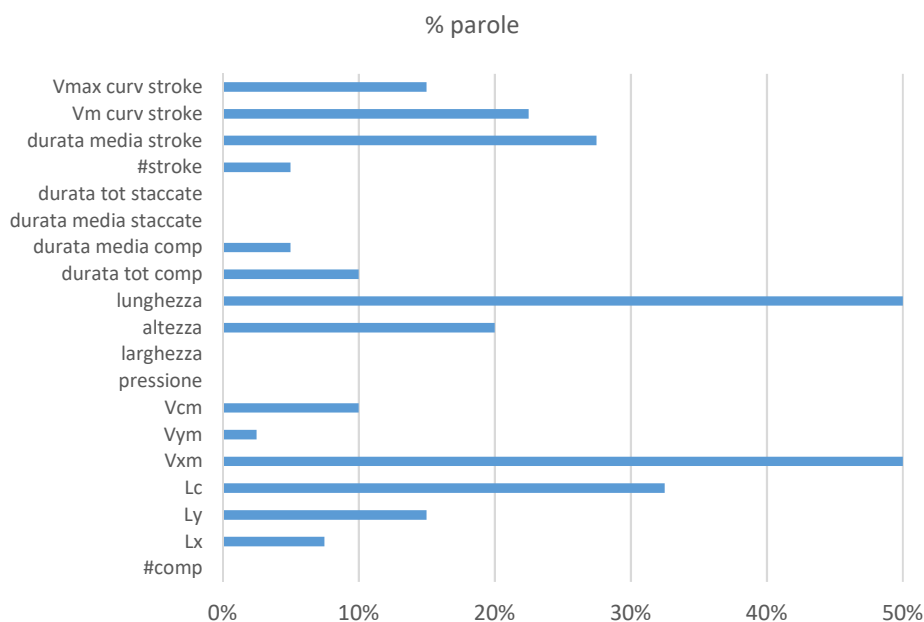


Figura 33. Percentuale di parole in cui un dato parametro è maggiormente significativo nella differenza di genere

Tra i parametri con maggiore significatività troviamo ancora la velocità di trascinamento ( $V_{xm}$ ) e la durata media degli stroke, rispettivamente nel 50% e 28% delle parole. Risulta essere significativo per la metà delle parole considerate anche la lunghezza del rettangolo circoscritto alla parola. Considerando come limite la soglia del 20%, risultano variare significativamente anche la lunghezza curvilinea (33%), velocità media curvilinea degli stroke (23%) e l'altezza del rettangolo circoscritto alla parola (20%).

Per completezza, vengono mostrate di seguito le differenze significative ( $p$ -value < 0.05) tra le performance dei maschi e delle femmine dei parametri sopra elencati.

Nel 50% delle parole le femmine scrivono con una velocità di trascinamento maggiore rispetto ai maschi (Tabella 39) e fanno registrare una lunghezza finale del tratto maggiore (Tabella 40), a prescindere dalla lunghezza della parola.

Tra il 20% ed il 40% delle parole, le femmine hanno mostrato mediamente una lunghezza curvilinea maggiore (Tabella 41), stroke più lunghi nel tempo (Tabella 42) e veloci (Tabella 43) e picchi di altezza nel testo minori rispetto ai maschi (Tabella 44).

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

Tabella 39. Media  $\pm$  1SD della velocità di trascinamento ( $V_{xm}$ ) nei due gruppi per le parole in cui la differenza di genere è significativa ( $p$ -value  $< 0.05$ )

PAROLA	p-value	Maschi	Femmine
Angoscia	<0.044	16.8 $\pm$ 4.3	18.2 $\pm$ 3.9
Busta	<0.012	17.4 $\pm$ 5.4	19.5 $\pm$ 4.1
Disperazione	<0.001	16 $\pm$ 4.4	18.7 $\pm$ 3.8
Dizionario	<0.019	15.7 $\pm$ 4.5	17.2 $\pm$ 3.2
Dolore	<0.018	18.5 $\pm$ 5	20.9 $\pm$ 4.6
Farfalla	<0.025	17.2 $\pm$ 5.5	19.3 $\pm$ 4.1
Matita	<0.035	14.9 $\pm$ 5.2	16.2 $\pm$ 3.6
Piatto	<0.031	17.1 $\pm$ 5.6	18.5 $\pm$ 3.8
Pietra	<0.027	16.6 $\pm$ 5.9	18 $\pm$ 3.4
Preoccupazione	<0.018	16.6 $\pm$ 4.7	18.4 $\pm$ 3.7
Purezza	<0.006	16.8 $\pm$ 5.5	18.9 $\pm$ 3.6
Rabbia	<0.02	15.4 $\pm$ 4.6	17.1 $\pm$ 3.9
Sasso	<0.003	18.8 $\pm$ 5.3	21.8 $\pm$ 5.1
Serenità	<0.049	17 $\pm$ 4.9	18.7 $\pm$ 3.8
Sofferenza	<0.015	17.8 $\pm$ 5.1	19.9 $\pm$ 4
Spensieratezza	<0.001	16.2 $\pm$ 4.8	19.4 $\pm$ 3.7
Tazza	<0.002	18 $\pm$ 6.1	20.5 $\pm$ 4.2
Terrore	<0.008	16.6 $\pm$ 4.6	18.7 $\pm$ 3.5
Trasparenza	<0.007	16 $\pm$ 4.8	17.9 $\pm$ 3.4
Tristezza	<0.003	16.9 $\pm$ 5.3	18.8 $\pm$ 3.5

Tabella 40. Media  $\pm$  1SD della lunghezza nei due gruppi per le parole in cui la differenza di genere è significativa ( $p$ -value  $< 0.05$ )

PAROLA	p-value	Maschi	Femmine
Angoscia	<0.002	86.5 $\pm$ 20.7	98.1 $\pm$ 18.3
Busta	<0.042	65.6 $\pm$ 13	71.9 $\pm$ 14.7
Calma	<0.009	54.1 $\pm$ 11.9	61.3 $\pm$ 11.7
Caramella	<0.011	88.7 $\pm$ 21.6	99.7 $\pm$ 19.8
Delicatezza	<0.014	120.7 $\pm$ 26.6	132.4 $\pm$ 21.7
Disperazione	<0.004	118.5 $\pm$ 27.1	136.2 $\pm$ 29.3
Dizionario	<0.029	95.8 $\pm$ 21.9	104.5 $\pm$ 19.1
Farfalla	<0.026	93.2 $\pm$ 18.8	101 $\pm$ 18.4
Foglia	<0.026	74.2 $\pm$ 18.9	80.5 $\pm$ 14.1
Malinconia	<0.012	97.5 $\pm$ 16.8	108.4 $\pm$ 23.1
Piuma	<0.02	57.3 $\pm$ 12.3	63.9 $\pm$ 12.8
Preoccupazione	<0.008	133.7 $\pm$ 29.6	149.3 $\pm$ 30.3
Rabbia	<0.007	74.8 $\pm$ 16.4	85 $\pm$ 16.6
Sasso	<0.012	51.1 $\pm$ 11.9	59.5 $\pm$ 18.9
Serenità	<0.007	77.3 $\pm$ 19.7	87.8 $\pm$ 16.4
Solitudine	<0.044	98.8 $\pm$ 21.8	107.3 $\pm$ 21.1
Spensieratezza	<0.004	137.3 $\pm$ 29.5	154.9 $\pm$ 33.4
Tazza	<0.032	60.9 $\pm$ 18.7	66.1 $\pm$ 12.8
Trasparenza	<0.003	108.9 $\pm$ 25	126.9 $\pm$ 27.7
Valigia	<0.035	76.9 $\pm$ 16.7	84.3 $\pm$ 16.4

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

Tabella 41. Media  $\pm$  1SD della lunghezza curvilinea (Lc) nei due gruppi per le parole in cui la differenza di genere è significativa (p-value <0.05)

PAROLA	p-value	Maschi	Femmine
Angoscia	<0.002	70.2 $\pm$ 18.9	80.8 $\pm$ 17.2
Trasparenza	<0.007	90.8 $\pm$ 23.5	104.6 $\pm$ 20.9
Calma	<0.007	49.5 $\pm$ 13.3	57.4 $\pm$ 12.6
Piuma	<0.03	46.8 $\pm$ 11.4	52.3 $\pm$ 11.1
Malinconia	<0.028	81.4 $\pm$ 18.5	90.9 $\pm$ 20.2
Preoccupazione	<0.006	108.8 $\pm$ 27.3	123 $\pm$ 24.7
Serenità	<0.001	62.2 $\pm$ 18.2	72.9 $\pm$ 14.7
Sasso	<0.007	42.9 $\pm$ 10.9	50.7 $\pm$ 15.6
Valigia	<0.021	62.2 $\pm$ 15.8	69.6 $\pm$ 14.3
Spensieratezza	<0.006	111.8 $\pm$ 30	127.5 $\pm$ 28
Disperazione	<0.002	94.5 $\pm$ 23	109 $\pm$ 22.3
Caramella	<0.006	80.6 $\pm$ 22.3	93 $\pm$ 19.9
Delicatezza	<0.023	96.8 $\pm$ 25.8	106.1 $\pm$ 18.7

Tabella 42. Media  $\pm$  1SD della durata media degli stroke nei due gruppi per le parole in cui la differenza di genere è significativa (p-value <0.05)

PAROLA	p-value	Maschi	Femmine
Tranquillità	<0.026	108.1 $\pm$ 15.6	114.8 $\pm$ 13.1
Mattone	<0.032	116.5 $\pm$ 15.6	122.7 $\pm$ 12.3
Felicità	<0.004	99.4 $\pm$ 13.6	108 $\pm$ 11
Pietra	<0.014	105.7 $\pm$ 14.5	114.8 $\pm$ 16
Serenità	<0.021	111.8 $\pm$ 17.6	120 $\pm$ 15.2
Valigia	<0.002	110 $\pm$ 19.2	120.4 $\pm$ 15.3
Matita	<0.001	104.7 $\pm$ 15.4	116.5 $\pm$ 16.9
Piatto	<0.033	100.6 $\pm$ 16.4	106.7 $\pm$ 11.2
Martello	<0.025	119.9 $\pm$ 18.2	126.3 $\pm$ 14.1
Foglia	<0.004	106.7 $\pm$ 15.9	116.7 $\pm$ 17.4
Delicatezza	<0.005	110.3 $\pm$ 16.9	119.1 $\pm$ 12.6

Tabella 43. Media  $\pm$  1SD della velocità media curvilinea degli stroke nei due gruppi per le parole in cui la differenza di genere è significativa (p-value <0.05)

PAROLA	p-value	Maschi	Femmine
Trasparenza	<0.046	28.3 $\pm$ 7.2	30.7 $\pm$ 5.3
Tristezza	<0.036	27.8 $\pm$ 7	29.7 $\pm$ 5.1
Terrore	<0.01	28.1 $\pm$ 7.2	31.5 $\pm$ 5.8
Purezza	<0.025	29.4 $\pm$ 7.7	31.8 $\pm$ 5.5
Preoccupazione	<0.031	29.1 $\pm$ 6.7	31.7 $\pm$ 5.8
Serenità	<0.008	28.1 $\pm$ 7.5	30.9 $\pm$ 5
Sasso	<0.025	28.7 $\pm$ 7.1	31.9 $\pm$ 6.3
Spensieratezza	<0.007	28 $\pm$ 7.2	31.3 $\pm$ 5.3
Tazza	<0.01	27.6 $\pm$ 7.1	30.9 $\pm$ 6.1



## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.1 Relazione tra scrittura e differenze di genere

Tabella 44. Media $\pm$ 1SD dell'altezza nei due gruppi per le parole in cui la differenza di genere è significativa ( $p$ -value  $<0.05$ )

PAROLA	p-value	Maschi	Femmine
Elastico	$<0.009$	5.6 $\pm$ 1.4	4.9 $\pm$ 0.9
Tristezza	$<0.007$	5.6 $\pm$ 1.4	4.9 $\pm$ 1
Solitudine	$<0.036$	5.7 $\pm$ 1.3	5.2 $\pm$ 1
Felicità	$<0.017$	5.8 $\pm$ 1.3	5.1 $\pm$ 1
Busta	$<0.022$	5.7 $\pm$ 1.2	5.2 $\pm$ 1
Matita	$<0.017$	5.7 $\pm$ 1.3	5.1 $\pm$ 1
Martello	$<0.017$	5.7 $\pm$ 1.4	5 $\pm$ 1
Caramella	$<0.046$	5.5 $\pm$ 1.5	5 $\pm$ 1

La differenza di genere sulla scrittura sembrerebbe dunque esistere a prescindere dalla tipologia di frasi e di parole. Il risultato, conforme a quanto trovato in letteratura [121] [122] [123], evidenzia una scrittura più veloce lungo l'asse orizzontale nelle femmine che, nelle singole parole, tende a far estendere in lunghezza ed appiattare in altezza il tratto. Per poter confermare quanto trovato, si attende comunque il lavoro degli psicologi, in particolare quello riguardante l'analisi dell'ASI (Ambivalent Sexism Inventory). In questo modo sarà possibile tracciare il livello di sessismo di ogni singolo candidato ed indagare così sul comportamento di sottogruppi, più sensibili al significato di determinate frasi o parole, i quali contributi potrebbero essere attualmente persi nella media con gli altri soggetti.

conclusioni

Un estratto del presente lavoro ha riguardato l'analisi di una singola frase 'neutra' rispetto al genere, quella che aveva presentato il maggior numero di parametri con differenze significative tra i due generi: *Sono andato a fare un controllo dentistico*. Malgrado una grande similarità tra gli scritti del gruppo femminile con quello maschile, si distinguono bene due parametri: il tempo maggiore impiegato con la penna staccata dal foglio da parte dei maschi, probabilmente dovuto ad una più lenta pianificazione motoria, e la lunghezza della traccia, confermando una scrittura più compatta per i maschi e più larga ed ordinata per le donne che scrivono anche più velocemente.

Il lavoro sarà presentato in occasione della 18esima International Graphonomics Society Conference (IGS2017), che si terrà a Gaeta (Italia) dal 18 al 21 Giugno 2017 [v].

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

#### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

La curvatura e la velocità vengono considerati due dei parametri caratterizzanti della scrittura, in quanto la loro relazione è indice di un controllo più o meno accurato dello strumento di scrittura [124]. Il rapporto tra velocità e curvatura può essere utilizzato anche per il riconoscimento biometrico del soggetto scrivente [125]. Essendo influenzata da molteplici fattori, non è ancora stata determinata la legge che lega questi due parametri. Nel presente studio si è investigato sulla relazione tra velocità e curvatura della traiettoria nella scrittura corsiva e come possa variare al variare dell'età e, quindi, della maturazione motoria del soggetto.

In accordo con la legge di potenza [126], la relazione non lineare tra la velocità tangenziale ed il raggio di curvatura, una velocità elevata di movimento non permette l'esecuzione di movimenti accurati con piccoli raggi di curvatura (grandi curvature). Tuttavia, studi su questa legge mostrano che non è attendibile per la descrizione di movimenti nella scrittura [127], la complessità delle articolazioni del braccio ed i vincoli imposti dal sistema nervoso centrale rendono questa legge applicabile solo per il disegno di piccole figure planari [128], o comunque quando vengono coinvolte meno componenti del sistema periferico (es. dita piuttosto che il polso) [129], o ancora in condizioni di velocità elevate [130].

L'acquisizione dei dati è stata effettuata su bambini di due scuole elementari, a partire dalla classe seconda fino ad arrivare alla quinta, per un totale di 204 soggetti, suddivisi come mostrato in Tabella 45. Non è stata operata nessuna forma di selezione sugli alunni: sia destrimani che mancini, di madrelingua italiana e non; all'interno del campione sono presenti anche bambini con lievi forme di autismo e problemi di vista.

popolazione  
e test sottoposti

Tabella 45. Numero di studenti delle varie classi considerate con relativa età media

Classe	#	Età media
2nd	48	7.9 ± 0.4
3rd	43	9.0 ± 0.4
4th	50	10.0 ± 0.3
5th	63	10.9 ± 0.4

Per ogni acquisizione, tutti i partecipanti allo studio hanno provveduto a svolgere una serie di cinque esercizi di scrittura in corsivo su di un foglio a righe

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

della propria classe di appartenenza, senza dare alcuna istruzione inerentemente la postura e l'impugnatura da tenere:

- Test LE** richiede di scrivere, in un minuto, una sequenza di quanti più *le* possibili;
- Test UNO** richiede di scrivere, in un minuto, una sequenza di quanti più *uno* possibili;
- Test NUM** richiede di scrivere in sequenza, in un minuto, i numeri in lettere da uno in poi (*uno due tre quattro ...*), fino allo scadere del tempo;
- Test A e F** test non soggetto a limiti temporali come i precedenti; richiede di scrivere prima quanto più accuratamente possibile (A) e successivamente quanto più veloce possibile (F) la frase "*l'elefante vide benissimo quel topo che rubava qualche pezzo di formaggio*". Frase sviluppata recentemente per i test DGM-P al fine di valutare le difficoltà grafo-motorie e posturali della scrittura [36].

Il software utilizzato per la presente analisi integra alcune funzioni a quelle di base già illustrate nel paragrafo 4.5:

analisi  
dati

Step 1. Calcolo della curvatura:

Equazione 10

$$C = \frac{(v_x \cdot a_y) - (v_y \cdot a_x)}{(v_x^2 + v_y^2)^{3/2}} \xrightarrow{\text{Eq.9}} C = \frac{f(v_c)}{(v_c)^3}$$

Nell'Equazione 10  $v_x$  e  $v_y$  sono rispettivamente la massima velocità orizzontale e verticale dello stroke considerato (mm/s) e  $a_x$  e  $a_y$  le loro derivate rispetto il tempo. Questa equazione permette di calcolare la curvatura conservandone anche la direzione, fornisce quindi valori di tipo positivo quando il movimento impiegato nella scrittura viene eseguito in senso antiorario, negativo in senso orario. Tramite l'Equazione 9, è possibile esprimere la curvatura come funzione della velocità curvilinea.

Step 2. Studio della relazione tra velocità e curvatura: graficando le distribuzioni delle velocità in corrispondenza di ogni valore di curvatura, sia positivi che negativi, si ottengono i grafici mostrati in (Figura 34).

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

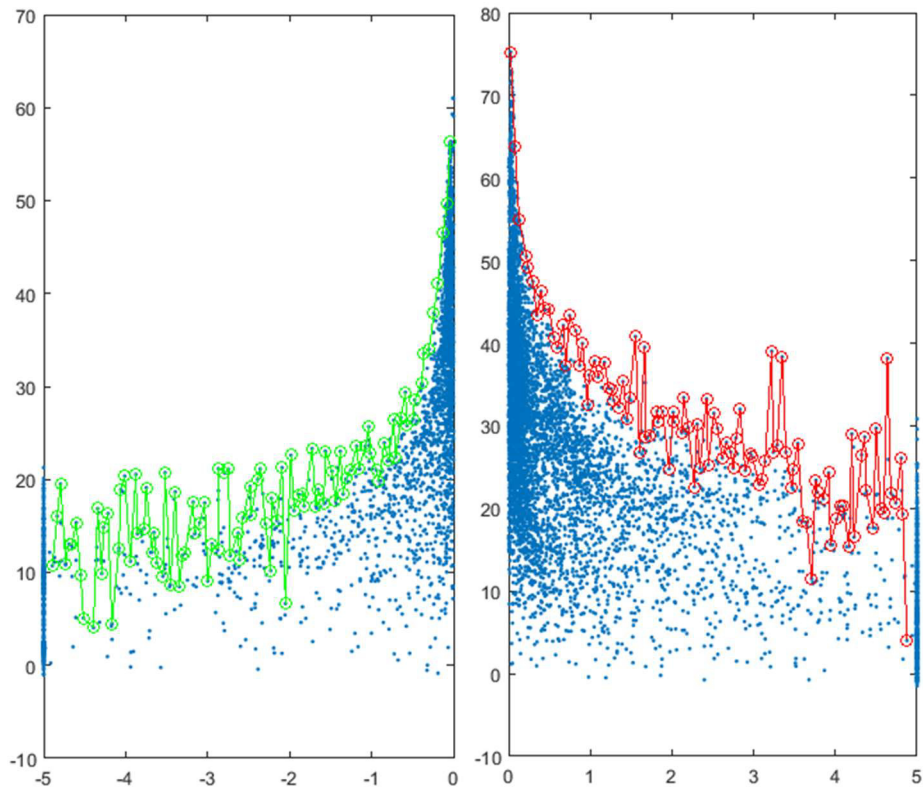


Figura 34. distribuzione della velocità curvilinea (ordinate) in relazione ai valori di curvatura (ascisse) negativi e positivi

Lavorando separatamente sui punti di ascissa negativa e su quelli positivi, si traccia una curva che unisce i valori massimi di velocità per ogni valore di curvatura, questi ultimi suddivisi in intervalli  $[a,b]$  di ampiezza 0.05. Nel caso in cui nell'intervallo non ci siano punti, l'algoritmo passa semplicemente all'intervallo successivo. L'unione dei massimi individuerà i valori di velocità limite per ciascun valore di curvatura.

Assumendo nella Equazione 10 che la  $f(v_c)$  sia costante, che per semplicità indicheremo con  $k$ , per l'approssimazione della curva resta da valutare come varia l'esponente di  $V_c$ .

La curva velocità curvilinea-curvatura si potrà dunque esprimere come:

$$\text{Equazione 11} \quad y^a x = k \Rightarrow V_c^a C = k$$

Equazione valida sia per la curva positiva che per quella negativa.

Da qui si è calcolato i valori di  $k$  che minimizzano l'errore tra la curva teorica e quella sperimentale, i punti di minimo della funzione:

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

$$\text{Equazione 12} \quad \frac{\partial}{\partial k} \left( \sum_{i=1}^n \left( \frac{k}{x} \right)^{2/a} - y_i^2 \right) = 0$$

Con il  $k$  trovato dall'equazione precedente è possibile calcolare l'errore:

$$\text{Equazione 13} \quad e = \sqrt[2]{\sum_{i=1}^n \left( \frac{k}{x} \right)^{2/a} - y_i^2}$$

Reiterando il calcolo di  $k$  e  $e$  in un ciclo dove l'esponente  $a$  viene fatto variare nel range [1,5] a passi di 0.1, è stato determinato il valore di  $a$  per la migliore approssimazione della curva, avente dunque un errore minore.

Step 3. relazione con la scolarizzazione: le curve limite della velocità per ogni valore di curvature sono mediate tra gli studenti della stessa classe per ogni test eseguito e successivamente confrontati tra le classi per determinare la significatività delle differenze rilevate.

I risultati sono stati dunque suddivisi per test. I parametri  $k$  e  $a$ , stimati sia per i valori di curvatura negativi che positivi, hanno permesso di tracciare le curve relative ad ogni classe di soggetti.

analisi  
dati

**Test LE** Per la natura del test LE, ci si aspetta solo curvature in senso antiorario (valori positivi), tuttavia è stato ricavato qualche valore negativo, se pur in numero molto ridotto rispetto quelli positivi. La presenza di tali valori potrebbe essere giustificata da tratti poco precisi nel soggetto: al soggetto veniva chiesto di eseguire il test in modo rapido per cui è plausibile una carenza di accuratezza nel risultato finale.

Riguardo i valori di curvatura positiva, ossia le rotazioni antiorarie, la velocità limite per eseguirle è la stessa per le classi 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>; in 3<sup>a</sup>, per valori di curvatura maggiori di 0.3 (dettaglio Figura 35), le velocità limite di esecuzione tendono a diminuire, distaccandosi dalle curve delle classi superiori; in 2<sup>a</sup> questa differenza rispetto le classi superiori si accentua di più, anche per valori di curvatura molto piccoli. Questi andamenti spiegano che, quando il raggio di curvatura è sufficientemente ampio (curvatura prossima allo zero), già dalla 3<sup>a</sup> classe viene acquisita una velocità limite paragonabile a quella delle classi successive analizzate.

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

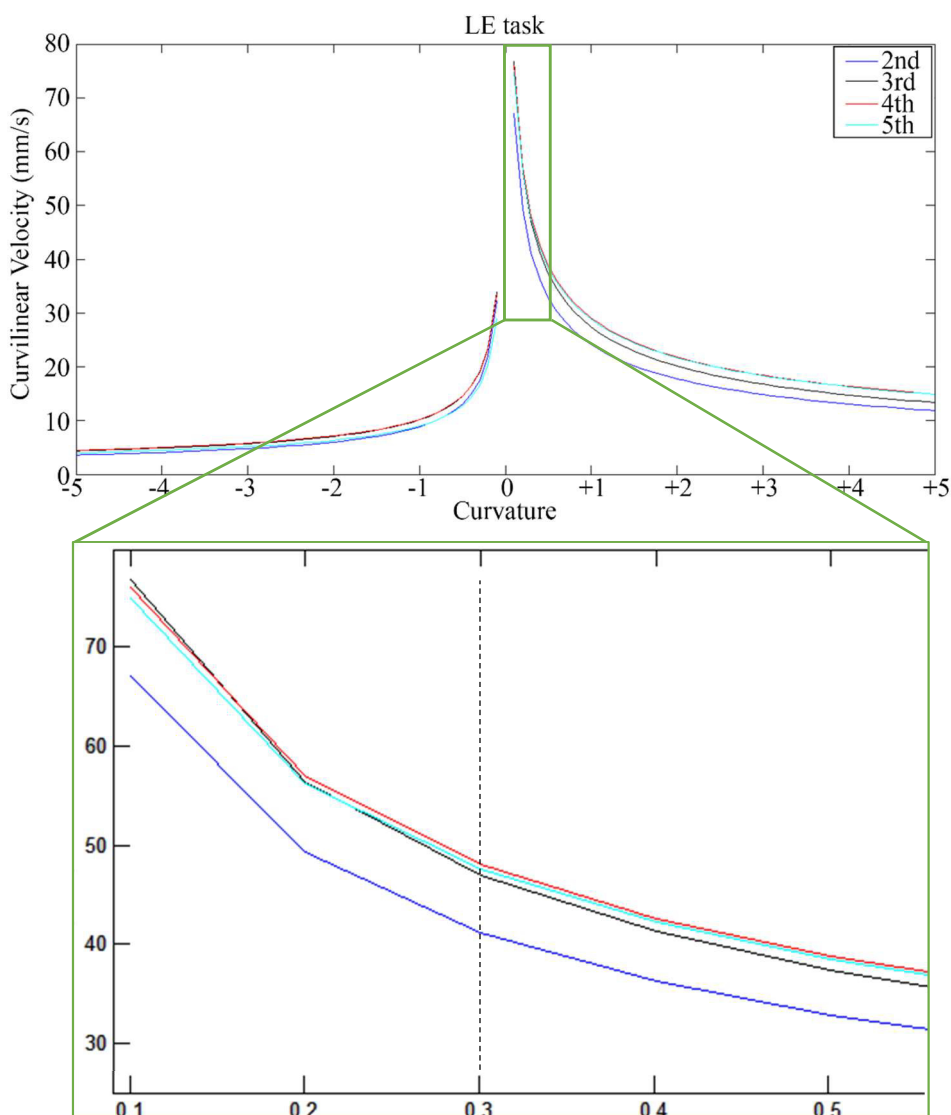


Figura 35. Velocità curvilinea limite per curvatura. Risultati del test LE nelle varie classi.

**Test UNO** A differenza degli altri test, nel caso del test UNO notiamo che la curva della 2<sup>a</sup> elementare ha un andamento piuttosto diverso rispetto a quelle delle altre classi: se in tutti gli altri casi questa si presentava più bassa, con una curvatura pressoché simile alle altre, in questo caso assume una traiettoria diversa in entrambe le direzioni di curvatura. Per curvature prossime allo zero, la 2<sup>a</sup> classe fa registrare valori di velocità maggiori che, rispetto le altre classi, diminuisce con un gradiente maggiore all'incrementare, in valore assoluto, della curvatura. Per quanto riguarda le altre tre classi, le curve positive sono piuttosto simili nel tratto iniziale, dove il raggio di curvatura è grande, e si discostano lentamente procedendo verso i punti con ascissa maggiore, mantenendosi più alta la curva dei bambini di età maggiore e abbassandosi man mano che l'età

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

decesce. Per quanto riguarda il lato del grafico per curvatures negative, le curve non si presentano nell'ordine previsto: la curva della classe 4<sup>a</sup> si trova più bassa rispetto a quella della 3<sup>a</sup> e per alcuni tratti anche di quella della 2<sup>a</sup>.

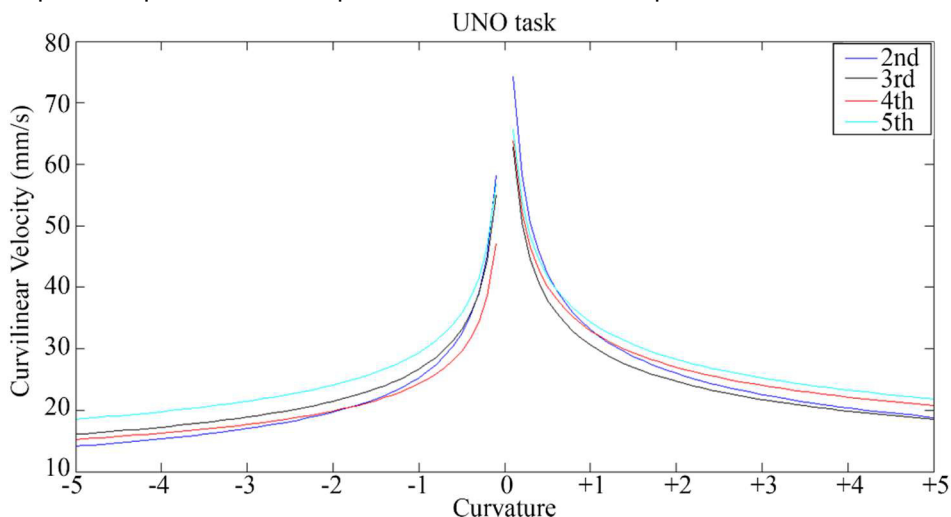


Figura 36. Velocità curvilinea limite per curvatura. Risultati del test UNO nelle varie classi.

**Test NUM** Per quanto riguarda il tratto di curva di ascisse positive vi è una netta suddivisione tra i risultati delle prime due classi con quelli delle ultime due classi considerate. Nei tratti iniziali, infatti, le curve sono a due a due corrispondenti; solo dopo un certo grado di curvatura cominciano ad allontanarsi leggermente tra loro, pur rimanendo sempre abbastanza vicine.

Il primo tratto della curva negativa mostra invece che, almeno nel primo tratto, le tre curve rappresentative delle classi 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> sono tra loro quasi sovrapponibili. Si discosta invece la classe 2<sup>a</sup> che, come negli altri test, si mantiene più bassa, su livelli di velocità minori.

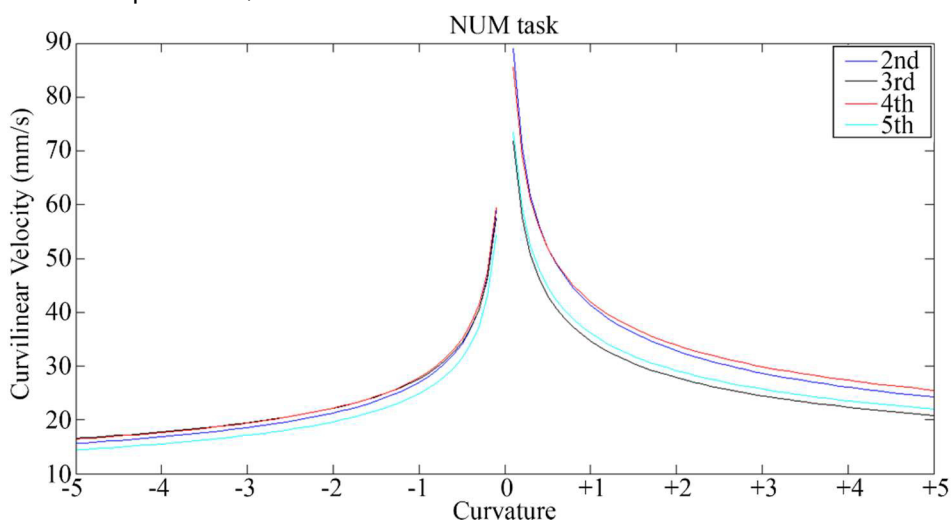


Figura 37. Velocità curvilinea limite per curvatura. Risultati del test NUM nelle varie classi.

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

**Test A** Per curvature positive, si nota una suddivisione netta tra le classi, che si discostano a coppie.

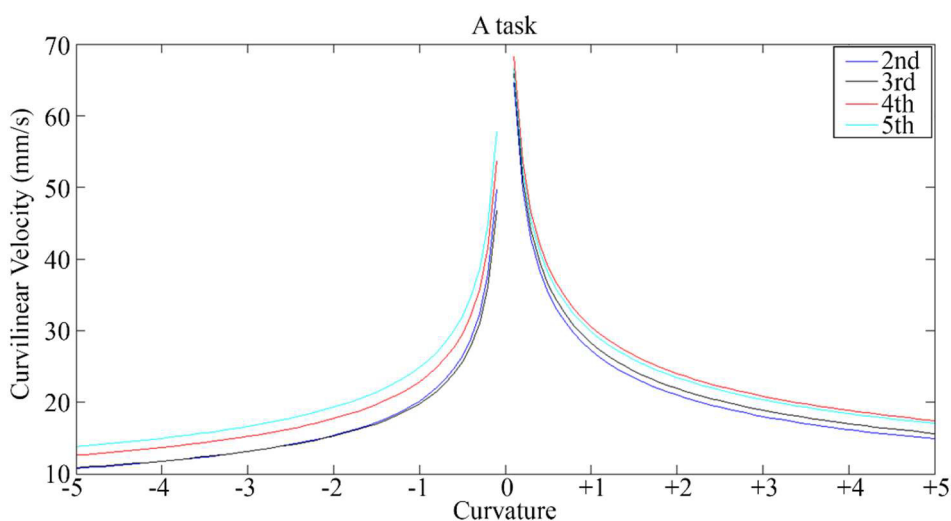


Figura 38. Velocità curvilinea limite per curvatura. Risultati del test A nelle varie classi.

Nel primo tratto, tutte le curve presentano un andamento molto simile: per questo tipo di test, quando le curvature sono piccole, tutti i bambini riescono a mantenere all'incirca lo stesso ritmo. Le differenze tra le classi si notano, ancora una volta, quando i raggi diventano più piccoli: essendo un test che richiede di prestare attenzione all'accuratezza, è probabile che i bambini di età minore, e quindi più inesperti, non riescano ad eseguire movimenti fini con la stessa velocità dei bambini delle classi superiori, ossia non riesco a garantire accuratezza con dei livelli di velocità troppo elevati.

Per quanto riguarda i punti di curvatura negativa, gli andamenti dei bambini di 2<sup>a</sup> e di 3<sup>a</sup> sono molto simili, praticamente sovrapposte nel tratto finale in corrispondenza dei punti con raggio di curvatura minore. Le curve delle classi 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> mostrano invece un andamento simile ma non sovrapposto, essendo quella della 5<sup>a</sup> più alta di quella della classe inferiore.

**Test V** Le curve positive delle 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> sono pressoché sovrapponibili. Le curve positive delle classi inferiori si discostano maggiormente ed è possibile notare come, per ogni valore di curvatura, la velocità massima che il bambino può raggiungere diminuisce proporzionalmente alla classe frequentata. La curva positiva della 3<sup>a</sup> sembra avere inizialmente un andamento più simile a quelle delle classi maggiori, come evidenziato precedentemente per il test LE: quando il raggio di curvatura è grande, la velocità è massima; quando questo però inizia a diminuire, la differenza di abilità nella scrittura porta i bambini di età minore a



## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

non riuscire più a mantenere i più sostenuti livelli di velocità, acquisiti invece nei bambini più grandi che hanno maturato una maggiore esperienza.

Anche per quanto riguarda le ascisse negative è possibile notare come le curve delle classi quarte e quinte siano praticamente sovrapponibili ma, globalmente, le differenze tra le classi si notano molto meno rispetto le curvature antiorarie.

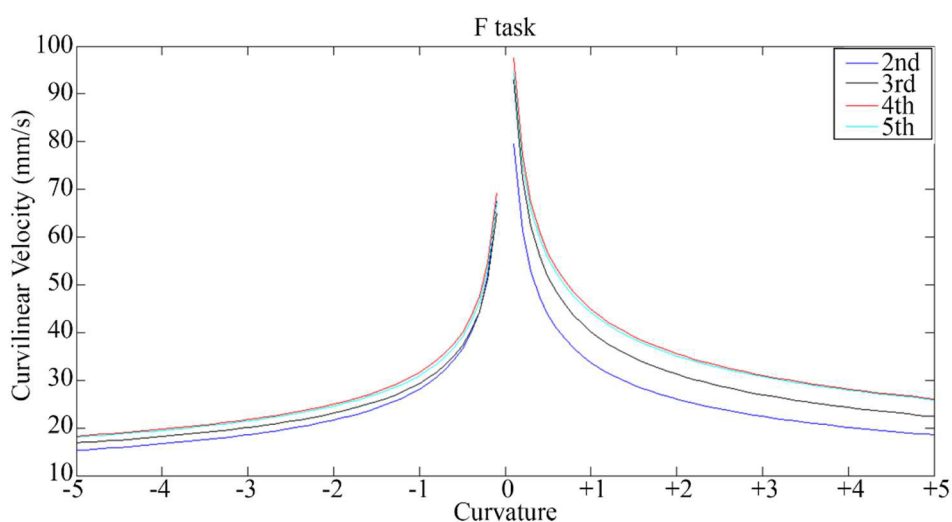


Figura 39. Velocità curvilinea limite per curvatura. Risultati del test V nelle varie classi.

Confrontando i valori dei parametri (esponente  $a$  e costante  $k$  per le curvature orarie  $n$  e antiorarie  $p$ ) calcolati per i vari test, si è ottenuta la tabella di significatività ( $p$ -value  $< 0.05$ ) delle differenze rilevate: Tabella 46.

Tabella 46.  $p$ -value delle differenze tra le classi dei parametri caratteristici delle curve velocità-curvatura

TEST		Param.	2 <sup>a</sup> Vs 3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> vs 4 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> vs 5 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> vs 4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> vs 5 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup> vs 5 <sup>a</sup>
LE	kp		n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.02	<0.004	n.s.
	ap		n.s.	<0.007	<0.003	<0.007	<0.003	n.s.
	kn		<0.02	<0.002	<0.02	n.s.	n.s.	n.s.
	an		<0.03	<0.03	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.
UNO	kp		<0.04	<0.0001	<0.0001	<0.05	<0.004	n.s.
	ap		<0.006	<0.0001	<0.0001	n.s.	<0.007	n.s.
	kn		<0.002	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.
	an		0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.
V	kp		n.s.	<0.0001	<0.0001	0.005	0.0003	n.s.
	ap		n.s.	0.0001	<0.0001	<0.006	0.0003	n.s.
	kn		<0.002	<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.
	an		0.009	<0.003	0.0003	n.s.	n.s.	n.s.

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

		TEST	Param.	2 <sup>a</sup> Vs 3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> vs 4 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> vs 5 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> vs 4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> vs 5 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup> vs 5 <sup>a</sup>
Test accurati	NUM		<b>kp</b>	n.s.	<0.05	<0.03	n.s.	n.s.	n.s.
			<b>ap</b>	n.s.	<0.02	<0.009	n.s.	n.s.	n.s.
			<b>kn</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
			<b>an</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	A		<b>kp</b>	n.s.	0.0002	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.
			<b>ap</b>	n.s.	<0.002	0.0007	n.s.	n.s.	n.s.
			<b>kn</b>	n.s.	<0.02	0.0005	n.s.	n.s.	n.s.
			<b>an</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. – non significativo.

kp e kn – costante delle curve positiva e negativa.

ap e an – esponente delle curve positiva e negativa.

Per la valutazione dei risultati si considerino i test in due gruppi (Tabella 46): i test veloci (LE, UNO, V) e i test accurati (NUM, A), in quanto la strategia di esecuzione dei due risulta molto differente e, di conseguenza, anche i risultati ottenuti. Il test NUM, pur richiedendo l'esecuzione nel più breve tempo possibile, richiede uno sforzo di memoria aggiuntivo rispetto gli analoghi test a tempo (LE e UNO), per questo motivo viene considerato tra i test accurati. All'interno dei due gruppi si nota che i valori significativi si presentano all'incirca in corrispondenza dei medesimi confronti tra classi.

**Test Veloci** Per la curva positiva (ap e kp) le differenze significative si notano dal confronto tra i bambini della 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> classe con quelli più grandi di 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>. Per i test LE e V non vi sono differenze significative tra i bambini di 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup>, così come tra quelli di 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>. Come già evidenziato per i plot velocità-curvatura (da Figura 35 a Figura 39), spesso le curve prodotte dalle varie classi si presentano simili a due a due. Nel test UNO si aggiunge tuttavia una differenza significativa tra la 2<sup>a</sup> e la 3<sup>a</sup>, differenza congruente con l'andamento anomalo notato per la classe 2<sup>a</sup> in Figura 36. Analizzando attentamente i p-value della Tabella 46, si nota come le differenze tra la 2<sup>a</sup> e le classi 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> siano pressoché uguali, mentre la classe 3<sup>a</sup> mostra differenze maggiori con la 5<sup>a</sup> rispetto la 4<sup>a</sup> classe; questo andamento conferma che le differenze di esecuzione sono maggiori quando confrontate con i bambini più grandi.

Per quanto riguarda i tratti di curvatura negativa (an e kn), le differenze significative riguardano solamente i confronti tra la 2<sup>a</sup> e le altre classi. Ricordando che nel test LE, la presenza di punti di curvatura negativa è dovuta all'esecuzione di tratti imprecisi, la differenza tra la classe 2<sup>a</sup> e le altre potrebbe essere dovuta all'incremento dell'accuratezza e sicurezza nel tratto con la scolarizzazione.

Discussioni

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

**Test Accurati** Per la curva positiva ( $a_p$  e  $k_p$ ) i valori significativi si trovano nelle medesime posizioni per entrambi i test (NUM e A), ossia nel confronto tra la 2<sup>a</sup> e le classi 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>. Per tutte le altre classi non si registrano divergenze significative.

Da questi risultati si evince che, quando i bambini hanno la possibilità di scrivere con il proprio ritmo, prestando particolare attenzione all'accuratezza piuttosto che alla velocità di esecuzione del loro elaborato, le differenze tra le classi si notano meno; rimangono tuttavia le differenze tra i bambini più piccoli e quelli più grandi, plausibile considerando che in 2<sup>a</sup> elementare cercare di scrivere in modo preciso richiede un metodo e delle tempistiche diverse da quelle dei compagni più grandi che hanno più esperienza e quindi più disinvoltura nella scrittura.

Per quanto riguarda i tratti di curvatura negativi ( $a_n$  e  $k_n$ ), il confronto multiplo non restituisce differenze significative tra le classi. Gli unici valori evidenziati sono per il valore di  $k_n$  per il test A tra la 2<sup>a</sup> e le classi 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>. Si può concludere che le differenze tra le classi diminuiscono nei test accurati e ancor di più nei movimenti eseguiti in senso orario.

I bambini apprendono a scrivere in corsivo durante il secondo anno della scuola elementare, quindi è lecito pensare che i soggetti di quella classe abbiano una scrittura meno fluida con velocità ridotte rispetto i compagni più grandi. Con la scolarizzazione i bambini maturano una propria strategia di scrittura, inizialmente vincolata al metodo di insegnamento che ne inibisce l'automatismo, riflettendo, lentamente, sul corretto movimento da eseguire.

Altri vincoli sono dati dalle diverse tipologie di fogli utilizzati nelle diverse classi. Dalla Figura 20 si osserva infatti che le righe di 2<sup>a</sup> sono diverse da quelle di 3<sup>a</sup>, a loro volta diverse da quelle della 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>. Le righe impongono dimensioni delle lettere differenti che si riflettono inevitabilmente sul raggio e quindi sulle curvature necessarie per realizzarle. Solo nelle due classi finali le righe non impongono vincoli agli studenti, i quali sono più liberi di gestire le dimensioni del proprio elaborato.

In condizioni di curvature tendenti a zero, quindi per raggi tendenti ad infinito, si è in presenza di tratti rettilinei che non presentano alcun tipo di difficoltà, giustificando l'assenza di differenze significative nelle performance interclasse. Riducendo il raggio, è necessario un controllo maggiore della velocità per garantirne l'accuratezza del tratto: ridurre il tempo di esecuzione di

Osservazioni

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.2 Influenza dell'età nella relazione tra velocità e curvatura

una grande curvatura richiederebbe una diminuzione della precisione. Questo spiegherebbe le differenze trovate nelle performance relative alle richieste di scrittura accurata piuttosto che veloce, quest'ultima ancora non facile per i bambini della 2<sup>a</sup> classe.

Un'ultima osservazione è da farsi per quanto riguarda il diverso andamento tra le curve positive e negative: a prescindere dal soggetto, dalla classe e dal test, la curva negativa (curvature in senso orario) è sempre più bassa (velocità inferiori) e presenta meno differenze significative tra le classi rispetto la curva positiva (curvature in senso antiorario). Questo potrebbe essere giustificato dal fatto che i bambini preferiscano tracciare i tratti in senso antiorario, oltre al fatto che questo sia il verso imposto dalla costruzione della maggior parte delle lettere in corsivo (Figura 40).

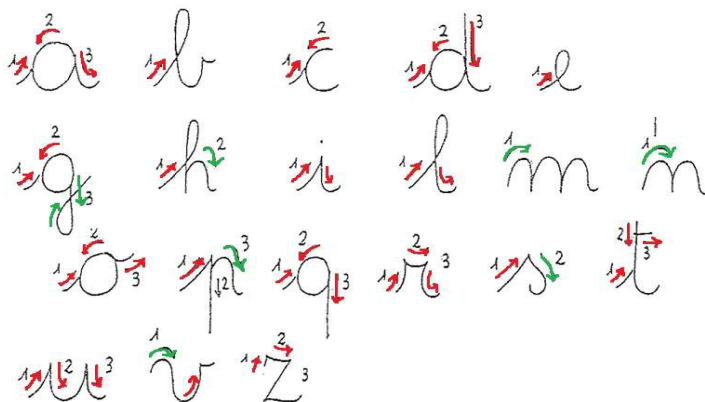


Figura 40. Modello del corsivo con indicazioni sulle direzioni di esecuzione dei tratti.

Una relazione tra curvatura e velocità esiste ma non è una relazione stretta: la legge di potenza è applicabile solo a tratti geometrici semplici (es: cerchi, ellissi); non è applicabile a movimenti complessi come i movimenti coinvolti nella scrittura. I due parametri considerati, l'esponente e la costante che determinano gli andamenti delle curve che mettono in relazione la velocità curvilinea con la curvatura, variano considerevolmente tra i test, sebbene siano stati considerati solo bambini di età compresa tra i 7 ed i 10 anni.

Premesso che la curvatura dei segmenti che compongono i grafemi determinano la complessità motoria dei grafemi costituenti la scrittura in corsivo [131]. Confrontando i gruppi delle diverse età, si conferma quanto aspettato. Con le classi aumenta l'età del soggetto ed il livello di maturazione grafo-motorio che permette di compiere curve sempre più accurate con velocità sempre più elevate.

Conclusioni

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.3 Influenza della madrelingua

Tuttavia, è interessante notare come gli stessi soggetti, nel medesimo test, si comportino in modo diverso nell'esecuzione delle curvature orarie (negative) rispetto quelle antiorarie (positive). Questo lascia intuire la presenza di una relazione tra curvatura e velocità che dipende non solo dall'età ma da molti altri fattori che ne rendono difficile l'identificazione. Non è quindi, al momento, possibile identificare una legge precisa ed universale che descriva questa relazione per ogni tipologia di movimento ma è possibile, come dimostrato in questo studio, determinare una legge limite che identifichi per ogni valore di curvatura la relativa velocità massima di esecuzione.

Il lavoro è stato presentato in occasione del V Congresso Gruppo Nazionale Bioingegneria, tenutosi a Napoli dal 20 al 22 Giugno 2016 [vi].

### 7.3 Influenza della madrelingua

Come anticipato alla fine del paragrafo 2.1 sulla componente ortografica, diverse sono le variabili individuali che influenzano l'apprendimento della scrittura: età, sesso, stato di salute [132] [133] [122] e madrelingua [134] [135]. Riguardo quest'ultima, nessuno studio è stato fatto sull'influenza della lingua italiana negli studenti non madrelingua o sul determinare in quale stadio dello sviluppo è possibile determinare alterazioni delle performance motorie. Cheng et al [134], ad esempio, indagò a Singapore su 154 grafie di un testo scritto in inglese da tre gruppi razziali: cinese, malese e indiano. Lo studio interessò diverse caratteristiche di classe: la forma delle lettere, la spaziatura, le staccate e gli abbellimenti. Per l'analisi della significatività statistica dei valori registrati tra i tre gruppi è stato utilizzato il test del chi-quadro. I risultati confermarono l'influenza del sistema di scrittura relativo alla diversa madre lingua di ogni gruppo sulla scrittura in lingua inglese. Turnbull et al [135], invece, confrontò le grafie polacche e inglesi eseguite dai rispettivi madrelingua. Definendo come caratteristica di classe quei valori ridondanti in almeno il 25% delle grafie polacche, l'analisi del chi-quadro è stata utilizzata per indentificare quelle classi che si ripetono significativamente di più nelle grafie polacche rispetto quelle inglesi. Anche in questo caso i risultati supportano la teoria che le caratteristiche di classe derivano spesso dal sistema di scrittura insegnato.

Analogamente a questi studi, in questo primo lavoro si è investigato sulla possibile influenza della madrelingua sulle performance cinematiche della

influenza  
madrelingua  
nella scrittura

popolazione  
e test sottoposti

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.3 Influenza della madrelingua

scrittura in italiano. A questo scopo sono stati coinvolti 173 bambini destrimani, di cui 131 italiani e 42 non madrelingua, frequentanti le scuole elementari in italiano dalla seconda alla quinta classe privi di problemi di disgrafia o patologici.

Tabella 47. Numero di studenti delle varie classi considerate (n) suddivisi in italiani (GI<sub>n</sub>) e non madrelingua (GNI<sub>n</sub>)

Classe	#madrelingua italiana	#non madrelingua
2nd	34 (GI2)	9 (GNI2)
3rd	23 (GI3)	12 (GNI3)
4th	32 (GI4)	13 (GNI4)
5th	42 (GI5)	8 (GNI5)

Ad ogni partecipante è stato chiesto di scrivere a mano, in corsivo, sia una sequenza ripetitiva di "le" (test LE) per un minuto, cercando di non staccare mai la penna dal foglio, che una frase in italiano da ricopiare in modo quanto più accurato possibile (test A) e, successivamente, quanto più veloce possibile (test F). È evidente come il test LE sia indipendente dagli aspetti linguistici, mentre i test A e F richiedono adeguate competenze linguistiche. Il testo da trascrivere in corsivo è una frase che comprende tutte le lettere dell'alfabeto italiane e alcune regole fonologiche: *L'elefante vide benissimo quel topo che rubava qualche pezzo di formaggio.*

Tabella 48. Lista dei parametri cinematici e statici considerati

ID	Parameter	Unit
TL	Total length of the task	mm
TD	Total duration of the task	ms
PL	Pen lift duration	ms
SN	Number of strokes	#
SL	Mean length of each stroke	mm
SD	Mean duration of each stroke	ms
TV	Curvilinear velocity of the task	mm·s <sup>-1</sup>
SV	Mean curvilinear velocity of each stroke	mm·s <sup>-1</sup>
SN/TD	Number of strokes / s	s <sup>-1</sup>
SN/LN	Number of strokes / number of letters	#
LN/TL	Number of letters / cm	cm <sup>-1</sup>

L'acquisizione mediante tavoletta grafica (Wacom, Inc., Vancouver, WA, Model Intuos3) ha permesso una precisa descrizione nello spazio (risoluzione spaziale di 5 μm) e nel tempo (campionamento a 200Hz) delle posizioni orizzontali e verticali della penna, attraverso le quali è stato possibile stimare media e deviazione standard di diversi parametri cinematici (Tabella 48) per ogni soggetto. I parametri sono stati poi mediati per classe e gruppo (madrelingua o

acquisizione  
e elaborazione

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.3 Influenza della madrelingua

non) e per ogni task e classe è stata valutata la significatività tra i gruppi mediante il Wilcoxon rank sum test.

Nel test LE, dove le competenze linguistiche sono minime rispetto allo sforzo motorio necessario, le differenze delle performance tra i bambini di madrelingua italiana e gli altri non sono significative. Per quanto riguarda i test A e F, invece, i risultati hanno mostrato una differenza significativa ( $p \text{ value} \leq 0.05$ ) solo nella terza elementare. In particolare, risultano significativi i parametri quali: lunghezza e durata totale della traccia, durata staccata, numero e durata media degli stroke, numero di stroke al secondo, numero di stroke per lettera, numero di lettere per centimetro). Sempre nella classe terza non è stata trovata significatività sulla velocità curvilinea di esecuzione dell'intero task o dei singoli stroke, i quali variano solo in numero, mantenendo stessa velocità curvilinea e stessa lunghezza media (Tabella 49).

risultati e  
discussioni

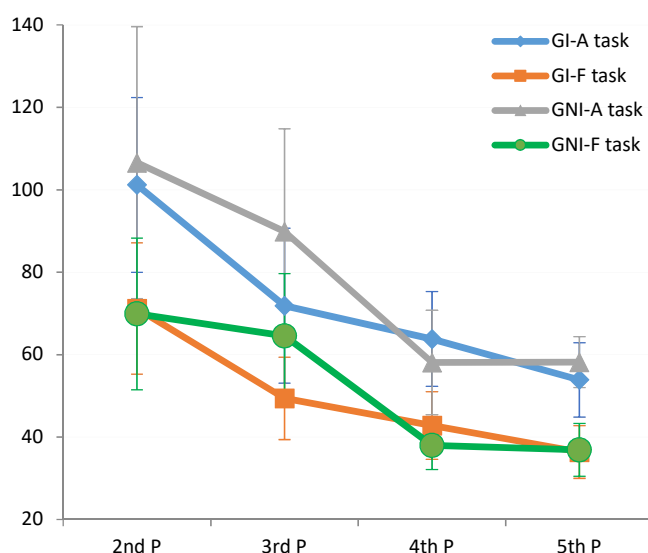


Figura 41. Durata totale della traccia scritta, TD (in ms), negli italiani (GI) e nei non madrelingua (GNI) delle diverse classi per i test A e F

Per comprendere meglio l'andamento dei parametri aventi differenze significative tra i due gruppi, viene riportato in Figura 41 il comportamento della durata totale della traccia scritta dalla 2<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup> classe: i bambini riducono il proprio tempo di esecuzione della frase con la scolarizzazione a prescindere dalla propria madrelingua ad eccezione della classe 3<sup>a</sup> dove i due gruppi mostrano differenze significative sia nella scrittura accurata ( $p < 0.004$ ) che veloce ( $p < 0.004$ ).

## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

### 7.3 Influenza della madrelingua

Tabella 49. Parametri con differenze significative tra i gruppi madrelingua e non

TL - Lunghezza totale della traccia scritta [mm]							p-value		
test	LE	A	F	LE	A	F	LE	A	F
2 <sup>a</sup>	133,2 ± 26,9	131,2 ± 27,3	135,3 ± 30	150,4 ± 28	129 ± 15,2	132,8 ± 24	n.s.	n.s.	n.s.
3 <sup>a</sup>	145,4 ± 30,5	95,1 ± 11,2	103,7 ± 19,2	152,3 ± 62,4	122,4 ± 37,2	129,1 ± 34,9	n.s.	<b>0,002</b>	<b>0,013</b>
4 <sup>a</sup>	131,3 ± 22,4	88,9 ± 20,2	95,9 ± 19,3	132,4 ± 21,5	83,7 ± 11,4	86 ± 12,8	n.s.	n.s.	n.s.
5 <sup>a</sup>	133,1 ± 28,8	80,3 ± 14	85,2 ± 14,6	141,8 ± 22,9	79,8 ± 11,5	82,9 ± 11,9	n.s.	n.s.	n.s.
PL - Durata media staccata [ms]							p-value		
test	LE	A	F	LE	A	F	LE	A	F
2 <sup>a</sup>	4,4 ± 3,3	35,5 ± 10,9	25,7 ± 9,4	5,9 ± 3,4	39,1 ± 15,5	23,9 ± 7,8	n.s.	n.s.	n.s.
3 <sup>a</sup>	6,9 ± 5	27,8 ± 10	17,5 ± 5,8	5,8 ± 3,7	31,9 ± 9,1	23,2 ± 7	n.s.	n.s.	<b>0,019</b>
4 <sup>a</sup>	5,8 ± 3,5	23,3 ± 6,7	14 ± 5,1	3,9 ± 2,3	19,2 ± 4,7	10,7 ± 2,9	n.s.	<b>0,055</b>	<b>0,022</b>
5 <sup>a</sup>	4,1 ± 2,6	19,1 ± 5,8	10,9 ± 3,9	4,5 ± 2,8	20,3 ± 4,4	10,6 ± 3,7	n.s.	n.s.	n.s.
SN - #Stroke							p-value		
test	LE	A	F	LE	A	F	LE	A	F
2 <sup>a</sup>	273,6 ± 29	402,4 ± 96,1	299,4 ± 53,1	259,3 ± 17,2	416,3 ± 114,9	302,6 ± 55,4	n.s.	n.s.	n.s.
3 <sup>a</sup>	260,9 ± 28,4	294,9 ± 60	245,5 ± 35,5	284,7 ± 37,5	363,9 ± 92	290,3 ± 39,3	n.s.	<b>0,014</b>	<b>0,004</b>
4 <sup>a</sup>	275,8 ± 25,5	270,6 ± 32	223,3 ± 31,9	283,3 ± 6,4	282,7 ± 57,7	217,8 ± 25,2	n.s.	n.s.	n.s.
5 <sup>a</sup>	282,4 ± 16,6	247,6 ± 30,1	204,9 ± 26,6	279,1 ± 11,1	262,9 ± 19,5	202,3 ± 17,7	n.s.	n.s.	n.s.
SD - Durata media degli Stroke [ms]							p-value		
test	LE	A	F	LE	A	F	LE	A	F
2 <sup>a</sup>	186 ± 21,4	157,5 ± 15	148,7 ± 13,8	195,9 ± 15,5	154,1 ± 12,3	150,3 ± 10,2	n.s.	n.s.	n.s.
3 <sup>a</sup>	196,8 ± 17,5	145,3 ± 14,4	128 ± 10	173,8 ± 25	152,5 ± 19,3	138,4 ± 19,2	<b>0,004</b>	n.s.	<b>0,051</b>
4 <sup>a</sup>	192,6 ± 20,5	148,6 ± 15,5	128,8 ± 10,7	191,5 ± 18,3	137 ± 10,9	123,9 ± 11,7	n.s.	<b>0,020</b>	n.s.
5 <sup>a</sup>	192,7 ± 15,5	137,4 ± 13	123,5 ± 9,8	193,5 ± 6,2	146,4 ± 17,9	127,3 ± 10,7	n.s.	n.s.	n.s.
SN/TD - #Stroke/s [s-1]							p-value		
test	LE	A	F	LE	A	F	LE	A	F
2 <sup>a</sup>	4,56 ± 0,48	3,99 ± 0,56	4,28 ± 0,6	4,36 ± 0,29	3,97 ± 0,52	4,42 ± 0,56	n.s.	n.s.	n.s.
3 <sup>a</sup>	4,35 ± 0,47	4,2 ± 0,63	5,03 ± 0,54	4,74 ± 0,62	4,1 ± 0,6	4,61 ± 0,63	n.s.	n.s.	<b>0,036</b>
4 <sup>a</sup>	4,6 ± 0,42	4,31 ± 0,55	5,29 ± 0,66	4,72 ± 0,44	4,91 ± 0,56	5,77 ± 0,5	n.s.	<b>0,002</b>	<b>0,021</b>
5 <sup>a</sup>	4,72 ± 0,27	4,66 ± 0,64	5,68 ± 0,56	4,65 ± 0,18	4,57 ± 0,64	5,58 ± 0,77	n.s.	n.s.	n.s.
SN/LN - #Stroke/Lettera							p-value		
test	LE	A	F	LE	A	F	LE	A	F
2 <sup>a</sup>	4,62 ± 1,15	6,39 ± 1,53	4,75 ± 0,84	3,97 ± 0,72	6,69 ± 1,83	4,9 ± 0,78	n.s.	n.s.	n.s.
3 <sup>a</sup>	3,36 ± 0,52	4,68 ± 0,95	3,9 ± 0,56	4,49 ± 0,99	5,83 ± 1,48	4,64 ± 0,6	<b>0,002</b>	<b>0,014</b>	<b>0,003</b>
4 <sup>a</sup>	3,36 ± 0,66	4,3 ± 0,51	3,54 ± 0,51	3,22 ± 0,54	4,49 ± 0,92	3,44 ± 0,39	n.s.	n.s.	n.s.
5 <sup>a</sup>	3,25 ± 0,58	3,93 ± 0,48	3,25 ± 0,42	3,2 ± 0,28	4,17 ± 0,31	3,21 ± 0,28	n.s.	n.s.	n.s.
LM/TL - #Lettere/cm [cm-1]							p-value		
test	LE	A	F	LE	A	F	LE	A	F
2 <sup>a</sup>	0,46 ± 0,04	0,5 ± 0,11	0,48 ± 0,09	0,45 ± 0,03	0,49 ± 0,06	0,48 ± 0,08	n.s.	n.s.	n.s.
3 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,06	0,67 ± 0,08	0,63 ± 0,1	0,46 ± 0,09	0,54 ± 0,12	0,51 ± 0,11	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>	<b>0,008</b>
4 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,09	0,75 ± 0,17	0,68 ± 0,14	0,68 ± 0,06	0,76 ± 0,09	0,75 ± 0,1	n.s.	n.s.	n.s.
5 <sup>a</sup>	0,68 ± 0,09	0,81 ± 0,14	0,76 ± 0,13	0,63 ± 0,09	0,81 ± 0,12	0,78 ± 0,12	n.s.	n.s.	n.s.

■ madrelingua italiana ■ altra madrelingua



## 7 Influenza del genere, età e lingua madre sulla scrittura

---

### 7.3 Influenza della madrelingua

Da questo studio si evince che, durante i primi anni di apprendimento del corsivo, è presente solo una leggera influenza della madrelingua; probabilmente perché nei bambini della seconda elementare prevale ancora la descrizione grafica delle lettere (processo meccanico), piuttosto che la loro rappresentazione grafica (prodotto cognitivo). In terza invece, quando i bambini sono maggiormente coscienti del significato delle parole, si possono apprezzare differenze significative tra madrelingua e non in parametri cinematici quali, ad esempio, il numero di stroke per lettera, maggiore per i bambini non di madrelingua italiana. Nelle classi successive questo divario viene recuperato grazie alla pratica nel linguaggio, dimostrando che la relazione tra madrelingua e grafia non dipende solo dall'automazione della scrittura ma anche dalle competenze linguistiche.

conclusioni

Il lavoro è stato presentato in occasione del VI Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2014, tenutasi a Paraná (Argentina) dal 29 al 31 Ottobre 2014 [vii].

### 8 Conclusioni

La grafia è un compito motorio molto articolato che deve essere realizzato in una precisa sequenza spazio-temporale. La cinematica del movimento, così come la qualità del prodotto scritto, dipendono sia da fattori soggettivi della persona (grado di maturazione, sesso, madrelingua) che dal metodo di insegnamento seguito.

A causa del progresso tecnologico, che sta disabituando la popolazione all'utilizzo di carta e penna a favore di supporti digitali touch-screen [19], alla poca importanza data ad un adeguato metodo di insegnamento del corsivo, che nell'aggiornamento del sistema scolastico viene considerato obsoleto e superfluo [20], e alla difficoltà nell'individuare precocemente i problemi di scrittura [21], una percentuale sempre più alta della popolazione giovanile produce una scrittura illeggibile e poco fluente, con importanti ricadute sulle performance scolastiche, sulla capacità di espressione e sulla propria autostima.

La presente ricerca ha permesso di confermare l'importanza del metodo di insegnamento del corsivo, mostrando le caratteristiche cinematiche e qualitative nella loro evoluzione con lo sviluppo del soggetto e sottolineando l'influenza su di esse del metodo di insegnamento applicato. Inoltre, gli strumenti sviluppati, hanno dimostrato una buona affidabilità per la stima delle abilità di scrittura sin dalla prima elementare, permettendo l'analisi cinematica del movimento con i più semplici esercizi di pre-scrittura. La coerenza dei risultati dell'analisi grafo-motoria con quelli della scrittura vera e propria, fa ben sperare per l'utilizzo di questi strumenti per l'identificazione precoce della disgrafia.

I dati ottenuti dallo studio dei due metodi di insegnamento, descritto nel Capitolo 5, indicano che molti dei parametri considerati rispecchiano l'evoluzione dell'apprendimento, suggerendo che i loro valori sono specifici per il metodo di insegnamento seguito ed il livello di scolarizzazione raggiunto.

Come ci si aspettava, con la scolarizzazione, i soggetti aumentano la loro produzione dello scritto dimostrando anche una migliore fluidità dei movimenti nella costruzione delle lettere: la durata dell'esercizio si dimezza, così come si dimezza il numero di stroke e di stroke/lettera. Con la scolarizzazione si nota anche una riduzione del calibro, variazione imposta dal passaggio a righe del foglio sempre più piccole con l'avanzare delle classi.

## 8 Conclusioni

---

Il contributo del metodo di insegnamento si apprezza in modo particolare osservando come variano le velocità in relazione alla modalità di esecuzione del test, velocità che dovrebbero crescere naturalmente con la maturazione motoria dei soggetti. Il metodo Terzi porta i ragazzi ad un miglioramento graduale delle velocità per il test accurato, attendendo l'ultimo anno per un importante aumento anche per la modalità veloce; in entrambi i casi vengono mantenuti livelli simili di qualità tra le modalità e tra gli anni. Gli studenti del metodo tradizionale, invece, nella modalità veloce scrivono da subito con un andamento sostenuto mentre mostrano difficoltà ad incrementare le velocità nella modalità accurata; la qualità risulta migliorare negli anni ma con importanti differenze tra le due modalità (peggiore per quella veloce), in entrambi i casi la qualità è sempre peggiore rispetto a quella del gruppo Terzi.

I risultati confermano la necessità di porre maggiore attenzione nell'insegnamento del corsivo nelle scuole. Con un metodo di insegnamento appropriato, la maturazione motoria dei ragazzi sarà affiancata da una migliore fluidità ed accuratezza dei movimenti.

Estendendo gli strumenti utilizzati nella valutazione dell'apprendimento del corsivo anche nello studio dei pattern di pre-scrittura, si è cercato di rispondere alla necessità di individuare precocemente le difficoltà nella grafia. I risultati hanno mostrato che questo è possibile. Per alcuni esercizi, in particolare per lo scarabocchio, la maturazione del movimento è già completa alla fine della prima elementare, permettendo la stima dei parametri cinematici relativi all'automazione, frammentazione e velocità che rimarranno all'incirca costanti negli anni. Questo risultato lascia ben sperare nello sviluppo di uno strumento per l'identificazione precoce delle disgrafie.

Al fine di ottimizzare l'identificazione delle qualità cinematiche proprie della grafia, è stato eseguito uno studio trasversale sui parametri soggettivi quali l'identità di genere, l'età e la lingua madre. Nel primo caso si è osservato che le donne, rispetto i maschi, tendano ad avere una scrittura più fluida ed una maggiore velocità di trascinamento. L'età, essendo correlata al livello di maturazione grafo-motorio, conferma la sua influenza verso la capacità di bilanciare accuratezza e velocità; tuttavia, come visto nello studio del metodo di insegnamento, è un fattore che deve essere valutato nello specifico contesto. La lingua madre si è dimostrato essere un fattore determinante solo nello studio delle grafie della terza elementare (maggiore fluency per gli studenti madre

Schemi di  
pre-scrittura

Influenza del  
genere, età e  
lingua madre

## 8 Conclusioni

---

lingua), quando il livello di automazione della scrittura e le competenze linguistiche trovano il loro maggiore impatto.

Il nuovo protocollo di valutazione qualitativa dello scritto si è dimostrato particolarmente efficace nella valutazione oggettiva degli scritti, a dimostrarlo un tasso di variabilità tra i valutatori inferiore all'1% (vedi studio del paragrafo 5.2.4). Tuttavia, una delle più grandi difficoltà incontrate nel corso della ricerca è stata proprio la valutazione qualitativa delle scritture. Questa, infatti, richiede di costituire un consistente gruppo di valutazione, quanto più eterogeneo ed esperto possibile, sul quale mediare i risultati al fine di ridurre ulteriormente la componente soggettiva della valutazione. Inoltre, è necessario fornire una copia del testo scritto in forma cartacea a tutti gli esperti, garantendo una dimensione fedele all'originale. Al fine di velocizzare il processo di valutazione qualitativa ed eliminare definitivamente la componente soggettiva dell'approccio manuale attualmente impiegato, si è avviato lo sviluppo di un software per l'automatizzazione di tale processo, seguendo il protocollo descritto nel paragrafo 4.3.

sviluppi futuri

Come descritto nel paragrafo 4.1, il modello da noi utilizzato implementa la teoria cinematica proposta da Plamondon [50] che risulta avere successo nella riproduzione delle variabili coinvolte nella generazione di uno stroke, la cui realizzazione è frutto del controllo sulla velocità della punta della penna da parte delle due reti neuromuscolari (agonista e antagonista) all'istante  $t_0$ . Tuttavia, si è notato che uno dei limiti di questa teoria è rappresentata proprio dall'accuratezza della stima degli istanti di inizio e fine di questi comandi. Un aspetto che si potrebbe approfondire sarebbe valutare un sistema di controllo collassato che produca un unico comando di controllo basato sulla velocità e la direzione del moto.

Il presente lavoro apre la possibilità di trasferimento tecnologico tra l'Università di Trieste e associazioni/industrie operanti nel mondo della didattica per lo sviluppo di strumenti utili al monitoraggio dei parametri cinematici e qualitativi della grafia, con conseguenze positive anche per il mondo della ricerca.

9 Allegati

9.1 Calcolo punteggio postura

**CALCOLO PUNTEGGIO POSTURA**

1. Segnare di seguito solo se c'è l'errore:

**CAPO:**

**ERRORE:** se NON è sollevato e tenuto a giusta distanza dal foglio.

(Es.: chinato in avanti, molto vicino al foglio, capo reclinato per poter guardare ciò che scrive, capo poggiato sulla mano o sul banco)

**TRONCO:**

**ERRORE:** se NON è dritto o leggermente chinato in avanti.

(Es.: appoggiato al banco, deviato verso destra o sinistra, sdraiato sul banco)

**PIEDI:**

**ERRORE:** se NON sono poggiati a terra.

(Es.: gamba piegata sotto la coscia opposta, postura scorretta)

**MANO DI APPOGGIO:**

**ERRORE:** se NON è poggiata sul foglio per stabilizzarlo.

(Es.: a sostegno della testa, tenuta sotto il banco o in posto diverso dalla corretta posizione sul foglio)

**MANO CHE SCRIVE:**

**ERRORE:** se l'avambraccio e il gomito NON sono poggiati sul banco.

**POLSO:**

**ERRORE:** se NON è poggiato sul banco e in linea con la mano.

(Es.: flesso verso l'interno e/o sollevato dal banco)

2. Contare gli errori segnati al punto 1 e scrivere il risultato come SOMMA:

SOMMA =

3. Dividere la SOMMA (punto 2.) per 6 e riportare il risultato come PUNTEGGIO POSTURA:

**PUNTEGGIO POSTURA** = SOMMA/ 6=

9.2 Calcolo punteggio impugnatura

**CALCOLO PUNTEGGIO IMPUGNATURA**

1. Segnare di seguito solo se c'è l'errore:

**MANO CHE SCRIVE:**

**ERRORE:** se NON è rispettata l'altezza della impugnatura (cm 1,5-2) dalla punta.  
(Es.: impugnatura troppo vicina alla punta matita/penna o troppo lontana)

**ERRORE:** se NON è rispettata l'impugnatura con 2 dita di prensione (pollice + indice) e dito di appoggio (medio); anulare e mignolo reclinati verso l'interno della mano a suo sostegno).  
(Es.: con 3 dita di prensione (pollice+indice+medio) con appoggio sull'anulare; con 4 o 5 dita di prensione)

**ERRORE:** se il pollice scivola sull'indice/medio, bloccandone i movimenti.

2. Contare gli errori segnati al punto 1 e scrivere il risultato come SOMMA:

SOMMA =

3. Dividere la SOMMA (punto 2.) per 3 e riportare il risultato come PUNTEGGIO IMPUGNATURA:

**PUNTEGGIO IMPUGNATURA** = SOMMA/ 3=

### 10 Bibliografia

- [1] M. C. Hepp-Reymond, V. Chakarov, J. Schulte-Mönting, F. Huethe e R. Kristeva, «Role of proprioception and vision in handwriting.,» *Brain research bulletin*, vol. 79(6), pp. 365-370, 2009.
- [2] M. P. Caligiuri e L. Mohammed, «The neuroscience of handwriting: Applications for forensic document examination,» *CRC Press*, 2012.
- [3] S. Vinci-Booher, T. W. James e K. H. James, «Visual-motor functional connectivity in preschool children emerges after handwriting experience,» *Trends in Neuroscience and Education*, 2016.
- [4] L. H. Dinehart, «Handwriting in early childhood education: Current research and future implications,» *Journal of Early Childhood Literacy*, 2014.
- [5] A. Blöte e L. Hamstra-Bletz, «A longitudinal study on the structure of handwriting,» *Perceptual and Motor Skills*, vol. 72, pp. 983-994, 1991.
- [6] A. Maeland e R. Karlsdottir, «Development of reading, spelling, and writing skills from third to sixth grade in normal and dysgraphic school children,» in *Development of graphic skills. Academic Press*, San Diego, CA, Wann, J.; Wing, A.; Sovik, N. , 1991, pp. 179-189.
- [7] D. Marr e S. Cernak, «Consistency of handwriting in early elementary students,» *American Journal of Occupational Therapy*, vol. 57, p. 161–167, 2003.
- [8] S. Graham, V. Berninger, N. Weintraub e W. Schafer, «Development of handwriting speed and legibility in grades 1–9,» *The Journal of Educational Research*, vol. 92(1), pp. 42-52, 1998.
- [9] S. Rosenblum, A. Y. Dvorkin e P. L. Weiss, «Automatic segmentation as a tool for examining the handwriting process of children with dysgraphic and proficient handwriting,» *Human movement science*, vol. 25(4), pp. 608-621, 2006.
- [10] S. Rosenblum e M. Livneh-Zirinski, «Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental

## 10 Bibliografia

---

- coordination disorder,» *Human Movement Science*, vol. 27(2), pp. 200-214, 2008.
- [11] A. P. Accardo, M. Genna e M. Borean, «Development, maturation and learning influence on handwriting kinematics,» *Human movement science*, vol. 32(1), pp. 136-146, 2013.
- [12] E. Enstrom, «Myths about manuscript writing,» *Education*, vol. 90(1), pp. 51-55, 1969.
- [13] E. Arnold, «The transition from manuscript to cursive writing,» *Elementary School Journal*, vol. 33(8), pp. 616-620, 1933.
- [14] B. C. M. Smits-Engelsman, G. P. Van Galen e S. J. Portier, «Psychomotor Development of Handwriting Proficiency: A cross-sectional and longitudinal study on developmental features of handwriting,» in *Advances in handwriting and drawing: A multidisciplinary approach*, Europia, Paris, Faure, C. ; Keuss, P.; Lorette, G. ; Vinter, A., 1994.
- [15] N. Rubin e S. Henderson, «Two sides of the same coin: Variation in teaching methods and failure to learn to write,» *Special Education: Forward Trends*, vol. 9, p. 17-24, 1982.
- [16] B. Smits-Engelsman, A. Niemeijer e G. Van Galen, «Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD on poor grapho-motor ability,» *Human Movement Science*, vol. 20, p. 161-182, 2001.
- [17] R. Karlsdottir e T. Stefansson, «Problems in developing functional handwriting,» *Perceptual and Motor Skills*, vol. 94, pp. 623-662, 2002.
- [18] C. Dunford, C. Missiuna, E. Street e J. Sibert, «Children's perceptions of the impact of Developmental Coordination Disorder on activities of daily living,» *British Journal of Occupational Therapy*, vol. 68, pp. 207-214, 2005.
- [19] S. Sülzenbrück, M. Hegele, G. Rinkeauer e H. Heuer, «The death of handwriting: Secondary effects of frequent computer use on basic motor skills,» *Journal of motor behavior*, vol. 43(3), pp. 247-251, 2011.
- [20] H. Research, «The Importance of Teaching Handwriting in the 21st Century,» 2012. [Online]. Available: <https://www.hw21summit.com>.



## 10 Bibliografia

---

- [21] M. Martins, J. Bastos, A. Cecato, M. L. Araujo, R. Magro e V. Alaminos, «Screening for motor dysgraphia in public schools,» *Jornal de Pediatria*, vol. 89(1), pp. 70-74, 2013.
- [22] G. P. Van Galen, «Handwriting: Issues for a psychomotor theory,» *Human movement science*, Vol. 10 di 22-3, n. 10, pp. 165-191, 1991.
- [23] K. Landerl, H. Wimmer e U. Frith, «The impact of orthographic consistency on dyslexia: A German-English comparison,» *Cognition*, vol. 63(3), pp. 315-334, 1997.
- [24] G. Cossu, D. Shankweiler, I. Y. Liberman, L. Katz e G. Tola, «Awareness of phonological segments and reading ability in Italian children,» *Applied psycholinguistics*, vol. 9(01), pp. 1-16, 1988.
- [25] G. Cossu, M. Gugliotta e J. C. Marshall, «Acquisition of reading and written spelling in a transparent orthography: Two non parallel processes?,» *Reading and Writing*, vol. 7(1), pp. 9-22, 1995.
- [26] K. E. Patterson e C. Shewell, «Speak and spell: Dissociations and word class effects,» in *The Cognitive Neuropsychology of Language*, M. Coltheart, S. Sartori and R. Job, 1987, pp. 273-295.
- [27] M. Coltheart, «Lexical access in simple reading tasks,» in *Strategies of Information Processing*, G. Underwood, A cura di, New York, Academic Press, 1978, pp. 151-216.
- [28] M. Coltheart, K. Rastle, C. Perry, R. Langdon e J. Ziegler, «DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud,» *Psychological review*, vol. 108(1), pp. 204-256, 2001.
- [29] C. Cornoldi, F. Del Prete, A. Gallani, F. Sella e A. M. Re, «Components affecting expressive writing in typical and disabled writers,» *Advances in Learning and Behavioral Disabilities*, vol. 23, pp. 269-286, 2010.
- [30] H. van den Bergh e G. Rijlaarsdam, «The dynamics of idea generation during writing: An online study,» in *Studies in writing*, vol. 20, Amsterdam, Elsevier, 2007, pp. 125-120.
- [31] V. W. Berninger e D. Whitaker, «Theory-Based Branching Diagnosis of Writing Disabilities,» *School Psychology Review*, vol. 22(4), pp. 623-42, 1993.

## 10 Bibliografia

---

- [32] G. P. Van Galen, «Handwriting: A developmental perspective,» in *Motor development in early and later childhood: Longitudinal approaches*, A.F. Kalverboer, B. Hopkins and R.H. Geuse a cura di, Cambridge, Cambridge University Press, 1993, pp. 217-228.
- [33] R. Sassoon, *Handwriting: a New Perspective*, Cheltenham: Stanley Thornes, 1990.
- [34] R. P. Giovanardi e T. Malaguti, *Valutazione delle abilità di scrittura*, Trento: Erickson, 1996.
- [35] L. Blason, M. Borean, L. Bravar e S. Zoia, *Il corsivo dalla A alla Z. Un metodo per insegnare i movimenti della scrittura*, Trento: Erickson, 2004, pp. 47-59.
- [36] M. Borean, G. Paciulli, L. Bravar e S. Zoia, *Test DGM-P - Test per la valutazione delle difficoltà grafo-motorie e posturali della scrittura*, Trento: Erickson, 2012.
- [37] C. Jarman, «Twelve Rules for Good Handwriting,» *Handwriting Review*, vol. 2, pp. 7-9, 1988.
- [38] A. J. Thomassen e G. P. van Galen, «Handwriting as a motor task: Experimentation, modelling, and simulation,» in *Approches to the study of motor control and learning*, Amsterdam, Elsevier Science, 1992.
- [39] A. Thomassen e H. Teulings, *The development of handwriting*. In *The psychology of written language*, J. Wiley, A cura di, New York: M. Martlew, 1983.
- [40] E. Barnes, «A consideration of the Matthew effect in beginning writing: A reply to Saintrop,» *Handwriting Review*, vol. 13, p. 59-63, 1999.
- [41] A. Luria, *Higher Cortical Function in Man*, New York, : Basic Books Inc., 1966.
- [42] J. Copley e J. Ziviani, «Kinesthetic sensitivity and handwriting ability in grade one children,» *Australian Occupational Therapy Journal*, vol. 37, pp. 39-43, 1990.
- [43] A. Ayers, *A scale for measuring the quality of handwriting of school children*, New York: Russel Sage Found, 1985.

## 10 Bibliografia

---

- [44] H. Myklebust, *Development disorder of written language*, vol. 1, New York: Grune & Stratton, 1965.
- [45] S. Graham e D. Perin, «What we know, what we still need to know: Teaching adolescents to write,» *Scientific Studies of Reading*, vol. 11(4), pp. 313-335, 2007.
- [46] R. Plamondon, «A kinematic theory of rapid human movements: part I: Movement representation and generation,» *Biol. Cybern.*, vol. 72, p. 295–307, 1995.
- [47] R. Plamondon, «A kinematic theory of rapid human movements: part II: Movement time and control,» *Biol. Cybern.*, vol. 72, p. 309–320, 1995.
- [48] R. Plamondon, «A kinematic theory of rapid human movements: part III: Kinetic outcomes,» *Biol. Cybern.*, vol. 78, p. 133–145, 1998.
- [49] R. Plamondon, C. Feng e A. Woch, «A kinematic theory of rapid human movements: part IV: a formal mathematical proof and new insights,» *Biol. Cybern.*, vol. 89, p. 126–138, 2003.
- [50] R. Plamondon e W. Guerfali, «The generation of handwriting with delta-lognormal synergies,» *Biol. Cybern.*, vol. 78, p. 119–132, 1998.
- [51] W. Guerfali e R. Plamondon, «A new method for the analysis of simple and complex planar rapid movements,» *Journal of neuroscience methods*, vol. 82(1), pp. 35-45, 1998.
- [52] R. Plamondon e M. Djioua, «A multi-level representation paradigm for handwriting stroke generation,» *Hum. Mov. Sci.*, vol. 25, p. 586–607, 2006.
- [53] A. Woch, R. Plamondon e C. O'Reilly, «Kinematic characteristics of bidirectional delta-lognormal primitives in young and older subjects,» *Human movement science*, vol. 30(1), pp. 1-17, 2011.
- [54] I. Terzi, *Il Metodo spazio-temporale, basi teoriche e guida agli esercizi*, Milano: Ghedini, 1995.
- [55] I. Terzi, «Analisi delle supplenze funzionali nel cieco,» *Clinica delle malattie del sistema nervoso*, vol. 13(4), pp. 353-586, 1958.

## 10 Bibliografia

---

- [56] E. Thelen, «Time-scale dynamics and the development of an embodied cognition,» in *Mind as motion*, Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 1995, pp. 69-100.
- [57] J. M. Iverson e E. Thelen, «Hand, mouth and brain. The dynamic emergence of speech and gesture,» *Journal of Consciousness Studies*, Vol. 11 di 26(11-12), pp. 19-40, 1999.
- [58] A. Berthoz, *The brain's sense of movement*, vol. 10, Harvard University Press, 2000.
- [59] M. Treisman, A. Faulkner e P. L. N. Naish, «On the Relation Between Time Perception and the Timing of Motor Action: Evidence for a Temporal Oscillator Controlling the Timing of Movement,» *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, vol. 45, n. 2, pp. 235-263, 1992.
- [60] A. Borghi e T. Iachini, *Scienze della mente*, Bologna: Il Mulino, 2002.
- [61] G. Rizzolatti e C. Sinigaglia, *So quel che fai – Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Cortina, 2006.
- [62] V. Gallese, «Dai neuroni a specchio alla consonanza intenzionale,» *Rivista di Psicoanalisi*, vol. 53, pp. 197-208, 2007.
- [63] L. Sabbadini, Y. Tsafir e E. Iurato, *Protocollo per la valutazione delle abilità prassiche e della coordinazione motoria - APCM*, Milano: Springer, 2009.
- [64] C. Frith, «The pathology of experience,» *Brain*, vol. 127(2), pp. 239-242, 2004.
- [65] C. Spence, F. Pavani e J. Driver, «Crossmodal links between vision and touch in covert endogenous spatial attention,» *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 26, pp. 1298-1319, 2000.
- [66] C. Spence, F. Pavani e J. Driver, «Spatial constraints on visual-tactile cross-modal distractor congruency effects,» *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, vol. 4, pp. 148-169., 2004.
- [67] A. Berthoz, *Décision (La)*, Paris: Odile Jacob, 2003.

## 10 Bibliografia

---

- [68] G. P. Van Galen, «Phonological and motoric demands in handwriting: Evidence for discrete transmission of information,» *Acta Psychologica*, vol. 74(2), pp. 259-275, 1990.
- [69] G. Van Galen, S. Portier, B. Smits-Engelsman e L. Schomaker, «Neuromotor noise and deviant movement strategies as an explanatory ground for poor handwriting in children,» *Acta Psychologica*, vol. 82, pp. 161-178, 1993.
- [70] U. Frith, «Beneath the surface of surface dyslexia,» in *Surface dyslexia and surface dysgraphia*, 1985.
- [71] K. Forster, «Accessing the mental lexicon,» in *New approaches to language mechanisms*, Amsterdam, North-Holland, 1976.
- [72] J. Morton e K. Patterson, «A new attempt at an interpretation, or, an attempt at a new interpretation,» in *Deep dyslexia*, London, Routledge, 1980.
- [73] D. I. Margolin, «The neuropsychology of writing and spelling: Semantic, phonological, motor, and perceptual processes,» *The quarterly journal of experimental psychology*, vol. 36(3), pp. 459-489, 1984.
- [74] G. Denes e L. Cipollotti, «Dislessie e disgrafie acquisite,» in *Manuale di neuropsicologia*, Bologna, Zanichelli, 1990.
- [75] A. Ellis, «Spelling and writing (and reading and speaking),» in *Normality and pathology in cognitive functions*, London, Academic Press, 1982.
- [76] G. Miceli, M. Silveri e A. Caramazza, «Cognitive analysis of a case of pure dysgraphia,» *Brain and Language*, vol. 25, pp. 187-196, 1985.
- [77] P. Morasso e F. M. Ivaldi, «Trajectory formation and handwriting: a computational model,» *Biological Cybernetics*, vol. 45(2), pp. 131-142, 1982.
- [78] P. Morasso, «Three dimensional arm trajectories,» *Biological Cybernetics*, vol. 48, pp. 187-194, 1983.
- [79] R. Plamondon, «A model-based segmentation framework for computer processing of handwriting,» *Pattern Recognition*, 1992. *Vol.II. Conference B: Pattern Recognition Methodology and Systems*,

## 10 Bibliografia

---

- Proceedings, 11th IAPR International Conference on*, pp. 303-312, 1992.
- [80] J. Alston e J. Taylor, *Handwriting: Theory, research and practice*, London: Croom Helm, 1987.
- [81] G. Favretto e F. Fiorentini, *Ergonomia della formazione*, Roma: Carocci, 1999.
- [82] S. Drew, «Movement for writing: Practical consideration from an occupational therapist's perspective,» *Handwriting Today*, vol. 1, pp. 55-61, 2000.
- [83] Y. Guiard, «Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model,» *Journal of Modern Behaviour*, vol. 19, pp. 486-517, 1987.
- [84] S. Thomas, «The grip characteristics of pre-schoolers,» *Handwriting Review*, vol. 11, pp. 48-56, 1997.
- [85] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill, 1980.
- [86] C. D. Foundation, «Super Decision Software for decision making,» 2012. [Online]. Available: <http://www.superdecisions.com>.
- [87] H. Nutt, «Rhythm in Handwriting,» *The Elementary School Journal*, vol. 17(6), pp. 432-445, 1917.
- [88] F. N. Freeman, *The Handwriting Movement: A Study of the Motor Factors of Excellence in Penmanship*, The University Press, 1918.
- [89] P. V. West, «The Relation of Rhythm to the Handwriting Movement,» *Journal of Educational Psychology*, vol. 13, pp. 438-44, 1922.
- [90] LCS/Telegraphics, «LCS/Telegraphics,» 1995 - 2005. [Online]. Available: <http://www.pointing.com/>.
- [91] M. Djioua e R. Plamondon, «A new algorithm and system for the characterization of handwriting strokes with delta-lognormal parameters,» *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, vol. 31(11), pp. 2060-2072, 2009.

## 10 Bibliografia

---

- [92] S. Rosenblum, P. Weiss e S. Parush, «Product and Process Evaluation of Handwriting Difficulties: A review,» *Educational Psychology Review*, vol. 15(1), pp. 41-81, 2003.
- [93] M. Prateli, *Disgrafia e recupero delle difficoltà grafo-motorie*, Trento: Erickson, 1995.
- [94] L. Hamstra-Bletz, J. DeBie e B. Den Brinker, *Concise evaluation scale for children's handwriting*, Lisse: Swets & Zeitlinger, 1987.
- [95] P. Tressoldi, C. Cornoldi e A. M. Re, *BVSCO-2 Batteria per la valutazione della Scrittura e della Competenza Ortografica nella Scuola dell'Obbligo - 2*, Firenze: Giunti OS, 2000.
- [96] P. Giovanardi Rossi e T. Malaguti, *Valutazione delle abilità di scrittura. Analisi dei livelli di apprendimento e dei disturbi specifici. Manuale generale per la Scuola elementare*, Erickson Trento, 1994.
- [97] F. Wilcoxon, «Individual Comparisons by Ranking Methods,» *Biometrics Bulletin*, vol. 1(6), pp. 80-83, 1945.
- [98] M. A. Efroymson, *Multiple Regression Analysis, Mathematical Methods for Digital Computers*, vol. 1, Ralston, A. and Wilf, HS, 1960.
- [99] A. Accardo, M. Genna, I. Perrone, P. Ceschia e C. Mandarinò, «Evaluation of different handwriting teaching methods by kine-matic analysis,» *XIII MEDICON 2013. IFMBE Proceedings*, vol. 41, pp. 579-582, 2014.
- [100] S. Graham, K. R. Harris e B. Fink, «Is handwriting causally related to learning to write? Treatment of handwriting problems in beginning writers,» *Journal of educational psychology*, vol. 92(4), pp. 620-633, 2000.
- [101] O. T. L. L. K. W. Tucha, «Graphonomics, automaticity and handwriting assessment.,» *Literacy*, vol. 42(3), pp. 145-155, 2008.
- [102] A. S. H. I. F. C. T. Kushki, «Changes in kinetics and kinematics of handwriting during a prolonged writing task in children with and without dysgraphia,» *Research in Developmental Disabilities*, vol. 32(3), pp. 1058-1064, 2011.

- [103] G. Van Galen e J. Weber, «On-line size control in handwriting demonstrates the continuous nature of motor programs,» *Acta Psychol (Amst)*, vol. 100, pp. 195-216, 1998.
- [104] P. Mavrogiorgou, R. Mergl, P. Tigges, J. El Hussein, A. Schröter, G. Juckel, M. Zaudig e U. Hegerla, «Kinematic analysis of handwriting movements in patients with obsessive-compulsive disorder,» *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, vol. 70(5), pp. 605-612, 2001.
- [105] MIUR, «Linee guida per il diritto allo studio degli alunni e degli studenti con disturbi specifici di apprendimento,» in *Decreto Ministeriale, prot.5669*, July 12nd, 2011.
- [106] S. George, «Art from Six to Sixteen,» *British Journal of Special Education*, vol. 12(4), pp. 163-165, 1985.
- [107] C. Remi, C. Frelicot e P. Courtellemont, «Automatic analysis of the structuring of children's drawings and writing,» *Pattern Recognition*, vol. 35, p. 1059–1069, 2002.
- [108] P. I. Khalid, J. Yunus e R. Adnan, «Extraction of dynamic features from hand drawn data for the identification of children with handwriting difficulty,» *Research in Developmental Disabilities*, vol. 31(1), p. 256–262, 2010.
- [109] A. Fleury, A. Kushki, N. Tanel, E. Anagnostou e T. Chau, «Statistical persistence and timing characteristics of repetitive circle drawing in children with ASD,» *Develop. Neurorehabil.*, vol. 16(4), pp. 245-254, 2013.
- [110] Q. Lin, J. Luo, Z. Wu, F. Shen e Z. Sun, «Characterization of fine motor development: Dynamic analysis of children's drawing movements,» *Human movement science*, vol. 40, pp. 163-175, 2015.
- [111] C. Lange-Küttner, «Pressure, velocity, and time in speeded drawing of basic graphic patterns by young children,» *Perceptual and motor skills*, , vol. 86(3), pp. 1299-1310, 1998.
- [112] L. R. Schomaker e R. Plamondon, «The relation between pen force and pen-point kinematics in handwriting,» *Biol. Cybern.*, vol. 63(4), p. 277–289, 1990.



- [113] J. Vredenburg e W. Koster, «Analysis and synthesis of handwriting,» *Philips Technical Review*, vol. 32, pp. 73-78, 1971.
- [114] .. J. Hollerbach, «An oscillation theory of handwriting,» *Biol. Cybern.*, vol. 39, pp. 139-156, 1981.
- [115] D. Bullock, S. Grossberg e C. Mannes, «A neural network model for cursive script production,» *Biol. Cybern.*, vol. 70, pp. 15-28, 1993.
- [116] W. Lippman, *Public opinion*, 1922.
- [117] G. W. Allport, *The nature of prejudice*, 1954.
- [118] G. V. Bodenhausen, «Stereotypes as judgmental heuristics: Evidence of circadian variations in discrimination,» *Psychological Science*, vol. 1(5), pp. 319-322, 1990.
- [119] A. Carnaghi e L. Arcuri, *Parole e categorie: la cognizione sociale nei contesti di intergruppo*, Milano: Raffaello Cortina Editore, 2007.
- [120] C. J. Hunt e K. Gonsalkorale, *Who Cares What She Thinks, What Does He Say? Links between Masculinity, In-Group Bonding and Gender Harassment*, New York: Springer Science+Business Media, 2013.
- [121] S. Dorfberger, E. Adi-Japha e A. Karni, «Sex differences in motor performance and motor learning in children and adolescents: An increasing male advantage in motor learning and consolidation phase gains,» *Behavioural Brain Research*, vol. 198, pp. 165-171, 2009.
- [122] M. Genna e A. Accardo, «Gender and Age Influence in handwriting Performance in Children and Adolescents,» *IFMBE Proc. 5th European IFMBE Conference*, vol. 37, pp. 141-144, 2011.
- [123] N. van Drempt, A. McCluskey e N. A. Lannin, «A review of factors that influence adult handwriting performance,» *Australian Occupational Therapy Journal*, vol. 58, p. 321-328, 2011.
- [124] B. C. V. G. G. P. Smits-Engelsman, «Dysgraphia in children: Lasting psychomotor deficiency or transient developmental delay?,» *Journal of experimental child psychology*, vol. 67(2), pp. 164-184, 1997.
- [125] T. T. P. K. N. Matsuura, «On-line writer identification based on handwriting velocity and curvature of script,» in *Image and Vision*

- Computing New Zealand, 2008. IVCNZ 2008. 23rd International Conference (pp. 1-6). IEEE., New Zealand, 2008.*
- [126] F. Lacquaniti, C. Terzuolo e P. Viviani, «The law relating the kinematic and figural aspects of drawing movements,» *Acta Psychol*, vol. 54, pp. 115-130, 1983.
- [127] J. Phillips, «Can the relationship between tangential velocity and radius of curvature explain motor constancy?,» *Human Movement Science*, vol. 27(5), pp. 799-811, 2008.
- [128] S. Schaal e D. Sternad, «Origins and violations of the 2/3 power law in rhythmic three-dimensional arm movements,» vol. 136(1), pp. 60-72, 2001.
- [129] L. Saling e J. Phillips, «Variations in the relationship between radius of curvature and velocity as a function of joint motion,» *Human Movement Science*, Vol. 24(5-6), pp. 731-743, 2005.
- [130] J. Wann, I. Nimmo-Smith e A. Wing, «Relation between velocity and curvature in movement: Equivalence and divergence between a power law and a minimum-jerk model,» *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 14(4), pp. 622-637, 1988.
- [131] R. V. G. G. Meulenbroek, «Perceptual-Motor Complexity of Printed and Cursive Letters,» *The Journal of Experimental Education*, vol. 58(2), pp. 95-110, 1990.
- [132] B. Coksevim e H. ÇAKSEN, «Evaluation of exercise performance in healthy Turkish adolescents,» *International journal of neuroscience*, vol. 115(7), pp. 1033-1039, 2005.
- [133] P. L. Davies e J. D. Rose, «Motor skills of typically developing adolescents: awkwardness or improvement?,» *Physical & occupational therapy in pediatrics*, vol. 20(1), pp. 19-42, 2000.
- [134] N. Cheng, G. Lee, B. Yap, L. Lee, S. Tan e K. Tan, «Investigation of class characteristics in English handwriting of the three main racial groups: Chinese, Malay and Indian in Singapore.,» *Journal of Forensic Sciences*, vol. 50(1), pp. 1-8, 2005.

## 10 Bibliografia

---

- [135] S. Turnbull, A. Jones e M. Allen, «Identification of the class characteristics in the handwriting of Polish people writing in English,» *Journal of Forensic Sciences*, vol. 55(5), 2010.
- [136] A. Maass, M. Cadinu, G. Guarnieri e A. Grasselli, «Sexual harassment under social identity threat: The computer harassment paradigm,» *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 85, p. 853–870, 2003.
- [137] A. A. A. A. M. S. M. I. Perrone, «Rehabilitation of graphomotor disturbances by means of the spatio temporal Terzi's Method,» in *VIII Developmental Coordination Disorder Int. Conf. Proc.* , Baltimore, MD, USA, 2009.

### 11 Pubblicazioni

- [i] M. Genna, P. D'Antrassi, M. Ajčević, A. Accardo, «A New Approach for Objective Evaluation of Writing Quality,» 16<sup>th</sup> Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering NBC16, October 14-16, 2014, Gothenburg, Sweden. IFMBE proceedings, 48:32-35
- [ii] P. D'Antrassi, A. Accardo, P. Ceschia, I. Perrone, C. Mandarino, «Evaluation of Different Handwriting Teaching Methods by Kinematic and Quality Analyses,» 17<sup>th</sup> conference of the International Graphonomics Society IGS 2015, June 21-24, 2015, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe. Céline Rémi, Lionel Prévost, Eric Anquetil. Drawing, Handwriting Processing Analysis: New Advances and Challenges. pp. 75-78.
- [iii] P. D'Antrassi, I. Perrone, A. Cuzzocrea, A. Accardo, «A Composite Methodology for Supporting Early-Detection of Handwriting Dysgraphia via Big Data Analysis Techniques,» In De Pietro, G. Gallo, L., Howlett, R.J., Jain, L. C. (Eds.). Intelligent Interactive Multimedia Systems And Services 2017. Smart Innovation, Systems And Technologies Series, Vol.76, 2017, Springer
- [iv] P. D'Antrassi, M. Rustia, A. Accardo, «Development of graphomotor skills in school-age children,» 18<sup>th</sup> conference of the International Graphonomics Society IGS 2017, June 18-21, 2017, Gaeta, Italy.
- [v] F. Mammoli, C. Pescarollo, V. Piccoli, P. D'Antrassi, A. Accardo, «Influence of gender on handwriting of young subjects,» 18<sup>th</sup> conference of the International Graphonomics Society IGS 2017, June 18-21, 2017, Gaeta, Italy.
- [vi] A. Accardo, P. D'Antrassi, «Relation between velocity and curvature of the trajectory in cursive handwriting,» V Congresso del Gruppo Nazionale di Bioingegneria, GNB 2016, June 20-22, 2016, Napoli, Italy.
- [vii] P. D'Antrassi, F. Costa, E. Fornasa, A. Accardo, «Influence of Mother Tongue on Dynamic Handwriting Features in Primary School,» VI Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2014, October 29-31, 2014, Paraná, Argentina. IFMBE Proceedings, 49:552-555.