

## **NEW TECHNOLOGIES TO SUPPORT WRITING DIFFICULTIES: STATE OF THE ART AND FUTURE PERSPECTIVES**

### **NUOVE TECNOLOGIE A SUPPORTO DELLE DIFFICOLTÀ DI SCRITTURA: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE FUTURE**

**Daniele Albano**

Università degli Studi di Salerno  
University of Salerno  
dalbano@unisa.it

**Rodolfo Vastola**

Università degli Studi di Salerno  
University of Salerno  
rvastola@unisa.it

#### **Abstract**

In the last twenty years, alongside the traditional analysis of writing, new methods were developed which, based on biomechanics and human movement analysis, combine the classic pen and paper tests with the use of new technologies capable of to provide additional information, otherwise impossible to find. The potential offered by movement analysis tools are mainly linked to the fact that they shift the focus on the processes underlying the writing, rather than just the final product, for which they are still able to provide the same information, but in a very short time. Also eliminating the subjective component from the evaluation, due to the human factor. This contribution aims to provide a general framework on the state of the art concerning the use of new tools for the diagnosis of dysgraphia in the last twenty years, starting from an overview of the traditional methods of diagnosing dysgraphia and introducing the most innovative methods based on the use of new electronic and computer technologies, taking a look at new prospects.

Negli ultimi vent'anni accanto all'analisi tradizionale della scrittura, sono stati sviluppati nuovi metodi di indagine che, fondando le proprie basi sulla biomeccanica e l'analisi del movimento umano, affiancano ai test carta e penna classici, l'utilizzo di nuove tecnologie in grado di fornire informazioni aggiuntive, altrimenti impossibili da reperire. Le potenzialità offerte dagli strumenti di analisi del movimento sono legate principalmente al fatto che spostano il focus sui processi sottostanti la scrittura, piuttosto che al solo prodotto finale, rispetto al quale sono comunque in grado di fornire le stesse informazioni, ma in tempi molto ridotti, eliminando inoltre la componente soggettiva dalla valutazione, dovuta al fattore umano. Il presente contributo ha l'obiettivo di fornire un quadro generale sullo stato dell'arte rispetto all'utilizzo di nuovi strumenti per la diagnosi della disgrafia nell'ultimo ventennio, partendo da una panoramica su quelle che sono le modalità tradizionali di diagnosi della disgrafia e introducendo i metodi più innovativi che si basano sull'utilizzo delle nuove tecnologie elettroniche ed informatiche, dando uno sguardo alle nuove prospettive da queste offerte.

#### **Keywords**

Dysgraphia; diagnosis; kinematics; kinetics; writing

Disgrafia; diagnosi; cinematica; dinamica; scrittura

## **Introduzione**

La scrittura è un comportamento motorio complesso in cui i processi di natura biomeccanica, psicomotoria e linguistica interagiscono strettamente con i processi di sviluppo, maturazione e apprendimento. Il processo di apprendimento della scrittura inizia nella scuola primaria intorno ai sei anni e dopo circa due anni si arriva a una produzione automatica delle lettere (Roseblum et al., 2015), pertanto i bambini, che attorno agli otto anni non hanno sviluppato una competenza adeguata nella scrittura, potrebbero sviluppare quella che è definita disgrafia evolutiva (O'Hare, 2004; Kushki et al., 2011). Nel *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-V) (American Psychiatric Association, 2014), la disgrafia è definita in modo generale come un disturbo dell'espressione scritta, quando le abilità di scrittura sono al di sotto di quelle normalmente presenti in un individuo di una data età e con un'intelligenza e un grado di educazione appropriati. In ambito scolastico è definita disturbo specifico dell'apprendimento che si manifesta come difficoltà a riprodurre sia i segni alfabetici che quelli numerici, essa riguarda quindi esclusivamente il grafismo e non le regole ortografiche e sintattiche, sebbene influisca negativamente anche su tali acquisizioni a causa della frequente impossibilità di rilettura e di autocorrezione (Pratelli, 2009). Nei soggetti disgrafici i limiti funzionali si manifestano con velocità di scrittura inadeguata e scarsa leggibilità del prodotto grafico (Roseblum, 2003; Lam et al., 2011). La disgrafia è riscontrabile in bambini con un'intelligenza nella media e che non presentano particolari disturbi neurologici o percettivo-motori. La prevalenza delle difficoltà di scrittura o di disgrafia evolutiva tra i bambini in età scolare varia tra il 10% e il 30% (Karlsdottir & Stefánsson, 2002; Kushki et al., 2011), in Italia rappresenta lo 0,9% degli alunni frequentanti la scuola (Nota MIUR del 14 giugno 2019, *Scuola, pubblicati i dati sugli alunni con Disturbi Specifici dell'Apprendimento*). Anche con un adeguato insegnamento e la pratica nel compito della scrittura, tra il 5 e il 34% dei bambini non impara a scrivere (Charles et al., 2004; Smits Engelsman et al., 2001). Con l'aumentare delle richieste cognitive dei compiti scolastici nel procedere del percorso scolastico, questi bambini si trovano presto ad affrontare delle difficoltà, dal momento che a causa della mancata automatizzazione del processo di scrittura, non riescono ad affrontare azioni simultanee come badare alle regole di composizione del testo, all'ortografia e alla grammatica. Questo porta a un aumento nella fatica e a una diminuzione della performance cognitiva e dell'autostima (Cratty, 1994; Sandler et al., 1992). Pertanto, è di primaria importanza diagnosticare e porre rimedio a qualsiasi difficoltà di scrittura il prima possibile (Feder & Majnemer, 2007; Christensen, 2009), poiché le difficoltà nella scrittura potrebbero avere serie conseguenze per il successo accademico generale dello studente, il benessere emotivo e il comportamento (Feder & Majnemer, 2007; Peverly et al., 2014). Questi risultati rafforzano l'importanza dell'identificazione precoce delle difficoltà di scrittura, sia in un'ottica preventiva che correttiva (Martins et al., 2013). Negli ultimi vent'anni accanto all'analisi tradizionale della scrittura sono stati sviluppati nuovi metodi di indagine che, fondando le proprie basi sulla biomeccanica e l'analisi del movimento umano, affiancano ai test carta e penna classici, l'utilizzo di nuove tecnologie in grado di fornire informazioni aggiuntive, altrimenti impossibili da reperire (Vastola et al., 2013). Le potenzialità offerte dagli strumenti di analisi del movimento sono legate principalmente al fatto che spostano il focus sui processi sottostanti la scrittura, piuttosto che al solo prodotto finale, rispetto al quale sono comunque in grado di fornire le stesse informazioni, ma in tempi molto ridotti, eliminando inoltre la componente soggettiva dalla valutazione, dovuta al fattore umano (Asselborn et al., 2018). Il presente contributo ha l'obiettivo di fornire un quadro generale sullo stato dell'arte rispetto all'utilizzo di nuovi strumenti per la diagnosi della disgrafia nell'ultimo ventennio, partendo da una panoramica su quelle che sono le modalità tradizionali di diagnosi della disgrafia e introducendo i metodi più innovativi che si basano sull'utilizzo delle nuove tecnologie elettroniche ed informatiche, dando uno sguardo alle nuove prospettive da queste offerte.

### **1. Diagnosi tradizionale della disgrafia ed elementi di criticità**

La diagnosi di disgrafia in Italia è solitamente effettuata nell'ambito dei trattamenti specialistici già assicurati dal Servizio sanitario nazionale o da specialisti o strutture accreditate (Legge

8 ottobre 2010, n. 170 *Nuove norme in materia di disturbi specifici di apprendimento in ambito scolastico*). Questa rappresenta, la prima fase di una valutazione finalizzata alla successiva progettazione, in ambito educativo, di un piano didattico personalizzato PDP (L.170/2010). Sebbene non ci sia un consenso generale riguardo ai criteri per una diagnosi di disgrafia, una raccomandazione degli esperti è la seguente: scarsa leggibilità e automatizzazione della scrittura, discrepanza tra quoziente intellettivo e risultati nella produzione grafica, deficit nei processi di pianificazione grafo-motoria (Berninger, 2004). Altri aspetti da considerare sono la postura, la presa della penna, il tremore e le modalità di scrittura osservate (Molfese et al., 2006). Per la valutazione possono essere utilizzati anche test di integrazione visuo-motoria come il VMI (Beery et al., 2010), anche se questo potrebbe non essere abbastanza sensibile come strumento diagnostico (Overvelde & Hulstijn, 2011). Le informazioni acquisite dovrebbero provenire da fonti multiple che possono includere dati normativi, aneddotici e osservazionali. Un elemento chiave nell'effettuare la diagnosi è documentare gli effetti della difficoltà di scrittura sull'abilità del bambino di accedere al curriculum educativo tradizionale.

Tra i diversi test, ne sono stati proposti molti di tipo quantitativo per valutare la scrittura, la maggior parte dei quali basa la valutazione in accordo ad alcuni criteri predefiniti e specifici, chi si occupa della diagnosi quindi, attribuisce un voto a questi criteri, ottenendo così un punteggio. Diversi test che utilizzano questo principio sono stati sviluppati per alfabeti differenti. I diversi test sono piuttosto eterogenei, poiché sono stati ideati specificamente per valutare la qualità della scrittura per alfabeti specifici o fascia d'età. Inoltre, questi test sono basati sulla scrittura di testi differenti, che può comportare una grande variabilità nei risultati e non viene presa in considerazione una parte molto importante del processo di scrittura complessivo, poiché solo il prodotto finale è utilizzato per l'analisi senza tenere in considerazione le dinamiche sottostanti la scrittura, come la pressione o l'inclinazione della penna. Uno degli svantaggi di questi test è che l'attribuzione di un punteggio di diversi parametri è lasciato al giudizio umano che rende l'interpretazione dei test piuttosto soggettiva (Asselborn et al., 2018). L'attribuzione del punteggio e quindi la valutazione del test richiedono un certo tempo, in alcuni casi piuttosto lungo. In più, poiché l'esperto responsabile della valutazione ha accesso solamente all'immagine statica finale della scrittura del bambino, alcuni aspetti come la dinamica, la pressione, l'inclinazione della penna, restano nascosti e quindi non utilizzati nella diagnosi. Allo stesso modo, la postura e l'impugnatura sono difficili da valutare e dovrebbero essere fatti al momento da un valutatore esperto. Infine, il testo utilizzato nel medesimo test è standardizzato, il contenuto è sempre lo stesso, di conseguenza il test non può essere eseguito in condizioni di scrittura ecologiche, quali ad esempio, le lezioni scolastiche su testi scritti dagli studenti in situazioni reali (Asselborn et al., 2018).

I diversi compiti richiesti dai vari test possono essere principalmente di quattro tipi, copiare una frase diverse volte con la richiesta di qualità e velocità, copiare un testo lungo per un certo tempo, copiare diverse volte una frase, le lettere dell'alfabeto, figure geometriche, copiare un testo contenente tutte le lettere dell'alfabeto.

Tra i test più utilizzati vi è il "*Concise Evaluation Scale for Children's Handwriting*" (BHK), rappresenta il gold standard nella diagnosi della disgrafia in popolazioni con linguaggio basato sull'alfabeto latino (Hamstra-Bletz et al., 1987). Questo test, carta e penna, consiste nella copia di frasi brevi in cinque minuti, in seguito vengono valutati 13 parametri che descrivono le caratteristiche dell'atto grafico (grandezza della scrittura, margine sinistro non allineato, andamento altalenante della linea di scrittura, spazio insufficiente tra le parole, angoli acuti o collegamenti allungati, collegamenti interrotti fra le lettere, collisione fra le lettere, grandezza irregolare delle lettere, misura incoerente fra lettere con e senza estensione, lettere atipiche, forme ambigue delle lettere, lettere ritoccate o ricalcate, traccia instabile) (Hamstra-Bletz et al., 1987).

Un test che si basa sulla valutazione della qualità e della velocità della scrittura in diverse condizioni è il "*Detailed Assessment of Speed of Handwriting*" (DASH test) (Barnett et al., 2009), che consiste nell'eseguire cinque compiti: copiare un testo in due condizioni, più velocemente possibile e nel miglior modo possibile, scrivere l'alfabeto, scrittura libera per 10 minuti e disegnare linee che si intersecano all'interno di cerchi concentrici (Barnett et al., 2009).

Un altro test molto utilizzato, ma specifico per popolazioni che utilizzano l'alfabeto ebraico è lo “*Hebrew Handwriting Evaluation*” (HHE) (Erez & Parush, 1999) che valuta la leggibilità attraverso misurazioni sia globali che analitiche. Consiste in un testo per la valutazione della scrittura eseguito attraverso la modalità di copia e un testo eseguito nella modalità di dettato. Entrambi i testi sono dello stesso livello di difficoltà, inoltre ogni testo contiene tutte le lettere dell'alfabeto ebraico e include lo stesso numero di parole e lettere (Erez & Parush, 1999).

Tra i vari test, uno nato in lingua italiana è il “Test per la valutazione delle difficoltà grafo-motorie e posturali della scrittura” (DGM-P) (Borean et al., 2012), richiede di eseguire la trascrizione di una semplice frase secondo due differenti modalità che si focalizzano sull'accuratezza oppure sulla rapidità. L'analisi si basa su 12 parametri, che caratterizzano l'efficienza della scrittura, rispetto a tre aree di interesse: l'efficienza nell'apprendimento del movimento di scrittura in corsivo, la velocità di esecuzione del compito, la leggibilità dello scritto, ottenuta dalla valutazione combinata di 10 dei parametri considerati. Il test prevede anche l'osservazione da parte dell'operatore per constatare l'eventuale presenza di abitudini di postura del corpo e prensione della penna poco funzionali alla produzione di una scrittura fluida e ben organizzata (Borean et al., 2012).

## 2. Materiali e metodi

La rassegna è stata condotta consultando banche dati quali “Web of Science” e “Scopus” e il motore di ricerca per articoli scientifici “Google Scholar”, utilizzando come parole chiave “*handwriting*”, “*dysgraphia*”, “*analysis*”, “*diagnosis*”. Sono stati selezionati solamente gli studi a partire dal 2000 il cui argomento principale fosse la diagnosi di disgrafia effettuata con strumenti tecnologici non tradizionali e che analizzassero le componenti cinematiche e dinamiche del processo di scrittura.

## 3. Risultati

Autore	Anno	Strumento	Test	Parametri analizzati	Tipo diagnosi
Rosenblum et al.	2004	Tavoletta grafica.	HHE (ebraico).	Tempi e lunghezze del tratto su foglio e in aria.	Supporto alla diagnosi.
Accardo et al.	2007	Tavoletta grafica.	Scrivere una sequenza di “lelele” per 1 minuto.	Durata, pressione, velocità, accelerazione.	Supporto alla diagnosi.
Danna et al.	2013	Tavoletta grafica.	Scrivere 8 volte la parola francese “lapin”.	Velocità del tratto.	Supporto alla diagnosi.
Mekyska et al.	2017	Tavoletta grafica.	Scrivere una sequenza di sette “HET” (lettera dell'alfabeto ebraico).	51 parametri relativi a cinematica e dinamica del tratto.	Diagnosi automatica.
Asselborn et al.	2018	Tavoletta grafica.	BHK (inglese).	Durata, velocità, accelerazione, tilt, pressione, caratteristiche geometriche.	Diagnosi automatica.
Dimauro et al.	2020	Tavoletta grafica.	BHK (italiano).	Caratteristiche geometriche (spazi e dimensioni).	Diagnosi semi-automatica.

Tabella 1: Prospetto sintetico.

#### 4. Discussione

La maggior parte delle ricerche volte all'implementazione di un test diagnostico per la disgrafia, ha utilizzato come strumento di acquisizione dei dati una tavoletta grafica, poiché piuttosto economico e in grado di non alterare eccessivamente le condizioni di scrittura rispetto al contesto reale. Sono stati inoltre proposti dei veri e propri strumenti di diagnosi automatizzati che sembrano mostrare potenzialità interessanti. Di seguito vengono riportati i principali lavori che definiscono lo stato dell'arte in questo settore.

Rosenblum et al. in uno studio del 2004 hanno comparato le abilità relative, di una valutazione basata su una tavoletta grafica e una valutazione convenzionale, nel discriminare tra la scrittura di bambini con abilità di scrittura normale e disgrafici. Un ulteriore scopo è stato quello di determinare se la tavoletta grafica, attraverso la sua capacità di misurare le variabili spazio-temporali, che non possono essere riconosciute dall'occhio umano, fornisce informazioni aggiuntive importanti per la caratterizzazione delle difficoltà di scrittura. Il campione dello studio era composto da due gruppi di scrittori (normali e disgrafici), ognuno costituito da 50 bambini della 3° classe della scuola primaria, di età compresa tra 8 e 9 anni. Per l'acquisizione e l'analisi dei dati sono stati utilizzati una tavoletta grafica e un software di analisi sviluppato specificamente per questo studio. Il compito di scrittura è stato eseguito con una penna elettronica, simile in peso e misura a una penna tradizionale, su un foglio di carta A4 a righe affisso sulla tavoletta. Sono stati acquisiti i dati relativi a spostamento, pressione e inclinazione della penna con una frequenza di campionamento di 150 Hz. Da questi sono state ricavate sei variabili (lunghezza totale della scrittura, lunghezza del tratto su foglio, lunghezza del tratto in aria, tempo totale, tempo su foglio, tempo in aria). I risultati hanno dimostrato che i bambini con scrittura normale mostrano tempi di esecuzione significativamente minori rispetto ai disgrafici, inoltre la loro scrittura presenta anche lunghezze minori. Tra le variabili analizzate, quella con la capacità maggiore di discriminazione tra disgrafici e normali è risultata essere il tempo in aria. Gli autori hanno concluso che esiste una forte relazione tra il prodotto del compito di scrittura del bambino disgrafico e le variabili quantitative misurate dalla tavoletta grafica e che questa risulta quindi uno strumento molto interessante da utilizzare nella diagnosi di disgrafia. Questi risultati possono avere enormi implicazioni per i professionisti e gli educatori che sono responsabili dell'identificazione e della riabilitazione dei problemi di scrittura nel bambino.

Accardo et al. in uno studio del 2007 hanno proposto un nuovo strumento in grado di analizzare la scrittura prodotta dai bambini attraverso una tavoletta grafica. Lo strumento è stato creato per valutare gli effetti di un programma di riabilitazione per la disgrafia che prevedeva l'acquisizione di specifici movimenti, verificando se alcuni parametri cinematici legati alla velocità di esecuzione dei colpi, variassero in seguito all'intervento. I movimenti orizzontali e verticali della punta della penna sono stati registrati durante l'esecuzione di un compito di scrittura, che consisteva nello scrivere per un minuto la sequenza continua "lelele". I parametri analizzati sono stati durata, media, picco e deviazione standard di pressione, lunghezza, velocità e accelerazione del tratto X, Y e Curvilineo (X+Y). Lo strumento è stato utilizzato con successo per l'esaminazione della scrittura normale e disgrafica in bambini dell'Istituto "Burlo Garofalo" di Trieste. I risultati indicano che l'analisi cinematica della scrittura, non solo fornisce importanti informazioni sui processi e le strategie coinvolte nell'apprendimento e nel controllo della scrittura, ma costituiscono anche un supporto utile per monitorare i progressi durante il trattamento della disgrafia.

Danna et al. in uno studio del 2013 attraverso delle tecniche di sonificazione del movimento (trasformazione di variabili cinematiche in suoni), sono riusciti a rendere direttamente percepibili ai terapeuti le informazioni sulla cinematica della scrittura, trasformando tutte quelle caratteristiche del tratto grafico, normalmente nascoste, in suoni. Il vantaggio di usare il suono è che questo è facilmente applicabile per dare informazioni sulle caratteristiche spazio-temporali del movimento, inoltre il canale uditivo è disponibile durante l'esecuzione della scrittura e quindi può reperire informazioni aggiuntive rispetto a quelle fornite dal canale visivo. Questa ricerca

ha il duplice scopo di aiutare sia la diagnosi che la riabilitazione della disgrafia. Utilizzando una tavoletta grafica, attraverso l'utilizzo di un software appositamente creato è possibile convertire alcune caratteristiche cinematiche del tratto grafico in suoni. Selezionando delle variabili specifiche della scrittura tipica di soggetti disgrafici e associandole a dei suoni particolari, è possibile discriminare la scrittura di bambini disgrafici rispetto a bambini normali o adulti, semplicemente "ascoltando" il modo in cui scrivono. I ricercatori hanno concluso che la sonificazione della scrittura può rappresentare uno strumento efficace per la diagnosi della disgrafia. In particolare, la sonificazione di parametri come la velocità permetterebbe di distinguere tra soggetti adulti bambini normali e bambini disgrafici.

Mekyska et al. in uno studio del 2017 hanno analizzato la scrittura di un campione costituito da 27 bambini disgrafici e 27 bambini coetanei non disgrafici con esperienza scolastica di 2 anni nella scrittura.

L'obiettivo di questo studio è:

1. introdurre un approccio di parametrizzazione automatizzato e complesso che possa essere usato per quantificare diversi domini della disgrafia;
2. proporre un semplice metodo di normalizzazione intra-scrittore che possa aumentare la precisione nella stima del punteggio automatico totale HPSQ;
3. proporre un sistema di discriminazione della disgrafia (tra normale e disgrafico);
4. proporre un sistema di valutazione della disgrafia e valutarne la performance in termini di errore di stima rispetto al HPSQ, confrontando il punteggio calcolato da un esperto e quello automaticamente calcolato dal sistema.

Il compito di scrittura per i bambini consisteva nello scrivere una serie di lettere con una normale penna su un foglio di carta posizionato su una tavoletta grafica che registrava tutto il processo di scrittura, al termine il sistema in maniera automatizzata è stato in grado di restituire un punteggio confrontabile con lo "Handwriting Proficiency Screening Questionnaire" (HPSQ). I parametri registrati sono stati di tipo cinematico (velocità, jerk, accelerazione, durata, etc.), geometrico (larghezza, altezza, orientamento, etc.), relativi alla fluidità (tremore, irregolarità nella velocità, etc.) e ai movimenti in aria. Alcuni di questi parametri sono strettamente individuali, pertanto è necessario individuarli ed eliminarli per mettere in evidenza le caratteristiche del tratto puramente legate alla disgrafia, per fare questo è stato effettuato un processo di normalizzazione intra-individuale (questo è stato il primo studio ad utilizzare una tale procedura nell'analisi della disgrafia). Infine, il sistema attraverso un modello matematico è stato in grado di dare come risultato un punteggio legato al HPSQ. In conclusione, questo metodo che utilizza 51 caratteristiche del tratto grafico sembra riuscire a distinguere i bambini disgrafici dai non disgrafici. Inoltre, il metodo della normalizzazione è in grado di aumentare la precisione del 4% nella discriminazione e ad abbassare l'errore di stima del punteggio HPSQ del 3.48%. Il sistema proposto presenta una sensibilità e una specificità del 96% ed un errore di stima nel punteggio HPSQ totale del 10%.

Asselborn et al. (2018) su un campione costituito da 298 bambini hanno eseguito il BHK test su un foglio di carta affisso su una tavoletta grafica. In questo studio sono state estratte tutte le caratteristiche utili a descrivere la scrittura, come quelle statiche (geometriche), cinematiche (velocità, accelerazione, tempo in aria), pressione, inclinazione.

In questo studio hanno proposto un metodo che permetterebbe una valutazione clinica della disgrafia con una tavoletta grafica. A detta dei ricercatori questo metodo è più economico, veloce, libero da bias umani, validato su dati clinici e applicabile all'alfabeto latino. Inoltre, questo metodo fornirebbe informazioni non solo sulle caratteristiche geometriche e quindi spaziali del prodotto grafico, ma anche sulle dinamiche sottostanti. Il 96.6% dei disgrafici è stato diagnosticato correttamente. Il sistema ha il vantaggio di essere economico (escluso il costo della tavoletta), veloce poiché impiega pochi millisecondi per dare il risultato, contro i circa 10 minuti del BHK. Riduce la soggettività del risultato, quindi è oggettivo rispetto alla valutazione tradizionale. Inoltre, tra le 53 caratteristiche del tratto analizzate, molte sono di "basso livello", cioè misurano direttamente la meccanica della scrittura e quindi sono slegate dallo stile

personale di scrittura, linguaggio e comprensione del testo, pertanto possono essere utilizzate nella valutazione di soggetti appartenenti a culture differenti con sistemi di scrittura diversi (ad esempio, scrittura da destra verso sinistra). L'utilizzo di 53 caratteristiche fornisce un quadro più approfondito non solo sul prodotto della scrittura, ma anche sulle dinamiche sottostanti, che possono far luce sul perché si verifichi un determinato risultato, indicazione molto utile ai fini riabilitativi, ad esempio prescrivere esercizi per aumentare la stabilità nell'inclinazione della penna o nei cambiamenti di pressione necessari per l'automatizzazione del gesto.

Dimauro et al. (2020) hanno presentato un metodo diagnostico denominato TestGraphia. Grazie a questo strumento è possibile valutare automaticamente alcune caratteristiche del tratto per facilitare la diagnosi di disgrafia. Il clinico deve solamente controllare alcuni parametri che devono essere interpretati. Tra le caratteristiche analizzate: dimensione delle lettere, spazio tra le lettere, collegamenti mancanti tra le lettere, dimensione irregolare delle lettere etc.). Alla fine della procedura di valutazione viene generato un report che descrive i risultati come le anomalie, il punteggio di ogni caratteristica e quello totale. Alla fine del processo un pannello di controllo permette al clinico di validare ed approvare il risultato prodotto in automatico. La prima parte del report contiene i dettagli di ogni caratteristica e le eventuali anomalie. La seconda mostra dei punteggi rispetto agli standard classificandoli in superiore, inferiore o nella media.

Per valutare l'efficacia di questo metodo diagnostico, sono stati testati 109 bambini dalla 2° alla 5° classe della scuola primaria. Di questi 12 erano disgrafici. I ricercatori hanno concluso che il metodo TestGraphia grazie alla sua facilità di utilizzo e al costo nullo, potrebbe rappresentare un'interessante opportunità per facilitare la diagnosi della disgrafia. Tra le potenzialità offerte da questo test ci sono il fatto che permette una diagnosi affidabile anche con una relazione asincrona tra paziente e dottore, il quale può esaminare i risultati senza assistere direttamente al test; tiene in considerazione l'esperienza del dottore, che è importante per validare il risultato finale; inoltre, il test può essere svolto da casa senza particolari attrezzature. Gli autori considerano le prestazioni soddisfacenti e in futuro potrebbero essere aggiunte all'analisi, oltre a quelle geometriche e spaziali, le caratteristiche riguardanti la pressione della penna sul foglio.

## **Conclusioni**

L'apprendimento delle competenze grafiche nei primi anni dell'età scolare assume una forte rilevanza sull'intero processo di acquisizione e applicazione delle conoscenze soprattutto in riferimento alla prima fase di esperienze sensoriali e intenzionali e agli apprendimenti di base (ICF, 2007). Il bambino trascorre, infatti, gran parte del tempo, a scuola o a casa per lo studio individuale, per lo svolgimento di attività che richiedono l'utilizzo di abilità grafo-motorie, che dalle forme più semplici come simboli grafici alla conquista della scrittura, rappresentano un canale comunicativo di input e output fondamentale, substrato di ulteriori ampliamenti di conoscenze, abilità e competenze. Per tali ragioni, una compromissione o una presenza di qualche difficoltà da parte del bambino nelle suddette abilità, comporta influenze negative sull'intero processo di apprendimento con notevoli condizionamenti anche sugli aspetti emotivo-relazionali e motivazionali. La diagnosi precoce diviene un aspetto di fondamentale importanza che richiama l'attenzione del mondo della ricerca e del mondo educativo. Come evidenziato, nell'ultimo ventennio sono stati fatti enormi passi avanti che permettono di affiancare l'utilizzo di strumenti convenzionali per la diagnosi della disgrafia con strumenti innovativi; il supporto tecnologico si presenta maggiormente attendibile e fruibile rispetto al passato con enormi potenzialità di implementazione anche in ambito scolastico. Un punto di forza che emerge dall'analisi degli strumenti tecnologici del presente contributo è la possibilità di poter utilizzare dati che analizzano sia il prodotto in termini di risultato finale (performance) che il processo sottostante, determinando una integrazione quali-quantitativa dei dati che ci fornisce una chiara e precisa valutazione della disgrafia. L'intero processo valutativo in alcuni casi è completamente automatico, eliminando la componente umana e pertanto un certo grado di soggettività, in

altri si assiste all'integrazione tra il clinico e lo strumento diagnostico, dove quest'ultimo può essere di supporto alla valutazione, oppure fornire una diagnosi parziale in modo semi-automatico, validata dal clinico, grazie alla sua esperienza e alle informazioni raccolte mediante altri strumenti. È evidente un forte investimento della ricerca nello studio e nella validazione di strumenti sempre più funzionali per una valutazione che possa in maniera efficace identificare precocemente le problematiche e le difficoltà che inficiano l'andamento dei processi di apprendimento con specifico riferimento alla prevenzione dei DSA. I test analizzati, in tal senso, per la specifica valutazione della disgrafia, si presentano sempre più precisi nella diagnosi e più economici, sia in termini di tempo che di risorse. Sarebbe interessante, al fine di ampliare maggiormente l'efficacia di implementazione di questi strumenti, fornire piccoli accorgimenti nella grafica di presentazione delle istruzioni che enfatizzano l'aspetto ludico delle consegne, rendendo più fruibile la somministrazione del test e più vicina alla realtà del bambino. Ciò consentirebbe, considerando l'età dei bambini, un approccio al test più gioioso e motivante, creando un ambiente di apprendimento più ecologico e meno "clinico". L'integrazione di questi nuovi strumenti a supporto della diagnosi precoce dei disturbi della grafia sembra rivolta proprio in questa direzione, offrendo un valore aggiunto a quanto già presente in un'ottica di miglioramento della condizione dell'alunno e dello studente, passando attraverso le influenze che queste ricerche hanno inevitabilmente sulla didattica. Alcuni metodi ad esempio, non esauriscono la loro utilità nella fase di diagnosi, ma offrono diverse possibilità di intervento successive, anche in fase riabilitativa e lungo l'intero percorso formativo. Alla luce delle evidenze emerse, la diagnosi precoce delle difficoltà di scrittura che non dovrebbe superare il secondo anno della scuola primaria, richiede un forte impegno e sinergia d'intenti da parte di più ambiti professionali e contesti educativi anche attraverso una maggiore sensibilizzazione e formazione specifica. L'intesa tra più competenze professionali può aprire nuovi scenari per potenziare e implementare maggiormente l'utilizzo delle tecnologie più avanzate in ambito educativo avvalendosi di più prospettive di interpretazione, analisi e lettura dei dati che evidenzino, attraverso un'osservazione a 360°, punti di criticità e punti di forza sui quali progettare adeguatamente piani didattici personalizzati efficaci.

## Bibliografia

- Accardo, A., Chiap, A., Borean, M., Bravar, L., Zoia, S., Carrozzi, M., & Scabar, A. (2007). *A device for quantitative kinematic analysis of children's handwriting movements*. In 11th Mediterranean Conference on Medical and Biomedical Engineering and Computing 2007 (pp. 445-448). Springer, Berlin, Heidelberg.
- American Psychiatric Association. (2014). *Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali (DSM-5)*. Milano: Raffaello Cortina.
- Asselborn, T., Gargot, T., Kidziński, Ł., Johal, W., Cohen, D., Jolly, C., & Dillenbourg, P. (2018). *Automated human-level diagnosis of dysgraphia using a consumer tablet*. NPJ digital medicine, 1(1), 1-9.
- Barnett, A. L., Henderson, S. E., Scheib, B. & Schulz, J. (2009). *Development and standardization of a new handwriting speed test: The detailed assessment of speed of handwriting*. In BJEP Monograph Series II, Number 6-Teaching and Learning Writing. British Psychological Society, 137, 137-157.
- Beery KE, Buktenica NA, Beery NA. (2010). *Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration, 6th ed*. Minneapolis, Mn: Pearson.
- Berninger, V. W. (2004). *Understanding the "Graphia" in Developmental Dysgraphia: A Developmental Neuropsychological Perspective for Disorders in Producing Written Language*. In D. Dewey & D. E. Tupper (Eds.), *The science and practice of neuropsychology. Developmental motor disorders: A neuropsychological perspective* (p. 328-350). The Guilford Press.

- Borean M., Paciulli G., Bravar L., Zoia S. (2012). *DGM-P. Test per la valutazione delle difficoltà grafo-motorie e posturali della scrittura*. Trento, Erickson.
- Charles, M., Soppelsa, R., & Albaret, J. M. (2004). BHK: échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant. Ecpa.
- Christensen, C. A. (2009). The critical role handwriting plays in the ability to produce high-quality written text. *The SAGE handbook of writing development*, 284-299.
- Cratty, B. J. (1994). *Clumsy child syndromes*. USA: Harwood Academic Publ.
- Danna, J., Paz-Villagrán, V., Capel, A., Petroz, C., Gondre, C., Pinto, S., ... & Velay, J. L. (2013, October). Movement sonification for the diagnosis and the rehabilitation of graphomotor disorders. In *International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research* (pp. 246-255). Springer, Cham.
- Danna, J., Paz-Villagrán, V., Gondre, C., Aramaki, M., Kronland-Martinet, R., Ystad, S., & Velay, J. L. (2013). *Handwriting sonification for the diagnosis of dysgraphia*. In *Recent progress in graphonomics: Learn from the past—Proceedings of the 16th conference of the international graphonomics society* (pp. 123-126). Tokyo: Tokyo University of Agriculture and Technology Press.
- Dimauro, G., Bevilacqua, V., Colizzi, L., & Di Pierro, D. (2020). *TestGraphia, a Software System for the Early Diagnosis of Dysgraphia*. *IEEE Access*, 8, 19564-19575.
- Erez, N. & Parush, S. (1999). *The hebrew handwriting evaluation*. *School of Occupational Therapy*. Faculty of Medicine. Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- Feder, K. P. & Majnemer, A. (2007). *Handwriting development, competency, and intervention*. *Dev. Med. Child Neurol.* 49, 312–317.
- Hamstra-Bletz, L., DeBie, J., & Den Brinker, B. P. L. M. (1987). *Concise evaluation scale for children's handwriting*. Lisse: Swets, I.Karlsdottir, R. & Stefansson, T. (2002). *Problems in developing functional handwriting*. *Percept. Mot. Skills* 94, 623–662.
- Kushki, A., Schweltnus, H., Ilyas, F., & Chau, T. (2011). Changes in kinetics and kinematics of handwriting during a prolonged writing task in children with and without dysgraphia. *Research in developmental disabilities*, 32(3), 1058-1064.
- Lam, S. S., Au, R. K., Leung, H. W., & Li-Tsang, C. W. (2011). Chinese handwriting performance of primary school children with dyslexia. *Research in developmental disabilities*, 32(5), 1745-1756.
- Legge 8 ottobre 2010, n. 170 - *Nuove norme in materia di disturbi specifici di apprendimento in ambito scolastico*. GU Serie Generale n.244.
- Martins, M. R. I., Bastos, J. A., Cecato, A. T., Araujo, M. D. L. S., Magro, R. R., & Alaminos, V. (2013). Screening for motor dysgraphia in public schools. *Jornal de Pediatria (Versão em Português)*, 89(1), 70-74.
- Mekyska, J., Faundez-Zanuy, M., Mzourek, Z., Galaz, Z., Smekal, Z., & Rosenblum, S. (2016). *Identification and rating of developmental dysgraphia by handwriting analysis*. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 47(2), 235-248.
- Molfese, V., Molfese, D., Molnar, A., & Beswick, J. (2006). Developmental Dyslexia and Dysgraphia. In *Encyclopedia of Language & Linguistics* (pp. 485-491). Elsevier Ltd.
- Nota MIUR del 14 giugno 2019 - *Scuola, pubblicati i dati sugli alunni con Disturbi Specifici dell'Apprendimento*.
- O'Hare, A. (2004). Hands up for handwriting. *Developmental medicine and child neurology*, 46(10), 651-651.
- Overvelde, A. & Hulstijn, W. (2011). *Handwriting development in grade 2 and grade 3 primary school children with normal, at risk, or dysgraphic characteristics*. *Res. Dev. Disabil.* 32, 540–548 .
- Peverly, S. T., Garner, J. K., & Vekaria, P. C. (2014). Both handwriting speed and selective attention are important to lecture note-taking. *Reading and Writing*, 27(1), 1-30.
- Pratelli, M. (1995). *Disgrafia e recupero delle difficoltà grafo-motorie*. Trento, Erickson.
- Rosenblum, S., Weiss, P. L., & Parush, S. (2004). *Handwriting evaluation for developmental*

- dysgraphia: Process versus product*. Reading and writing, 17(5), 433-458.
- Sandler, A. D., Watson, T. E., Footo, M., Levine, M. D., Coleman, W. L., & Hooper, S. R. (1992). Neurodevelopmental study of writing disorders in middle childhood. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*.
- Smits-Engelsman, B. C., Niemeijer, A. S., & van Galen, G. P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human movement science*, 20(1-2), 161-182.
- Vastola, R., Carlomagno, N., Sgambelluri, R., & Sibilio, M. (2013). New Technologies for Writing and Drawing Evaluation. *International Journal of Digital Literacy and Digital Competence (IJDLDC)*, 4 (1), 47-55.
- World Health Organization. (2007). *International Classification of Functioning, Disability, and Health: Children & Youth Version: ICF-CY*. World Health Organization.