

The assessment of the writing task based on neuroscientifically oriented principles

La valutazione del compito di scrittura sulla base di principi neuroscientificamente orientati

Martina Albanese

Università degli Studi di Palermo / Dipartimento di Scienze Psicologiche, Pedagogiche, dell'Esercizio Físico e della Formazione

Elisabetta Fiorello

Università degli Studi di Palermo / Dipartimento di Scienze Psicologiche, Pedagogiche, dell'Esercizio Físico e della Formazione

OPEN ACCESS

Double blind peer review

Citation: Albanese, M. & Fiorello, E. (2024). The assessment of the writing task based on neuroscientifically oriented principles. *Italian Journal of Educational Research*, 33, 103-117.
<https://doi.org/10.7346/sird-022024-p103>

Corresponding Author: Martina Albanese
Email: MAIL

Copyright: © 2024 Author(s). This is an open access, peer-reviewed article published by Pensa Multimedia and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. IJEDuR is the official journal of Italian Society of Educational Research (www.sird.it).

Received: September 04, 2024

Accepted: October 15, 2024

Published: December 20, 2024

Pensa MultiMedia / ISSN 2038-9744
<https://doi.org/10.7346/sird-022024-p103>

Abstract

Neuroscientific findings over the past 20 years acknowledge the close interconnection and simultaneity of the functioning of cognitive processes and body control systems. In this view, the body is not only a passive vehicle for cognitive functions, but an actor that has shaped complex cognitive abilities such as language and writing and, as a result, should be attentively addressed by pedagogical and evaluative practice with reference to the teaching-learning mechanisms of writing processes. The text also explores, as well, some theories that argue that language and motor skills have co-evolved, influencing each other through mechanisms of embodied cognition.

In this study we analyze, from the perspective of neuro-evolutionary findings on brain functioning, the connection between visual, motor and language systems involved in the writing process with the aim of abstracting a framework of criteria and indicators that can guide the student and teacher in the process of acquiring the skill of reading-writing. The same can serve as an orientation compass for the construction of evaluative tools that can reflect research on the learning writing brain.

Keywords: Writing, Learning, Embodied Cognition, Lateralization, Evaluative Framework.

Riassunto

Le evidenze neuroscientifiche degli ultimi 20 anni concludono la stretta interconnessione e simultaneità del funzionamento dei processi cognitivi e dei sistemi di controllo del corpo. In tal senso, il corpo non è solo un veicolo passivo per le funzioni cognitive, ma un attore che plasma abilità cognitive complesse come il linguaggio e la scrittura e che, come tale, andrebbe attenzionato dalla pratica pedagogica e docimologica in riferimento ai meccanismi di insegnamento-apprendimento dei processi di scrittura. Nel testo si esplorano, altresì, alcune teorie che sostengono che le abilità linguistiche e motorie si siano co-evolute, influenzandosi reciprocamente attraverso meccanismi di cognizione incarnata.

In questo studio si analizza, dal punto di vista delle scoperte neuro-evolutive sul funzionamento cerebrale, la connessione tra sistema visivo, motorio e linguistico implicata nel processo di scrittura con l'obiettivo di astrarre un quadro di criteri e indicatori che possa guidare lo studente e il docente nel processo di acquisizione dell'abilità di letto-scrittura. Lo stesso può fungere da orientamento per la costruzione di strumenti docimologici in grado di riflettere le ricerche sul cervello che apprendono a scrivere.

Parole chiave: Scrittura, Apprendimento, Embodied Cognition, Lateralizzazione, Quadro Docimologico.

Lo studio effettuato è frutto di un'idea sviluppata da entrambe le autrici. Tuttavia, introduzione, par. 1, par. 4 e par. 5 sono a cura di Martina Albanese mentre par. 2, par. 3 e conclusioni sono a cura di Elisabetta Fiorello.

Introduzione

Le evidenze scientifiche degli ultimi vent'anni confermano la stretta corrispondenza tra visione, azione e linguaggio per cui i processi cognitivi sono dipendenti e non separabili da quelli sensorimotori. Nel testo viene analizzata la dimensione triadica visione-linguaggio-sistema motorio in relazione al compito di scrittura.

Il corpo non è solo un veicolo passivo per le funzioni cognitive, ma un attore che plasma abilità cognitive complesse come il linguaggio e la scrittura e che, come tale, andrebbe posto in posizione di rilievo dalla pratica pedagogico-didattica in riferimento ai meccanismi di insegnamento-apprendimento dei processi di scrittura.

Nel contributo si analizza la connessione tra il sistema motorio da un lato e i processi implicati nell'atto della produzione testuale dall'altro; pur non dimenticando che i piani (motorio-linguistico) non possono essere scissi, ma vanno considerati in maniera interdipendente.

Obiettivo dello studio è proporre una riflessione docimologica che identifica criteri e indicatori ispirati alle ricerche di matrice neuroscientifica volta ad orientare la prassi meta-valutativa quotidiana del docente e dello studente in relazione ai compiti di scrittura.

1. La relazione *embodied* esistente tra visione, azione e linguaggio

Non v'è dubbio sul fatto che «la gran parte dei processi cognitivi avvenga mediante i sistemi di controllo del corpo» (Caruana & Borghi, 2013) e sul fatto che i processi cognitivi sono intrinsecamente intrecciati con quelli sensorimotori a tal punto da esserne plasmati (Ianì, 2022).

Caligiore e Fischer (2013), a tal proposito, sostengono che la visione e il linguaggio operino attraverso il corpo.

Tra tali studi è possibile collocare quelli che concludono che la sola visione di un oggetto attivi piani di azione diretti verso esso (Tucker & Ellis, 1998, 2001; Fischer & Dahl, 2007) e che i nomi degli oggetti inducano effetti di pianificazione delle azioni simili a quelli in cui si ha la visione vivida degli oggetti stessi (Borghi, Glenberg & Kaschak, 2004; Tucker & Ellis, 2004). Da non dimenticare, inoltre, il concetto di "*affordance*" (Gibson, 1977) che descrive come diverse caratteristiche fisiche di un oggetto o di uno spazio sono in grado di evocare la possibilità di azione. A tal proposito, gli studi di Borghi (2004), Glenberg & Robertson (2000) e Zwaan (2004) indicano come, a seconda del contesto linguistico, le caratteristiche degli oggetti attivano la pianificazione delle azioni in termini di risposte manuali facilitate. Ad esempio: in un contesto di apprendimento di lingue straniere, l'insegnante può utilizzare verbi d'azione concreti che comprendano in sé un'*affordance* linguistica («aprire», «chiudere») in modo da indurre gli studenti a simulare mentalmente le azioni descritte. La frase «apri la porta» può attivare mentalmente il piano motorio associato all'apertura di una porta, facilitando la comprensione e la memorizzazione del verbo.

In modo speculare, numerose ricerche condotte mostrano come le intenzioni di azione dirigono l'attenzione in modo diverso verso le caratteristiche dell'oggetto da elaborare (Bekkering & Neggers, 2002; Fischer & Hoellen, 2004; Symes, Tucker, Ellis, Vainio, & Ottoboni, 2008). Esempio ne sono i movimenti oculari: la loro attivazione anticipatoria rispetto alle mani supportano il controllo e la presa (Bekkering & Neggers, 2002).

Altri studi a sostegno dell'interrelazione triadica in esame riguardano l'elaborazione e la comprensione del linguaggio nel far uso dei sistemi neurali utilizzati prevalentemente per la percezione e l'azione (Lakoff, 1987; Zwaan, 2004; Glenberg & Robertson, 1999; Gallese, 2008; Glenberg, 2010). Per meglio comprendere questo meccanismo, Caligiore e Fischer (2013) spiegano come l'elaborazione della parola "tazza" rievochi e simuli internamente le rappresentazioni percettive, motorie e affettive relative a una tazza. Anche le parole astratte vengono comprese creando una simulazione delle azioni che le sottendono (Glenberg & Kaschak, 2002; Borghi & Cimatti, 2009).

Questi studi comportamentali sono stati affiancati da ricerche di *imaging* cerebrale che hanno recentemente portato alla scoperta dei neuroni visuo-motori: i neuroni canonici e i neuroni specchio (Buccino, Binkofski, & Riggio, 2004; Rizzolatti & Craighero, 2004). I primi si attivano in presenza fisica di un oggetto che può essere afferrato attraverso un'azione di prensione della mano diretta all'oggetto; i secondi,

invece, si attivano in presenza di un atto motorio finalizzato, cioè quando sono gli altri a compiere un'azione o quando è presente anche solo l'intenzione di compiere un'azione.

Altri studi (Pulvermuller, 2005; Willems, Ozyürek & Hagoort, 2007) hanno sottolineato una relazione tra i simboli della comunicazione (le parole) che vengono utilizzati dall'agente attraverso le sue rappresentazioni cognitive (i significati) e che passano attraverso l'interazione percettiva e sensomotoria con il mondo esterno (i riflessi) (Steels & Vogt, 1997; Yoon, Heinke & Humphreys, 2002; Steels, 2003). È acclarato, infatti, che quando uno studente apprende un nuovo termine, ad esempio la parola «bicchiere», non solo ne memorizza il suono e la scrittura, ma associa la parola a una rappresentazione cognitiva che comprende la forma, la funzione e il modo in cui viene utilizzato. Di conseguenza, ogni volta che lo studente vede o tocca un bicchiere, queste rappresentazioni cognitive vengono rinforzate attraverso l'interazione percettiva e sensomotoria con l'oggetto fisico, consolidando così il significato del termine.

Sulla stessa scia, altre ricerche basate sulla comprensione dei meccanismi neurali alla base dell'acquisizione della capacità di lettura, tra tutti quelle di Dehaene (2020; 2009; Choi *et al.*, 2021; Feng *et al.*, 2022), rivelano come la percezione del parlato negli adulti e lo sviluppo del linguaggio nel bambino sono influenzati da segnali multimodali che si verificano in modo sincrono (segnali uditivi, visivi, motori e sensomotori).

2. Lateralizzazione della scrittura e rapporto tra visione, atti motori e linguaggio

Alcune teorizzazioni neuroscientifiche recenti che guardano al rapporto tra visione, atti motori e sviluppo del linguaggio gettano luce su un'ipotesi che vede una correlazione tra la lateralizzazione del linguaggio nell'emisfero sinistro del cervello umano e la presenza, sviluppatasi lungo il corso dell'evoluzione della specie, della lateralità umana destra per i compiti di scrittura.

Questa proposta, contenuta nel testo *Cervelli divisi* di Rogers, Vallortigara e Andrew (2016), le cui fondamenta sono state costruite a partire da modelli animali, si intreccia inevitabilmente con “la teoria delle origini posturali” di MacNeilage (2007).

In particolare, durante il processo di evoluzione della specie, seguendo MacNeilage (1998), l'arto anteriore destro si è specializzato per essere un ausilio in grado di afferrare oggetti in modo prolungato, utilizzando la forza; a discapito, invece, della mano sinistra che anche nei primati è usata adattivamente per afferrare un oggetto/preda in movimento. La prima specializzazione è legata al controllo della risposta (afferrare a lungo), mentre la seconda riguarda la valutazione dell'organizzazione ambientale (Rogers & Vallortigara, 2016).

A questo proposito, la ricerca scientifica si è lungamente interrogata, senza tuttavia giungere fin ora a conclusioni coerenti, sulla misura in cui la struttura cerebrale dei mancini differisca da quella dei destrimani (Willems & Francks, 2014). Gli studi attuali non sono concordi nel determinare in che modo l'assetto strutturale del cervello dei soggetti *left-handed* contribuisca allo sviluppo delle preferenze manuali (Siebner *et al.*, 2002; Klöppel *et al.*, 2007; Gutwinski *et al.*, 2011).

Ciò che si rileva, tuttavia, è che il fattore decisivo nel correlare il controllo della mano destra con l'evoluzione del linguaggio è stato l'uso della vista per controllare la forma assunta dalla mano nel gesto di prensione specializzato. La necessità di coordinare visione e movimento fine per compiti di precisione (come afferrare e manipolare gli oggetti) ha probabilmente contribuito a sviluppare le capacità cerebrali necessarie per il linguaggio che richiede un alto grado di coordinazione motoria (ad esempio, nel controllo dei muscoli della bocca e delle mani per parlare e scrivere). Inoltre, la sovrapposizione parziale del controllo della bocca e della mano a livello di rappresentazioni neurali, evidenziata da Gentilucci e colleghi (2001), dimostra come le funzioni motorie e linguistiche siano interconnesse.

Tutte queste evidenze, che convergono nel quadro della discussione moderna sulle origini gestuali del linguaggio umano¹ (Hewes, 1976) evidenziano il ruolo attivo che il corpo ha avuto adattivamente nel plasmare le sorti delle abilità di scrittura. In altri termini, le teorie sulla lateralità manuale destra della specie

1 Questa ipotesi è oggi condivisa da vari illustri studiosi, quali Michael Tomasello e Giacomo Rizzolatti. Questa propone che il linguaggio umano abbia avuto origine dai gesti manuali e dalle espressioni corporee piuttosto che dai suoni vocali.

umana si prestano bene a una rilettura in chiave di *embodied cognition*, se ci si muove dall'assunto per cui la cognizione non avviene solo nel cervello in modo isolato ma emerge dall'interazione tra il cervello, il corpo e l'ambiente.

3. I processi di scrittura e produzione testuale in una prospettiva neuroeducativa

Accostandosi al panorama degli studi neuroscientifici, una prima ragione, seppur non unilaterale, che concorre a spiegare il grado di difficoltà dell'acquisizione delle abilità del linguaggio scritto da parte degli studenti, sarebbe ascrivibile al fatto che il conseguimento delle competenze di scrittura e di lettura rappresenta una recente conquista dell'evoluzione umana rispetto ad altre abilità come il linguaggio parlato.

La nostra architettura cognitiva non sarebbe infatti originariamente stata "cablata" per la scrittura e la lettura, ma si ipotizza piuttosto che il nostro cervello abbia adattato strutture anatomiche e funzioni cognitive preesistenti per svolgere questi compiti. Secondo Dehaene e Cohen (2007) funzioni cognitive recenti come il riconoscimento delle parole sarebbero il risultato dello sviluppo di aree altamente specializzate, insediatesi in regioni cerebrali precedentemente adibite ad altre funzioni. Più in particolare, l'espansione corticale avvenuta a seguito dell'avvento della scrittura avrebbe offerto alla nostra specie più spazio per espletare le funzioni legate a questo nuovo prodotto culturale.

Il modello neuroscientifico di Dehaene (2005) *neural recycling hypothesis*, espressione che indica il meccanismo putativo con cui un nuovo oggetto culturale si inserisce in un sistema cerebrale preesistente postula che l'organizzazione del cervello umano è soggetta a forti vincoli anatomici e connessionistici, lasciato di specifici processi evolutivi.

Più precisamente, la velocità e la facilità di acquisizione di alcune abilità culturali nei bambini (leggere, scrivere, suonare uno strumento e parlare) dovrebbero essere prevedibili in base alla complessità della rimappatura corticale richiesta dal compito associato (Rollenhagen & Olson, 2000; Ziegler & Goswami, 2005; Dehaene *et al.*, 2005). In tal senso, i vincoli corticali pregressi dovrebbero spiegare in modo esauriente sia la facilità con cui i bambini acquisiscono certi strumenti culturali, sia le difficoltà specifiche che occasionalmente incontrano. Per esempio, la difficoltà sistematica che i bambini mostrano nel discriminare e scrivere lettere speculari come la p e la q può essere ricondotta alla propensione del nostro sistema di riconoscimento visivo a generalizzare le immagini speculari, dovuta alla sua evoluzione in un ambiente in cui la distinzione tra sinistra e destra era per lo più irrilevante (Rollenhagen & Olson, 2000; Dehaene *et al.*, 2005).

Se si pensa, ad esempio, alla recente rilevazione neuroscientifica secondo cui i livelli di attivazione di un'area cerebrale denominata *Visual Word Formed Area* (VWFA), collocata in corrispondenza del solco occipito-temporale laterale e selettivamente deputata alla codifica delle lettere, dipenderebbero dalla padronanza o *expertise* esibita da un soggetto in compiti di lettura e scrittura, ovvero dal suo grado di *literacy*, si comprende in che modo i meccanismi di apprendimento possano innescare processi di riorganizzazione e gemmazione di nuove connessioni sinaptiche, producendo modificazioni a lungo termine nella capacità cognitive di un soggetto (Puce *et al.*, 1996; Shaywitz *et al.*, 2002; Cohen *et al.*, 2003; Maurer *et al.*, 2006; Philipose *et al.*, 2007).

Proseguendo nel tentativo di rintracciare delle cause che concorrono a spiegare la complessità che caratterizza i processi di scrittura, un aspetto interessante emerso dalla letteratura neuroscientifica è quello legato al coinvolgimento multi-dominio di strutture e funzioni cognitive diversificate che concorrono sinergicamente ad assolvere compiti di scrittura e composizione testuale. Numerosi studi di psicolinguistica hanno rivelato, infatti, che la stesura e la redazione di un testo non coinvolgono esclusivamente il sistema linguistico, ma un più ampio ventaglio di domini cognitivi (Deane *et al.*, 2008; McCutchen *et al.*, 2008).

Un primo modello che scompone i processi di scrittura in chiave cognitiva è quello di Flower e Hayes (Flower & Hayes, 1980; 1981) che descrive la scrittura come un insieme di processi diversificati e gerarchicamente organizzati, che ricomprendono compiti decisionali e modalità di pensiero orientate agli obiettivi (*goal-directed thinking*). Nella loro *Cognitive process theory of writing*, Flower e Hayes (1981) articolano l'atto di composizione testuale in tre momenti: una prima fase di pianificazione (1) che passa per la generazione di nuove idee attraverso il recupero della memoria a lungo termine e per la messa in atto di schemi organizzativi e di fissazione degli obiettivi di lavoro. Bisogna poi tradurre (2), cioè trasporre le idee siste-

maticamente organizzate in un testo scritto. Infine, la fase di revisione (3) è caratterizzata da un momento di valutazione e revisione di ciò che è stato elaborato.

Kellogg (1996) nel suo saggio *A Model of Working Memory in Writing* reinterpreta le parti fondamentali del modello di scrittura di Hayes e Flower del 1981, individuando tre meccanismi che operano in concomitanza con la memoria di lavoro: il taccuino visuo-spaziale (*visuospatial sketchpad*), l'esecutivo centrale e il circuito fonologico (*phonological loop*).

L'opera di Kellogg sta nell'adattare il tradizionale modello di Baddeley (2000) della memoria a breve termine, composta tradizionalmente da un sistema esecutivo centrale e da due sottosistemi quali il *loop* fonologico e il *visuospatial sketchpad*, ai sistemi di composizione testuale. In questa prospettiva, il *phonological loop*, essendo preposto alla memorizzazione temporanea di informazioni verbali e fonologiche, viene attivato per mantenere attivi frammenti di testo che l'autore sta elaborando, mentre il *visuospatial sketchpad* è coinvolto nella manipolazione temporanea di informazioni visive e spaziali, consentendo di rappresentare mentalmente le caratteristiche dei testi, le immagini che si intende incorporare negli scritti. Nel corso della fase di pianificazione e di elaborazione di un testo, il *visuospatial sketchpad* aiuta quindi gli autori a immaginare la disposizione delle parole sulla pagina e a visualizzare la struttura dei paragrafi, supportando anche l'*editing* visuale del testo.

La rilevanza pedagogica di questi riscontri emerge dal fatto che molti studi sperimentali di Kellogg e autori successivi (Becker, 2006; Carillo, 2017) evidenziano che gli scrittori esperti tendono a avere livelli migliori di memoria a breve termine (e complessiva) grazie a abilità di pianificazione e revisione del testo più sviluppate.

Al contrario, gli studenti e, in particolare, quelli che mostrano più ostacoli e difficoltà nel portare a termine efficacemente compiti di *proofreading*, sembrano essere caratterizzati anche da scarse capacità mnemoniche.

4. L'acquisizione della competenza di scrittura tra neuroscienze e educazione

Il legame neurofisiologico fra scrittura manuale e apprendimento (Olivieri, 2014; Umejima *et al.*, 2021; Wiley & Rapp, 2021) implica che l'atto dello scrivere non può essere considerato solo un prodotto motorio con una finalità comunicativa, ma parte integrante del processo di apprendimento che comporta un suo ripensamento in ottica educativa (Angelini, 2022).

Santojanni (2012) sottolinea alcuni obiettivi didattici che fungono da preparazione e accompagnamento all'apprendimento della lettura e della scrittura: riconoscere i suoni iniziali di una parola, trovare una parola che inizi con una lettera specifica, scindere le parole nelle loro componenti fonologiche a partire da una sequenza parlata. Peraltro, «Ridurre la complessità di tale sistema di conversione grafema/fonema sembra possibile sollecitando un apprendimento manipolativo, tattile, motorio, oltre che uditivo e visivo, che coinvolga il corpo in azione» (Gomez Paloma *et al.*, 2016). La didattica basata su un approccio *Embodied Cognitive Science-based* (Gomez Paloma & Damiani, 2015), quando applicata al processo di acquisizione della scrittura, si pone come strumento di mediazione attraverso cui le conoscenze vengono consolidate grazie al lavoro interrelato di mente e corpo (Damasio, 1994).

Oliveri (2014) elenca l'insieme delle abilità neuro-cognitive che bambini/e devono sviluppare per scrivere in modo efficace: inizialmente sono le abilità visuo-percettive che consentono l'interpretazione e l'assegnazione di un significato a ciò che si osserva; la prassi motoria, poi, implica la capacità di pianificare ed eseguire azioni o comportamenti motori che, nel caso della scrittura, corrisponde all'assegnazione ai vari muscoli (o gruppi muscolari) di ruoli specifici nell'esecuzione del compito. Inoltre, il *feedback* cinestetico del sistema senso motorio è strettamente connesso alla postura e alla prensione in quanto è proprio il *feedback* cinestetico che facilita una buona corrispondenza tra piano motorio ed esecuzione motoria; infine, la coordinazione visuo-motoria, riguardante la capacità di associare un output motorio con un input visivo, permette un monitoraggio generale. Definito ciò, la coordinazione e l'automatizzazione delle capacità grafo-motorie, ortografiche, cognitive e metacognitive rendono possibile la gestione di attività più complesse implicate nella produzione testuale come il pensiero (Coco & Piazza, 2023).

Nel tentativo di creare il ponte tra neuroscienze e il campo educativo, la nostra attenzione si focalizza prevalentemente sugli aspetti docimologici. A tal fine, e in linea con Jones e colleghi (2007), la pratica

docimologica auspicabile guarda al potenziamento di una valutazione autentica fondata sullo sviluppo della persona e sulla comprensione della progressione naturale dell'apprendimento (Rushton *et al.*, 2010). D'altronde, si è chiamati a valutare processi cognitivi ben definiti dalle neuroscienze cognitive che allo stesso comportano una certa creatività e variabilità individuale (Benedek *et al.*, 2019); questo è il motivo per cui a partire dalla ricerca neuroscientifica cui si è fatto cenno, si sono delineati alcuni criteri ripetibili rispetto al compito di scrittura, che potrebbero guidare la prassi docimologica, ma che necessitano di essere contestualizzati.

5. Criteri docimologici neuro-orientati per la valutazione del compito di scrittura

L'orientamento pedagogico di Hayes (2012) evidenzia l'importanza di indagare gli stadi di sviluppo dell'abilità di scrittura nei bambini, sia attraverso la ricerca osservativa sia nell'azione didattica e sottolinea l'urgenza di implementare pratiche di didattica metacognitiva per aiutare gli studenti ad incrementare la consapevolezza delle proprie strategie comunicative.

A tal fine, il presente studio intende riflettere su come lo sviluppo di alcuni criteri docimologici astratti dalle ricerche di matrice neuroscientifica che in questo articolo sono stati presentati possa orientare la prassi meta-valutativa quotidiana del docente e dello studente in relazione ai compiti di scrittura. Gli stessi criteri, così come mostrato nella tabella 2, derivano dalla delineazione di alcuni principi riferibili alle evidenze neuroscientifiche che sono state in seguito categorizzate secondo due macro-sistemi (sistema motorio e sistema linguistico).

La domanda che ha mosso lo studio può essere così enucleata: è possibile delineare dei criteri e degli indicatori osservabili neuro-orientati per la valutazione del compito di scrittura che tengano in considerazione le diverse componenti implicate (sistema motorio, sistema linguistico) utilizzabili dai docenti?

Abbiamo, così, ipotizzato che attraverso lo studio e l'analisi di alcuni modelli che la letteratura neuroscientifica offre in relazione all'apprendimento del compito di scrittura si possa costruire un quadro di criteri di valutazione che funga da modello d'orientamento per il docente e per lo studente per individuare e rilevare il funzionamento dei processi cognitivi messi in atto dai sistemi coinvolti durante un processo di scrittura.

A seguire una tabella esplicativa del lavoro svolto. È doveroso sottolineare che, sebbene le due componenti (motoria e linguistica) vengano considerate in maniera distinta, come più volte sottolineato nel corso del testo, le dimensioni coinvolte e i processi implicati sono frutto di una interconnessione e di un lavoro cerebrale simultaneo. Ciò è evidente rispetto agli indicatori individuati che in diversi punti richiamano criteri posizionati in parti diverse nel quadro.

Quadro dei criteri e degli indicatori			
Componente motoria (atti motori)		Componente linguistica (produzione testuale)	
criterio	Indicatore	criterio	Indicatore
1. Stimolazione della vista	Usare immagini atte a stimolare i piani di azione.	1. Riconoscimento delle lettere speculari o simili.	Distinguere e identificare lettere speculari (es. b e d, p e q) o con forme simili (es. m e n, u e v) in contesti di dettato o copia.
	Impiegare supporti visivi (cartacei, multimediali e realtà aumentata).		

2. Rievocazione dell'oggetto tramite i nomi	Usare parole specifiche.	2. Codifica delle lettere	Scrivere le lettere, evitando errori di forma, dimensione, e orientamento.
	Analizzare la frequenza con cui nomi specifici vengono utilizzati in contesti appropriati.		Mantenere una dimensione uniforme delle lettere durante la scrittura.
	Denominare gli oggetti quando vengono mostrati o descritti.		Scrivere lettere con orientamento (es. evitare lettere capovolte o ruotate).
	Associare i nomi degli oggetti con le immagini o le descrizioni verbali degli stessi.		Mantenere una spaziatura uniforme tra le lettere durante la scrittura.
	Utilizzare i nomi degli oggetti in contesti linguistici diversi		Riconoscere gli errori di codifica delle lettere durante o dopo il completamento di un compito.
	Adattare l'uso dei nomi degli oggetti in base al contesto e al pubblico.		
	Recuperare i nomi degli oggetti appresi in sessioni successive.		
3. Descrizione delle caratteristiche dell'oggetto	Usare caratteristiche percepibili attraverso i diversi sensi (tatto, odore, suono, gusto).	3. Pianificazione (in termini di recupero dalla memoria a lungo termine)	Recuperare e applicare le sequenze motorie per il tracciato delle lettere dalla MLT.
	Descrivere le trasformazioni o i cambiamenti delle caratteristiche dell'oggetto.		Recuperare e applicare le conoscenze sulla dimensione e la spaziatura delle lettere.
Recuperare e organizzare le idee in modo logico e coerente.			
Recuperare e utilizzare i connettivi logici per collegare frasi e paragrafi.			
Recuperare e applicare strategie per gestire efficacemente il tempo dedicato alla pianificazione, scrittura e revisione del testo.			
4. Direzione dei movimenti oculari	Usare la vista per l'anticipazione dell'azione.	4. Pianificazione (in termini di fissazione degli obiettivi di lavoro)	Definire obiettivi di lavoro chiari e specifici con scadenze concrete e piani di azione dettagliati.
	Direzionare lo sguardo per focalizzare l'attenzione.		Adattare gli obiettivi in base ai progressi e ai cambiamenti imprevisti nel piano di operativo di lavoro.
Utilizzare strumenti e tecniche di pianificazione per ottimizzare il raggiungimento degli obiettivi.			
Ordinare gli obiettivi in base alla loro importanza e alla sequenza logica necessaria per il loro raggiungimento.			
Documentare e comunicare gli obiettivi e il piano di lavoro al docente e ai pari coinvolti, dimostrando capacità di comunicazione e collaborazione.			
5. Analisi delle parole e delle parole astratte	Individuare le parole chiave all'interno di un testo.	5. Traduzione (esercizio delle abilità linguistiche)	Esprimere le idee recuperate dalla memoria, evitando confusione o ambiguità.
	Spiegare il significato delle parole nel contesto in cui sono usate.		Usare tecniche di rielaborazione, come la parafrasi o la sintesi.
	Evocare internamente la sensazione percettiva, motoria e affettiva legata alle parole e alle parole astratte osservando se lo studente ricorre a strategie mnemonico- astrattive o attraverso l'osservazione della sua gestualità e delle mimiche facciali.		Adattare le idee in base al contesto e agli obiettivi specifici che sta scrivendo.
Utilizzare esempi e dettagli pertinenti.			
Ricomprendere esperienze sensoriali e corporee nel testo, come descrizioni di sensazioni fisiche, emozioni e interazioni corporee.			
Esprimere emozioni e stati d'animo attraverso il testo.			

6. Visione di un'azione	Imitare un'azione.	6. Revisione (competenze metavalutative)	Correggere errori grammaticali e sintattici.
	Rispecchiare le azioni compiute nel contesto.		Migliorare la chiarezza e la precisione delle idee espresse, eliminando ambiguità e vaghezze.
	Verificare la correttezza e l'adeguatezza del vocabolario utilizzato.		
	Mantenere una coerenza stilistica nel testo e rispettare le convenzioni formali.		
7. Intenzione di compiere un'azione	Immaginare lo svolgimento di un'azione.	7. Loop fonologico	Ripetere mentalmente frammenti di testo mentre si scrive.
	Scomporre in sequenze l'azione immaginata.		Utilizzare strategie di ripetizione e di rielaborazione, come rileggere e ripetere a voce alta.
	Descrivere l'azione immaginata.		
8. Prensione prolungata	Usare la mano destra ² per i compiti che richiedono forza.	8. Manipolazione delle informazioni visuo-spaziali	Utilizzare strumenti visuo-spaziali come schemi, mappe concettuali o diagrammi per visualizzare le idee prima di iniziare a scrivere.
	Mantenere una presa su un oggetto specifico senza interruzioni.		Integrare informazioni visive come immagini, grafici e tabelle nel testo scritto.
	Mantenere una presa stabile senza movimenti involontari o cedimenti.		Manipolare mentalmente la disposizione spaziale delle idee e delle informazioni nel testo.
	Monitorare la propria postura durante la presa per identificare eventuali compensazioni o adattamenti posturali.		Sfruttare la memoria visuo-spaziale per ricordare e recuperare dettagli visivi e spaziali rilevanti.
	Manipolare l'oggetto afferrato per eseguire compiti specifici.		
9. Organizzazione e predisposizione di un ambiente che funga da supporto al compito di scrittura	Usare la mano sinistra come supporto alla scrittura.	9. Creazione delle immagini e dei simboli	Creare immagini mentali dettagliate, utilizzando descrizioni vivide e precise.
	Verificare la facilità di accesso ai materiali di scrittura durante l'attività.		Utilizzare simboli e metafore visive per spiegare concetti complessi.
	Disporre degli strumenti per pianificare e organizzare l'attività di scrittura.		
	Verificare la posizione ergonomica della sedia e del tavolo per prevenire disagi fisici durante la scrittura.		Utilizzare l'immaginazione per creare narrazioni visive che facilitano la comprensione delle idee.
	Controllare la disposizione della luce per garantire un'illuminazione adeguata.		

2 In tema delle differenze anatomico-funzionali che caratterizzano la struttura cerebrale dei mancini la letteratura scientifica non è ancora pervenuta a conclusioni unanimemente accettate (Klöppel *et al.*, 2007; Siebner *et al.*, 2002; Gutwinski *et al.*, 2011).

10. Coordinazione motoria	Controllare la pressione esercitata sulla penna o matita durante la scrittura.	10. Organizzazione della struttura del testo	Scrivere un'introduzione che presenta l'argomento del testo.
	Esaminare la fluidità dei movimenti della mano e delle dita durante la scrittura.		Organizzare i paragrafi in modo logico, assicurandosi che ciascun paragrafo abbia una chiara idea principale.
	Verificare che vi sia coerenza tra la spaziatura tra un rigo e un altro e la dimensione delle parole e delle lettere.		Utilizzare transizioni efficaci tra i paragrafi per garantire la coerenza del testo.
	Scrivere con vari strumenti (penne, matite, pennarelli) e su diverse superfici (carta, lavagna, tablet).		Segmentare il testo in unità di informazione che siano facilmente gestibili, per ridurre il carico cognitivo di chi legge.
	Adattare la presa e il controllo in base allo strumento e alla superficie utilizzati.		Utilizzare spazi bianchi e formattazione visiva, come titoli, sottotitoli, e liste puntate.
11. Coordinazione oculo-manuale	Seguire visivamente il testo mentre si scrive.	11. Utilizzo di strumenti metacognitivi	Impiegare strumenti di autovalutazione, come diari di apprendimento o <i>check-list</i> .
	Sincronizzare il movimento degli occhi e della mano durante la scrittura.		Applicare strategie di <i>problem solving</i> per superare ostacoli e difficoltà incontrati durante il lavoro.
	Mantenere gli occhi fissi sulla linea di scrittura mentre si scrive.		Utilizzare strategie di revisione e correzione, come la rilettura critica e ad alta voce.
	Allineare le parole rispetto ai margini del foglio.		Richiedere <i>feedback</i> ai docenti e ai compagni di classe.
	Mantenere la stessa dimensione e forma delle lettere lungo tutto il testo.		
12. Controllo dei muscoli della mano	Modulare la forza in base al tipo di tratto richiesto.	12. Scissione delle parole nelle singole componenti fonologiche	Pronunciare correttamente le singole sillabe che compongono una parola.
	Eeguire movimenti coordinati tra il polso, la mano e le dita.		Segmentare le parole nei singoli fonemi e riconoscere i suoni distinti che compongono ciascun fonema.
	Alternare periodi di scrittura a momenti di rilassamento per prevenire affaticamento.		Utilizzare la scissione fonologica come strategia per migliorare l'ortografia. Riconoscere le differenze fonologiche tra parole simili e correggere eventuali errori di scrittura.
13. Pianificazione degli atti motori	Ricordare e riprodurre la sequenza dei movimenti necessari per formare lettere e parole.	13. Riconoscimento i suoni e i grafemi iniziali di una parola	Associare il suono iniziale di una parola con il grafema corrispondente.
	Coordinare i movimenti della mano con il <i>feedback</i> visivo per tracciare lettere e parole con precisione.		Distinguere i suoni iniziali simili tra parole diverse, identificando le differenze fonetiche. Riconoscere i suoni iniziali in parole che fanno parte di una serie di rime.

14. Controllo della postura (mano-foglio-spalla)	Verificare se la schiena è dritta e se le spalle sono rilassate.	14. Sensibilità fonologica	Identificare parole, in una serie di parole fornite, che fanno rima tra loro.
	Controllare la simmetria e l'equilibrio del corpo rispetto al tavolo e al foglio.		Segmentare una parola nei suoi fonemi distinti e riconoscere ogni suono.
	Verificare la pressione della mano dominante sul foglio, controllando se è stabile e allineata con la penna o la matita.		Riconoscere e produrre parole che contengono suoni specifici in posizioni iniziali, mediane e finali
	Posizionare l'angolo della mano rispetto al foglio, né troppo inclinata né troppo piatta.		Usare giochi di rime e allitterazioni che operino sulla consapevolezza fonologica dello studente.
	Esaminare la flessibilità e la stabilità del polso durante la scrittura, assicurandosi che non sia troppo rigido o troppo flessibile.		
15. Occupazione dello spazio	Mantenere il testo allineato con le righe.		
	Costruire margini giustificati su entrambi i lati del foglio.		
	Mantenere la stessa/simile spaziatura tra le parole.		
	Mantenere la stessa/simile dimensione delle lettere, assicurandosi che siano proporzionate e uniformi.		
	Adattare l'occupazione dello spazio di scrittura a diversi formati di carta (A4, quaderni, blocchi note).		
16. Direzionalità della scrittura	Iniziare la scrittura da sinistra verso destra per le lingue che seguono questa direzione.		
	Mantenere la direzione della scrittura lungo tutta la riga senza inversioni o deviazioni.		
	Seguire le linee guida senza uscire dai margini o dalle righe.		
	Mantenere la direzionalità corretta su diverse superfici di scrittura, come lavagne, tablet o carta.		

Tabella 1: quadro dei criteri e degli indicatori neuroscientificamente orientati per la costruzione di strumenti docimologici.

Quadro dei criteri e degli indicatori			
Componente motoria (atti motori)		Componente linguistica (produzione testuale)	
Criterio	Quadro teorico di riferimento	Criterio	Quadro teorico di riferimento
1.	(Tucker & Ellis, 1998, 2001; Fischer & Dahl, 2007; (Tucker & Ellis, 2004; Borghi, Glenberg & Kaschak, 2004; Gibson, 1977)	1.	(Dehaene et al., 2005; Rollenhagen & Olson, 2000)
2.	(Steels & Vogt, 1997; Steels, 2003; Yoon, Heinke & Humphreys, 2002)	2.	(Puce et al., 1996; Cohen et al., 2003; Philipose et al., 2007; Shaywitz et al., 2002; Maurer et al., 2006)
3.	(Oliveri 2014; (Lakoff, 1987; Zwaan, 2004; Glenberg & Robertson, 1999; Gallese, 2008; Glenberg, 2010).	3.	(Flower e Hayes, 1981,1980; Becker, 2006)
4.	(Gomez Paloma & Damiani, 2015; Gomez Paloma & Damiani, 2015; Damasio 1994; Oliveri, 2014).	4.	(Flower e Hayes, 1981; Kellogg 1996)
5.	(Santojanni 2012; Gomez Paloma et al., 2016).	5.	(Flower e Hayes, 1981)
6.	(Rizzolatti & Craighero, 2004; Buccino, Binkofski, & Riggio, 2004; Pulvermuller, 2005; Willems & Hagoort, 2007).	6.	(Flower e Hayes, 1981)
7.	(Coco & Piazza, 2023; Steels & Vogt, 1997; Steels, 2003; Yoon, Heinke & Humphreys, 2002)	7.	(Baddeley ,2000; Becker, 2006; Carillo, 2017)
8.	(MacNeilag, 2007, 1998; (Rogers & Vallortigara, 2016)	8.	(Baddeley ,2000; Becker, 2006; Carillo, 2017)
9.	(Oliveri 2014; Angelini, 2022; Pastena et al., 2015)	9.	(Baddeley 2000; Flower e Hayes, 1981)
10.	(Oliveri 2014; Angelini, 2022; Pastena et al., 2015; Gomez Paloma & Damiani, 2015).	10.	(Baddeley 2000; Flower e Hayes, 1981)
11.	(Oliveri, 2014; Dehaene (2020; Choi et al., 2021; Feng et al., 2022)	11.	(Coco & Piazza, 2023; Heyes, 2012).
12.	(Oliveri, 2014; Dehaene (2020; Choi et al., 2021; Feng et al., 2022)	12.	(Santojanni 2012; Gomez Paloma & Damiani, 2015)
13.	(Gomez Paloma et al., 2016; Coco & Piazza, 2023)	13.	(Santojanni 2012; Gomez Paloma et al., 2016)
14.	(Oliveri, 2014; Dehaene (2020; Choi et al., 2021; Feng et al., 2022)	14.	(Baddeley ,2000; Becker, 2006; Carillo, 2017)
15.	(Kellogg 1996; Heyes & Flowwe, 1981)		
16.	Kellogg 1996; Heyes & Flowwe, 1981)		

Tabella 2: schema del quadro teorico di riferimento da cui sono stati estratti i criteri riportati nella tabella 1.

A titolo esemplificativo si riportano due brevi esempi di come il quadro presentato possa essere tradotto in strumenti operativi: nello specifico si presentano un estratto di una rubrica di valutazione delle competenze e un estratto di una progettazione di un'attività didattica a partire dal criterio 8 relativo alla produzione testuale.

Dimensione: produzione testuale				
Criterio 8: Manipolazione delle informazioni visuo-spaziali		Livello Base	Livello intermedio	Livello avanzato
Indicatore 8.1	- Utilizzare strumenti visuo-spaziali per visualizzare le idee prima di iniziare a scrivere.	Usa strumenti visuo-spaziali come schemi, mappe concettuali o diagrammi per organizzare le idee solo se guidato dal docente e /o dai pari.	Usa strumenti visuo-spaziali come schemi, mappe concettuali o diagrammi per organizzare le idee a sua disposizione creati da altri o creati da se stesso/a in forma rudimentale.	Usa strumenti visuo-spaziali come schemi, mappe concettuali o diagrammi per organizzare le idee creati da se stesso/a in maniera creativa e funzionale.
indicatore 8.2	- Sfruttare la memoria visuo-spaziale per ricordare e recuperare dettagli visivi e spaziali rilevanti.	Utilizza tecniche di memoria visuo-spaziale (tecnica dei Loci) per descrivere caratteristiche, luoghi e contesti di oggetti e soggetti solo se guidato dal docente e /o dai pari.	Utilizza tecniche di memoria visuo-spaziale (tecnica dei Loci) per descrivere caratteristiche, luoghi e contesti di oggetti e soggetti in maniera rudimentale descrivendo alcuni o pochi dettagli a disposizione.	Utilizza tecniche di memoria visuo-spaziale (tecnica dei Loci) per descrivere caratteristiche, luoghi e contesti di oggetti e soggetti in maniera creativa e dettagliata.

Figura 1: esempio di rubrica di valutazione delle competenze relativa al criterio 8 (componente linguistica) cfr. Tabella 1

Dati informativi		Progettazione dell'attività	
Grado scolastico/tipologia di ente	Scuola secondaria di primo grado	criterio	Criterio 8: Manipolazione delle informazioni visuo-spaziali
Classe/sezione	classe 1 ^a	indicatore	- Utilizzare strumenti visuo-spaziali per visualizzare le idee prima di iniziare a scrivere.
Numero destinatari	16	Obiettivi specifici dell'attività operativamente verificabili/misurabili	Creare una mappa concettuale che evidenzi la collocazione storica e le principali caratteristiche dell'arte rupestre e delle pitture preistoriche
Cornice progettuale		Descrizione dell'attività	Gli studenti creeranno una mappa concettuale per organizzare e visualizzare le informazioni principali sull'arte rupestre e le pitture preistoriche.
Titolo dell'intervento	La costruzione di mappe concettuali	Tempi e fasi	1. Introduzione (45 minuti) - dubbi e pausa (15) L'insegnante spiega brevemente l'argomento dell'arte rupestre
Numero di ore complessive	3		2. Lavoro di Gruppo (45 minuti) - dubbi e pausa (15 min) A ogni gruppo viene assegnata una sezione dell'argomento
Discipline coinvolte	Storia, Italiano, arte		3. Creazione della Mappa Concettuale (45 minuti) - plenaria (15 min)
Competenze attese	Organizzazione, classificazione e categorizzazione di idee e concetti	Materiale necessario	Fogli A3, colori, matite; colori naturali, carbone, ossidi, Post-it o cartoncini, Ritagli di immagini (opzionale), Computer o tablet.
Contenuti	arte rupestre e le pitture preistoriche.		

Figura 2: esempio di progettazione di un'attività didattica relativa al criterio 8 (componente linguistica) cfr. Tabella 1

Conclusion

Il quadro di criteri e indicatori presentato rappresenta uno sforzo di conciliare le evidenze neuroscientifiche sul cervello legate al compito di scrittura e la prassi docimologica che guida i processi di insegnamento-apprendimento del/la docente e dello/a studente/essa. I criteri sviluppati sono stati astratti attraverso l'analisi della letteratura scientifica presentata e gli indicatori sono stati sviluppati con l'intento di rendere operativi, misurabili e osservabili i criteri.

Così configurato questo strumento meta-valutativo può essere utilizzato sia per sviluppare percorsi didattici in linea con il funzionamento cerebrale coinvolto nell'apprendimento della scrittura e della letto-scrittura, sia per creare strumenti docimologici (strutturati, non strutturati e semi-strutturati) che riflettano il funzionamento del cervello.

Al fine di verificare l'efficacia dello strumento presentato e al fine di comprovarne la validità rispetto alle potenzialità docimologico-didattiche fin ora dichiarate, si prevede nell'ambito dell'insegnamento di Pedagogia Sperimentale che avrà luogo nel primo semestre dell'a.a. 2024-2025 nel corso di studi in Scienze dell'Educazione presso l'Università degli Studi di Palermo, di sottoporre il quadro di criteri e indicatori neuro-didatticamente orientati ad un campione pilota di 20 studenti. La verifica dello strumento proposto sarà volta a rilevare se, attraverso un approccio di tipo empirico sviluppato nel corso di una prova d'esame scritta, i criteri e gli indicatori si possano rivelare efficaci nell'orientare la prassi valutativa e se gli stessi possano essere utili a guidare - in una fase preliminare - le abilità degli studenti nell'esercizio della scrittura.

Si precisa che il presente studio costituisce un iniziale tentativo di elaborare criteri neuro-scientificamente orientati. Nelle fasi successive, attualmente in via di sviluppo e progettazione, tali criteri saranno empiricamente validati e integrati in un contesto sperimentale di cui si renderà conto in pubblicazioni future.

Bibliografia

- Angelini, V. (2022). Educare il gesto grafico: la riscoperta di una didattica funzionale all'apprendimento della scrittura manuale. *Graphos. Rivista internazionale di pedagogia e didattica della scrittura*, 2, 43-52.
- Baddeley A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, 4(11), pp. 417-423. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01538-2).
- Becker, A. (2006). A review of writing model research based on cognitive processes. *Revision: History, theory, and practice*, 25-49.
- Bekkering, H., & Neggers, S. F. W. (2002). Visual search is modulated by action intentions. *Psychological Science*, 13, 370-374.
- Benedek, M., Christensen, A. P., Fink, A., & Beaty, R. E. (2019). Creativity assessment in neuroscience research. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 13(2), 218.

- Borghi, A. M. (2004). Object concepts and action: Extracting affordances from objects parts. *Acta Psychologica*, 115(1), 69–96.
- Borghi, A. M., & Cimatti, F. (2009). Words as tools and the problem of abstract words meanings. In N. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2304–2309). Amsterdam: Cognitive Science Society.
- Borghi, A. M., Glenberg, A. M., & Kaschak, M. (2004). Putting words in perspective. *Memory & Cognition*, 32, 863–873.
- Buccino, G., Binkofski, F., & Riggio, L. (2004). The mirror neuron system and action recognition. *Brain and language*, 89(2), 370–376. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(03\)00356-0](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00356-0)
- Caligiore, D., & Fischer, M. H. (2013). Vision, action and language unified through embodiment. *Psychological Research*, 77, 1-6.
- Carillo, E. C. (2017). The evolving relationship between composition and cognitive studies: Gaining some historical perspective on our contemporary moment. In P. Portanova & J. M. Rifenburg & D. Roen (Eds.), *Contemporary Perspectives on Cognition and Writing* (pp. 39-55). The WAC Clearinghouse, University Press of Colorado. 10.37514/PER-B.2017.0032.2.0
- Caruana, F., & Borghi, A. M. (2013). Embodied Cognition: una nuova psicologia. *Giornale italiano di psicologia*, 40(1), 23-48.
- Choi, D., Dehaene-Lambertz, G., Peña, M., & Werker, J. F. (2021). Neural indicators of articulator-specific sensorimotor influences on infant speech perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(20), e2025043118.
- Coco, D., & Piazza, L. (2023). Corpo, movimento e assi portanti della scrittura per diminuire gli errori di ortografia. *Graphos. Rivista internazionale di pedagogia e didattica della scrittura*, 3, 77-86.
- Cohen, L., Martinaud, O., Lemer, C., Lehericy, S., Samson, Y., Obadia, M., Slachevsky, A., & Dehaene, S. (2003). Visual word recognition in the left and right hemispheres: Anatomical and functional correlates of peripheral alexias. *Cereb. Cortex* 13, 1313–1333.
- Damasio, A. (1994). *Descartes' error: Emotion, rationality and the human brain*. New York: Putnam, 352.
- Deane P., Odendahl N., Quinlan T., Fowles M., Welsh C., Bivens Tatum J. (2008). Cognitive models of writing: Writing proficiency as a complex integrated skill. *ETS Research Report Series*, (2), 1-36.
- Dehaene S., Cohen L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, 56(2), 384-398. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.10.004>.
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain*. New York.
- Dehaene, S. (2020). *How we learn: The new science of education and the brain*. Penguin UK.
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., and Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends Cogn. Sci.* 9, 335–341.
- Feng, X., Monzalvo, K., Dehaene, S., & Dehaene-Lambertz, G. (2022). Evolution of reading and face circuits during the first three years of reading acquisition. *Neuroimage*, 259, 119394.
- Fischer, M. H., & Dahl, C. (2007). The time course of visuo-motor affordances. *Experimental Brain Research*, 176, 519–524.
- Fischer, M. H., & Hoellen, N. (2004). Space- and object-based attention depend on motor intention. *The Journal of General Psychology*, 13, 365–377.
- Flower, L., & Hayes, J. (1980). *The dynamics of composing: Making plans and juggling constraints*. In L. Gregg, Steinberg E. (Eds.), *Cognitive processes in writing* (pp. 31-50). Erlbaum.
- Flower, L. & Hayes, J.R. (1981) A Cognitive Process Theory of Writing. *College Composition and Communication*, 32, 365-387. <http://dx.doi.org/10.2307/3566600>
- Gallese, V. (2008). Mirror neurons and the social nature of language: The neural exploitation hypothesis. *Social Neuroscience*, 3, 317-333.
- Gentilucci, M., Campione, G. C., De Stefani, E., & Innocenti, A. (2012). Is the coupled control of hand and mouth postures precursor of reciprocal relations between gestures and words?. *Behavioural Brain Research*, 233(1), 130-140.
- Gibson, J. J. (1977). *The theory of affordances*. Hilldale, USA, 1(2), 67-82.
- Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1, 586–596.
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 558–565.
- Glenberg, A. M., & Robertson, D. A. (1999). Indexical understanding of instructions. *Discourse Processes*, 28, 1–26.
- Glenberg, A. M., & Robertson, D. A. (2000). Symbol grounding and meaning: A comparison of high-dimensional and embodied theories of meaning. *Journal of Memory and Language*, 43, 379-401.

- Gomez Paloma, F., & Damiani, P. (2015). *Cognizione corporea, competenze integrate e formazione dei docenti. I tre volti dell'Embodied cognitive science per una scuola inclusiva* (pp. 1-81). Trento: Erickson.
- Gomez Paloma, F., Angelino, F., Pastena, N., Raiola, G., Lipoma, M., & Tafuri, D. (2016). Il corpo come mediatore didattico nell'apprendimento della letto-scrittura. *L'integrazione scolastica e sociale*, 15, 326-341.
- Gutwinski, S., Löscher, A., Mahler, L., Kalbitzer, J., Heinz, A., & Bempohl, F. (2011). Understanding left-handedness. *Deutsches Arzteblatt international*, 108(50), 849–853. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2011.0849>
- Hayes J.R., Flower L.S. (1981). College Composition and Communication. *Cognitive Process of Writing*, 32.4, 365-387.
- Hayes, J. R. (2012). Modeling and remodeling writing. *Written Communication*, 29, 369–388.
- Harvey, P. & Husbands, P. (eds.), *Proceedings of European Conference on Artificial Life*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Ianì, F. (2022). Embodied cognition: Una rivoluzione a metà? *Giornale italiano di psicologia*, 49(2), 399-422.
- Hewes, G.W. (1976) 'The current status of the gestural theory of language origin, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 280(1), pp. 482–504. doi:10.1111/j.1749-6632.1976.tb25512.x.
- Jones, P., Ataya, R., & Carr, J. (Eds.). (2007). *A pig doesn't get fatter the more you weigh it: Balancing assessment for the classroom* (pp. 29–39). New York: Teachers College Press.
- Kellogg, R. T. (1996). A model of working memory in writing. In C. M. Levy & S. Ransdell (Eds.), *The science of writing: Theories, methods, individual differences, and applications* (pp. 57-71). Lawrence Erlbaum Associates.
- Klöppel, S., Vongerichten, A., van Eimeren, T., Frackowiak, R. S., & Siebner, H. R. (2007). Can left-handedness be switched? Insights from an early switch of handwriting. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 27(29), 7847–7853. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1299-07.2007>
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire, and dangerous things: What categories reveal about the mind*. Chicago: University of Chicago Press
- Maurer, U., Brem, S., Kranz, F., Bucher, K., Benz, R., Halder, P., Steinhausen, H.C., & Brandeis, D. (2006). Coarse neural tuning for print peaks when children learn to read. *Neuroimage* 33, 749–758.
- McCutchen D., Teske P., & Bankston C. (2008). *Writing and cognition: Implications of the cognitive architecture for learning to write and writing to learn*. In C. Bazerman (Ed.). *Handbook of research on writing: History, society, school, individual, text* (pp. 451–470). Taylor & Francis Group/Lawrence Erlbaum Associates.
- MacNeilage, P. R., Banks, M. S., Berger, D. R., & Bühlhoff, H. H. (2007). A Bayesian model of the disambiguation of gravito-inertial force by visual cues. *Experimental brain research*, 179(2), 263–290. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0792-0>
- MacNeilage, P. F. (1998). The frame/content theory of evolution of speech production. *The Behavioral and brain sciences*, 21(4), 499–546. <https://doi.org/10.1017/s0140525x98001265>
- Olivieri, D. (2014). *Le radici neurocognitive dell'apprendimento scolastico*. Milano: Franco Angeli.
- Philipose, L.E., Gottesman, R.F., Newhart, M., Kleinman, J.T., Herskovits, E.H., Pawlak, M.A., Marsh, E.B., Davis, C., Heidler-Gary, J., & Hillis, A.E. (2007). Neural regions essential for reading and spelling of words and pseudowords. *Ann. Neurol.*, in press. Published online August 13, 2007. 10.1002/ana.21182.
- Puce, A., Allison, T., Asgari, M., Gore, J.C., & McCarthy, G. (1996). Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letterstrings, and textures: a functional magnetic resonance imaging study. *J. Neurosci.* 16, 5205–5215.
- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature reviews. Neuroscience*, 6(7), 576–582. <https://doi.org/10.1038/nrn1706>
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169–192.
- Rogers, L., Vallortigara, G., & Andrew, R. (2016). *Cervelli divisi: L'evoluzione della mente asimmetrica*. Mondadori Education.
- Rollenhagen, J.E., & Olson, C.R. (2000). Mirror-image confusion in single neurons of the macaque inferotemporal cortex. *Science* 287, 1506–1508.
- Rushton, S., Juola-Rushton, A., & Larkin, E. (2010). Neuroscience, play and early childhood education: Connections, implications and assessment. *Early Childhood Education Journal*, 37, 351–361.
- Santojanni, F. (2012), *L'approccio bioeducativo alla letto-scrittura. Attività didattiche e laboratoriali per la scuola dell'infanzia e la scuola primaria*, Trento: Erickson.
- Shaywitz, B.A., Shaywitz, S.E., Pugh, K.R., Mencl, W.E., Fulbright, R.K., Skudlarski, P., Constable, R.T., Marchione, K.E., Fletcher, J.M., Lyon, G.R., & Gore, J.C. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biol. Psychiatry* 52, 101–110.
- Siebner H.R., Limmer C., Peinemann A, Drzezga A., Bloem B.R.,Schwaiger M., & Conrad B. (2002). Long-term consequences of switching handedness: a positron emission tomography study on handwriting in “converted” left-handers. *J Neurosci.*, 2, 2816–2825.
- Symes, E., Tucker, M., Ellis, R., Vainio, L., & Ottoboni, G. (2008). Grasp preparation improves change detection for congruent objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 854–871.

- Steels, L., & Vogt, P. (1997). Grounding adaptive language games in robotic agents. In P. Harvey, P. Husbands, (eds.), *Proceedings of European Conference on Artificial Life. The MIT Press, Cambridge MA*.
- Steels, L. (2003). *Social Language Learning. In The Future of Learning* (pp. 133-162). IOS Press. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.77.1753&rep=rep1&type=pdf>
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 830–846.
- Tucker, M., & Ellis, R. (2004). Action priming by briefly presented objects. *Acta Psychologica*, 116, 185–203.
- Umejima, K., Ibaraki, T., Yamazaki, T. & Sakai, K.L. (2021). Paper Notebooks vs. Mobile Devices: Brain activation differences during memory retrieval. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 15, 634158.
- Wiley, R.W. & Rapp, B. (2021). The Effects of Handwriting Experience on Literacy Learning. *Psychological science*, vol. 32, 7, 1086-1103 <https://doi.org/10.1177%2F0956797621993111>.
- Yoon, E. Y., Heinke, D., & Humphreys, G. W. (2002). Modelling direct perceptual constraints on action selection: The Naming and Action Model (NAM). *Visual Cognition*, 9(4-5), 615–661. <https://doi.org/10.1080/13506280143000601>
- Willems, R. M., Ozyürek, A., & Hagoort, P. (2007). When language meets action: the neural integration of gesture and speech. *Cerebral cortex* (New York, N.Y.: 1991), 17(10), 2322–2333. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhl141>
- Willems, R. M., & Francks, C. (2014). Your left-handed brain. *Frontiers for Young Minds*, 2: 13. doi:10.3389/frym.2014.00013.
- Ziegler, J.C., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. *Psychol. Bull.* 131, 3–29.
- Zwaan, R. A. (2004). The immersed experiencer: Toward an embodied theory of language comprehension. In B. H. Ross (ed.), *Psychology of learning and motivation*, (vol. 44, pp. 35–62). New York: Academic.