

Neuroscience and didactics: on the use of fingers in learners with Specific Disorder of Arithmetic Skills

Neuroscienze e didattica: sull'uso delle dita nei discenti con Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche

Raffaella Tore

Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione, Università degli Studi di Torino – raffaella.tore@unito.it
<https://orcid.org/0000-0001-9660-0331>

OPEN ACCESS



DOUBLE BLIND PEER REVIEW

ABSTRACT

Counting is a skill that requires the activation of different complex cognitive processes which for the learner with Specific Disorder of Arithmetic Skills represents an obstacle to finding a correct solution to the calculation. By examining neuro-scientific studies it is clear that awareness of the fingers and their movement is important because they facilitate the representation of numbers in the brain supporting working memory, for the decrease of the cognitive load have proved to be a great help. Even the theory of embodiment appears to be in agreement and in favour of integrating the verbal act with the motor act. In this perspective, a case study in action research was conducted with 15 primary school children with dyscalculia, with the aim to responding to the following question: by counting with your fingers, rather than just mentally, what results are seen? The results revealed some interesting results for teachers and for their teaching.

Contare è un'abilità che richiede l'attivazione di differenti processi cognitivi complessi che per il discente con Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche rappresenta un ostacolo alla corretta soluzione dei calcoli. Esaminando gli studi di neuroscienze in tale ambito, si evince che la consapevolezza delle dita e del loro movimento risulta importante perché favorisce la rappresentazione dei numeri nel cervello, supportando la memoria di lavoro e riducendo il carico cognitivo. La teoria dell'embodiment appare in accordo con questo assunto ed è favorevole all'integrazione dell'atto verbale con l'atto motorio. Alla luce di quanto esposto è stato condotto uno studio di caso in ricerca-azione con 15 bambini/e della scuola primaria interessati da discalculia, volendo rispondere alla seguente domanda: contare con le dita, piuttosto che solo mentalmente, quali risultati produce? Sono emersi alcuni risultati interessanti per i docenti e la loro didattica.

KEYWORDS

Neuroscience, Didactics, Dyscalculia, Teaching-learning
Neuroscienze, Didattica, Discalculia, Insegnamento-Apprendimento

Citation: Tore, R. (2023). Neuroscience and didactics: on the use of fingers in learners with Specific Disorder of Arithmetic Skills. *Formazione & insegnamento*, 21(3), 45-53. https://doi.org/10.7346/-fei-XXI-03-23_06

Copyright: © 2023 Author(s).

License: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Conflicts of interest: The Author(s) declare(s) no conflicts of interest.

DOI: https://doi.org/10.7346/-fei-XXI-03-23_06

Submitted: September 29, 2023 • **Accepted:** December 6, 2023 • **Published:** December 29, 2023

Pensa MultiMedia: ISSN 2279-7505 (online)

1. Introduzione

Contare è un'abilità che richiede capacità di quantificazione, corrispondenza biunivoca, cardinalità che risultano di difficile acquisizione per studenti e studentesse interessati da Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche sia a causa della debolezza nella strutturazione cognitiva delle componenti numeriche (*subitizing*, seriazione, comparazione, strategie di calcolo mentale), sia per compromissioni a livello procedurale e di calcolo (lettura, scrittura e incolonnamento dei numeri, recupero dei fatti numerici e degli algoritmi del calcolo scritto) interessando anche l'attività della memoria di lavoro (Associazione Italiana Dislessia, 2007; Damayanti, 2020; Kuhn et al., 2016). Il nostro corpo è un assistente valido nella risoluzione di questi compiti, nello specifico alcune sue componenti come mani e dita.

A tale proposito studi di neuroscienze dimostrano che i discendenti con Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche presentano differenze nella dipendenza e nelle abitudini del conteggio delle dita, ad esempio i bambini di prima, seconda e terza elementare interessati da discalculia dipendono maggiormente dal loro utilizzo e hanno difficoltà nel passaggio al conteggio astratto e al recupero verbale (Bryant, 2005; Geary, 2004; Jordan & Hanich, 2000; Jordan et al., 2008). L'errata rappresentazione delle dita avrebbe effetti non solo sulla loro identificazione (gnosia digitale) ma anche sulle abilità di calcolo (Lucangeli & Mammarella, 2010). La teoria dell'Embodiment supporta questa prospettiva a conferma della necessità dell'integrazione dell'atto verbale con l'atto motorio per la riduzione del carico cognitivo nel processo di apprendimento (Damiani & Gomez Paloma, 2021; Gallese & Lakoff, 2005). Tali studi evidenziano un legame neurofunzionale tra l'uso pratico delle dita e lo sviluppo del senso del numero nei soggetti interessati da Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche (Butterworth, 1999; Gerstmann, 1940; Noël & Rousselle, 2011).

Il presente lavoro, proprio concentrandosi sul contributo di queste ricerche, ci fa conoscere l'approccio alla ricerca didattica da un punto di vista multidisciplinare, disponibile cioè a confrontarsi con modelli derivanti anche da altri saperi scientifici (Arboix-Calas, 2018; Rivoltella, 2012). Ciò, ci permette di riflettere sul suo carattere plurale e complesso rispetto i molteplici livelli della proposta formativa che includono dimensioni intellettive, corporee, affettive e relazionali della persona (Sibilio, 2012; Vygotski, 1931/2014). Dato che le neuroscienze offrono informazioni utili per migliorare l'applicazione della didattica nel processo di insegnamento/ apprendimento (Barth, 1993; Bruer; Peluso Cassese, 2017; Frauenfelder et al., 2013) si sono analizzate le evidenze rispetto al legame neurofunzionale tra l'uso delle dita e lo sviluppo del senso del numero e loro ricadute.

2. Quadro teorico

Come esseri umani nasciamo con una predisposizione all'apprendimento e alla comprensione dei concetti numerici. Fin dalla nascita, siamo in grado di percepire e distinguere le quantità negli scenari che ci circondano. Possediamo un'innata capacità nel ri-

conoscere e comprendere il concetto di numero, che ci permette di sviluppare competenze matematiche nel corso della nostra vita (Butterworth, 2005). Non possiamo quindi evitare di vedere le quantità intorno a noi poiché ne possediamo la rappresentazione.

Tuttavia, l'intelligenza numerica può variare da individuo a individuo e può essere influenzata da fattori come l'educazione, l'esperienza e l'ambiente in cui si cresce. Essa evolve attraverso processi di dominio specifici che vanno affiancati e potenziati con strategie educative adeguate fin dalla nascita (Lucangeli et al., 2003).

Le abilità matematiche possono essere ricondotte al possesso di basi neurologiche legate alle esperienze attive vissute da bambini. Il corpo, in particolare le mani e le dita svolgono un ruolo importante nello stabilire le reti neurali che sostengono il calcolo numerico. Le attività corporee hanno un impatto diretto sullo sviluppo del cervello e i processi cognitivi (Maggi, 2020); già i neonati, da 1 a 12 giorni, riescono a discriminare insiemi di due o tre elementi (tecnica dell'abituazione- disabituazione) e sono capaci di percepire la numerosità degli oggetti senza contare (processo denominato *subitizing*) (Antell & Keating, 1983; Kaufman et al., 1949; Rousselle & Noël, 2007).

Imparare a contare richiede lo sviluppo di competenze cognitive complesse che si costruiscono lentamente e necessitano della corretta associazione tra i concetti-numero e le parole-numero (Wynn, 1990). Fuson (1988) è in accordo con tale pensiero ed evidenzia che il conteggio è acquisito dal bambino solo attraverso la ripetizione di alcuni esercizi, in un tempo ampio e attraverso l'imitazione di ciò che fanno gli adulti.

Le ricerche neurocognitive sulla rilevanza delle dita per la cognizione matematica presentano, comunque orientamenti teorici differenti. Alcuni studi accettano il supporto legato ad artefatti esterni, comprese le dita, come ausilio nel passaggio alle rappresentazioni mentali (Moeller et al., 2012).

Soylu et al. (2018) vanno più a fondo, mettendo in evidenza, per un verso, la prospettiva costruttivista secondo la quale le dita forniscono «una rappresentazione fisica e accessibile dell'ordinale e le rappresentazioni cardinali nello sviluppo iniziale e le strategie di conteggio delle dita che facilitano l'apprendimento aritmetico». Tali strategie, gli autori affermano «evolverebbero come risultato della pratica, dell'automazione e dello sviluppo di unità composite, che verrebbero sostituite gradualmente da strategie computazionali supportate da rappresentazioni verbali, simboliche e visuo-spaziali» (Soylu et al., 2018, p. 109). D'altra parte, essi condividono anche l'approccio che valorizza la prospettiva di cognizione incarnata, sottolineando che le prime interazioni basate sul conteggio delle dita aiutano lo sviluppo numerico durante l'infanzia e modellano anche il sistema di elaborazione che allarga i suoi effetti al modo in cui gli adulti elaborano i numeri pertanto «il sistema sensorio-motorio fa parte della rete di elaborazione dei numeri, invece di esserne semplicemente un precursore o costituirne il fondamento» (Soylu et al., 2018, p. 111). Il linguaggio gestuale svolge una funzione importante assieme all'uso delle dita, favorisce l'apprendimento, in quanto supporta il mantenimento delle informazioni apprese nella memoria a lungo termine pertanto

integrare la componente verbale con quella motoria permette ai bambini di manipolare per ricordare la sequenza dei numeri e ciò riduce il carico cognitivo (Steffe et al., 1988).

L'atto di contare usando le proprie dita (dattilonomia), inizia a partire dall'età di quattro anni e richiede diverse abilità: percezione, discriminazione e identificazione delle dita. Verso i 5 anni di età il bambino localizza la loro posizione con una sequenza definita, distingue dapprima il pollice e il mignolo, poi l'indice, che viene differenziato dal terzo e dal quarto dito, gli ultimi ad essere identificati.

Anche se non tutti gli esperti sono d'accordo sugli effetti che l'errata rappresentazione delle dita avrebbe sulla gnosi digitale, sulle abilità di calcolo e sull'orientamento destra-sinistra (Long et al., 2016; Reeve & Humberstone, 2011), si evince che la loro consapevolezza risulta importante in questo tipo di azioni, come ritiene Butterworth (2004) dimostrando che senza di essa i numeri non possano essere rappresentati nel cervello. Noël (2005) la considera un chiaro predittore delle abilità numeriche del bambino.

A tal fine sono di grande aiuto tutti quegli artefatti (mano, tavola pitagorica, calcolatrice) per la riduzione del carico cognitivo in quanto possono ridurre la quantità di input che la mente deve elaborare attivamente (Parasuraman et al., 2005). Questo può consentire di concentrarsi meglio sui concetti chiave o sulle attività principali, senza essere sopraffatti da un eccessivo carico di informazioni. Anche altri supporti visivi o tecnologici possono facilitare la comprensione e l'organizzazione delle informazioni, rendendo più fluido il processo di apprendimento.

3. Problema indagato

Alla luce del quadro teorico illustrato si è esaminata la situazione problematica riguardante le difficoltà che i Discenti con Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche incontrano e si è ragionato sulle ipotesi neuroscientifiche utili nella progettazione didattica al fine di implementarne l'apprendimento per ottenere i risultati attesi. In particolare, si riconoscono come indicatori della discalculia due distinti profili (Arisandi, 2014; Azhari, 2017; MIUR, 2011):

1. il primo caratterizzato da debolezza nella strutturazione cognitiva delle componenti numeriche (negli aspetti basali, quali *subitizing*, meccanismi di quantificazione, seriazione, comparazione);
2. il secondo contrassegnato da compromissioni a livello procedurale e di calcolo (lettura, scrittura e incolonnamento dei numeri, recupero dei fatti numerici e degli algoritmi del calcolo scritto).

Gli studi hanno, mostrato come le abilità matematiche e il concetto di numerosità siano in qualche modo legate al sistema senso-motorio e che i bambini con Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche presentano differenze nella dipendenza e nelle abitudini del conteggio delle dita. I soggetti con discalculia evolutiva potrebbero beneficiare di un training che integri la cognizione numerica nel sistema senso-motorio (Booth & Siegler, 2008; Cook et al., 2008; Dehane et al., 1993; Franklin, 2018).

4. Lo studio di caso in ricerca azione

4.1 Metodo, strumento, contesto e partecipanti

Il contributo¹ sviluppato secondo la metodologia dello studio di caso in ricerca-azione (Bortolotto, 2020; Merriam, 2001; Trinchero & Robasto, 2019) ha voluto rispondere alla seguente domanda: contare con le dita, piuttosto che solo mentalmente, quali risultati produce?

A questo scopo il percorso sperimentale è stato suddiviso in varie fasi: 1) individuazione del problema 2) formazione del gruppo; 3) definizione sistematica del problema attraverso le domande emerse per il ricercatore; 4) formulazione dell'obiettivo dello studio; 5) individuazione delle possibili azioni; 6) scelta delle modalità per rilevare le informazioni; 7) rilevazione iniziale; 8) introduzione del trattamento; 9) verifica del trattamento; 10) valutazione finale; 11) sviluppo ulteriore (Coggi & Ricchiardi, 2005). Per un verso la ricerca-azione ha permesso di valorizzare il contesto ed i partecipanti, la conoscenza non è stata indirizzata solo alla scoperta dei fatti e della realtà oggettiva ma alla ricostruzione dei processi implicati nel cambiamento considerato. Lo studio di caso, d'altro canto, ha consentito di studiare in maniera intensiva un insieme ben definito di discenti, in un preciso arco temporale determinato (Basse, 1999; Yin, 2005). Tale scelta ha implementato la riflessione sul caso dall'interno per individuare strategie di intervento sulla specifica situazione, in modo da far convergere «due dimensioni che caratterizzano tanto il sapere pedagogico quanto l'azione professionale: l'attenzione idiografica e la vocazione trasformativa» (Bortolotto, 2020, p. 189).

Il campione non è stato scelto per mera convenienza ma frutto di un campionamento mirato [*purposive sampling*], come dimostrato da Etikan et al. (2016) esso può risultare utile in caso di mancato accesso a più ampie risorse e impossibilità oggettiva nel randomizzare la popolazione (ad esempio, perché manca l'accesso alla popolazione stessa). La ragione di tale tipologia di campionamento è la migliore corrispondenza con gli scopi e gli obiettivi dello studio per migliorare il suo rigore, l'attendibilità dei dati e dei risultati.

Il campionamento mirato, in linea con una prassi già consolidata nelle scienze sanitarie e trasferibile al contesto pedagogico, risponde a «motivazioni [...] allineate dal punto di vista ontologico, epistemologico e assiologico» all'orizzonte teoretico presentato, con il beneficio aggiunto di assicurarci che casi specifici figurino nello studio (Campbell et al., 2020, pp. 652 – 653).

In questa prospettiva il gruppo sperimentale, composto da 15 discenti discalculici frequentanti la scuola primaria (5 discenti di età compresa tra 6 e 7 anni; 5 di 8 anni e 5 compresi tra 9 e 10 anni di età) è stato scelto sulla base di un'analisi funzionale che ha tenuto conto della Diagnosi per Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche e dei giudizi scolastici insufficienti in matematica (Tabella 1).

1 Una sintesi del lavoro è stata presentata alla conferenza internazionale REN a marzo del 2022.

ANALISI FUNZIONALE	
Relazione clinica: evidenze per discalculia (funzionamento cognitivo nella norma ≥ 85)	Codice ICD 10: F 81.2 (Disturbo Specifico delle Abilità Aritmetiche): sotto la norma (fra il 10° e il 25° percentile) il conteggio; lettura dei numeri sotto la norma; calcolo rapido sotto la norma; calcolo a mente sotto la norma; prove che valutano le competenze procedurali e la conoscenza numerica sotto la norma, calcolo scritto non adeguato.
Giudizi scolastici	Tutti gli studenti hanno difficoltà spazio-temporali; 5 studenti anche difficoltà di concentrazione; 2 studenti difficoltà relazionali e comunicative. In particolare, risulta non adeguata: <ul style="list-style-type: none"> la strutturazione cognitiva delle componenti di cognizione numerica (subitizing, meccanismi di quantificazione, comparazione, seriazione, strategie di calcolo a mente, tabelline); le procedure esecutive (lettura, scrittura e incolonnamento dei numeri) ed il calcolo (recupero dei fatti numerici e algoritmi del calcolo scritto).

Tabella 1. Analisi funzionale

Gli studenti hanno lavorato con la didattica sperimentale presso un laboratorio extrascolastico guidati dalla ricercatrice (Italia insulare) per cinque settimane. Si è agito sulla situazione problematica attraverso l'intervento didattico per apportare un cambiamento e documentarlo (Bryant et al., 2008), con l'obiettivo di attribuire un significato alla domanda guida dello studio ma senza avere la pretesa di generalizzare i risultati ottenuti.

Prima e dopo gli esercizi di lettura e scrittura dei numeri, utilizzo dei calcoli e dei procedimenti per eseguire le quattro operazioni, si sono somministrate prove di valutazione il cui grado di difficoltà ha tenuto conto della classe frequentata dai partecipanti. Ciò è stato utile per valutare la situazione di partenza e per riflettere sull'eventuale miglioramento (Tabella 2).

Prove di valutazione per la matematica

Indicatori per la valutazione qualitativa	Si = Voto 8	No = Voto 5	In parte = Voto 7
Criteri	Sono soddisfatti tutti i descrittori degli obiettivi	Nessun descrittore degli obiettivi è soddisfatto	Sono soddisfatti almeno i descrittori di conoscenza e abilità riferiti agli obiettivi
Contenuti per gli esercizi			
1) Meccanismi di quantificazione			
2) Strategie di calcolo a mente			
3) Lettura, scrittura e messa in colonna dei numeri			
4) Calcolo scritto (saper eseguire le 4 operazioni)			
Descrittori obiettivi (Tassonomia semplificata, Anderson e Krathwohl, 2001)			
Conoscenza	Abilità	Competenza	
Conoscenza concettuale: riguarda le relazioni fra gli elementi di conoscenza di base e la struttura più vasta a cui appartengono, lettura e scrittura dei numeri. Meccanismi di quantificazione: riconoscere i segni di addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione e la sequenza dei numeri dal più grande al più piccolo e viceversa.	Conoscenza dei modi di operare, dei metodi di indagine e/o dei criteri per decidere quando utilizzare le procedure appropriate ad esempio utilizzare strategie di calcolo a mente e saper mettere in colonna i numeri	Trasferimento della conoscenza, valutare in maniera critica e/o adeguata. Ad esempio: recupero di strategie numeriche e calcolo scritto in autonomia.	

Tabella 2. Indicatori, criteri, descrittori degli obiettivi delle prove valutative

Il percorso svolto è stato condiviso dalla ricercatrice con i discenti, i docenti delle classi frequentate dai partecipanti e le loro famiglie (Amelia & Supena, 2022). In particolare, si è spiegato agli studenti la logica degli esercizi proposti, il perché occorresse integrare, durante lo svolgimento del calcolo, la componente verbale con quella motoria attraverso la manipolazione e/o il movimento della mano e delle

dita e che questo sarebbe stato utile per ricordare la sequenza dei numeri e ridurre il carico cognitivo.

4.2 Analisi dei dati

Le prove di valutazione ex ante hanno messo in evidenza che i discenti per tutti i range di età (da 6 a 10

anni) soddisfavano il descrittore conoscenza (scelto sulla base degli obiettivi della Tassonomia adattata di Anderson & Krathwohl, 2001) e riconoscevano i segni di addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione, la sequenza dei numeri in ordine crescente e decrescente. Non è emerso però il possesso di abilità e competenze. Gli studenti, infatti, non manifestavano evidenze riguardanti la conoscenza dei metodi di indagine, dei criteri rispetto alle procedure da utilizzare nel calcolo a mente inoltre avevano difficoltà nel recupero di strategie numeriche nel calcolo scritto in autonomia (Mammarella et al., 2013) (Tabella 3).

Età	Condizione	Numero
6-7 anni (N = 5)	Studenti che soddisfano tutti i descrittori	0
	Studenti che soddisfano almeno due descrittori	0
	Studenti che soddisfano il descrittore 'conoscenza'	5
8 anni (N = 5)	Studenti che soddisfano tutti i descrittori	0
	Studenti che soddisfano almeno due descrittori	0
	Studenti che soddisfano il descrittore 'conoscenza'	5
9-10 anni (N = 5)	Studenti che soddisfano tutti i descrittori	0
	Studenti che soddisfano almeno due descrittori	2
	Studenti che soddisfano il descrittore 'conoscenza'	5

Tabella 3. Esiti prove di valutazione ex-ante

La valutazione ex-post ha documentato gli effetti del lavoro didattico evidenziando i risultati di apprendimento raggiunti. Si sono osservati miglioramenti in quanto i discenti dimostravano abilità e competenze nell' eseguire gli esercizi.

Le prove si sono considerate superate in base al rispetto di indicatori qualitativi rappresentati dai valori 6, 7 e 8 e corrispondenti agli stessi criteri definiti per i descrittori delle prove ex-ante (Domenici, 2005) (Tabella 4).

Età	Condizione	Voto	Numero
6-7 anni (N = 5)	Studenti che soddisfano tutti i descrittori	8	5
	Studenti che soddisfano due descrittori	7	0
	Studenti che soddisfano solo il descrittore 'conoscenza'	6	0
8 anni (N = 5)	Studenti che soddisfano tutti i descrittori	8	5
	Studenti che soddisfano due descrittori	7	0
	Studenti che soddisfano solo il descrittore 'conoscenza'	6	0
9-10 anni (N = 5)	Studenti che soddisfano tutti i descrittori	8	5
	Studenti che soddisfano due descrittori	7	0
	Studenti che soddisfano solo il descrittore 'conoscenza'	6	0

Tabella 4. Esiti prove di valutazione ex-post

Si può affermare che per i 15 studenti della scuola primaria il percorso di miglioramento ha prodotto i risultati attesi come evidenziato nella Figura 1.

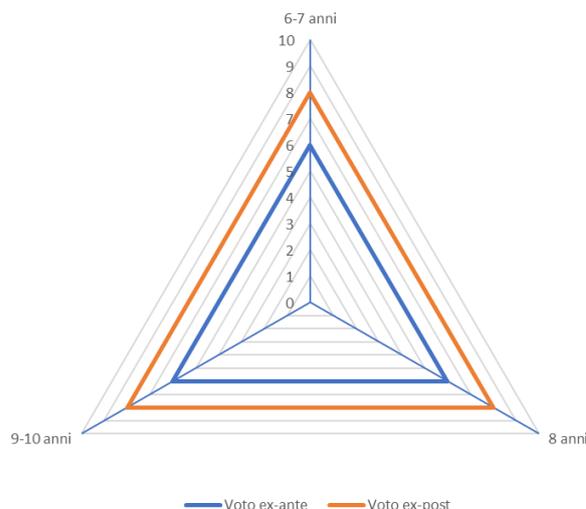


Figura 1. Percorso di miglioramento

5. Discussione

I risultati presentati nel paragrafo precedente hanno consentito di esplorare la domanda guida dello studio 'Contare con le dita, piuttosto che solo mentalmente, quali risultati produce?', facendo emergere tre categorie che attribuiscono un significato al processo di apprendimento attraverso la caratterizzazione dell'intervento didattico che ha documentato il cambiamento:

1. *Categoria 1:* Conoscenza Embodied
2. *Categoria 2:* Applicazione della Conoscenza Embodied
3. *Categoria 3:* Sviluppo della Competenza Embodied

5.1. Categoria 1: Conoscenza Embodied

La prima categoria si è distinta attraverso il processo che ha collegato le informazioni degli studi neuroscientifici all'attività didattica pratica esperita a voce alta dai discenti, legata all'uso del conteggio verbale e motorio nelle operazioni di addizione e sottrazione. La logica dell'attività si ritrova nello stimolo fornito ai discenti da parte dell'esperta che ha spiegato l'importanza dell'uso delle dita nell' eseguire i calcoli. Ad esempio, si è chiarito che una somma consiste nel sommare e/o aggiungere tra loro gli addendi, i quali possono essere uguali o differenti come nell'esempio: $2 + 2$ oppure $2 + 3$. Rispetto alla seconda operazione presentata si è riferito al discente il procedimento da seguire: «apri due dita nella mano sinistra (si parte da essa solo per dare un ordine al movimento) e tre nella destra, conta in ordine progressivo facendo corrispondere all'enunciazione verbale del numero 'uno' la chiusura del pollice della mano sinistra e così via fino a conteggiare tutte le dita aperte, che man mano devi chiudere». I calcoli vengono proposti con numeri piccoli e grandi a seconda della classe frequentata. All'inizio può accadere che i discenti trovino difficoltà

ad aprire e chiudere le dita, a coordinare l'atto motorio all'atto verbale (Fuson, 1988)

Anche nella sottrazione si è spiegato il significato attribuito e che eseguirla significa calcolare quante unità e/o decine rimangono (il resto) togliendo o sottraendo da un insieme iniziale, detto "minuendo", un suo sottoinsieme, il "sottraendo", come nell'esempio seguente: $7 - 4$. Si tratta di una scrittura dotata di senso, poiché il minuendo (o numero che sta sopra) è maggiore del sottraendo (numero che sta sotto). Si è chiesto allo studente di aprire le dita corrispondenti al numero che sta sopra poi di chiuderle rispetto al numero rappresentato sotto. Per implementare la percezione si è accompagnato il discente nel ragionamento come di seguito riportato: «apri le dita e ripeti a voce alta il numero che rappresentano, chiudi tante dita secondo il numero rappresentato sotto». È stato proposto un secondo esercizio di seguito riportato: «esegui la sottrazione $15 - 8$. Devi partire dal numero che segue l'otto (il sottraendo) e aprire le dita in successione per ogni numero raccontato, fino ad arrivare a 15. Ora conta le dita che hai aperto, quello è il resto». Lo stesso ragionamento si è proposto con operazioni contenenti decine, centinaia e migliaia nel rispetto del valore posizionale delle cifre. In questa prima fase si è lavorato con le attività di addizione e sottrazione solo oralmente affinché lo studente potesse apprendere a coordinare tutte le azioni nel conteggio. Cambiamento osservato: gli studenti hanno eseguito in autonomia il calcolo mettendo in evidenza che l'uso delle dita permette loro di ricordare il riporto ed il prestito, che in caso contrario avrebbero dimenticato. L'atto motorio e verbale ha amplificato la memoria di lavoro che svolge un compito fondamentale all'interno dell'apprendimento della matematica (Geary, 1993; Passolunghi & Cornoldi, 2008). Essa corrisponde a un processo cognitivo complesso che permette al discente di tenere a mente e contemporaneamente elaborare informazioni di diversa natura comprendendo processi coinvolti nel controllo, nella regolazione e nel mantenimento di informazioni rilevanti per un determinato compito e significativi per la cognizione complessa (Miyake & Shah, 1999). Nel conteggio, ad esempio, è richiesta l'integrazione di dati visuo-spaziali e verbali (Noël, 2008), dal momento che i numeri possono essere codificati sotto forma di differenti tipologie. Si distinguono così tre rappresentazioni numeriche (codici) in costante collegamento tra loro: il codice verbale uditivo, quello visivo-arabico e quello analogico (Dehaene & Cohen, 1995). Ogni codice gestisce una serie di abilità specifiche: il primo sfrutta i sistemi di elaborazione del linguaggio parlato e scritto ed è legato alla conta e al recupero di fatti aritmetici; il secondo viene utilizzato nella rappresentazione e manipolazione, anche spaziale, di numeri in formato arabico; il terzo sta alla base della comprensione della grandezza numerica e permette di effettuare confronti fra quantità.

5.2 Categoria 2: Applicazione della Conoscenza Embodied

È stata favorita dallo stesso esercizio proposto per la categoria Conoscenza embodied. Si è chiesto agli studenti di applicare il medesimo procedimento per la

memorizzazione del riporto e del prestito nel calcolo scritto dell'addizione, della sottrazione, nella moltiplicazione e divisione. Un esempio è dato dalla procedura applicata nel calcolo della moltiplicazione 12×6 . In questo caso il discente, per mezzo dell'apporto visivo della tavola pitagorica, rappresentata non in tabella ma descrittivamente in colonne separate, in verticale, per tutte le tabelline, ha eseguito i riporti tramite apertura delle dita della mano in questo modo: «il risultato di 6×2 è 12, scrivo il 2 nella posizione delle unità, riporto l'uno nella posizione delle decine e sulla mano aprendo solo una delle dita; $6 \times 1 = 6$ ma dato che ho aperto un dito lo aggiungo perciò ottengo 7».

Cambiamento osservato: Applicando il metodo usato nell'addizione e sottrazione i discenti hanno dimostrato le relazioni fra gli elementi inerenti alla conoscenza di base e la struttura più vasta a cui appartengono, hanno implementato l'abilità evidenziando la padronanza della procedura.

Il gesto è stato di grande aiuto nel collegare in maniera biunivoca le parole-numero ai numeri fisici; quindi, ha facilitato il conteggio a un livello maggiore di accuratezza. La gestualità ha contrastato le criticità causate dalla limitatezza della memoria di lavoro dei discenti: se una parte della memoria di lavoro viene esternalizzata mediante l'atto motorio, in questo caso il gesto, ci saranno più risorse per le operazioni richieste (Alibali & Di Russo, 1999). L'atto motorio del conteggio attiva la memoria e promuove l'apprendimento. In questo modo viene rafforzato l'orientamento spazio-temporale e per mezzo della coordinazione fine-motoria contribuiscono a promuovere lo sviluppo della metacognizione.

5.3 Categoria 3: Trasferimento della Competenza Embodied in contesto scolastico

La terza categoria ha documentato il trasferimento della conoscenza in contesto scolastico, la capacità autovalutativa e critica dei discenti in merito ai risultati ottenuti attraverso il recupero di strategie numeriche e il calcolo scritto. Essi hanno eseguito in maniera adeguata le quattro operazioni secondo il livello di difficoltà affrontato in classe, in relazione al programma svolto. I discenti, inoltre, hanno scelto se svolgere gli esercizi proposti secondo le strategie presentate oppure continuare ad operare senza esse attraverso altri artefatti come regoli, abaco, calcolatrice. Hanno preferito applicare il metodo sperimentato rendendo manifesta la competenza nell'eseguire il calcolo in autonomia.

Si è raggiunto il risultato di apprendimento sperato e ciò ha consentito di documentare il cambiamento con l'acquisizione di competenze di autonomia, ragionamento, riflessione e capacità metacognitiva (Calvani, 2012). Questo permette di dire che apprendere un metodo, capirne il perché, come impiegarlo facendone esperienza, consente di riprodurlo in autonomia.

L'analisi delle categorie ha consentito di scomporre il processo di apprendimento in tre fasi fondamentali legate alle tre categorie emerse e di costruire un modello formativo (Figura 2) (Tore, 2022):

La prima fase ha rafforzato la conoscenza embodied costruendo una base solida su cui lavorare per la selezione delle informazioni.

La seconda ha permesso l'applicazione della conoscenza embodied.

L'ultima fase ha permesso il trasferimento della conoscenza embodied in contesti non guidati implementando l'autonomia dello studente e la capacità metacognitiva.

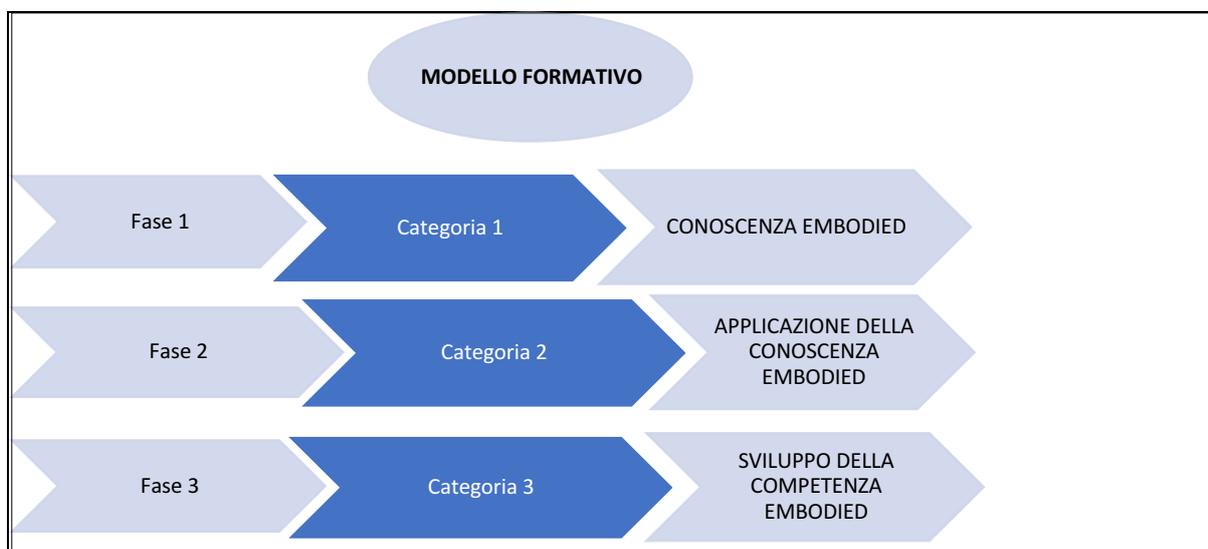


Figura 2. Modello formativo

6. Conclusioni

Avere avuto la possibilità di conoscere la ricerca in ambito neuroscientifico ha consentito al ricercatore-docente di strutturare un percorso didattico di miglioramento con ripercussioni nell'apprendimento dei discenti che hanno incrementato la loro accuratezza nell'esecuzione dei compiti con ricadute a cascata anche su altre abilità (Contini et al., 2006, D'Alessio, 2011, Della Sala, 2016). L'approccio didattico embodied, che ha accompagnato l'attività sperimentale, ha rafforzato le abilità di base (decodifica, memoria, attenzione, intelligenza, ragionamento, problem solving, aspetti emotivo-relazionali) e favorito il ragionamento, il reclutamento di conoscenze già possedute, integrandole con le informazioni nuove, selezionando le informazioni più importanti, omettendo quelle non pertinenti e associando i concetti per produrre idee nuove (Gomez Paloma et al., 2014). Le attività didattiche proposte hanno sostenuto l'agire competente degli studenti (metacognizione), come testimoniato dall'esito della prova di matematica (esecuzione delle quattro operazioni in autonomia) che ci dà conto dell'avvenuto trasferimento delle conoscenze apprese in un contesto classe non sperimentale (Cornoldi et al., 2006; Damiani et al., 2015).

Certo è però, che si è consapevoli della necessità di una ricerca più ampia per fornire prove più ricche per la convalida dell'efficacia del metodo proposto sicuri che le implicazioni che ne deriverebbero potrebbero contribuire al miglioramento delle pratiche didattiche dei docenti perciò spendibili in ambito educativo e formativo consentendo ai discenti di essere non solo fruitori, ma autori e produttori attivi nei processi di apprendimento.

References

- Alibali, M. W., & Di Russo, A. A. (1999). The function of gesture in learning to count: More than keeping track. *Co-gnitive Development*, 14(1), 37-6. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(99\)80017-3](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(99)80017-3)
- Amelia, W., & Supena, A. (2022). Mathematics Learning Strategy for Dyscalculia Students in Elementary School. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 8(1), 209. <https://doi.org/10.33394/jk.v8i1.4700>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Addison Wesley Longman.
- Antell, S. E., & Keating, D. (1983). Perception of numerical invariance by neonates. *Child Development*, 54, 695-701. <https://doi.org/10.2307/1130057>
- Arboix-Calas, F. (2018). Neurosciences cognitives et sciences de l'éducation: Vers un changement de paradigme ? *Éducation et Socialisation*, 49. <https://doi.org/10.4000/edso.4320>
- Arisandi, E. (2014). Improving Multiplication Operation Ability for Dyscalculia Children through the Linematic Method. *Scientific Journal of Special Education*, 3(3), 478-488.
- Associazione Italiana Dislessia. (2007, January 26). Disturbi Evolutivi Specifici di Apprendimento: Raccomandazioni per la pratica clinica definite con il metodo della Consensus Conference. *Disturbi Evolutivi Specifici di Apprendimento: Raccomandazioni per la pratica clinica definite con il metodo della Consensus Conference*. <https://www.miur.gov.it/documents/20182/187572/Raccomandazioni+per+la+pratica+clinica+definite+con+il+metodo+della+Consensus+Conference.pdf/8ea58c0d-edb5-4485-9845-b81af24ea1b7?>
- Azhari, B. (2017). Identification of Dyscalculia Learning Disorders in Madrasah Ibtidaiyah Students. *Al Khwarizmi: Journal of Mathematics Education and Learning*, 1(1), 60-74. <http://dx.doi.org/10.22373/jppm.v1i1.1732>

- Barth, B. M. (1993). *Le savoir en construction, former à une pédagogie de la compréhension*. Paris: Retz.
- Bassey, M. (1999). *Case study research in educational settings*. Buckingham-Philadelphia: Open University Press.
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development, 79*, 1016-1031. <https://www.jstor.org/stable/27563535>
- Bortolotto, M. (2020). Lo studio di caso in ricerca-azione: tra potenziale epistemologico ed esigenza di rigore per la professionalità educativa. *Pedagogia Oggi, 1*, 183-196. <https://doi.org/10.7346/PO-012020-12>
- Bruer, J. T. (1997). Education and the Brain: A Bridge Too Far. *Educational Researcher, 26*(8), 4-16. <https://doi.org/10.3102/0013189X026008004>
- Bryant, D. P., Bryant, B. R., Gersten, R., Scammacca, N., & Chavez, M. M. (2008). Mathematics Intervention for First- and Second-Grade Students With Mathematics Difficulties: The Effects of Tier 2 Intervention Delivered as Booster Lessons. *Remedial and Special Education, 29*(1), 20-32. <https://doi.org/10.1177/0741932507309712>
- Bryant, D. P. (2005). Commentary on early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 340-345. <https://doi.org/10.1177/00222194050380041001>
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetic abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines, 46*(1), 3-18. <https://doi.org/10.1111/j.14697610.2004.00374.x>
- Butterworth, B. (1999). *What counts: How every brain is hardwired for math*. New York, NY, USA: The Free Press.
- Calvani, A., (2012). *Per un'istruzione evidence based: Analisi teorico metodologica internazionale sulle didattiche efficaci e inclusive*. Trento: Erickson.
- Campbell, S., Greenwood, M., Prior, S., Shearer, T., Walkem, K., Young, S., Bywaters, D., & Walker, K. (2020). Purposive sampling: Complex or simple? Research case examples. *Journal of Research in Nursing, 25*(8), 652-661. <https://doi.org/10.1177/1744987120927206>
- Coggi, C., & Ricchiardi, P. (2010). *Progettare la ricerca empirica in educazione*. Roma: Carocci.
- Contini, M., Fabbri M., & Manuzzi P. (2006). *Non di solo cervello: Educare alle connessioni mente-corpo - significati - contesti*. Milano: Raffaello Cortina.
- Cook, S. W., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition, 106*(2), 1047-1058. <https://doi.org/10.1016%2Fj.cognition.2007.04.010>
- Cornoldi, C., Friso, G., & Palladino, P. (2006). *Avviamento alla metacognizione. Attività su «riflettere sulla mente», «la mente in azione», «controllare la mente» e «credere nella mente»*. Trento: Centro Studi Erickson.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition, 1*, 83-120.
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General, 122*(3), 371-396. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>
- D'Alessio, C. (2011). Il contributo delle neuroscienze all'epistemologia pedagogica. Verso un nuovo paradigma. *Formazione & insegnamento, 9*(1), 93 -97. Retrieved November 15, 2023, from <https://ojs.pensamultimedia.it/index.php/siref/article/view/1145>
- Damayanti, R. (2020). Analysis of Mathematics Learning Difficulties in Dyscalculia Students in Solving Integer Operation Problems. *Journal of Chemical Information and Modeling, 53*(9), 1689-1699. <https://doi.org/10.33394/jk.v8i1.4700>
- Damiani, P., & Gomez Paloma, F. (2021). Key points between neuroscience and education from the "embodied cognition perspective". *Italian Journal of Health Education, Sports and Inclusive Didactics, 5*(2), 31-38. <https://doi.org/10.32043/gsd.v5i2.371>
- Damiani, P., Santaniello, A., & Gomez Paloma, F. (2015). Rethinking didactics in light of neuroscience: Body, visuo-spatial ability and empathy: an exploratory research. *Italian Journal of Educational Research, 8*(14), 83-106. Retrieved November 15, 2023, from <https://ojs.pensamultimedia.it/index.php/sird/article/view/1589>
- Della Sala, S. (2016). *Le neuroscienze a scuola: Il buono, il brutto, il cattivo*. Milano: Giunti.
- Domenici, G. (Ed.). (2005). *Le prove semistrutturate di verifica degli apprendimenti*. Torino: UTET.
- Franklin, D. (2018). *Helping Your Child with Language-Based Learning Disabilities: Strategies to Succeed in School & Life with Dyslexia, Dysgraphia, Dyscalculia, ADHD & Processing Disorders*. London: Thompson.
- Frauenfelder, E., Rivoltella, P. C., Rossi, P. G., & Sibilio, M. (2013). Bio-education, simplicity, neuroscience and enactivism. A new paradigm? *Education Sciences & Society, 4*(1), 11 - 25. Retrieved November 15, 2023, from https://riviste.unimc.it/index.php/es_s/article/view/695/
- Fuson, K. C. (1988). Effects of Object Arrangement on Counting Correspondence Errors and on the Indicating Act. In K. C. Fuson (Ed.), *Children's Counting and Concepts of Number. Springer Series in Cognitive Development* (pp. 93-127). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3754-9_4
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology, 22*, 455-479. <https://doi.org/10.1080/02643290442000310>
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of learning disabilities, 37*(1), 4-15. <https://doi.org/10.1177/00222194040370010201>
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin, 114*, 345-362. <https://doi.org/10.1037/00332909.114.2.345>
- Gerstmann, J. (1940). The syndrome of finger agnosia, disorientation for right and left, agraphia and acalculia. *Archives of Neurology and Psychiatry, 44*, 398-408. <https://doi.org/10.1001/archneurpsyc.1940.02280080158009>
- Gomez Paloma, F., Damiani, P., & Ianes, D. (2014). ICF, BES e didattica per competenze: La ricerca EDUFIBES. *L'integrazione scolastica e sociale, 13*(3), 258-277. Retrieved <https://rivistedigitali.erickson.it/integrazione-scolastica-sociale/archivio/?anno=2014>
- Etikan, I., Musa, S. A., Alkassim, R. S. (2015). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics, 5*(1), 1-4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2008). Development of number combination skill in the early school years: When do fingers help?. *Developmental Science, 11*, 662-668. <https://doi.org/10.1111/j.14677687.2008.00715.x>
- Jordan, N. C., & Hanich, L. B. (2000). Mathematical thinking in second-grade children with different forms of LD. *Journal of Learning Disabilities, 33*, 567-578. <https://doi.org/10.1177/002221940003300605>
- Kuhn, J. T., Ise, E., Raddatz, J., Schwenk, C., & Dobel, C. (2016). Basic numerical processing, calculation, and working memory in children with dyscalculia and/or ADHD symptoms. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother, 44*(5), 365-375. <https://doi.org/10.1024/1422-4917/a000450>
- Linee guida per il diritto allo studio degli alunni e degli studenti con disturbi specifici di apprendimento*. (2011). [Guidelines]. <https://www.miur.gov.it/documents/20182/187572/Linee+guida+per+il+diritto+allo+studio+degli+alunni+e+degli+studenti+con+disturbi+specifici+di+apprendimento.pdf/663faecd-cd6a-4fe0-84f8-6e716b45b37e?>
- Long, I., Malone, S. A., Tolan, A., Burgoyne, K., Heron-Dela-

- ney, M., Witteveen, K., & Hulme, C. (2016). The cognitive foundations of early arithmetic skills: It is counting and number judgment, but not finger gnosis, that count. *Journal of Experimental Child Psychology*, *152*, 327-334. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.08.005>
- Lucangeli, D., & Mammarella, I. C. (2010). *Psicologia della cognizione numerica: Approcci teorici, valutazioni e intervento*. Milano: FrancoAngeli.
- Lucangeli, D., Poli S., & Molin A. (2003). *L'intelligenza numerica: Abilità cognitive e metacognitive nella costruzione della conoscenza numerica dai 6 agli 8 anni, Vol. 2* (pp. 7-40). Trento: Erickson.
- Maggi, D. (2020). The body in action: mediate, understand, learn. *Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva*, *4*, 149-156. https://doi.org/10.32043/gsd.v4i4_sup.264
- Mammarella, I. C., Caviola, S., Cornoldi, C., & Lucangeli, D. (2013). Mental additions and verbal-domain interference in children with developmental dyscalculia. *Res Dev Di-sabil*, *34*(9), 2845-2855. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.044>
- Merriam, S. B. (2001). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*. San Francisco (CA): Jossey-Bass.
- Miyake, A., & Shah, P. (Eds.). (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909>
- Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., & Nuerk, H.-C. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive Processing*, *13*, 271- 274. <https://doi.org/10.1007/s10339-012-0457-9>
- Noël, M.P., & Rousselle, L. (2011). Developmental changes in the profiles of dyscalculia: an explanation base on a double exact-and-approximate number representation model. *Frontiers in Human Neuroscience*, *5*, 165. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00165>
- Noël, M.-P., Grégoire, J., Meert, G., & Seron, X. (2008). The innate schema of natural numbers does not explain historical, cultural, and developmental differences. *Behavioral and Brain Sciences*, *31*(6), 664-665. <https://doi.org/10.1017/S0140525X08005815>
- Noël, M. - P. (2005). Finger gnosis: A predictor of numerical abilities in children?. *Child Neuropsychology*, *11*(5), 413-430. <https://doi.org/10.1080/09297040590951550>
- Parasuraman, R., Greenwood, P. M., Kumar, R., & Fossella, J. (2005). Beyond heritability: Neurotransmitter genes differentially modulate visuospatial attention and working memory. *Psychological Science*, *16*, 200-207. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.00804.x>
- Passolunghi, M. C., & Cornoldi, C. (2008). Working memory failures in children with arithmetical difficulties. *Child Neuropsychology*, *14*, 387-400. <https://doi.org/10.1080/09297040701566662>
- Peluso Cassese, F. (2017). Corporeity and movement education. *Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva*, *1*(3), 7-8. <https://doi.org/10.32043/gsd.v0i3.24>
- Reeve, R., & Humberstone, J. (2011). Five- to 7-year-olds' finger gnosis and calculation abilities. *Frontiers in Psychology*, *2*, 359. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00359>
- Rivoltella, P. C. (2012). *Neurodidattica: Insegnare al cervello che apprende*. Milano: Raffaello Cortina.
- Rousselle, L., & Noel, M.-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*(3), 361-395. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.01.005>
- Sibilio, M. (2012). Corpo e cognizione nella didattica. In P. G. Rossi & P. C. Rivoltella (Eds.), *L'agire didattico: Manuale per l'insegnante* (pp. 329-347). Brescia: La Scuola.
- Soylu, F., Lester Jr., F. K., & Newman, S. D. (2018). You can count on your fingers: The role of fingers in early mathematical development. *Journal of Numerical Cognition*, *4*(1), 107-135. <https://doi.org/10.5964/jnc.v4i1.85>
- Steffe, L. P., & Cobb, P. (1988). *Construction of Arithmetical Meanings and Strategies*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3844-7>
- Tore, R. (2022). Sull'uso delle dita nei discenti con discalculia. In F. Peluso Cassese (Ed.), *Research on Educational Neuroscience. Ricerche in Neuroscienze Educative. Scuola, Sport e Società*. Edizioni Universitarie Romane.
- Trincherò, R., & Robasto, D. (2019). *I mixed methods nella ricerca educativa*. Milano: Mondadori.
- Vygotski, L. S. (2014). *Histoire du développement des fonctions psychiques supérieures*. Paris: La Dispute. (Original work published 1931)
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, *36*(2), 155-193. [https://doi.org/10.1016/00100277\(90\)90003-3](https://doi.org/10.1016/00100277(90)90003-3)
- Yin, R. K. (2005). *Lo studio di caso nella ricerca scientifica*. Roma: Armando.