

Uno studio longitudinale all'inizio della scuola dell'infanzia per l'individuazione dei bambini a rischio di difficoltà matematica

Chiara De Vita (Università degli Studi di Trieste)
Marta Vidoz (Università degli Studi di Trieste)
Alessandro Cuder (Università degli Studi di Trieste)
Chiara Falconer (Università degli Studi di Trieste)
Sandra Pellizzoni (Università degli Studi di Trieste)
Maria Chiara Passolunghi (Università degli Studi di Trieste)

La valutazione precoce delle abilità cognitive alla base dell'apprendimento matematico rappresenta uno strumento funzionale all'individuazione dei bambini a rischio di difficoltà. Muovendosi in quest'ottica, il presente studio longitudinale, condotto nell'arco del primo anno della scuola dell'infanzia, ha l'obiettivo di indagare il ruolo di alcuni precursori cognitivi dominio-general (Memoria di Lavoro verbale e visuo-spaziale e attenzione selettiva) e dominio-specifici (conteggio, riconoscimento di cifre e acuità dell'Approximate Number System) sia nel predire la competenza matematica sia nell'identificare i bambini a rischio in un campione di 153 partecipanti. I risultati, che rivelano un contributo significativo di abilità sia generali sia specifiche, sono discussi in termini di implicazioni cliniche.

1. Introduzione

L'apprendimento della matematica è un processo articolato che implica il coinvolgimento di una serie di abilità cognitive che consentono l'acquisizione e la padronanza di conoscenze e contenuti progressivamente sempre più complessi. La ricerca scientifica ha ampiamente evidenziato la rilevanza di questo tipo di apprendimento a livello sia del singolo sia della collettività, indicando come le prestazioni matematiche di un individuo ne predicano il rendimento scolastico, il successo occupazionale e finanziario (Rivera-Batiz, 1992) e una più consapevole partecipazione alla vita economica e politica di un paese (Foley et al., 2017).

Alla luce dell'importanza della matematica in una società complessa, valutare i precursori cognitivi dell'apprendimento matematico è particolarmente saliente, soprattutto nel contesto scolastico italiano in cui circa cinque studenti per classe risultano mostrare deficit in abilità di base come il calcolo (Cornoldi e Zaccaria, 2014). Inoltre, recenti dati del PISA (*Program for International Student Assessment*) hanno rivelato che circa il 24% degli studenti di 15 anni in Italia non raggiunge il Livello 2 in matematica, ovvero non riesce a comprendere, senza istruzioni dirette, come una situazione ordinaria possa essere rappresentata matematicamente (ad esempio, convertire un prezzo in una valuta diversa) (OECD, 2015).

A fronte di tutti i sopracitati aspetti, il presente studio si pone l'obiettivo di esaminare il ruolo di alcuni precursori cognitivi dominio-general e dominio-specifici sia nel predire la competenza matematica precoce sia nell'identificare i bambini a rischio di difficoltà in tale disciplina all'inizio della scuola dell'infanzia. L'approfondimento di questi aspetti in prescolari di tre anni contribuisce all'ampliamento delle conoscenze teoriche sui processi dell'apprendimento matematico, focalizzando l'attenzione sulle componenti cognitive che fungono da substrato, radice e impalcatura per la progressiva acquisizione di capacità matematiche sempre più raffinate. Un'indagine di questo tipo, inoltre, fornisce informazioni utili anche dal punto di vista clinico, evidenziando quali sono le abilità cognitive che, già all'età di tre anni, risultano deficitarie nei bambini con una scarsa competenza matematica. Una così precoce messa a fuoco di queste cadute specifiche è funzionale a prevenire l'emergenza e lo sviluppo di difficoltà nell'apprendimento matematico successivo.

2. Precursori dominio-general e dominio-specifici nell'apprendimento matematico

Nell'ambito della prevenzione precoce delle difficoltà in matematica e, quindi, dell'individuazione dei bambini a rischio, un ruolo cruciale è ricoperto dai cosiddetti *precursori* dell'apprendimento matematico, ovvero abilità cognitive dominio-general o dominio-specifiche definite come cause o precondizioni della competenza matematica di un individuo che consentono di predire la sua prestazione in questa disciplina negli anni successivi (Passolunghi, Vercelloni e Schadee, 2007). Data la loro funzione di «anticipatori», quanto prima si interviene attraverso una valutazione e una promozione dei precursori, tanto maggiore è la probabilità di prevenire o quantomeno ridurre il rischio di insorgenza di difficoltà in matematica.

2.1. Abilità dominio-generalì: il ruolo della Memoria di Lavoro e delle capacità del sistema attentivo

I fattori cognitivi dominio-generalì che sottendono lo sviluppo dell'apprendimento matematico fanno riferimento ad alcune abilità cognitive di carattere generale che, essendo trasversali alle diverse discipline scolastiche, predicono la prestazione non solo in matematica ma anche negli altri ambiti disciplinari. Tali capacità generali entrano in gioco, ad esempio, nei processi di elaborazione delle informazioni, di acquisizione di nuovi contenuti così come nella comprensione e nell'esecuzione di compiti cognitivi più o meno complessi.

Tra i precursori cognitivi dominio-generalì implicati nello sviluppo della competenza matematica ritroviamo la Memoria di Lavoro (ML) e le capacità del sistema attentivo. La ML rappresenta uno spazio di lavoro mentale di capacità limitata che permette da una parte di mantenere le informazioni immagazzinate e dall'altra di elaborarle durante lo svolgimento di un compito cognitivo (Baddeley, 1992). Secondo il modello multicomponenziale di Baddeley e Hitch (1974), la ML comprende due sistemi subordinati, il loop fonologico e il taccuino visuo-spaziale, implicati nel mantenimento temporaneo delle informazioni rispettivamente verbali e visuo-spaziali, e un sistema esecutivo centrale responsabile del controllo e della regolazione delle diverse attività cognitive così come del coordinamento del flusso informativo tra i due sistemi subordinati. Il modello è stato successivamente integrato con un quarto componente, il *buffer* episodico, ovvero un magazzino multidimensionale temporaneo che costituisce un'interfaccia tra i due sistemi subordinati della ML, la memoria a lungo termine e il sistema esecutivo centrale, con la funzione principale di connettere e integrare fonti di informazioni diverse (vedi Baddeley, 2010).

Partendo dal modello sopradescritto, Cornoldi e Vecchi (2000, 2003) hanno sviluppato il modello a cono dei *continua*, suggerendo come i processi della ML varino a seconda sia della natura delle informazioni sia del grado con cui esse vengono attivamente processate. Più nello specifico, il modello include una dimensione orizzontale, che riflette le differenze tra i contenuti di memoria (ad esempio, materiale verbale e visuo-spaziale) e una dimensione verticale che fa, invece, riferimento alle differenze tra elaborazione attiva e passiva delle informazioni. Secondo questo modello, i processi di ML *ad alto controllo* sono processi attivi che tipicamente, coinvolgendo anche il sistema esecutivo centrale, richiedono contemporaneamente l'immagazzinamento e l'elaborazione delle informazioni temporaneamente mantenute, implicando, così, un'intensa attività cognitiva (Allen, Giofrè, Higgins e Adams, 2020; Passolunghi e

Siegel, 2001). Al contrario, i processi di ML a basso controllo implicano un immagazzinamento passivo delle informazioni che vengono poi rievocate senza alcun tipo di manipolazione attiva. Nel complesso, i processi ad alto e a basso controllo della ML si possono considerare come facenti parte di un *continuum* (Allen et al., 2020; Cornoldi e Vecchi, 2000) in cui i primi sono più vicini al polo attivo mentre i secondi a quello passivo. Nel presente studio, condotto su bambini prescolari, abbiamo utilizzato solo compiti di ML a basso controllo, dal momento che il coinvolgimento attivo dell'esecutivo centrale, tipico delle prove di ML ad alto controllo, è generalmente associato al progressivo sviluppo delle Funzioni Esecutive (FE) (vedi Diamond, 2013) e alla maturazione dei lobi frontali (Anderson, 2001). Nel testo saranno quindi utilizzati i termini «ML visuo-spaziale» e «ML verbale» per descrivere i compiti di ML a basso controllo visuo-spaziale e verbale.

Sono ancora molto pochi gli studi che valutano l'associazione fra ML e apprendimento matematico in bambini di tre anni d'età. La maggior parte degli studi si sono focalizzati su bambini in età scolare (e.g., De Smedt et al., 2009; per una meta-analisi Friso-Van Den Bos, Van der Ven, Kroesbergen e Van Luit, 2013), sebbene un filone di ricerca sempre più nutrito abbia esplorato tale relazione anche nei prescolari (Passolunghi e Lanfranchi, 2012; per una rassegna Raghobar, Barnes e Hecht, 2010). In particolare, la ML visuo-spaziale sembrerebbe svolgere un ruolo cruciale in uno stadio precoce dell'apprendimento matematico, quando, cioè, i bambini sono impegnati nell'acquisizione delle prime abilità matematiche di base, quali il conteggio o il riconoscimento di cifre (De Smedt et al., 2009; Holmes e Adams, 2006). D'altro canto, la ML verbale risulterebbe maggiormente coinvolta con il procedere dello sviluppo, nello svolgimento di compiti matematici più complessi, quali prove di cardinalità, confronto o ordinamento numerico (Purpura e Ganley, 2014), compiti caratterizzati da passaggi multipli, come i calcoli, o che implicano il recupero dei fatti aritmetici (De Smedt et al., 2009; Holmes e Adams, 2006; Rasmussen e Bisanz, 2005).

Tra i precursori dominio-generalis ritroviamo anche le capacità del sistema attentivo che, nel suo complesso, designa un costrutto multidimensionale (Posner e Petersen, 1990) che consente di concentrarsi e impegnarsi per il raggiungimento di un obiettivo specifico così come di selezionare alcuni stimoli ambientali tra i molti disponibili in un certo momento ai fini dello svolgimento di un determinato compito. In particolare, in questo studio è stata presa in considerazione una componente specifica del sistema attentivo, ovvero l'attenzione selettiva (vedi Lane e Pearson, 1982; Posner e Peterson, 1980), definita come la capacità che consente a un individuo da un lato di selezionare solo una parte degli

stimoli ambientali in entrata, quelli rilevanti per il raggiungimento di un determinato obiettivo, focalizzandosi su di essi e sottoponendoli ad un'elaborazione accurata e approfondita, dall'altro di sopprimere simultaneamente le informazioni distraenti o irrilevanti ai fini dello svolgimento di un certo compito (Stevens e Baliever, 2012). In letteratura è emerso che difficoltà nell'attenzione selettiva interferiscono con la capacità dei bambini di processare, inibire, dirigere e recuperare le informazioni rilevanti durante l'elaborazione di diversi compiti matematici, quali, ad esempio, la comprensione o la risoluzione di un problema aritmetico (McLean e Hitch, 1999). Poche ricerche, tuttavia, hanno valutato direttamente le capacità attentive in relazione alla prestazione matematica (per una rassegna Stevens e Baliever, 2012), suggerendo che la relazione tra attenzione e competenza matematica è influenzata dall'effetto dell'attenzione selettiva sulla ML (Zanto e Gazzaley, 2009).

2.2. Abilità dominio-specifiche: i contributi delle capacità di conteggio e riconoscimento di cifre e dell'acuità dell'*Approximate Number System*

Contrariamente ai fattori cognitivi dominio-generalisti, quelli dominio-specifici fanno riferimento a una serie di abilità di base, sia simboliche sia non simboliche, strettamente numeriche, specificamente associate allo sviluppo dell'apprendimento matematico, tra cui le capacità di conteggio, di riconoscimento di cifre e l'acuità, ovvero l'accuratezza, dell'*Approximate Number System* (ANS). In particolare, mentre le abilità non simboliche sono innate, preverbal e consentono di rappresentare e confrontare le grandezze numeriche in maniera approssimata, quelle simboliche vengono acquisite nel corso dello sviluppo, sono associate al linguaggio e permettono una rappresentazione esatta delle quantità (vedi Li *et al.*, 2018). Più nel dettaglio, l'abilità di conteggio verbale, che implica la comprensione della relazione uno-a-uno tra gli elementi di un insieme e le loro rappresentazioni numeriche, è emersa come un precursore chiave dell'apprendimento matematico dei bambini, fungendo da pietra miliare per lo sviluppo della competenza matematica precoce (Clements e Sarama, 2007) e come un predittore significativo delle capacità matematiche alla scuola primaria (Nguyen *et al.*, 2016; Passolunghi *et al.*, 2007). L'abilità di conteggio (verbale, con l'uso delle dita o di oggetti) espande la capacità di comprensione delle quantità dei bambini, inizialmente limitata ai numeri molto piccoli (Ginsburg, 1989) e rappresenta uno strumento concettuale portante su cui si basano capacità aritmetiche più complesse (Jordan, Kaplan, Ramineni e Locuniak, 2009).

In età prescolare anche la capacità di riconoscere le cifre, che prevede la conoscenza simbolica dei numeri e la comprensione del significato della parola numerica, è risultata predittiva della successiva performance in matematica (per una rassegna, Merkley e Ansari, 2016). In particolare, uno studio condotto da Göbel e colleghi (2014) mostra che la conoscenza delle cifre in formato arabo all'età di 6 anni predice longitudinalmente lo sviluppo delle abilità aritmetiche, suggerendo la rilevanza dei processi verbali relativi all'apprendimento delle etichette numeriche e all'abilità di tradurre i numeri arabi in codici verbali. Inoltre, è emersa un'associazione tra la capacità di identificare e riconoscere simboli numerici e quella di confronto non simbolico in età prescolare (Mussolin, Nys, Content e Leybaert, 2014), evidenziando che una migliore comprensione del significato esatto dei numeri consente una più accurata discriminazione tra quantità non simboliche. Tuttavia, la maggior parte degli studi che hanno indagato le abilità precoci di conteggio e di riconoscimento di numeri si è focalizzata o su bambini di quattro o cinque anni (LeFevre *et al.*, 2010; Nguyen *et al.*, 2016) o su bambini all'inizio della scuola primaria (Göbel, Watson, Lervåg e Hulme, 2014), mentre solo poche ricerche hanno preso in considerazione bambini di tre anni (Jordan *et al.*, 2009; Mussolin *et al.*, 2014), età che si configura, quindi, come ancora non adeguatamente esplorata.

Tra i precursori dominio-specifici della competenza matematica precoce rientra anche l'acuità dell'ANS, un sistema cognitivo che consente di rappresentare e discriminare grandi quantità di oggetti in maniera intuitiva e approssimata, senza, cioè, ricorrere al conteggio o all'utilizzo dei numeri simbolici (Halberda e Feigenson, 2008). Tuttavia, gli studi che hanno indagato la relazione tra acuità dell'ANS e prestazione matematica in età prescolare hanno riportato risultati contrastanti: tale associazione, infatti, è emersa in alcuni studi (Bonny e Lourenco, 2013; Libertus, Feigenson e Halberda, 2011) ma non in altri (Negen e Sarnecka, 2015; Sasanguie, Defever, Maertens e Reynvoet, 2014). Ad esempio, mentre Libertus *et al.* (2011) hanno riscontrato una correlazione significativa tra acuità dell'ANS e competenza matematica in un campione di prescolari di 4 anni, i risultati di uno studio di Sasanguie e colleghi (2014) non hanno rivelato una simile associazione in un gruppo di bambini di 5 anni. Inoltre, mentre una ricerca longitudinale ha mostrato che l'acuità dell'ANS valutata in età prescolare predice in modo significativo la prestazione matematica a 6 anni (Mazzocco, Feigenson e Halberda, 2011), i risultati di un secondo studio longitudinale hanno suggerito una relazione inversa, rivelando come siano le abilità numeriche simboliche a predire l'acuità dell'ANS in età prescolare (Mussolin *et al.*, 2014). Una possibile spiegazione delle inconsistenze emerse potrebbe risiedere nel fatto che l'acuità dell'ANS e l'abilità matematica si

sostengono e affinano reciprocamente, favorendo l'una il potenziamento dell'altra, nel corso dello sviluppo (vedi Mazzocco *et al.*, 2011).

3. Il presente studio

Come abbiamo osservato, la maggior parte delle ricerche condotte sui precursori cognitivi dominio-generalisti e dominio-specifici dell'apprendimento matematico si sono focalizzate su bambini frequentanti la scuola primaria (Fuchs *et al.*, 2010; Passolunghi *et al.*, 2007) o gli ultimi anni della scuola dell'infanzia (LeFevre *et al.*, 2010; Passolunghi e Lanfranchi, 2012; Passolunghi, Lanfranchi, Altoè e Sollazzo, 2015), mentre solo pochi studi hanno preso in considerazione i bambini di tre anni, all'inizio della scuola dell'infanzia (Anders *et al.*, 2012; Napoli e Purpura, 2018). Inoltre, la ricerca ha per lo più preso in esame bambini con sviluppo tipico (LeFevre *et al.*, 2010; Passolunghi *et al.*, 2007; Passolunghi *et al.*, 2015), e solo pochi studi hanno dedicato attenzione alle caratteristiche cognitive di quelli con scarse abilità matematiche precoci, considerati a rischio di sviluppare difficoltà nel rendimento matematico successivo, nella scuola dell'infanzia e primaria (Costa, Nicholson, Donlan e Van Herwegen, 2018; Murphy, Mazzocco, Hanich e Early, 2007).

Alla luce di queste lacune della letteratura, la presente ricerca longitudinale ha l'obiettivo di indagare il ruolo di alcuni precursori cognitivi dominio-generalisti (ML verbale e visuo-spaziale e attenzione selettiva) e dominio-specifici (conteggio, riconoscimento di cifre e acuità dell'ANS) sia nel predire la competenza matematica sia nell'identificare i bambini a rischio durante il primo anno della scuola dell'infanzia. Rispetto al secondo obiettivo, riteniamo opportuno specificare che, in questa fase dello sviluppo, alla luce della marcata variabilità delle traiettorie evolutive, il concetto di «rischio» va considerato con cautela. All'età di tre anni, infatti, i bambini devono ancora essere esposti alla didattica e le loro competenze possono risultare fortemente influenzate da molteplici fattori, quali il loro funzionamento intellettuale, la frequenza delle attività a contenuto numerico svolte in ambiente domestico insieme ai genitori o lo stato socioeconomico della famiglia di appartenenza (per un approfondimento DeFlorio e Beliakoff, 2015; LeFevre *et al.*, 2009).

In generale, considerando la natura complessa e multicomponente dell'apprendimento matematico, che implica il coinvolgimento di una costellazione di fattori cognitivi (vedi Fuchs *et al.*, 2010), abbiamo ipotizzato un contributo significativo sia delle abilità dominio-generalisti sia di quelle dominio-specifiche tanto nel predire la competenza matematica quanto nell'identificare i bambini a rischio già in età prescolare.

Più nel dettaglio, per quanto riguarda il ruolo della ML, in linea con quanto emerso ad oggi in letteratura (Bull, Espy e Wiebe, 2008; Rasmussen e Bisanz, 2005), ci aspettavamo che nel nostro campione, costituito da bambini prescolari impegnati nell'acquisizione delle prime abilità numeriche di base, la ML visuo-spaziale fosse maggiormente predittiva rispetto a quella verbale e più deficitaria negli alunni a rischio. Rispetto all'attenzione selettiva, alla luce degli studi che hanno riscontrato una co-occorrenza di difficoltà matematiche e attentive (Cirino, Fletcher, Ewing-Cobbs, Barnes e Fuchs, 2007; Fletcher, 2005), e considerando il coinvolgimento specifico dell'attenzione selettiva nel rendimento scolastico in matematica (vedi Stevens e Baliever, 2012), abbiamo ipotizzato un suo contributo significativo sia nel predire la competenza matematica sia nell'identificare i bambini a rischio già all'età di tre anni.

Relativamente al conteggio, alla luce del suo ruolo di abilità portante necessaria per lo sviluppo della competenza numerica precoce (Clements e Sarama, 2007), ci aspettavamo un suo contributo significativo tanto nel predire la prestazione matematica quanto nell'individuare gli alunni a rischio già nella primissima fase di acquisizione di nozioni numeriche formali, ovvero all'inizio della scuola dell'infanzia. Anche nel caso della capacità di riconoscimento di cifre, a fronte degli studi che hanno mostrato un'associazione tra quest'ultima e abilità matematiche sia simboliche (Göbel *et al.*, 2014) sia non simboliche (Mussolin *et al.*, 2014) nella scuola dell'infanzia e primaria, abbiamo ipotizzato un suo ruolo significativo sia nel predire la competenza matematica precoce sia nell'identificare i bambini a rischio all'età di tre anni. Infine, dato che un certo numero di studi ha rilevato una relazione significativa tra acuità dell'ANS e abilità matematiche in età prescolare (Bonny e Lourenco, 2013; Libertus *et al.*, 2011), mentre altri non ne hanno riscontrato l'esistenza (Negen e Sarnecka, 2015; Sanguine *et al.*, 2014), abbiamo formulato due ipotesi contrapposte rispetto al contributo dell'acuità dell'ANS nel predire la competenza matematica e nell'individuare i bambini a rischio, nell'intento di metterle a confronto.

4. Metodo

4.1. Partecipanti

I partecipanti coinvolti nello studio sono stati 153 bambini ($M_{età\ in\ mesi} = 43.57$; $DS = 2.29$; $F = 77$), reclutati in undici scuole dell'infanzia situate in diverse aree urbane del nord-est italiano e appartenenti a famiglie con un livello socioeconomico medio, valutato sulla base delle informazioni ricevute dagli insegnanti relativamente al livello di istruzione dei geni-

tori degli alunni. Dal campione iniziale ($N = 158$) sono stati esclusi cinque bambini, di cui tre avevano mostrato significative difficoltà nella comprensione della lingua italiana e due, al momento del reclutamento, erano risultati sottoposti a valutazioni diagnostiche finalizzate all'identificazione di potenziali disturbi del neurosviluppo.

Partendo dal campione totale ($N = 153$) sono stati identificati due sottogruppi di partecipanti, sulla base del punteggio ottenuto nella prova di competenza matematica: il primo sottocampione comprendeva 34 bambini a rischio di difficoltà ($M_{età\ in\ mesi} = 43.26$; $DS = 0.79$; $F = 17$) con una prestazione matematica inferiore al 20° percentile, il secondo includeva 74 bambini ($M_{età\ in\ mesi} = 43.11$; $DS = 0.83$; $F = 38$) con sviluppo tipico, con una prestazione uguale o superiore alla media, ovvero al 50° percentile. È stato ottenuto il consenso informato dai dirigenti delle scuole coinvolte così come dagli insegnanti e dai genitori dei bambini. Questi ultimi, inoltre, hanno espresso il loro assenso verbale prima di essere testati.

4.2. Procedura

La valutazione dei partecipanti è stata condotta in due tempi durante il primo anno della scuola dell'infanzia (T1: autunno, T2: primavera), a distanza di cinque mesi. Nella prima fase (T1) i bambini sono stati testati in due sessioni distinte della durata di circa 20 minuti: la prima sessione includeva le prove di a) ML visuo-spaziale, b) conteggio, c) riconoscimento di cifre, d) acuità dell'ANS; la seconda sessione comprendeva i compiti di e) attenzione selettiva, f) ML verbale. Nella seconda fase (T2) ai partecipanti è stata somministrata una prova matematica che misura diversi aspetti della competenza numerica precoce. In entrambe le fasi (T1 e T2), i partecipanti sono stati testati individualmente all'interno di una stanza silenziosa della scuola, adeguatamente luminosa e priva di fattori distraenti.

4.3. Misure

4.3.1. *Abilità cognitive dominio-generalì*

ML visuo-spaziale. Per misurare le abilità di ML visuo-spaziale è stato utilizzato il compito di *memoria di percorsi* (Lanfranchi, Cornoldi e Vianello, 2004), che rappresenta, come esplicitato nell'introduzione, una misura a basso controllo. La prova consiste nel rievocare, nello stesso ordine di presentazione proposto dall'esaminatore, gli spostamenti di una piccola rana giocattolo all'interno di una scacchiera quadrata (3×3). Il

test include quattro livelli di difficoltà crescente, a seconda del numero di spostamenti nel percorso della rana, e ciascun livello comprende due serie di spostamenti, per un totale di otto serie. Il punteggio corrisponde alle posizioni correttamente ricordate per ciascun percorso, indipendentemente dall'ordine di rievocazione. La prova viene interrotta quando entrambi i percorsi di uno stesso livello di difficoltà sono riprodotti in maniera errata o non vengono ricordati.

ML verbale. Per testare le abilità di ML verbale è stato usato il compito di *rievocazione di parole in avanti* (span di parole), anch'essa una prova a basso controllo (Lanfranchi et al., 2004). Quest'ultima, durante la quale vengono presentate delle liste con un numero crescente di parole bisillabiche di uso comune, richiede al bambino di ripetere ciascuna lista immediatamente dopo averla udita e nel medesimo ordine di presentazione proposto dall'esaminatore. Il test si articola in quattro livelli di difficoltà, a seconda del numero di item che costituiscono la serie di parole da memorizzare, e comprende un totale di otto prove, due per ciascun livello di difficoltà. Il punteggio corrisponde alle parole correttamente ricordate per ciascuna serie, indipendentemente dall'ordine di rievocazione. La prova viene interrotta quando entrambe le serie di uno stesso livello di difficoltà sono ripetute in maniera errata o non vengono ricordate.

Attenzione selettiva. Per misurare l'abilità di attenzione selettiva è stato utilizzato un compito adattato da un subtest di attenzione della *Batteria di Valutazione Neuropsicologica per l'adolescenza* (BVN 12-18; Gugliotta, Bisiacchi, Cendron, Tressoldi e Vio, 2009). Il compito prevede la visione di un video in cui vengono presentati diversi stimoli visivi in sequenza variabile. Ogni volta che il bambino vede l'immagine target, ovvero il sole, deve battere la mano sul tavolo. Si attribuisce un punteggio di 1 per ogni stimolo target correttamente individuato e un punteggio di 0 quando lo stimolo target non viene individuato.

4.3.2. *Abilità cognitive dominio-specifiche*

Conteggio. Per valutare l'abilità di conteggio in avanti è stato usato un compito adattato dal subtest *Enumerazione in avanti* della *Batteria per la valutazione dell'intelligenza numerica* (BIN 4-6; Molin, Poli e Lucangeli, 2007). In questa prova ai bambini viene richiesto di recitare ad alta voce la sequenza numerica da 1 a 20. Il punteggio è dato dal numero più alto contato correttamente senza compiere errori.

Riconoscimento di cifre. Per valutare la capacità di riconoscimento di cifre è stato utilizzato un compito adattato dal subtest *Corrispondenza*

nome-numero della BIN (Molin et al., 2007). Durante la prova ai partecipanti, in ordine random, vengono mostrate le cifre da 1 a 9 stampate su dei cartoncini bianchi e ogni volta viene richiesto loro di denominare ad alta voce la cifra presentata. Il punteggio è dato dal numero di cifre correttamente riconosciute.

Acuità dell'ANS. Per misurare l'acuità dell'ANS è stata utilizzata una versione di *Panamath*, un compito computerizzato di confronto non simbolico di quantità (Halberda e Feigenson, 2008) che richiede ai bambini di indicare il più numeroso tra due insiemi di pallini (*dot*), gialli a sinistra e blu a destra, proiettati sullo schermo di un computer per un breve intervallo di tempo (2500 ms), schiacciando il tasto corrispondente all'insieme scelto sulla tastiera del computer («A» per i dot gialli e «L» per quelli blu). Il numero di dot in ciascun insieme è compreso tra 5 e 16. Il test include tre prove di pratica, seguite da 60 prove effettive. Il punteggio è rappresentato dalla percentuale di prove svolte correttamente rispetto al numero totale di prove.

Competenza matematica. Per valutare la competenza matematica precoce è stato utilizzato il subtest *Early Number Concepts* della *British Ability Scales (BAS3)*; Eliot e Smith, 2011) che include 30 item e richiede, per il suo svolgimento, l'utilizzo di alcuni cartoncini con dei disegni colorati. La prova valuta diversi aspetti della competenza numerica generale dei bambini, quali la comprensione delle quantità non simboliche (es. «Indica la persona che ha tre scatole.»), la corrispondenza cifre-quantità, la classificazione di numeri (es. «Indica il numero più grande.»), il principio di cardinalità, il concetto di ordinalità (es. «Qual è la quinta persona della fila?»), il confronto di quantità, i concetti di maggiore, minore e uguale (es. «Chi possiede il maggior numero di scatole?») e l'acquisizione di alcune nozioni di aritmetica semplice (es. «Giovanni sta per dare tutti i suoi palloncini a Lisa, quindi quanti ne avrà lei?»). Ad ogni item viene attribuito un punteggio pari a 0 se la risposta è errata e un punteggio pari a 1 se la risposta è corretta. La prova viene interrotta dopo cinque errori consecutivi. I contenuti della prova sono stati tradotti in italiano utilizzando il metodo della *back translation*.

5. Risultati

5.1. Analisi descrittive e correlazionali

Le analisi statistiche sono state condotte usando il software di analisi statistiche SPSS 21. Nella tabella 1 sono riportate le statistiche descrittive relative ai punteggi ottenuti dai partecipanti in tutte le prove somministrate. Nella tabella 2 sono, invece, riportate le correlazioni tra tutte le

TAB. 1. *Statistiche descrittive di tutte le misure prese in considerazione dello studio*

	Media	DS	Min	Max	Asimmetria	Curtosi	Reliability
ML visuo-spaziale	2.51	1.58	0	6	-0.06	-0.91	.80
Attenzione selettiva	14.81	4.31	1	20	-1.19	1.09	.92
ML verbale	3.39	1.11	0	6	-0.51	-0.91	.89
Conteggio	7.91	4.98	0	20	0.43	-0.31	.86
Riconoscimento di cifre	2.81	2.99	0	9	1.08	-0.23	.85
Acuità dell'ANS	59.91	9.95	33.33	88.33	0.41	0.35	.82
Competenza matematica	13.58	5.22	2	24	-0.06	-0.79	.91

Nota: Per tutti i compiti, ad eccezione della prova di acuità dell'ANS, sono stati utilizzati i punteggi grezzi.

TAB. 2. *Correlazioni tra tutte le abilità cognitive dominio-generalì e dominio-specifiche e la competenza matematica*

	1	2	3	4	5	6	7
1. ML visuo-spaziale	–						
2. Attenzione selettiva	.32***	–					
3. ML verbale	.33***	.20**	–				
4. Riconoscimento di cifre	.24**	.23**	.09	–			
5. Conteggio	.26***	.34***	.24*	.46***	–		
6. Acuità dell'ANS	.24**	.17*	.11	.17*	.23**	–	
7. Competenza matematica	.47***	.39***	.27***	.44***	.54***	.38***	–

Nota: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$, *** $p \leq .001$.

abilità cognitive dominio-generalì e dominio-specifiche prese in considerazione nello studio e la competenza matematica.

5.2. Analisi di regressione

Per esaminare le ipotesi riguardanti i contributi delle diverse misure cognitive prese in considerazione nello studio nel predire la prestazione matematica dei bambini, è stata condotta un'analisi della regressione gerarchica multipla (vedi tab. 3). Tra i modelli di regressione testati, il modello 1 è risultato essere quello con la migliore bontà di adattamento. La logica che ha sotteso la costruzione di questo modello è stata quella

TAB. 3. *Analisi della regressione gerarchica multipla sulla competenza matematica*

Variabili indipendenti (blocchi)	R^2	ΔR^2	p	β	p	Partial r	Semi-partial r
Modello 1							
1. Attenzione selettiva	.153	.153	< .001	.392	< .001	.392	.392
2. Attenzione selettiva	.309	.156	< .001	.278	< .001	.306	.267
ML visuo-spaziale				.357	< .001	.368	.329
ML verbale				.120	.101	.135	.113
3. Attenzione selettiva	.495	.186	< .001	.136	.038	.172	.124
ML visuo-spaziale				.254	< .001	.304	.227
ML verbale				.065	.310	.084	.060
Riconoscimento di cifre				.187	.006	.225	.164
Conteggio				.286	< .001	.318	.238
Acuità dell'ANS				.177	.006	.227	.166

di inserire come variabili indipendenti, e quindi come predittori, prima le abilità cognitive dominio-generalì (attenzione selettiva e ML visuo-spaziale e verbale) e poi le abilità dominio-specifiche (riconoscimento di cifre, conteggio e acuità dell'ANS). Questa scelta è in linea con quanto indicato in letteratura rispetto all'utilizzo dell'analisi della regressione gerarchica al fine di esaminare i contributi di variabili specifiche dopo aver controllato per variabili più generali (vedi de Jong, 1999). Più nel dettaglio, nel modello come variabile dipendente è stata inserita la competenza matematica, mentre come variabili indipendenti sono state inserite, in tre blocchi distinti, le abilità cognitive di attenzione selettiva (blocco 1), ML visuo-spaziale e verbale (blocco 2) e riconoscimento di cifre, conteggio e acuità dell'ANS (blocco 3).

Il modello 1, nel suo complesso, spiega il 49.5% della varianza della competenza matematica precoce. Nello specifico, il blocco 1, comprendente il compito di attenzione selettiva, rende conto del 15.3% della varianza della prestazione matematica dei bambini. L'aggiunta del blocco 2 spiega un'ulteriore quota significativa di varianza della competenza matematica precoce pari al 15.6% ($\Delta R^2 = .156$, $p < .001$), in particolare attraverso il contributo significativo del compito di ML visuo-spaziale ($\beta = .357$, $p < .001$). Infine, l'aggiunta del blocco 3 determina un ulteriore incremento statisticamente significativo della quota di varianza spiegata della prestazione matematica pari al 18.6% ($\Delta R^2 = .186$, $p < .001$), grazie al contributo significativo delle tre prove di riconoscimento di cifre ($\beta = .187$, $p = .006$), conteggio ($\beta = .286$, $p < .001$) e acuità dell'ANS ($\beta = .177$, $p = .006$).

TAB. 4. Risultati dei test univariati e confronti post-hoc con correzione di Bonferroni tra i due sottogruppi di bambini (a rischio e con sviluppo tipico) derivati dalla MANOVA

	Campione totale (N = 153)		Bambini con sviluppo tipico (n = 74)		F	Effect size (η_p^2)	M_{diff}	p	d
	Bambini a rischio (n = 34)		Bambini con sviluppo tipico (n = 74)						
	M	SD	M	SD					
Attenzione selettiva	11.79	5.29	16.53	2.56	F(1, 106) = 39.46, $p \leq .001$	.27	4.73	$\leq .001$	1.14
ML visuo-spaziale	5.19	5.02	10.26	5.13	F(1, 106) = 23.04, $p \leq .001$	.18	5.07	$\leq .001$	.99
ML verbale	12.85	4.40	15.36	4.65	F(1, 106) = 7.02, $p = .009$	.06	2.51	.009	.55
Riconoscimento di cifre	2.06	2.24	3.80	3.19	F(1, 106) = 8.22, $p = .005$	.07	1.74	.005	.63
Conteggio	5.21	4.06	9.95	4.77	F(1, 106) = 25.20, $p \leq .001$	.19	4.74	$\leq .001$	1.07
Acuità dell'ANS	56.32	7.13	61.96	11.09	F(1, 106) = 7.36, $p = .008$	.07	5.64	.008	.60

Nota: I risultati della MANOVA mostrano un effetto principale significativo del fattore gruppo (Lambda di Wilks = .63, F(6, 101) = 9.89, $p \leq .001$, $\eta_p^2 = .37$), dal momento che i due gruppi di bambini differiscono significativamente l'uno dall'altro.

Per confrontare le differenze tra i gruppi, η_p^2 è stata usata come misura della dimensione dell'effetto (effect size). Per classificare le dimensioni dell'effetto si è fatto riferimento ai criteri di Cohen (1988): effetto piccolo $\eta_p^2 = .01$; effetto medio $\eta_p^2 = .06$; e effetto grande $\eta_p^2 = .14$.

Per i confronti a coppie post hoc sono stati usati i d di Cohen (1988) come misura della dimensione dell'effetto: effetto piccolo $d = .20$; effetto medio $d = .50$; effetto grande $d = .80$.

5.3. Confronti fra i gruppi

Per esaminare eventuali differenze nelle abilità cognitive dominio-general e dominio-specifiche tra il sottocampione di bambini a rischio e il sottocampione di bambini con sviluppo tipico, abbiamo condotto un'analisi multivariata della varianza (MANOVA) inserendo il gruppo come fattore fisso e le sei abilità cognitive generali (attenzione selettiva, ML visuo-spaziale e verbale) e specifiche (riconoscimento di cifre, conteggio e acuità dell'ANS) come variabili dipendenti. I test univariati e i confronti post-hoc con correzione di Bonferroni tra i due gruppi derivati dalla MANOVA sono riportati nella tabella 4. Nel complesso, i risultati dei test univariati rivelano che i bambini a rischio mostrano abilità inferiori, rispetto ai bambini con sviluppo tipico, sia nelle competenze dominio-general, attenzione selettiva e ML visuo-spaziale e verbale, sia in quelle dominio-specifiche, riconoscimento di cifre, conteggio e acuità dell'ANS.

6. Discussione

Il presente studio longitudinale aveva l'obiettivo di indagare il ruolo di alcuni fattori cognitivi dominio-general e dominio-specifici sia nel predire la competenza matematica sia nell'identificare gli alunni a rischio di difficoltà durante il primo anno della scuola dell'infanzia. Nel complesso, è emerso che tutte le abilità prese in considerazione nella ricerca, ad eccezione della ML verbale, predicono in modo significativo l'apprendimento matematico dei bambini di tre anni di età e tutte contribuiscono a identificare i bambini a rischio, distinguendoli dai coetanei con sviluppo tipico.

Più nel dettaglio, per quanto riguarda il ruolo della ML, in linea con la nostra ipotesi, i risultati emersi hanno mostrato un ruolo significativo della ML visuo-spaziale ma non di quella verbale nel predire la competenza matematica mentre hanno evidenziato un contributo significativo di entrambe le componenti (visuo-spaziale e verbale) nell'identificare gli alunni a rischio. Il primo risultato è coerente con quanto emerso ad oggi in letteratura: diversi studi precedenti (Bull *et al.*, 2008; De Smedt *et al.*, 2009; LeFevre *et al.*, 2010; Purpura e Ganley, 2014; Rasmussen e Bisanz, 2005), infatti, suggeriscono che il coinvolgimento della ML visuo-spaziale nella prestazione matematica sembrerebbe particolarmente cruciale quando i bambini risultano impegnati nel processo di acquisizione di nuove abilità numeriche, diventando, invece, meno rilevante una volta raggiunta la padronanza di tali competenze, con il progredire dello sviluppo (Allen, Higgins e Adams, 2019; Andersson, 2008; Holmes e Adams,

2006; Mclean e Hitch, 1999). Precocemente, infatti, i bambini farebbero maggiormente ricorso a rappresentazioni e strategie visuo-spaziali, quali la linea numerica o il conteggio con le dita, che fungerebbero da ancoraggio per il successivo e progressivo sviluppo di procedure verbali, come il recupero di fatti aritmetici o l'associazione tra un problema e la risposta corrispondente (De Smedt *et al.*, 2009; Rasmussen e Bisanz, 2005). Il secondo risultato evidenzia che la ML verbale, pur non emergendo come predittore significativo della competenza matematica, è comunque deficitaria negli alunni a rischio di difficoltà già durante il primo anno della scuola dell'infanzia, insieme alla ML visuo-spaziale. I bambini con difficoltà matematiche così precoci sembrerebbero mostrare, dunque, contestualmente anche un deficit generalizzato di ML.

I risultati dello studio, coerentemente con quanto ipotizzato, hanno, inoltre, evidenziato il ruolo significativo dell'attenzione selettiva tanto nel predire la prestazione matematica quanto nell'individuare i bambini a rischio. Questo dato si pone in continuità rispetto a quanto suggerito dalla letteratura che evidenzia il coinvolgimento di questa specifica componente attentiva nella prestazione matematica (Stevens e Baliever, 2012) così come una co-occorrenza di difficoltà matematiche e attentive (Cirino *et al.*, 2007; Fletcher, 2005).

Relativamente alle abilità cognitive dominio-specifiche di conteggio e riconoscimento di cifre, i dati ne hanno mostrato il ruolo significativo sia nel predire la competenza matematica sia nell'identificare gli alunni a rischio durante il primo anno della scuola dell'infanzia. Tale risultato, in linea con le nostre ipotesi, è coerente con quanto suggerito da studi precedenti che hanno mostrato un coinvolgimento cruciale del conteggio, ad esempio, nella competenza aritmetica (Geary, Bow-Thomas e Yao, 1992; Geary, Hoard e Hamson, 1999) e del riconoscimento di cifre nelle abilità matematiche nella scuola dell'infanzia e primaria (Göbel *et al.*, 2014; Merkley e Ansari, 2016; Mussolin *et al.*, 2014).

Infine, per quanto riguarda il ruolo dell'acuità dell'ANS, rispetto al quale avevamo messo a confronto due ipotesi opposte, i nostri risultati ne mostrano il contributo significativo sia nel predire la competenza matematica precoce sia nell'identificare i bambini a rischio. Tale dato avvalorava la linea di ricerca che sostiene l'esistenza di un'associazione significativa tra la capacità dell'ANS e la prestazione matematica in età prescolare (Bonny e Lourenco, 2013; Libertus *et al.*, 2011; Mazzocco *et al.*, 2011). Questo risultato potrebbe, tuttavia, essere riconducibile all'età dei bambini del campione o alla tipologia di compiti utilizzati nello studio per valutare l'acuità dell'ANS e la competenza matematica.

Nel complesso, dunque, i risultati della presente ricerca indicano che, già durante il primo anno della scuola dell'infanzia, il profilo cognitivo

dei bambini con una competenza matematica carente risulta caratterizzato da cadute in abilità cognitive sia dominio-generalì sia dominio-specifiche. Questo dato è in linea con la letteratura che evidenzia la multifattorialità e l'eterogeneità dell'eziopatogenesi delle difficoltà nell'apprendimento matematico (vedi Rubinten e Henik, 2008), suggerendo l'importanza di progetti di ricerca-intervento focalizzati tanto sui fattori cognitivi generali quanto su quelli specifici.

Lo studio non è, tuttavia, esente da limiti. Non è stata, infatti, contemplata una misura né del funzionamento intellettuale dei bambini né delle attività a contenuto numerico svolte da questi ultimi in ambiente domestico insieme ai genitori (la cosiddetta *Home Numeracy*; per un approfondimento LeFevre *et al.*, 2009). Riconosciamo, inoltre, come limiti la brevità dell'intervallo di tempo intercorso tra le due valutazioni (T1 e T2), effettuate nell'ambito dello stesso anno scolastico, e l'assenza di un ulteriore *follow-up*.

Studi futuri potrebbero indagare il ruolo di altre abilità cognitive nell'identificazione di alunni a rischio, quali, ad esempio, il controllo inibitorio (per una meta-analisi vedi Allan, Hume, Allan, Farrington e Lonigan, 2014) o altre componenti del sistema attentivo quale, ad esempio, l'attenzione sostenuta, risultata anch'essa predittiva dell'apprendimento matematico (Anobile, Stievano e Burr, 2013). Tale abilità non è stata esaminata nel presente studio a causa soprattutto della circoscritta disponibilità di tempo a disposizione, ma anche per il fatto che una procedura di *testing* più lunga, considerata l'età dei partecipanti, sarebbe risultata particolarmente gravosa.

Nel complesso, i risultati della valutazione condotta nel presente studio, anche alla luce del disegno longitudinale che lo caratterizza, integrano le conoscenze di cui disponiamo sullo sviluppo dei precursori e dei processi implicati nella competenza matematica in età evolutiva, fornendo indicazioni di centrale interesse per il contesto educativo, nell'ambito del quale andrebbero implementati, quanto più precocemente, programmi di prevenzione delle difficoltà di apprendimento e potenziamento dei prerequisiti. Crediamo, inoltre, che la presente ricerca possa avere rilevanti implicazioni anche in termini clinici, rappresentando un contributo utile all'individuazione degli alunni a rischio di sviluppare difficoltà in matematica già in età prescolare. Una valutazione così precoce delle componenti cognitive compromesse nei bambini con scarsa competenza matematica può, infatti, integrare la competenza del clinico nel cogliere possibili segnali di fragilità nelle abilità di base, sia generali sia specifiche, e contribuire a orientarlo nell'individuazione degli indicatori di rischio già all'inizio della scuola dell'infanzia, nell'intento di prevenire l'insorgenza e lo sviluppo di difficoltà nell'apprendimento matematico negli anni successivi. In

quest'ottica, le carenze di un bambino possono diventare aspetti specifici su cui agire e quindi focalizzare programmi di potenziamento. Un'indagine di questo genere profila un quadro sempre più chiaro e completo delle potenzialità e dei limiti del bambino nelle diverse fasi dell'età dello sviluppo, al fine di definire linee di intervento che siano quanto più adeguate, strategiche ed efficaci.

7. Riferimenti bibliografici

- Allan, N.P., Hume, L.E., Allan, D.M., Farrington, A.L., Lonigan, C.J. (2014). Relations between inhibitory control and the development of academic skills in preschool and kindergarten: A meta-analysis. *Developmental Psychology*, 50(10), 2368-2379.
- Allen, K., Higgins, S., Adams, J. (2019). The relationship between visuospatial working memory and mathematical performance in school-aged children: A systematic review. *Educational Psychology Review*, 31(3), 509-531.
- Anders, Y., Rossbach, H.G., Weinert, S., Ebert, S., Kuger, S., Lehl, S., von Maurice, J. (2012). Home and preschool learning environments and their relations to the development of early numeracy skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(2), 231-244.
- Anderson, V. (2001). Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. *Pediatric Rehabilitation*, 4(3), 119-136.
- Andersson, U. (2008). Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: The importance of central executive functions. *British Journal of Educational Psychology*, 78(2), 181-203.
- Anobile, G., Stievano, P., Burr, D.C. (2013). Visual sustained attention and numerosity sensitivity correlate with math achievement in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(2), 380-391.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), R136-R140.
- Baddeley, A.D., Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
- Bonny, J.W., Lourenco, S.F. (2013). The approximate number system and its relation to early math achievement: Evidence from the preschool years. *Journal of Experimental Child Psychology*, 114(3), 375-388.
- Bull, R., Espy, K.A., Wiebe, S.A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- Cirino, P.T., Fletcher, J.M., Ewing-Cobbs, L., Barnes, M.A., Fuchs, L.S. (2007). Cognitive arithmetic differences in learning difficulty groups and the role of behavioral inattention. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22(1), 25-35.
- Clements, D.H., Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: Summative research on the Building Blocks project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 136-163.

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Coleman, M.R., Buysse, V., Neitzel, J. (2006). *Recognition and response. An early intervening system for young children at risk for learning disabilities. Full report*. Chapel Hill: The University of North Carolina at Chapel Hill, FPG Child Development Institute.
- Cornoldi, C., Vecchi, T. (2000). Mental imagery in blind people: The role of passive and active visuospatial processes. In M. Heller (a cura di), *Touch, Representation and Blindness* (143-181). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Cornoldi, C., Vecchi, T. (2003). *Visuo-spatial working memory and individual differences*. Hove, UK: Psychology Press.
- Cornoldi, C., Zaccaria, S. (2014). *In classe ho un bambino che...* Firenze: Giunti Scuola.
- Costa, H.M., Nicholson, B., Donlan, C., Van Herwegen, J. (2018). Low performance on mathematical tasks in preschoolers: The importance of domain-general and domain-specific abilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 62(4), 292-302.
- de Jong, P.F. (1999). Hierarchical regression analysis in structural equation modeling. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(2), 198-211.
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(2), 186-201.
- DeFlorio, L., Beliakoff, A. (2015). Socioeconomic status and preschoolers' mathematical knowledge: The contribution of home activities and parent beliefs. *Early Education and Development*, 26(3), 319-341.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Eliot, C.D., Smith, P. (2011). *British Ability Scales: Third Edition*. London: GL Assessment.
- Fletcher, J.M. (2005). Predicting math outcomes: Reading predictors and comorbidity. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 308-312.
- Foley, A.E., Herts, J.B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S.C., Beilock, S.L. (2017). The math anxiety-performance link: A global phenomenon. *Current Directions in Psychological Science*, 26(1), 52-58.
- Friso-Van Den Bos, I., Van der Ven, S.H., Kroesbergen, E.H., Van Luit, J.E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10, 29-44.
- Fuchs, L.S., Geary, D.C., Compton, D.L., Fuchs, D., Hamlett, C.L., Seethaler, P.M., ... Schatschneider, C. (2010). Do different types of school mathematics development depend on different constellations of numerical versus general cognitive abilities? *Developmental psychology*, 46(6), 1731-1746.
- Geary, D.C., Bow-Thomas, C.C., Yao, Y. (1992). Counting knowledge and skill in cognitive addition: A comparison of normal and mathematically disabled children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54(3), 372-391.
- Geary, D.C., Hoard, M.K., Hamson, C.O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 213-239.
- Ginsburg, H.P. (1989). *Children's arithmetic* (2nd ed.). Austin, TX: Pro-Ed.

- Göbel, S.M., Watson, S.E., Lervåg, A., Hulme, C. (2014). Children's arithmetic development: It is number knowledge, not the approximate number sense, that counts. *Psychological Science*, 25(3), 789-798.
- Gugliotta, M., Bisiacchi, P.S., Cendron, M., Tressoldi, P.E., Vio, C. (2009). *BVN 12-18, Batteria di Valutazione Neuropsicologica per l'adolescenza*. Trento: Erickson.
- Halberda, J., Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the «Number Sense»: The Approximate Number System in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, 44(5), 1457-1465.
- Holmes, J., Adams, J.W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 26(3), 339-366.
- Jordan, N.C., Kaplan, D., Ramineni, C., Locuniak, M.N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45(3), 850-867.
- Lane, D.M., Pearson, D.A. (1982). The development of selective attention. *Merrill-Palmer Quarterly*, 28(3), 317-337.
- Lanfranchi, S., Cornoldi, C., Vianello, R. (2004). Verbal and visuospatial working memory deficits in children with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 109(6), 456-466.
- LeFevre, J.A., Fast, L., Skwarchuk, S.L., Smith-Chant, B.L., Bisanz, J., Kamawar, D., Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81(6), 1753-1767.
- LeFevre, J.A., Skwarchuk, S.L., Smith-Chant, B.L., Fast, L., Kamawar, D., Bisanz, J. (2009). Home numeracy experiences and children's math performance in the early school years. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 41(2), 55-66.
- Li, Y., Zhang, M., Chen, Y., Deng, Z., Zhu, X., Yan, S. (2018). Children's non-symbolic and symbolic numerical representations and their associations with mathematical ability. *Frontiers in Psychology*, 9, 1035.
- Libertus, M.E., Feigenson, L., Halberda, J. (2011). Preschool acuity of the approximate number system correlates with school math ability. *Developmental Science*, 14(6), 1292-1300.
- Mazzocco, M.M., Feigenson, L., Halberda, J. (2011). Preschoolers' precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance. *PLoS One*, 6(9), e23749.
- McLean, J.F., Hitch, G.J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 240-260.
- Merkley, R., Ansari, D. (2016). Why numerical symbols count in the development of mathematical skills: Evidence from brain and behavior. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 14-20.
- Molin, A., Poli S., Lucangeli D. (2007). *BIN 4-6. Batteria per l'intelligenza numerica*. Trento: Erickson.
- Murphy, M.M., Mazzocco, M.M., Hanich, L.B., Early, M.C. (2007). Cognitive characteristics of children with mathematics learning disability (MLD) vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. *Journal of Learning Disabilities*, 40(5), 458-478.
- Mussolin, C., Nys, J., Content, A., Leybaert, J. (2014). Symbolic number abilities predict later approximate number system acuity in preschool children. *PLoS One*, 9(3), e91839.

- Napoli, A.R., Purpura, D.J. (2018). The home literacy and numeracy environment in preschool: Cross-domain relations of parent-child practices and child outcomes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 581-603.
- Negen, J., Sarnecka, B.W. (2015). Is there really a link between exact-number knowledge and approximate number system acuity in young children? *British Journal of Developmental Psychology*, 33(1), 92-105.
- Nguyen, T., Watts, T.W., Duncan, G.J., Clements, D.H., Sarama, J.S., Wolfe, C., Spitler, M.E. (2016). Which preschool mathematics competencies are most predictive of fifth grade achievement? *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 550-560.
- OECD (2015). *Education at a Glance 2015: OECD Indicators*. OECD Publishing.
- Passolunghi, M.C., Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 42-63.
- Passolunghi, M. C., Lanfranchi, S., Altoè, G., Sollazzo, N. (2015). Early numerical abilities and cognitive skills in kindergarten children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 135, 25-42.
- Passolunghi, M.C., Siegel, L.S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(1), 44-57.
- Passolunghi, M.C., Vercelloni, B., Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22(2), 165-184.
- Posner, M.I., Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13(1), 25-42.
- Purpura, D.J., Ganley, C.M. (2014). Journal of experimental child working memory and language: Skill-specific or domain-general relations to mathematics? *Journal of Experimental Child Psychology*, 122, 104-121.
- Raghubar, K.P., Barnes, M.A., Hecht, S.A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110-122.
- Rasmussen, C., Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(2), 137-157.
- Rivera-Batiz, F.L. (1992). Quantitative literacy and the likelihood of employment among young adults in the United States. *Journal of Human Resources*, 313-328.
- Rubinsten, O., Henik, A. (2009). Developmental dyscalculia: Heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(2), 92-99.
- Sasanguie, D., Defever, E., Maertens, B., Reynvoet, B. (2014). The approximate number system is not predictive for symbolic number processing in kindergarteners. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(2), 271-280.
- Stevens, C., Bavelier, D. (2012). The role of selective attention on academic foundations: A cognitive neuroscience perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2, S30-S48.
- Zanto, T.P., Gazzaley, A. (2009). Neural suppression of irrelevant information underlies optimal working memory performance. *Journal of Neuroscience*, 29(10), 3059-3066.

Domain-general and domain-specific cognitive factors: A longitudinal study in early preschool for the identification of children at risk of mathematics difficulties

Summary. The early assessment of cognitive skills at the basis of mathematical learning is a tool functional to the identification of children at risk of difficulties. Moving in this direction, the present longitudinal study, conducted during the first year of preschool, aims to investigate the role of some domain-general (verbal and visuo-spatial Working Memory and selective attention) and domain-specific (counting, digit recognition, and Approximate Number System acuity) cognitive precursors in both predicting the mathematical competence and identifying children at risk in a sample of 153 participants. The results, that reveal a significant contribution of both general and specific skills, are discussed in terms of clinical implications.

Keywords: Mathematics difficulties, preschoolers, numerical skills, domain-general and domain-specific cognitive precursors, risk for mathematical difficulties.

Per corrispondenza: Chiara De Vita, Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Weiss 12, edificio W, 34128 Trieste. E-mail: chiaradv@hotmail.it

Marta Vidoz, Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Weiss 12, edificio W, 34128 Trieste. E-mail: mvidoz@units.it

Alessandro Cuder, Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Weiss 12, edificio W, 34128 Trieste. E-mail: alessandro.cuder@phd.units.it

Chiara Falconer, Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Weiss 12, edificio W, 34128 Trieste. E-mail: chiarafalconer1992@gmail.com

Sandra Pellizzoni, Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Weiss 12, edificio W, 34128 Trieste. E-mail: spellizzoniunits.it

Maria Chiara Passolunghi, Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Weiss 12, edificio W, 34128 Trieste. E-mail: passolu@units.it