

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione

Corso di laurea Magistrale in Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione

Tesi di laurea Magistrale

L'influenza dell'ansia scolastica in compiti matematici: differenze di genere e di età in bambini della scuola primaria

The influence of school anxiety on maths tasks: gender and age differences in primary school children

Relatore

Prof.ssa Sara Caviola

Correlatore

Dott.ssa Alice Masi

Laureando: Andrea Tosi

Matricola: 2016668

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUZIONE | 3 |
| CAPITOLO 1. L'apprendimento della matematica e le differenze di genere | 5 |
| 1.1 Modelli teorici | 5 |
| 1.2 Precursori dell'apprendimento matematico | 9 |
| 1.2.2 Abilità dominio-generalì | 9 |
| 1.2.3 Abilità dominio-specifiche | 11 |
| 1.3 Abilità di calcolo | 13 |
| 1.3.1 Calcolo a Mente | 13 |
| 1.3.2 Calcolo Scritto | 15 |
| 1.4 Differenze di genere | 17 |
| 1.4.1 In base agli aspetti cognitivi | 18 |
| 1.4.2 In base agli aspetti emotivi | 19 |
| 1.4.3 In base agli stereotipi | 20 |
| 1.4.4 Teorie biologiche | 21 |
| 1.4.5 Teorie sociali | 21 |
| CAPITOLO 2. Ansia scolastica | 23 |
| 2.1 Definizione e caratteristiche dell'ansia | 23 |
| 2.2 Definizione e caratteristiche dell'ansia scolastica | 24 |
| 2,1 Ansia per la matematica | 26 |
| 2.2 Ansia da test | 28 |
| 2.3 Modelli teorici | 30 |
| CAPITOLO 3. Ricerca | 33 |
| 3.1 Ipotesi e obiettivi della ricerca | 33 |

| | |
|--|----|
| 3.2 Partecipanti | 34 |
| 3.3 Metodo | 35 |
| 3.3.1 Procedura | 35 |
| 3.3.2 Somministrazioni prove collettive | 35 |
| 3.3.3 Somministrazioni prove individuali | 37 |
| 3.4 Prove somministrate | 38 |
| 3.4.1 Prove Collettive | 38 |
| 3.4.1.1 Prove di Calcolo Scritto | 38 |
| 3.4.1.2 Prove di Calcolo Approssimativo | 39 |
| 3.4.1.3 Prove di Fluenza di calcolo | 40 |
| 3.4.1.4 Questionari | 42 |
| 3.4.2 Prove Individuali | 44 |
| 3.4.2.1 Prova di Calcolo a Mente | 44 |
| 3.4.2.2 Prova di Doppio Compito | 46 |
| 3.4.2.3 Prova di Memoria di Lavoro | 47 |
| CAPITOLO 4. I Risultati | 49 |
| 4.1 Analisi descrittive e T-test | 50 |
| 4.2 Analisi delle correlazioni | 53 |
| 4.3 Analisi di regressione | 57 |
| CAPITOLO 5. Discussioni | 61 |
| BIBLIOGRAFIA | 65 |

INTRODUZIONE

Le abilità numeriche e matematiche sono sempre presenti in tutti i contesti della vita quotidiana, dagli ambienti domestici ai luoghi di lavoro, dal tempo libero alla scuola. Queste abilità influenzano in maniera importante sia il benessere fisico e mentale dell'individuo, sia il benessere collettivo, svolgendo un ruolo rilevante nell'esecuzione dei compiti, da quelli più semplici a quelli più complicati. In particolare, l'apprendimento della matematica è un processo complesso che inizia già dai primi anni di vita e si basa sull'interazione di molteplici fattori sia interni, cioè cognitivi e biologici, ad esempio, le abilità dominio-generalì e dominio-specifiche, che esterni, come il contesto educativo nel quale si cresce. Negli ultimi decenni, oltre alle componenti cognitive, la letteratura scientifica si è concentrata anche sull'influenza che gli aspetti emotivi possono esercitare sull'apprendimento matematico: in particolare è stato dimostrato che le difficoltà o insuccessi in tale ambito possono essere causate da atteggiamenti ed emozioni negative legate alla materia stessa.

Tra le emozioni prese in considerazione è stato dimostrato che, sia nei bambini che adulti, l'ansia svolge un ruolo molto influente; in particolare due tipologie specifiche di ansia: per la matematica e da test. La prima è stata definita come una sensazione di tensione che interferisce con la manipolazione dei numeri e con la risoluzione dei problemi, sia nella vita quotidiana sia nel contesto scolastico (Richardson & Suinn, 1972). La seconda fa riferimento al vissuto di ansia che precede, accompagna e segue diverse situazioni valutative a cui si è sottoposti, specialmente durante il percorso accademico (Zeidner, 1998). Entrambe le forme di ansia interferiscono negativamente con i compiti matematici determinando prestazioni e risultati scarsi; ad oggi non è ancora ben definita la direzione di questa relazione ma alcuni studi hanno ipotizzato che ci possa essere una relazione bidirezionale.

L'obiettivo della presenta ricerca, che ha coinvolto bambini di età tra i 9 e 11 anni, è stato quello di indagare la relazione tra emozioni e vissuti negativi sperimentati durante l'esecuzione di compiti matematici e l'effettiva prestazione matematica. È stato chiesto ai bambini di svolgere, in momenti separati, due tipologie di somministrazioni, collettiva e individuale. Durante la prima sono state valutate le abilità matematiche e di ragionamento, seguite da alcuni questionari riguardanti i vissuti emotivi nei confronti della disciplina; nella seconda somministrazione sono state svolte prove computerizzate di calcolo a mente e ricordo di parole.

Nel primo capitolo di questo elaborato verrà presentato l'apprendimento matematico. Nello specifico si descriveranno i principali modelli teorici che hanno indagato i processi alla base di tal costruito, i suoi precursori, cioè le cause e le precondizioni che permettono di predire il rendimento

scolastico e, per concludere si approfondiranno le abilità di calcolo con le due principali tipologie, a mente e scritto.

Nel secondo capitolo verrà descritta dettagliatamente l'ansia scolastica. In particolare, sarà definita l'ansia, intesa come costrutto generico, poi l'ansia scolastica indagando le proprie caratteristiche, le relazioni con le altre tipologie di ansia e le modalità di valutazione, in seguito si analizzeranno l'ansia per la matematica e l'ansia da test. Il capitolo si conclude con il riferimento ai modelli teorici che hanno studiato l'ansia scolastica in relazione alle sue componenti sociali, affettive e cognitive.

Nel terzo capitolo verrà presentata la ricerca definendone le ipotesi e gli obiettivi, poi il campione di riferimento e infine gli strumenti utilizzati con le relative procedure di somministrazione.

Nel quarto capitolo verranno presi in considerazione i risultati della ricerca illustrando le analisi descrittive, le correlazioni e i modelli di regressione gerarchica.

L'elaborato terminerà con la discussione dei risultati emersi dalle analisi precedenti sulla base della letteratura di riferimento, poi verranno esposti i limiti della presente ricerca e gli sviluppi futuri.

CAPITOLO 1. L'Apprendimento della matematica e differenze di genere

In questo capitolo saranno analizzati diversi aspetti dell'apprendimento matematico. Il capitolo si articola in due macro-sezioni, nella prima parte verranno presi in considerazione i modelli teorici di riferimento all'elaborazione e processamento dei numeri, passando in rassegna i precursori alla base dell'apprendimento matematico per concludersi con un'analisi delle diverse abilità di calcolo. La seconda parte si concentrerà invece sull'analisi delle differenze di genere in quest'ambito.

1.1 Modelli teorici

In letteratura sono state formulate differenti teorie riguardo il funzionamento della rappresentazione dei numeri, dei processi di calcolo e dell'apprendimento matematico. Queste hanno cercato di indagare i processi alla base del riconoscimento, della comprensione dei numeri e dell'esecuzione delle operazioni.

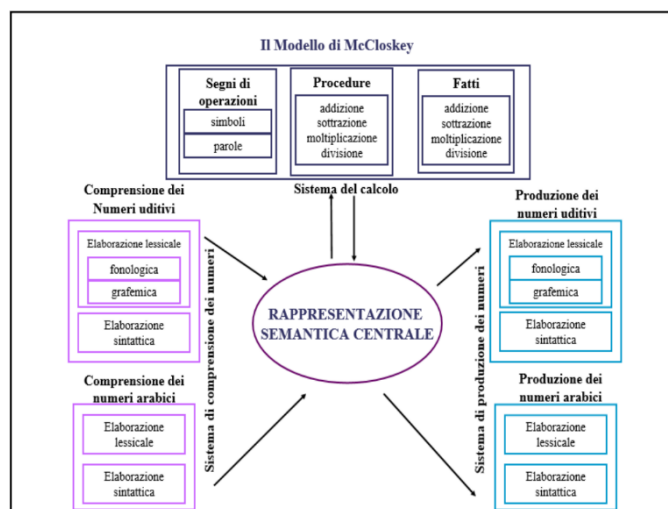
I modelli che verranno descritti saranno quello di McCloskey, Caramazza & Basili (1985), di Dehaene (1992), di LeFevre (2010) e infine di Butterworth (2011).

Il modello di McCloskey, Caramazza e Basili (1985) denominato "Modello di comprensione numerica e calcolo aritmetico" è formulato sulla base dell'approccio neurobiologico, basato sull'analisi dei problemi di elaborazione numerica e di calcolo che si osservano in pazienti adulti con lesioni cerebrali. Il modello aveva l'obiettivo di spiegare l'esistenza di moduli matematici separati ed indipendenti; in particolare, gli autori distinguono tra un sistema di elaborazione dei numeri, specifico per la comprensione e produzione, ed un sistema del calcolo, specifico per l'esecuzione dei calcoli (Figura 1.1). I due sistemi sono collegati e monitorati da un sistema centrale di rappresentazione semantica, che consente la comprensione della quantità legata ai numeri. All'interno dei sistemi di elaborazione dei numeri e del calcolo possono, a loro volta, trovarsi delle componenti differenti, anch'esse indipendenti tra loro. Ad esempio, il sistema di elaborazione dei numeri distingue componenti di comprensione (lettura) e di produzione (scrittura), di numeri e tra componenti specifiche per la forma araba e la forma verbale del numero.

Il sistema dei numeri elabora le informazioni numeriche, grazie al supporto dei processi lessicali (letteralmente i *nomi* dei numeri) e sintattici (la *grammatica* interna delle cifre), da inviare al sistema del calcolo. Quest'ultimo è la sede di tutto ciò che attiene al calcolo, ma anch'esso include sottoinsiemi separati, uno specifico per i simboli aritmetici, uno per i fatti aritmetici e uno per le procedure di calcolo.

I fatti aritmetici sono quell'insieme di conoscenze immagazzinate in memoria a lungo termine che fanno riferimento al recupero immediato di semplici combinazioni aritmetiche, come ad esempio le tabelline o le operazioni molto semplici, che permettono di arrivare al risultato in maniera immediata e automatica. Le operazioni più complesse invece devono essere svolte mediante il sistema capace di applicare le procedure di calcolo legate ad ogni operazione.

Figura 1.1: Modello di McCloskey, Caramazza e Basili (1985)



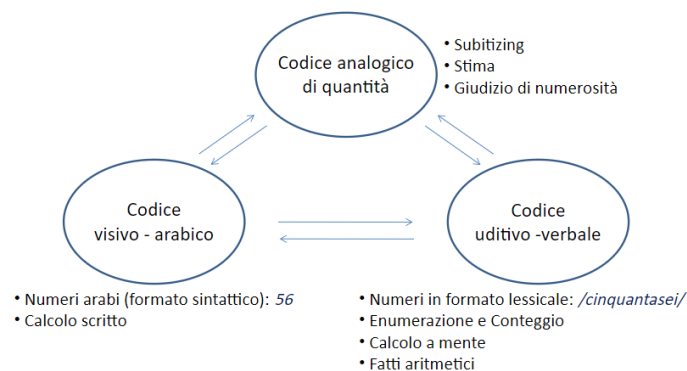
Un secondo modello teorico, ampiamente utilizzato dalla letteratura sulla cognizione numerica, si è invece focalizzato alla localizzazione del substrato neurale deputato all'elaborazione numerica, con l'intento di individuare una relazione più ampia tra numeri e altri domini cognitivi. Per questo motivo, Dehaene (1992), ha ipotizzato il modello teorico del "Triplo Codice" che propone tre codici differenti necessari per la manipolazione delle informazioni numeriche: il codice analogico di quantità, il codice visivo-arabico e quello uditivo-verbale (Figura 1.2).

Il modello del Triplo Codice postula che la nostra mente rappresenti i numeri in tre diversi codici: il codice visuo-arabico, che rappresenta i numeri come stringhe di cifre (ad esempio, 235), il codice uditivo-verbale, che rappresenta i numeri come sequenze sintatticamente organizzate di parole (ad esempio, "duecentotrentacinque") e un codice analogico di grandezza, in cui i numeri sono rappresentati come porzioni di quantità, sia discrete (ad es. un insieme di pallini) sia continue (come ad esempio l'attivazione lungo un'ipotetica linea numerica mentale).

In questa prospettiva ogni codice sarebbe deputato a compiti numerici specifici: il codice visivo-arabico è reclutato alla soluzione di calcoli scritti o per recuperare informazioni sulla parità di un numero, inoltre questo codice è specificatamente coinvolto nei processi di lettura e scrittura dei numeri. Il codice uditivo-verbale è funzionale al conteggio e al recupero dei fatti aritmetici (come le

tabelline e le operazioni più semplici), inoltre permette di rappresentare numeri in modo lessicale, fonologico e sintattico. Il codice analogico di quantità rappresenta la numerosità in modo analogico e non-verbale nei compiti che richiedono la comprensione delle quantità come, ad esempio, la comparazione numerica o la stima di grandezza. Quest'ultimo codice è l'unico che veicola l'informazione semantica, vale a dire la quantità rappresentata da un numero, ma per la sua stessa natura, tale informazione è approssimativa (stima della quantità).

Figura 1.2: Modello di Dehaene (1992)

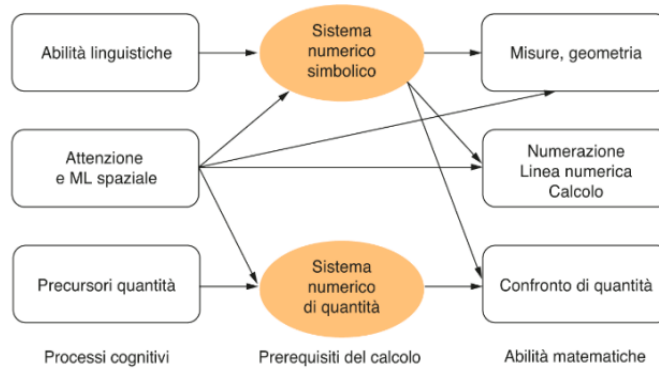


Il terzo modello preso in esame è quello di LeFevre et al (2010, in Conoldi 2019), denominato “Modello delle relazioni” (Figura 1.3). A differenza dei modelli esposti poco sopra che si basano sull’osservazione del comportamento adulto, gli autori di questa teoria focalizzano l’attenzione sui bambini dai 4,5 ai 7,5 anni.

Il modello comprende tre precursori cognitivi indipendenti: abilità linguistiche, competenze quantitative e abilità attentive e cognitive. Attraverso una serie di studi longitudinali, le Autrici hanno dimostrato come tutti e tre i precursori considerati contribuiscano allo sviluppo delle prime abilità matematiche attraverso la conoscenza del sistema numerico simbolico e di quantità, che a loro volta consentono l’acquisizione di conoscenze matematiche formali più complesse.

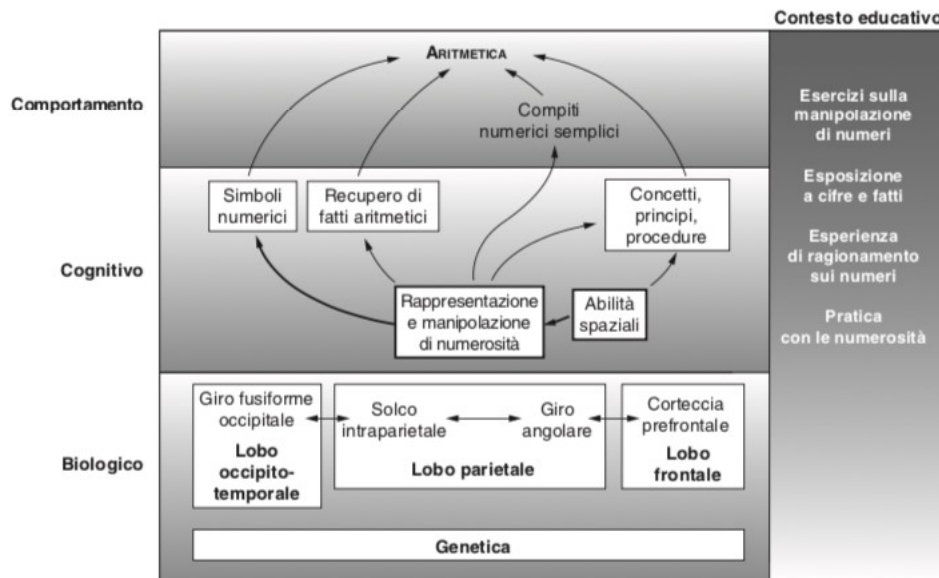
Come anticipate, il modello identifica i prerequisiti delle abilità matematiche attraverso due sistemi numerici, uno simbolico e uno di quantità; in particolare le abilità linguistiche permettono e supportano l’apprendimento del sistema simbolico (ad esempio la scrittura di numeri arabi), l’attenzione spaziale e la componente visuo-spaziale della memoria di lavoro sono coinvolte in entrambi i sistemi, infine i precursori della rappresentazione di quantità sono responsabili delle operazioni sulle quantità stesse.

Figura 3: Modello delle relazioni, LeFevre et al., 2010



Infine, Butterworth e colleghi (Butterworth et al., 2011) propongono un modello che in parte riassume e racchiude alcune delle caratteristiche dei modelli precedenti. Nel tentativo di delineare un quadro teorico di riferimento condiviso, gli autori hanno infatti riassunto le possibili interrelazioni che avvengono durante l'apprendimento matematico evidenziando il ruolo del sistema biologico (in particolare del substrato neurale), cognitivo e comportamentale (Figura 1.4). L'aspetto rilevante del modello è il ruolo crescente giocato dagli aspetti culturali (dal contesto in senso lato) e dall'educazione.

Figura 1.4: Modello di Butterworth (2011)



1.2 Precursori dell'apprendimento matematico

L'apprendimento della matematica consiste nell'acquisizione di nuove conoscenze, competenze e abilità legate alla quantità, allo spazio e alla struttura. La sua acquisizione è considerata il risultato della complessa interazione di vari elementi: strutture neurobiologiche innate e plastiche, come gli schemi percettivi e di azione che permettono attività quantitative e spaziali di base (es. suddivisione e confronto di quantità), attività ed esperienze prescolari ed extrascolastiche relative ai numeri e all'apprendimento intenzionale, esplicito e sistematico della matematica. (Seel 2012; Verschafeel, Van Dooren & De Smedt, 2012)

Numerosi studi hanno cercato di delineare quelle che sono definite competenze di base, ossia i precursori, del concetto di numerosità, che a loro volta sembrano fornire il punto di partenza necessario per l'acquisizione delle successive competenze matematiche apprese a scuola.

1.2.1 Abilità dominio-generalì

I precursori cognitivi di carattere dominio-generale che sottendono lo sviluppo dell'apprendimento della matematica comprendono alcune abilità cognitive generali, trasversali ai diversi ambiti disciplinari, che predicono la prestazione non solo in matematica ma anche nelle altre materie scolastiche (Passolunghi, Lanfranchi 2012; Passolunghi, Lanfranchi, Altoè, Sollazzo 2015).

Tra i precursori cognitivi dominio-generalì principalmente implicati nello sviluppo dell'apprendimento matematico si annoverano la Memoria di Lavoro, le Funzioni Esecutive e la Velocità di Elaborazione.

1. La Memoria di Lavoro (ML) rappresenta un magazzino di memoria a breve termine, di capacità limitata, che consente di immagazzinare temporaneamente le informazioni verbali e visuospatiali e, al contempo, di elaborarle e manipolarle attivamente durante lo svolgimento di un compito cognitivo (Baddeley 1986; Miyake, Shah 1999.).

In letteratura è possibile osservare molte ricerche che hanno indagato la relazione presente tra memoria di lavoro e apprendimento della matematica. Raghubard et al. (2010), attraverso una revisione sistematica della letteratura, hanno descritto la stabilità del legame tra questi costrutti, testato spesso attraverso paradigmi sperimentali del doppio compito (*dual task*). Questa procedura implica l'esecuzione di un compito principale solitamente matematico, mentre contemporaneamente, viene chiesto di ricordare una serie di informazioni (compito secondario).

I risultati confermano che le componenti della ML (secondo il modello di Baddeley, 1986) influenzano le prestazioni matematiche, indipendentemente dall'età cronologica, dalla memoria a breve termine, dalla lettura e dalla velocità di elaborazione. Questi risultati sono confermati anche da Caviola e colleghi in diversi studi condotti su popolazioni scolastiche (Caviola et al., 2012; Caviola et al., 2014).

2. Le Funzioni esecutive (*Executive Function*, FE) si riferiscono a una serie di abilità cognitive che consentono a un individuo di controllare e regolare pensieri e azioni quando si ritrova in situazioni nuove o complesse (Miyake, Friedman 2012). Includono vari processi cognitivi, quali l'abilità di aggiornare le informazioni, sostituendo quelle non più rilevanti acquisite in precedenza, con nuove informazioni in entrata, funzionali allo svolgimento di un determinato compito (*updating*), l'abilità di sopprimere le risposte automatiche inappropriate (*inibizione*), e l'abilità di passare o spostarsi flessibilmente da un'idea, una strategia o un'attività all'altra quando una determinata situazione lo richiede (*shifting*) (Andersson et al., 2008).

La letteratura ha dimostrato che le FE sono strettamente correlate alle prestazioni matematiche e che sono presenti relazioni tra *updating*, *shifting*, inibizione e precursori della matematica come il conteggio (Bull et al., 2008, Bull & Scerif, 2001). Gli studi che includono misure di FE forniscono forti indicazioni per il ruolo predominante dell'*updating* nell'apprendimento della matematica. In particolare, Passaluongi et al., (2008) hanno dimostrato come l'*updating* fosse coinvolto nella memorizzazione, nel recupero di risultati parziali e di informazioni nei problemi matematici. Infatti, un bambino con basse abilità di *updating* si può dimenticare i risultati intermedi, può commettere errori procedurali o dimenticare una parte del problema mentre sta svolgendo una parte diversa.

Nonostante esistano molti studi che indagano il rapporto tra le FE e le prestazioni matematiche, i risultati non sono coerenti tra loro. Le incongruenze vengono spesso spiegate utilizzando le caratteristiche dei compiti, per esempio Best, Miller e Naglieri (2011) hanno scoperto che diversi tipi di problemi matematici erano correlati in modo diverso al funzionamento esecutivo e inoltre che la performance può essere correlata al funzionamento esecutivo in maniera diversa nelle varie fasi dello sviluppo.

3. La Velocità di Elaborazione (VE) è definita come la rapidità e l'efficienza con la quale viene eseguito un semplice compito cognitivo. Essa viene per lo più valutata tramite compiti a tempo e viene operazionalizzata come velocità di risposta a una determinata prova (Case, 1985).

Costa et al. (2018) suggeriscono che i bambini con scarse abilità mostrano una VE minore rispetto ai bambini con buone abilità. Una maggiore VE ha effetti positivi su molti componenti dell'apprendimento matematico, nello specifico migliora la capacità mentale di elaborare velocemente le informazioni e di prevenirne la dimenticanza, potenzia la rapidità nel fornire una risposta e incrementa l'efficienza nell'eseguire un determinato compito. Gli studiosi suggeriscono che un potenziamento precoce della VE può avere importanti implicazioni per lo sviluppo dell'apprendimento matematico.

Alcune ricerche hanno suggerito che l'influenza della VE sulle prestazioni matematiche si spieghi con la disponibilità di risorse nella ML (Case, Kurland, & Goldberg, 1982), altri hanno scoperto che il suo effetto è indipendente dalla memoria (Fuchs et al., 2006, 2012). Questi ultimi studi sostengono che la lentezza dell'elaborazione può influire sul consolidamento delle informazioni concettuali matematiche nella memoria a lungo termine, come ad esempio l'automatizzazione della sequenza di conteggio e dei fatti aritmetici.

Altre ricerche, dimostrano che la VE è correlata all'efficienza nello svolgimento delle operazioni, ma anche alla disponibilità di risorse della ML (Berg, 2008; Fuchs et al., 2006; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004).

1.2.2 Abilità dominio- specifiche

Tra le abilità dominio-specifiche si possono annoverare tutta una varietà di competenze, di abilità numeriche precoci simboliche e non simboliche di base, cruciali per il successivo sviluppo dell'apprendimento matematico. Tra queste abilità sono presenti quella di discriminare e confrontare grandezze numeriche, di effettuare stime, di compiere trasformazioni numeriche, di muoversi flessibilmente tra formati numerici differenti, di riconoscere i numeri simbolici e di abbinarli alle corrispondenti quantità, per arrivare così allo sviluppo delle prime conoscenze aritmetiche.

Ma partiamo dai primissimi mesi di vita. Le ricerche hanno dimostrato che esistono due sistemi di rappresentazione, delle start-up neurocognitive, presenti fin dalla nascita, e quindi svincolate dalle competenze linguistiche, che permettono a neonati e a bambini piccoli di percepire e manipolare piccole quantità. Il primo viene definito sistema analogico-approssimativo denominato anche *Approximate Number System* (ANS), e consente la rappresentazione approssimata di grandi quantità di oggetti. Tale sistema permette di effettuare stime, confrontare e discriminare le numerosità in maniera intuitiva attraverso le diverse modalità sensoriali, ad esempio vista, udito e tatto (Halberda & Feigenson 2008; Mazzocco, Feigenson & Halberda 2011). Il secondo, sistema di rappresentazione esatta (*Object TraCCing System*, OTS), consente le rappresentazioni di piccole quantità di oggetti e

si rifà ai principi spazio-temporali di coesione, dove la numerosità esatta verrebbe delineata in maniera implicita e consente un riconoscimento immediato di pochi elementi.

Con l'apprendimento del linguaggio e l'influenza dei fattori contestuali, i bambini iniziano ad apprendere le parole-numero, e di conseguenza l'abilità di contare oggetti. Tra le varie abilità dominio specifiche, una delle più importanti è infatti quella del conteggio. Aunio & Rasanen (2015) definiscono 3 principi che sottendono al conteggio: la conoscenza delle parole e dei simboli numerici, la competenza relativa alle sequenze di parole numeriche e l'abilità di enumerazione. La conoscenza delle parole e dei simboli numerici si riferisce alle competenze necessarie per effettuare le transizioni simbolo-verbale e verbale-simbolo. La competenza relativa alle sequenze di parole numeriche indica la capacità di pronunciare parole numeriche in ordine crescente (ad es. uno, due, tre, quattro...), decrescente (ad es. nove, otto, sette...) oppure ad intervalli (ad es. per due, cinque, dieci). Infine, le abilità di enumerazione implicano che un bambino utilizzi le sue abilità di sequenza di parole per contare la numerosità di un insieme.

In letteratura è possibile osservare molteplici modelli che indagano l'abilità del conteggio, tra i più noti è possibile citare Gelman & Gallister (1978) e anche il modello di Fuson (1991). Nel modello elaborato da Gelman & Gallister (1978), i bambini piccoli (in età prescolare) possiedono un concetto innato di numero che si evolve nell'acquisizione delle procedure di calcolo attraverso l'acquisizione del conteggio. In particolare, i due psicologi analizzano l'abilità del contare come governata da 5 principi:

1. Principio della *corrispondenza biunivoca* secondo cui ogni oggetto di una serie deve essere indicato con etichette numeriche distinte;
2. Principio dell'*ordine stabile* secondo cui le etichette utilizzate in riferimento agli oggetti di uno schieramento devono essere ordinate o scelte in un ordine stabile;
3. Principio della *cardinalità* secondo cui l'etichetta finale della serie ha un significato speciale perché rappresenta la quantità dell'intero insieme;
4. Principio di *astrazione* secondo cui tutto ciò che si può in qualche modo separare, discretizzare, può essere contato;
5. Principio di *irrelevanza* secondo cui l'ordine di conteggio è irrilevante essendo l'ordine delle parole-numero stabile.

Il modello sviluppato da Fuson (1991), suggerisce, in maniera analoga, come i principi di conteggio, anche se presentano delle basi innate, devono il loro sviluppo agli esercizi e ai compiti imitativi eseguiti dai bambini.

I modelli attribuiscono valore ai meccanismi verbali e non verbali, innati o appresi, riconoscendo l'importanza della loro interazione allo scopo di promuovere la formazione e il passaggio all'abilità di conteggio effettiva. Si può concludere affermando che il conteggio è un processo grazie al quale le abilità innate, provenienti dalla natura, e quelle apprese, provenienti dalla cultura, si incontrano per costituire un fattore cardine all'apprendimento dell'aritmetica, preparando il bambino ad acquisire le competenze e le procedure più complesse alla base delle abilità di calcolo.

1.3 Abilità di calcolo

Con il termine abilità di calcolo si intende l'insieme di processi grazie ai quali è possibile operare sui numeri attraverso operazioni di tipo aritmetico. Il modo in cui i bambini apprendono le abilità e le strategie di calcolo fa parte di un percorso evolutivo che inizia dall'acquisizione di semplici meccanismi di conteggio, fino ad arrivare allo sviluppo di strategie più complesse come il recupero di informazioni conservate in memoria e alla scomposizione dei numeri. I meccanismi del calcolo e del sistema numerico avvengono in maniera progressiva e attraverso precedenti acquisizioni di specifici processi (Lucangeli & Tressoldi, 2002). Di seguito si analizzeranno le due tipologie principali di calcolo, a mente e scritto; si utilizza questo ordine perché il calcolo scritto è un paragrafo del calcolo a mente, un ripiego per le situazioni in cui la mente è in difficoltà (Bortolato, 2005).

1.3.1 Calcolo a Mente

Un contributo importante sulla riflessione del calcolo a mente è stato dato da Siegler e Mitchell (1982), i quali hanno identificato quattro modalità, usate inizialmente dal bambino, per risolvere i calcoli a mente: conteggio con le dita esplicito, conteggio ad alta voce senza l'uso delle dita, uso delle dita senza conteggio, mancanza di strategia. Secondo gli autori il bambino, non avendo la consapevolezza per decidere la strategia migliore, si basa sul criterio definito "livello di fiducia": nel quale pone questo come soglia, per cui se la difficoltà del calcolo che ha di fronte supera il criterio prefissato, allora utilizzerà la strategia selezionata.

Maclellan (2001) sottolinea la differenza più importante tra il calcolo con dispositivi esterni e il calcolo mentale: mentre l'uso di algoritmi scritti incoraggia i bambini a seguire diversi passaggi senza pensare a ciò che stanno facendo, il calcolo mentale consente loro di coinvolgerli nel processo per determinare quali siano i numeri e le procedure necessarie per giungere alla soluzione di un problema.

In letteratura è possibile osservare numerose ricerche nelle quali vengono analizzate le diverse strategie mentali, soprattutto per quanto riguarda le operazioni di addizione e sottrazione (Blöte, Klein, & Beishuizen, 2000; Cooper et al., 1996; Heirdsfield & Cooper, 2004; ThomVEon & Smith, 1999) (Figura 1.5).

Le scelte strategiche degli individui sono influenzate da molti fattori, incluso il repertorio o la conoscenza delle strategie (Baroody & Dowker, 2003), la loro esperienza nell'attuazione di tali strategie (Torbeyns, 2003), il loro livello di abilità nell'aritmetica (Smith-Chant & LeFevre, 2003) e infine, dalle caratteristiche del problema. Alcuni studi hanno esaminato le prestazioni dei bambini nella risoluzione di complessi problemi aritmetici, i risultati sono influenzati dall'età dei bambini e dalla competenza aritmetica dell'operazione specifica e del tipo di valutazione della strategia applicata (Verschaffel, 2016; Lemaire & Brun, 2018)

Tra le varie strategie proposte dalla letteratura, le strategie N10 e 1010 sono quelle ampiamente utilizzate dagli studenti. Nella strategia N10 il secondo numero, in un'espressione scritta di un problema di addizione o sottrazione, è suddiviso in unità e decine che vengono successivamente sommate o sottratte. La seconda strategia, 1010, richiede di dividere entrambi i numeri nell'espressione scritta in unità e decine per sommare e sottrarre separatamente, alla fine i risultati vengono riassembleati (Lucangeli, Tressoldi, Bendotti, Bonanomi, & Siegel, 2003).

Figura 1.5: Strategie mentali per addizione e sottrazione

| Strategies | Addition Examples 36 + 27 | Subtraction Examples 74 - 69 |
|------------|--|--|
| N10 | 36 + 20 = 56; 56 + 7 = 63 | 74 - 60 = 14; 14 - 9 = 5 |
| N10C | 36 + 30 = 66; 66 - 3 = 63 | 74 - 70 = 4; 4 + 1 = 5 |
| 10s | 30 + 20 = 50; 50 + 6 = 56; 56 + 7 = 63 | 70 - 60 = 10; 10 + 4 = 14; 14 - 9 = 5 |
| 1010 | 30 + 20 = 50; 6 + 7 = 13; 50 + 13 = 63 | 70 - 60 = 10; 4 - 9 = -5; 10 + (-5) = 5 |
| A10 | 36 + 4 = 40; 40 + 23 = 63 | 74 - 4 = 70; 70 - 65 = 5 |
| Counting | | Counting backward from 74 to 69 |

Tra le quattro operazioni aritmetiche, addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione, la sottrazione è di particolare interesse perché bambini e adulti riferiscono di utilizzare un'ampia gamma di strategie sia per risolvere calcoli semplici che complessi (Caviola et al., 2018). Le strategie possono essere classificate in base al tipo di calcoli coinvolti, per i problemi più semplici, come $5-3$, si utilizza il recupero immediato dalla mente in quanto sono considerati dei fatti aritmetici, oppure possono essere usate strategie diverse come il conteggio in avanti o indietro, quest'ultima può essere utilizzata anche per i calcoli più complessi. Le strategie sulle operazioni complesse possono essere suddivise in base al percorso di soluzione, da destra verso sinistra o da sinistra verso destra. Per la prima tipologia i due numeri vengono considerati come formati da singole cifre e il calcolo si svolge facendo riferimento alle singole colonne, ad esempio $45-29$ si risolve prendendo in esame la prima colonna a destra ($15-9 = 6$) e poi la colonna a sinistra ($3-2 = 1$); per la seconda tipologia, da sinistra verso destra, minuendo e sottraendo sono considerati in maniera più olistica, ad esempio $64-12$ viene scomposto in $60-10 = 50$ e $4-2 = 2$. Per quanto riguarda quest'ultimo calcolo, può essere risolto arrotondando a $70-13$ e poi sottraendo 1.

I bambini hanno la possibilità di utilizzare una varietà di strategie e, per questo motivo, si presume che il loro repertorio strategico rifletta una rete integrata di conoscenze concettuali e procedurali che permetta di scegliere le strategie migliore in relazione al problema proposto (Caviola et al., 2018).

1.3.2 Calcolo Scritto

Il calcolo scritto è gestito da due tipologie di conoscenza, concettuale (*CC*) e procedurale (*CP*), che permettono di giungere alla soluzione del problema. Questi due tipi di conoscenza non si sviluppano in modo indipendente ma è probabile che la *CC* influenzi le procedure che si utilizzano; infatti, diverse teorie, sull'acquisizione della conoscenza, suggeriscono che la scelta di procedure sia basata sulla *CC* (Gelman & Williams, 1997; Halford, 1993). Ulteriori ricerche elaborano l'idea che i bambini adoperino la loro *CC* per vincolare la scoperta di nuove procedure e per adattare quelle esistenti a nuovi compiti (Siegler & Crowley, 1994).

La *CC* è definita come la comprensione e la relazione dei collegamenti tra le informazioni e le regole che permettono di apprendere nuovi concetti matematici (Miller & Hudson, 2007; Rittle-Johnson & Schneider, 2015), questa connessione avviene tra conoscenze apprese in precedenza oppure tra un concetto appreso precedentemente e uno appreso di recente. La *CC* non si può realizzare mediante l'apprendimento meccanico perché i fatti e le proposizioni, se imparate meccanicamente, sono immagazzinate nella memoria come parti isolate di informazioni, non collegate da alcune reti di concetti.

La letteratura suggerisce una serie di modi specifici in cui la CC potrebbe rivelarsi utile; ad esempio, è stato dimostrato che aiuta le persone a valutare quale procedura è appropriata in una determinata situazione (Schneider & Poppa, 2012). Inoltre, consente una maggiore flessibilità nella scelta delle strategie da utilizzare perché le persone hanno maggiori probabilità di concettualizzare le procedure apprese e di utilizzarle con problemi nuovi (Baroody et al., 2007); una volta che si è giunti alla soluzione del compito la CC può essere impiegata anche per verificare se la soluzione è ragionevole (Carr et al., 1994).

La CC si riferisce anche alla comprensione del significato dei simboli (+; -; x; :), del valore posizionale (a sinistra si trovano le decine e a destra le unità), della capacità di identificare, trascrivere quantità, e di tenere traccia dei risultati parziali che permettono di giungere alla soluzione del problema. (Butterworth, 2005).

Caviola et al., (2014) hanno mostrato che un ruolo cruciale nello svolgimento del calcolo scritto è svolto dalla conoscenza dei fatti aritmetici, i quali consentono di calcolare più rapidamente i risultati intermedi durante la risoluzione di problemi aritmetici. Nel senso pratico, il bambino può evitare di utilizzare processi meno funzionali che rallentano il calcolo e distolgono le risorse cognitive dal risultato finale

La CP (Conoscenza Procedurale) si riferisce alla capacità con cui il bambino comprende il procedimento migliore per giungere alla soluzione del compito matematico (Canobi, 2009; Miller & Hudson, 2007; Rittle-Johnson & Schneider, 2015). A questo proposito è opportuno citare Hiebert & LFEvre (1986), i quali identificano due tipi di CP: il primo si riferisce alla familiarità con i simboli del sistema e con le convenzioni sintattiche; il secondo comprende le regole e le procedure per la risoluzione di problemi matematici.

La letteratura mostra delle teorie contrastanti riguardo l'utilizzo e la funzionalità della CP, Baroody (1983) conferisce importanza a questo concetto perché ritiene che i meccanismi si evolvano nel tempo riuscendo a trasformarsi da procedure meccaniche e lente, a regole automatiche che aiutano durante il calcolo. Ashcraft (1994) ritiene che i bambini all'inizio della scuola elementare non possiedano una memorizzazione completa ed affidabile delle operazioni più semplici, per questo motivo utilizzano due tipologie di processi. Il primo, definito dichiarativo, si riferisce al recupero delle informazioni in memoria, e il secondo, denominato di conteggio, utilizza regole procedurali. Secondo l'autore, questi meccanismi sono attivati in maniera parallela, ma afferma che, con il crescere dell'età, i processi procedurali verranno persi a favore di quelli dichiarativi poiché il bambino tenderà ad affidarsi ai principi appresi col tempo e con l'esperienza.

Baroody (2003); Haapasalo & Kadjevich, (2000) e Siegler (1998) hanno elaborato quattro diversi modelli sulla relazione tra la CC e CP. Il primo, *Concepts-first views*, presuppone che i bambini, inizialmente, acquisiscano la CC attraverso le spiegazioni e poi costruiscono CP attraverso la pratica. Il secondo, *Procedural-first-views*, presuppone che i bambini imparino prima le procedure mediante comportamenti esplorativi per dedurre le CC mediante i processi di astrazione. Il terzo, *inactivation views*, comprende la possibilità che la CC e CP si sviluppino in modo indipendente. L'ultimo modello, *iterative view*, si riferisce ad una relazione bidirezionale nel quale gli incrementi nelle CC portano ad incrementi delle CP e viceversa.

1.4 Differenze di genere

Negli ultimi anni, il tema delle differenze di genere è stato oggetto di numerosi studi condotti da diversi punti di vista. Sono numerose, infatti,

Prima di procedere con l'analisi delle differenze di genere è opportuno fare una precisazione; i risultati che si osservano dalla letteratura sono contrastanti tra loro e questo può riflettere in parte differenze nelle dimensioni e nel tipo di campioni reclutati. I ricercatori, solitamente, traggono inferenze basate su un piccolo campione di partecipanti e giungono ad una conclusione sulla popolazione da cui provengono. Un tale approccio può essere problematico se il campione studiato è in qualche modo diverso dalla popolazione generale.

Per questo motivo, i ricercatori sono divisi su quanto possano essere significative le differenze di genere, con alcuni che sostengono che i divari siano piccoli ma comunque significativi (Benbow et al. 2000; Gallagher & Kaufman 2005; Reilly et al. 2015) e altri che questi divari siano così piccoli da essere definiti "banali" o trascurabili (Hyde et al. 2008; Spelke, 2005); va inoltre considerato che i risultati ai quali si è giunti variano anche in relazione al contesto culturale (Else-Quest, Hyde e Linn, 2010).

In base a quanto riportano diverse ricerche, le differenze di genere in matematica non sono presenti in età prescolare ma emergono durante i primi anni di scuola. Al termine della scuola elementare il gap nelle performance di maschi e femmine è evidente e continua ad aumentare alle scuole medie e superiori (Fryer & Levitt, 2010; Hyde & Mertz, 2009; Hyde); altri dati recenti confermano che è presente un divario a favore dei maschi ma che sembra scomparire con il tempo (Hyde et al., 2008, Hyde e Mertz, 2009, Lindberg et al., 2010).

Allo stesso modo in cui esistono studi che dimostrano una differenza nelle prestazioni matematiche tra maschi e femmine, è possibile osservare altrettanti studi nei quali si sostiene come non esistano differenze significative in termini di abilità cognitive generali (Ruffing, Wach, Spinath, Brünken & Karbach, 2015; Halpern, Beninger & Straight, 2011).

Per quanto riguarda l'individuazione dei fattori che sono alla base delle differenze di genere si distingue tra fattori cosiddetti interni (o dipendenti dall'individuo) e fattori esterni (cioè dipendenti dal contesto socioculturale e ambientale).

In questo paragrafo verranno analizzate entrambe le tipologie di fattori, per quelli interni si approfondiranno gli aspetti cognitivi ed emotivi, per quelli esterni si prenderanno in esame gli stereotipi.

1.4.1 In base agli aspetti cognitivi

Fin dalla tenera età i bambini imparano a classificare le cose come intrinsecamente maschili o femminili (Kagan, 1964), comprese le materie scolastiche come matematica e scienze (Nosek et al., 2009). Questi costituiscono la base per la tipizzazione di genere in riferimento a interessi e attività, che facilita lo sviluppo di abilità cognitive specifiche.

La differenza di genere è evidente in aree disciplinari stereotipicamente femminili, come la lettura, l'ortografia e la scrittura (American College Testing Program, 1997). Tuttavia, i ragazzi ottengono risultati migliori rispetto alle ragazze nei test di rendimento nelle aree tipicamente "maschili" come l'ambito matematico e scientifico (Hyde et al., 1990). Come anticipato poco sopra, i risultati nella letteratura scientifica sono contrastanti perché ci sono molti fattori biologici e psicosociali che modulano le capacità cognitive.

Sebbene i risultati degli studi sui test di intelligenza non trovino prove di differenze di genere nell'intelligenza generale (Halpern & Lamay, 2000; Neisser et al., 1996), sono stati osservati modelli coerenti di differenze per le componenti più specifiche dell'abilità cognitiva (Halpern, 2011; Kimura, 2000).

Molti studi hanno confermato che le donne mostrano una maggiore competenza per le abilità verbali e le attività linguistiche, nonché localizzazione degli oggetti e memoria episodica (Li, 2014; Stoet & Geary, 2013).

Gli uomini mostrano prestazioni più elevate nei compiti scientifici e matematici che sfruttano le capacità visuospatiali (Halpern & Lamay, 2000). Quest'ultime coinvolgono una varietà di complessi

processi cognitivi sottostanti, come codifica, ricerca e confronto di figure, che influenzano il funzionamento quotidiano (Xue et al., 2017).

Le abilità appena elencate possono essere facilmente sviluppate attraverso un training mirato e di breve durata, in questo modo il gap potrebbe essere facilmente colmato (Hill et al., 2010). Dallo studio di Fryer e Levitt (2010), emerge che il divario tra maschi e femmine, a favore dei primi, risulta essere maggiore se si confrontano i risultati di studenti con alti livelli di abilità in matematica.

1.4.2 In base agli aspetti emotivi

Come già anticipato, la letteratura recente, oltre a concentrarsi sugli aspetti cognitivi, si focalizza sul modo in cui le emozioni influenzano l'apprendimento; quelle più studiate sono l'autoefficacia e l'ansia.

Autoefficacia

Già nella scuola elementare, si osserva una minore autoefficacia nelle proprie abilità in matematica da parte delle femmine e, anche quando i risultati tra i due generi sono simili, sembra che le studentesse tendano a sottostimare le proprie capacità rispetto ai coetanei maschi (OECD, 2015; Fredericks & Eccles, 2002; Herbert & Stipek, 2005). Dimostrando la necessità di esplorare le differenze di genere nella motivazione accademica, ricerche precedenti hanno concluso che il concetto di sé in matematica potrebbe essere positivamente collegato al rendimento nei ragazzi ma potrebbe anche avere un effetto negativo sul rendimento delle ragazze (Yoon et al., 1996).

Gli studi suggeriscono che le emozioni positive associate alla matematica potrebbero avere un effetto più pronunciato sulla dedizione delle ragazze (Pinxten et al., 2014) e che i tassi di ansia ed emozioni negative possono non influire negativamente sui risultati delle ragazze come si sarebbe potuto aspettare (Goetz et al., 2013).

Studi meta-analitici condotti negli Stati Uniti sulle differenze di genere, sugli atteggiamenti e sugli affetti nei confronti della matematica dimostrano che i maschi tendono ad avere atteggiamenti più positivi nei confronti della matematica, sebbene il divario sia piccolo (Hyde, Fennema, Ryan, et al., 1990). Hyde et al.(1990) hanno scoperto che, dal punto di vista dello sviluppo, il divario aumenta durante il liceo, quando i maschi riferiscono una maggiore autoefficacia.

Ansia

Numerosi studi hanno mostrato quanto l'essere ansiosi, spaventati e tesi nell'affrontare un compito di matematica porti gli studenti ad ottenere risultati inferiori rispetto alle proprie abilità (Hembree, 1990; Ma, 1999; Dowker, Sarkar & Looi, 2016; Primi et al., 2014; OECD, 2015).

Le differenze di genere nell'ansia per la matematica hanno ricevuto una notevole attenzione dalla ricerca, mostrando quanto le ragazze tendano a segnalare una maggiore ansia riguardo alle loro capacità matematiche (McGraw, Lubienski e Strutchens, 2006).

Studi recenti hanno dimostrato che le ragazze provano maggiori livelli di ansia per la matematica rispetto ai ragazzi (Hill et al., 2016) e questo è stato confermato anche in un'altra ricerca, dove si è visto che le ragazze sono più sensibili e provano generalmente livelli d'ansia per la matematica maggiori (Griggs et al., 2013).

Infine, riferendosi alla differenza tra ansia di stato, intesa come coscienza transitoria dell'ansia vissuta dal soggetto, e ansia di tratto, intesa come caratteristica stabile del soggetto è stato rilevato che le ragazze mostrano livelli di ansia di tratto più elevati dei ragazzi quando devono effettuare compiti matematici (Bieg, Goetz, Wolter, & Hall, 2015).

1.4.3 In base agli stereotipi

È importante sottolineare quanto sia fondamentale il ruolo della cultura e della società nell'educazione degli studenti e quanto raggiungere una reale parità sociale dei generi influisca positivamente sulle possibilità delle generazioni future.

L'apprendimento della matematica e la disparità nei risultati, in questa disciplina, sono influenzati dal contesto, dalle caratteristiche socioeconomiche, culturali dei singoli Paesi e dal ruolo della donna all'interno della società.

In questa prospettiva, sono diverse le ricerche che hanno messo in relazione le differenze di genere in matematica con i principali indici di equità di genere utilizzati in campo economico e sociale. Queste ricerche hanno mostrato che nelle società in cui vi è una maggiore parità, il gap tende a scomparire (Guiso, Monte, Sapienza & Zingales, 2008; OECD, 2015; Cascella, 2017).

Giocano un ruolo fondamentale le convinzioni di insegnanti e genitori riguardo alle diverse abilità di maschi e femmine in matematica e gli stereotipi che vedono i ragazzi come più portati per le materie scientifiche mentre le ragazze favorite nelle materie letterarie. In particolare, i docenti, sopravvalutano le capacità dei ragazzi rispetto a quelle delle ragazze (Li, 1999).

I genitori credono che le capacità matematiche dei loro figli siano superiori a quelle delle loro figlie. In uno studio, i padri hanno stimato il QI matematico dei loro figli in media a 110 e quello delle loro figlie a 98; le madri stimavano 110 per i maschi e 104 per le femmine (Furnham, Reeves, & Budhani, 2002).

Il fatto che le studentesse vengono ritenute meno dotate in matematica rispetto ai coetanei maschi fa sì che esse stesse abbiano meno fiducia nelle proprie abilità e ottengano quindi risultati effettivamente minori (Lindberg et al., 2010).

1.4.4 Teorie biologiche

Uno dei primi contributi a questo tema è stato dato dalla psicologia evolutiva; per questa ragione, Darwin (1871) sostiene che i maschi abbiano delle abilità visuo-spaziali più sviluppate perché nel passato, queste capacità erano funzionali alla navigazione e alla caccia. Inoltre, il ruolo tradizionalmente femminile di prendersi cura degli altri e di sviluppare una maggiore sensibilità alle emozioni potrebbe essere stato adattivo, determinando una tendenza per le donne a concentrarsi maggiormente sulle persone, per questa ragione, secondo Hyde (2014), ciò avrebbe portato a una diminuzione della motivazione sia ad acquisire competenze quantitative che a perseguire una carriera basata sulle discipline scientifico tecnologiche.

La maggior parte della ricerca sui contributi biologici alle differenze di genere si è concentrata sulla produzione degli ormoni sessuali, i quali sono stati proposti come spiegazione delle diversità (Collins & Kimura, 1997; Kimura, 2000); la motivazione risiede nel fatto che gli ormoni sessuali esercitano un'influenza sull'organizzazione e sullo sviluppo del cervello umano prima della nascita (Hines, 2006) e svolgono un ruolo attivante in diversi momenti della maturazione (Hines, 1990).

1.4.5 Teorie sociali

Alla base delle preoccupazioni che sorgono dagli stereotipi di genere è possibile osservare diverse teorie sociali. La prima è quella dell'apprendimento sociale cognitivo (Bandura, 1986), secondo la quale gli stereotipi possono influenzare le convinzioni di competenza o l'autoefficacia. A questo proposito la ricerca correlazionale mostra che gli stereotipi di genitori e insegnanti predicono le percezioni dei bambini sulle proprie capacità e sulle effettive prestazioni matematiche (Bouchey & Harter, 2005; Frome & Eccles, 1998; Keller, 2001; Tiedemann, 2000).

Sebbene i fattori biologici possano dare un modesto contributo alle differenze di genere, molti teorici sostengono che i fattori psicologici e sociali esercitano un'influenza maggiore nel corso della vita. Una di queste teorie è la teoria del ruolo sociale di Eagly e Wood (1999), secondo la quale qualsiasi

differenza psicologica di genere deriva dalla distribuzione dei ruoli di uomini e donne nella società. Ad esempio, la divisione del lavoro tra uomini e donne incoraggia lo sviluppo di tratti strumentali e orientati al successo negli uomini e tratti espressivi e orientati alla comunità nelle donne. Tale posizione è compatibile anche con la teoria degli schemi di genere, Bem (1981), secondo la quale i bambini sviluppano uno schema interno sulla tipizzazione sessuale degli interessi e del comportamento e sono motivati a comportarsi in modo coerente con la loro identità interna del ruolo sessuale.

Nel prossimo capitolo verranno definite le principali forme di ansia scolastica, definite le teorie di riferimento con particolare attenzione alle ripercussioni cognitive di un'elevata ansia scolastica sulle prestazioni matematiche.

CAPITOLO 2. Ansia scolastica

Nell'ambito scolastico, molto spesso, si è portati a trascurare gli aspetti emotivi del processo di sviluppo dell'allievo a favore di quelli puramente cognitivi. In questo modo però ci si dimentica che la persona che apprende va considerata nella sua interezza, cioè nelle dimensioni affettiva, motivazionale e cognitiva (Gualdroni, 2021)

Lo studioso tedesco Reinhard Pekrun ha indagato i sentimenti sperimentati durante la fase di apprendimento (prima, durante e dopo una valutazione) ed ha constatato come questo processo sia influenzato da emozioni positive come la speranza, il piacere e la soddisfazione, sia negative come l'ansia, frustrazione e rabbia (Pekrun 2011).

Nel presente capitolo verrà descritto ed analizzato il concetto di ansia scolastica; in particolare nel primo paragrafo si farà riferimento all'ansia come costrutto generale, nel secondo si descriverà in modo globale l'ansia scolastica descrivendo dettagliatamente le due forme specifiche, ansia per la matematica e ansia da test, nel terzo ed ultimo capitolo, si illustreranno i modelli teorici di riferimento.

2.1 Definizione e caratteristiche dell'ansia

L'ansia è uno stato e una reazione emotiva universale, che segnala la necessità di mobilitare risorse interne e di conseguenza rendere vitale l'organismo attivandolo all'azione, tutto ciò, da un punto di vista evolutivo, permette di difendersi dai pericoli esterni.

L'*American Psychiatric Association* (1994) descrive l'ansia come l'anticipazione apprensiva di un pericolo o di un evento negativo futuro, appartenenti al mondo interno o esterno, accompagnati da sentimenti di disforia o da sintomi fisici di tensione. Si differenzia dalla paura perché quest'ultima è una reazione emotiva ad un pericolo reale ed immediato mentre l'ansia è una reazione emotiva ad una minaccia futura percepita.

Se il livello di ansia è fortemente sproporzionato rispetto al rischio e alla gravità del possibile pericolo e se permane anche quando non esiste più un pericolo oggettivo, la reazione è considerata disfunzionale. Quest'ultima provoca particolari disagi all'individuo, diviene problematica e ingestibile per chi la vive, la sua disfunzionalità compromette le relazioni con l'ambiente, ostacola l'adattamento bloccando le relazioni tra l'individuo e l'ambiente stesso, infine interferisce sul benessere psico-fisico intrapsichico e relazionale (Beck, 1985).

L'ansia non è un costrutto unico ma presenta diverse tipologie, ad esempio può essere distinta in base all'origine e alla tipologia di manifestazione della preoccupazione. Per quanto riguarda la prima, si può distinguere tra ansia generale, definita come una risposta disadattiva che porta a percepire molteplici situazioni come minacciose e ansia specifica che viene esperita relativamente a stimoli precisi, un esempio è l'ansia sociale, che l'individuo sperimenta con un forte senso di preoccupazione in ambito sociale tale da vivere quelle situazioni con forte disagio ed evitando gli incontri interpersonali (Stain, 2008).

La seconda classificazione riguarda la differenza con la quale si manifesta l'ansia, a questo proposito si parla di ansia di tratto e di stato. La prima si sperimenta quando è presente una manifestazione relativamente stabile della personalità secondo la quale il soggetto tende a percepire gli stimoli e le situazioni ambientali come pericolosi o minacciosi; la seconda, ansia di stato, si esprime attraverso una sensazione soggettiva di tensione, apprensione, nervosismo, inquietudine, associata all'attivazione del sistema nervoso autonomo (Cattel & Scheier, 1961).

2.2 Definizione e caratteristiche dell'ansia scolastica

In questo paragrafo viene analizzata l'ansia nel contesto scolastico e gli effetti che ha sugli studenti; questa nasce dal normale desiderio di essere amati, ammirati e dalla paura di essere rifiutati e ridicolizzati. Essa racchiude la paura dell'insuccesso, del giudizio negativo, il timore di non essere capaci di superare la prova che si deve affrontare (Mazzocco, 2017).

Nel contesto scolastico l'ansia può emergere in forme specifiche come l'ansia per la matematica e l'ansia da test (Ma, 1999; von der Embse, Jester, Roy e Post, 2018). Queste possono essere definite come forme d'ansia che si presentano e sviluppano a scuola ma che al contempo sono legate al costrutto di ansia generale (Eysenck e Calvo, 1992).

Il costrutto di ansia è multidimensionale, infatti si possono osservare reazioni fisiologiche, emotive e cognitive (Martens et al., 1990). Nei paragrafi successivi verranno esaminati questi costrutti in relazione alle due tipologie di ansia, per la matematica e da test. In generale è possibile anticipare che le reazioni fisiologiche sono determinate dall'attivazione di due sistemi principali: il primo, è il Sistema Nervoso Autonomo che, in situazioni di stress e preoccupazione, rende il corpo pronto all'azione attraverso l'aumento della frequenza cardiaca e respiratoria e la vasodilatazione; l'altro sistema biologico, corticosurrenale, viene attivato tramite l'asse Ipotalamo-Ipofisi-Surrene, ed è

responsabile della regolazione dell'ormone cortisolo; il suo scopo è quello di aumentare la glicemia e i grassi nel sangue mettendo a disposizione l'energia di cui il corpo ha bisogno.

La componente affettiva considera le emozioni, i sentimenti, gli stati d'animo che circondano e vengono esperiti in situazioni potenzialmente stressanti (come una lezione di matematica o una verifica) (Ho et al., 2000; Wigfiel & Meece, 1988). Questi studiosi fanno riferimento a due concetti, l'emotività, cioè le reazioni affettive negative (nervosismo, paura, tensione e disagio) e la preoccupazione di ottenere dei buoni risultati in matematica o la preoccupazione per le conseguenze del fallimento. Queste ultime, assieme ai pensieri intrusivi, vengono definite le reazioni cognitive ad una situazione ansiosa. Ed è proprio il legame tra pensieri intrusivi e risorse cognitive che viene spesso dibattuto dalla letteratura sull'argomento.

Un concetto fondamentale che deve essere considerato quando si analizzano le risorse cognitive in relazione all'ansia scolastica è la memoria di lavoro (WM), già citata e definita nel Capitolo 1. L'ansia scolastica interferisce infatti con le risorse cognitive a disposizione durante l'esecuzione dei compiti accademici. La ricerca che indaga su quale aspetto della WM è influenzato dall'ansia ha rilevato principalmente che l'ansia interferisce con la componente verbale della WM (Ikeda, Iwanaga, & Seiwa, 1996; Markham & Darke, 1991; Rapee, 1993). Altre ricerche hanno rilevato che elevati livelli di ansia determinano una riduzione delle prestazioni della WM soprattutto in compiti di natura numerica (Ashcraft e Kirk, 2001); in particolare, questi due studiosi hanno dimostrato che l'ansia riduce le risorse della WM durante la soluzione di problemi di matematica a causa di rimuginazioni verbali. Ulteriori studi che hanno studiato la forte relazione tra questi due costrutti hanno dimostrato che gli individui con una capacità di WM limitata possono avere difficoltà a regolare i propri livelli di ansia (Hoffmann et al., 2011) e, al contrario, l'ansia può ridurre le risorse di WM (Eysencl et al., 2007; Mammarella et al., 2015). Ramirez et al., (2013) hanno dimostrato che le conseguenze cognitive dell'ansia per la matematica sono associate ad una ridotta capacità di attenzione.

L'ansia scolastica può avere manifestazioni diverse in base al luogo in cui viene esperita, a scuola può portare ad un'eccessiva preoccupazione per le verifiche, un abbassamento del rendimento scolastico, una perdita di interesse verso la materia (evitamento), una difficoltà ad entrare in classe, a parlare di fronte ai compagni e una difficoltà a terminare i compiti assegnati. Nelle mura domestiche si può manifestare una preoccupazione per le prestazioni scolastiche, un perfezionismo, la paura di sbagliare, una mancata fiducia in sé stessi, irritabilità e una paura delle critiche e dei giudizi negativi riguardo le proprie capacità.

Le conseguenze più comuni si rendono visibili tramite i comportamenti evitanti in uno studente, ad esempio assenteismo frequente, rifiuto di frequentare la scuola, evitare l'interazione sociale e diminuzione dell'autostima (Mc Donald, 2010). Tutto ciò porta ad un basso livello di benessere scolastico che è costituito da un complesso di componenti “individuali”: benessere psicologico (l'idea di sé e della propria vita); benessere cognitivo (conoscenze e abilità); benessere sociale (qualità della comunicazione sociale); benessere fisico (salute) e benessere materiale (capacità finanziarie della famiglia) (Rappo, Alesi, & Pepi, 2017).

Per misurare il costrutto dell'ansia vengono somministrati principalmente dei test *self report* nei quali viene richiesto di compilare un questionario a carattere autodescrittivo, indicando se le asserzioni presenti si applicano o meno alla propria persona. L'utilizzo di questi strumenti permette di misurare le variabili non cognitive come atteggiamenti e tratti di personalità; l'idea sottostante è che uno stimolo, originariamente di natura fisica poi di natura semantica (item), elicit una risposta psicologica che può essere espressa attraverso un numero. Quest'ultimo dovrebbe essere funzione della grandezza, quindi dell'intensità, della risposta psicologica del soggetto alla presentazione dello stimolo. Torgerson (1958) definisce l'item come qualsiasi cosa che può servire a dividere i soggetti in due o più categorie mutuamente esclusive ed esaustive.

La procedura più usata in questa tipologia di strumenti è il *Category rating* secondo il quale gli individui attribuiscono ciascuno simbolo ad una categoria, generalmente espressa da un numero intero. Questa attribuzione potrebbe essere inficiata da quelli che in letteratura sono noti come *responde bias*. Paulhus (1991) li definisce come una tendenza sistematica a rispondere in modo diverso dallo specifico contenuto degli item, per esempio un soggetto può mostrare una preferenza per la parte positiva della scala (*acquiescenza*), per quella negativa (*negativismo*), per gli estremi (*extreme responde et*), per la parte centrale (*indifferent response set*), o infine, per la risposta socialmente accettabile (*desiderabilità sociale*).

I questionari *self report* presentano molteplici pregi che contribuiscono ad un loro assiduo utilizzo. Nonostante la giovane età, la letteratura ha dimostrato come i bambini possano essere ritenuti capaci di riportare in maniera attendibile i loro pensieri, comportamenti ed emozioni (Grills & Ollendick, 2003); inoltre, sono facilmente applicabili, richiedono poche energie per l'esecuzione e non presentano grosse difficoltà di somministrazione perché la compilazione è semplice.

Di seguito verranno analizzate le due forme principali dell'ansia scolastica, quella per la matematica e quella per l'ansia da test. In generale è possibile affermare che entrambe tendono ad avere un impatto negativo sul rendimento scolastico (Hembree, 1990; Ma, 1999; Putwain, 2008; Seggol et al., 2013).

2.2.1 Ansia per la matematica

L'ansia per la matematica (*Math Anxiety*, MA) è definita come uno stato di disagio, tensione, apprensione o preoccupazione provato in situazioni presenti o future legate alla matematica (Ashcraft e Moore, 2009; Richardson e Suinn, 1972); chi soffre di MA ha minore autostima in questa disciplina, si diverte meno e c'è il rischio che possa evitarla del tutto (Ashcraft et al., 1998, Hembree, 1990, Maloney e Beilock, 2012). Questo stato di preoccupazione interferisce con la manipolazione dei numeri e la risoluzione di problemi di matematica in un'ampia varietà di situazioni nella vita ordinaria e accademica (Richardson & Suinn, 1972).

Hambree (1990) ha studiato come l'ansia generale fosse correlata alla MA, a supporto Wang et al., (2014) specificano che i fattori genetici e ambientali associati all'ansia generale agiscono anche per influenzare il livello di MA.

Studi precedenti hanno dimostrato che la MA influisce sulle capacità cognitive ed è legata alla difficoltà di un problema aritmetico. In particolare, Ashcraft e Faust (1994) hanno dimostrato come l'ansia per la matematica abbia uno scarso effetto sulle prestazioni aritmetiche che richiedono lo svolgimento di un compito semplice: i partecipanti con un'ansia elevata avevano risultati simili ai partecipanti con bassi livelli di ansia. Tuttavia, per la soluzione di problemi aritmetici complessi i partecipanti con elevata MA sembrano mostrare prestazioni più scarse e lente rispetto ai partecipanti con un livello basso di MA; tali risultati sono condivisi anche da Ashcraft e Moore (2009). Il rischio è la generazione di un circolo vizioso negativo nel quale le persone ottengono basse prestazioni ai test di matematica standardizzati (Hembree, 1990 ; Ashcraft e Krause, 2007), evitano i corsi aritmetici (Hembree, 1990; Ashcraft e Moore, 2009), e sviluppano convinzioni negative riguardo alle proprie capacità matematiche (Lent et al., 1991; Ashcraft e Kirk, 2001), tutto ciò porta a sperimentare ancora più ansia ed evitamento.

Analizzando l'ansia per la matematica secondo un'ottica evolutiva emerge come i bambini iniziano la scuola con una visione molto positiva della matematica (Stevenson et al., 1990) ma le preoccupazioni possono aumentare nel corso degli anni di scolarizzazione quando il curriculum matematico diventa più impegnativo dal punto di vista cognitivo (Dowker, 2005; Hembree, 1990;

Hill et al., 2016; Wu et al., 2012). La letteratura presenta dei risultati contrastanti perché Jameson, (2014); Ma & Kishor,(1997); Ramirez et al., (2013); Vukovic, Kieffer, et al., (2013) hanno osservato che l'ansia per la matematica è già presente nei primi anni della scuola primaria (seconda primaria, Sorvo et al., 2017).

Per valutare MA si fa riferimento a dei questionari, o scale di valutazione, diversificati in base all'età e che generalmente vanno a misurare il costrutto di MA di tratto. In questi casi, il riferimento all'età anagrafica è essenziale perché l'utilizzo dello strumento da parte di bambini più piccoli o più grandi, rispetto alla fascia di età pensata per il questionario, potrebbe complicare o facilitare lo svolgimento della prova e di conseguenza non sarebbe più affidabile. Le domande presentate si possono riferire all'ansia suscitata quando viene chiesto di svolgere specifici problemi di matematica, sia compiti scolastici che problemi della vita quotidiana (ad esempio, sommare il conto della cena per verificare se il prezzo è corretto), o di rispondere a domande specifiche (ad esempio, chiedere o meno se la risoluzione di un'operazione è corretta). Per quanto riguarda l'ansia *in situ* (ossia la misurazione della MA contestualmente all'esecuzione di un compito o una lezione di matematica) è meno frequente in letteratura e le procedure sono per lo più di natura sperimentale (Mammarella, et al., 2019).

2.2.2 Ansia da test

L'ansia da test (*Test Anxiety*, TA) è un costrutto multidimensionale che è stato definito come l'insieme di risposte, fisiologiche e comportamentali che accompagnano la preoccupazione per le possibili conseguenze negative o il fallimento di un esame o di una situazione valutativa simile (Zeidner, 1998). La TA è un tipo specifico di ansia che può essere vissuta prima, durante e dopo un esame o altre situazioni di valutazione (Beidel e Turner 1988; Zeidner, 2014).

Onyeizugbo (2010) ha mostrato una correlazione positiva con l'ansia generale, in particolare con l'ansia di tratto, perché quest'ultima è una disposizione più duratura della personalità e può influenzare la percezione di aspetti più specifici come l'ansia da test. Questi risultati trovano supporto anche da Wang et al. (2014), Carey et al.(2017) e Mammarella et al.(2018), i quali hanno dimostrato che i fattori associati all'ansia generale (come ad esempio i fattori ambientali e genetici) influenzano lo sviluppo dell'ansia per la matematica e sottolineano l'importanza di indagare tutti questi soggetti e il loro ruolo nell'apprendimento.

Diverse metanalisi hanno mostrato come la TA sia maggiormente correlata alla MA (Hembree, 1990; Kazelskis et al., 2000), ma solo moderatamente all'ansia generale (Hembree, 1988, 1990; Putwain, 2008; Lauer, Esposito e Bauer, 2018). I risultati indicano come questi tre costrutti condividano una parte di varianza ma al contempo si differenzino e possano essere considerati come distinti.

La TA è formata da più componenti teoricamente distinte ma correlate, in particolare Liebert e Morris (1967) hanno introdotto la distinzione tra la componente cognitiva ed affettiva.

La prima è stata definita come una preoccupazione sulla propria prestazione, in questo caso i pensieri comunemente intrattenuti dagli individui vertono sul confronto tra le proprie prestazioni e quelle dei compagni, sulla considerazione riguardo le conseguenze di un eventuale fallimento, su bassi livelli di fiducia nelle prestazioni, sull'eccessiva preoccupazione per la valutazione, sulle conseguenze che una valutazione bassa può portare all'interno dell'ambiente familiare e sulla perdita di autostima. L'emotività si riferisce alla consapevolezza soggettiva dell'individuo riguardo l'aumento dello stato di eccitazione (Schwarzer, 1984) e comprende le esperienze affettive e fisiologiche negative, come l'eccitazione e il disagio (ad es. dolore allo stomaco, tensione muscolare, palmi sudati o sentimenti in generale negativi) che possono verificarsi durante le situazioni di valutazione (King et al., 2000; Morris e Liebert 1970). A differenza della MA che è considerata un fattore specificamente correlato ad una diminuzione delle prestazioni in tale materia (Hembree, 1990; Ma, 1999), la TA è correlata negativamente ai risultati ottenuti in diverse discipline, non essendo tuttavia specifica per nessuna materia (McDonald, 2001; Zeidner, 1998).

Due metanalisi hanno riportato un piccolo ma affidabile effetto riguardo la relazione tra TA e rendimento scolastico, in cui un grado più elevato di ansia auto-riferita è associato a una performance di valutazione inferiore (Hambree, 1988; Seipp, 1991). Analoghi risultati sono stati raggiunti da Von der Embse et al. (2018) i quali hanno confermato un modello coerente di relazioni in cui i livelli più elevati di TA correlano con livelli più bassi di rendimento scolastico.

Come la MA, la TA può essere valutata attraverso molteplici misure, tra cui misure comportamentali (ad es., rilevamento e classificazione delle espressioni facciali), misure basate su tecniche di neuroimaging e misure di processi fisiologici periferici. Un indicatore primario dell'ansia da test è l'aumento dei livelli di eccitazione fisiologica che può essere valutata in modo discreto attraverso misure fisiologiche, come misure cardiovascolari (es., frequenza cardiaca, pressione sanguigna) o misure elettro-dermiche (es., risposta di conduttanza cutanea). Dato che le risposte fisiologiche associate all'ansia sono difficili da sopprimere o controllare, queste rappresentano un modo oggettivo per valutare l'eccitazione degli studenti in situazioni di test (Harley 2015; Houtveen & de Geus, 2009;

Guglielmo & Grossman, 2010). La maggioranza delle ricerche in merito alla TA indaga la componente cognitiva dell'ansia, attraverso questionari *self-report* che misurano la TA in momenti precisi, in preparazione e durante lo svolgimento dei test; in particolare misura la tendenza a sviluppare pensieri irrilevanti per il compito, a fare paragoni con gli altri e sulla probabilità di avere pensieri intrusivi o spunti rilevanti che sfuggono all'attenzione del bambino.

La componente affettiva viene valutata, utilizzando questionario autovalutativi che comprendono le diverse reazioni del sistema nervoso autonomo causate dallo stress sperimentato durante il processo di valutazione (ad es., "il mio cuore batte più velocemente quando sto facendo un test").

2.3 Modelli teorici

Per comprendere a pieno le diverse tipologie di ansia scolastica sono diversi gli approcci teorici che sono stati sviluppati. Di recente, Ramirez et al. (2018) hanno proposto l'*Interpretation account*, basandosi sul modello *Bio-Psico-Sociale* di Engels (1977). Gli autori hanno infatti descritto un modello sistemico e individuato diversi fattori rilevanti che possono contribuire ad aumentare il rischio di manifestare ansia. I fattori di rischio che concorrono all'instaurarsi di questa condizione sono da individuare a livello individuale, psico-educativo e sociale. Tali aspetti, interagendo durante l'arco di vita, modulano il processo di apprendimento e il funzionamento emotivo. Per i fattori individuali si fa riferimento alle predisposizioni su basi neurali, genetiche e cognitive, in particolare il patrimonio genetico è chiamato in causa per spiegare l'insorgenza dell'ansia (Wand et al., 2014). Sul piano cognitivo i fattori che influenzano l'ansia sono da attribuire a inferiori abilità numeriche e al fatto che questo costrutto può presentarsi sottoforma di paure e attribuzioni di disvalore che riducono la prestazione disciplinare. I fattori individuali, tuttavia, non sono sufficienti a spiegare l'insorgenza del fenomeno. L'*interpretation account*, si basa sul pensiero di Lazarus (1991) secondo il quale i risultati e gli atteggiamenti emotivi si basano sulle interpretazioni degli eventi, degli stati interni e dei segnali fisiologici che gli individui elaborano in relazione ad una particolare situazione. In particolare, Ramirez et al., (2018) sottolineano che gli studenti si formano delle aspettative sul loro successo futuro, o insuccesso, in base alle prestazioni che mettono in atto. Di conseguenza, coloro che si attribuiscono prestazioni scarse a capacità inferiori possono essere maggiormente a rischio per lo sviluppo di ansia scolastica rispetto a coloro che attribuiscono le scarse prestazioni ad uno sforzo minore o ad una causa esterna.

I bambini, infatti, passano la maggior parte del loro tempo a scuola o a casa e sono fortemente influenzati da genitori, membri della famiglia, insegnanti e pari. Gli studi hanno mostrato come genitori e insegnanti siano attori imprescindibili nel modulare l'atteggiamento dei bambini verso l'apprendimento generico e verso la matematica in modo specifico (Park et al. 2016). Le ricerche in questo settore mostrano come i genitori, quando sono coinvolti nelle pratiche educative, possono far emergere o intensificare l'ansia scolastica nei figli; mentre i docenti con ansia potrebbero modulare comportamenti ansiogeni negli alunni, condizionandone l'intensità (Daches, Cohen, Rubinsten, 2017).

Oltre alle predisposizioni biologiche e interattive si devono considerare anche le norme sociali e culturali che hanno un effetto non irrilevante sull'espressione dell'ansia (OECD 2013). La letteratura ha evidenziato come le nazioni asiatiche mostrano un'elevata prevalenza di ansia per la matematica, mentre le nazioni europee mostrano percentuali minori di questo fenomeno (Lee, 2009). Questa diversità del fenomeno può essere attribuita a differenze culturali relative al perseguimento di rilevanti obiettivi accademici tra nazioni (Stankov, 2010).

Un altro modo per spiegare il fenomeno è stato proposto da Carey et al., (2017), i quali hanno ipotizzato come l'ansia scolastica, ed in particolare la MA si sviluppa a seguito delle difficoltà e dei ripetuti fallimenti dello studente nell'apprendimento matematico e di come gli studenti elaborano quindi questi fallimenti.

Un altro ampio filone della letteratura si è concentrato sull'influenza dell'ansia a livello cognitivo, in particolare ha cercato di spiegare le conseguenze e le ripercussioni negative dell'ansia scolastica sulle prestazioni scolastiche. Alcuni autori hanno ipotizzato che l'ansia determinerebbe un sovraccarico delle risorse cognitive e, conseguentemente, una caduta delle prestazioni (Eysenck e Calvo, 1992; Faust 1992). Da un punto di vista teorico gli autori hanno sviluppato due modelli teorici che indagano l'ansia da un punto di vista prettamente cognitivo, Teoria dell'Efficienza di Elaborazione (Eysenck & Calvo, 1992) e Teoria del Controllo Attentivo (Eysenck, 2010).

La prima teoria che viene esaminata, "Teoria dell'Efficienza di Elaborazione" (*Processing Efficiency Theory*, Eysenck & Calvo, 1992) cerca di spiegare l'influenza dell'ansia di stato sulle prestazioni da una prospettiva cognitiva e motivazionale. Viene portata avanti la distinzione tra efficacia ed efficienza; l'*efficacia* si riferisce alla qualità delle prestazioni (in genere, l'accuratezza della risposta) mentre l'*efficienza* si riferisce alla relazione tra l'efficacia della prestazione e le risorse spese nell'esecuzione dell'attività.

Si prevede che gli effetti negativi dell'ansia siano significativamente maggiori sull'efficienza di elaborazione che sull'efficacia delle prestazioni perché l'efficienza diminuisce man mano che vengono investite più risorse per raggiungere un determinato livello di prestazione.

Nonostante l'opinione generalmente condivisa che le reazioni cognitive all'ansia, sotto forma di preoccupazione, esercitino un effetto negativo sulle prestazioni, non trova una conferma unanime in letteratura (Eysenck et al., 2007).

La Teoria dell'efficienza di elaborazione spiega questo sottolineando che l'attività cognitiva legata all'ansia, sotto forma di preoccupazione, ha due effetti principali. In primo luogo, la preoccupazione influenza le risorse di elaborazione e archiviazione nella WM e interferisce con i pensieri rilevanti e le risorse per risolvere il compito in oggetto. In secondo luogo, la preoccupazione svolge anche una forte funzione di motivazione, gli individui ansiosi sono generalmente motivati ad evitare le conseguenze negative della situazione minacciosa in cui si trovano, una risposta strategica a tali situazioni consiste nell'allocare più risorse di elaborazione alle prestazioni aumentando lo sforzo. L'aumento degli sforzi mira a mantenere l'efficacia delle prestazioni, aiutando così a evitare le potenziali conseguenze negative del fallimento.

L'altro modello, teorizzato da Eysenck (2007), denominato “Teoria del Controllo Attentivo” (*Attentional Control Theory*), si basa sull'assunto generale in base al quale gli effetti dell'ansia si riflettano sui processi attenzionali. L'idea di base è che l'ansia favorisca lo spostamento dell'attenzione agli stimoli correlati alla minaccia (e alla decisione di come rispondere nelle circostanze che provocano ansia) riducendo l'attenzione sull'attività principale da svolgere. Più specificamente, l'ansia compromette il controllo dell'attenzione, una funzione chiave dell'esecutivo centrale, e ne consegue che gli individui ansiosi spostano preferenzialmente le risorse attenzionali sugli stimoli correlati alla minaccia che siano interni (ad es., pensieri preoccupanti) o esterni (ad es., paura del fallimento). La teoria appena descritta è fondata sul presupposto che l'attenzione sia regolata da due sistemi: il sistema attenzionale diretto all'obiettivo e il sistema attenzionale guidato dallo stimolo (Corbetta & Shulman, 2002). Il primo è governato dalle aspettative e dalla conoscenza degli obiettivi prefissati, il secondo è guidato dagli stimoli sensoriali che provengono dall'ambiente esterno. Secondo la Teoria del Controllo Attentivo l'ansia sconvolge l'equilibrio tra questi sistemi e porta al ricorso maggiore del sistema guidato dallo stimolo rispetto a quello diretto all'obiettivo.

Con questa *overview* teorica si conclude il presente capitolo volto alla presentazione dei costrutti legati all'ansia scolastica, Nel prossimo capitolo verranno presentati nel dettaglio gli obiettivi del presente studio, i partecipanti e il metodo oggetto della presente ricerca.

CAPITOLO 3 - Ricerca

3.1 Ipotesi e obiettivi della ricerca

Il presente studio si colloca all'interno di un progetto di ricerca più ampio svolto in collaborazione con il *Centre for Mathematical Cognition* dell'Università di Loughborough (UK)

All'interno di questo progetto più ampio sono stati sviluppati dei quesiti di ricerca specifici che verranno discussi nel presente lavoro di tesi. L'ipotesi sulla quale si è sviluppato il presente studio si basa sul modello teorico di Eysenck & Calvo (1992) e Eysenck (2010) discussi nel Capitolo 2. In particolare, lo studio ha lo scopo di indagare la relazione tra emozioni e vissuti negativi (come, ad esempio, TA) sperimentati durante l'esecuzione di compiti matematici in bambini della scuola primaria.

Nello specifico tale ricerca si pone tre interrogativi ai quali cerca di dare risposta. Il primo obiettivo è quello di andare ad analizzare le eventuali differenze nelle prestazioni di matematica tra gli studenti di quarta e quinta primaria, ipotizzando che gli studenti di quinta, disponendo di maggiori risorse cognitive e una maggiore esperienza, ottengano prestazioni migliori in tutte le prove somministrate.

Il secondo obiettivo ha lo scopo di indagare come variano i risultati, soprattutto per quanto riguarda le componenti emotive e la prestazione in matematica in base al genere. Infatti, come è stato ampiamente trattato nel Capitolo 1, nonostante la letteratura presenti dei risultati contrastanti, i dati di ricerca sembrano mostrare una tendenza generale dei maschi nel riportare una migliore prestazione matematica rispetto alle femmine.

Il terzo obiettivo, dunque, vuole andare ad indagare il ruolo delle abilità dominio specifiche (es. abilità di calcolo) e dominio generali (es. memoria di lavoro) nello spiegare i livelli di ansia scolastica degli alunni. In particolare, come è stato trattato nel capitolo precedente, la ricerca mostra che le emozioni, soprattutto quelle negative tra cui l'ansia, possono influire negativamente sulla memoria di lavoro e sulla prestazione scolastica. Per questo motivo il presente studio vuole dare il proprio contributo andando ad indagare se gli studenti che hanno espresso ansia nei questionari effettivamente mostrano risultati peggiori rispetto agli altri compagni, sia nelle prove di apprendimento matematico di carattere generale, sia in prove che valutano aspetti specifici, come il calcolo a mente.

La letteratura sembrerebbe confermare questa relazione perché alti livelli di ansia sono associati a prestazioni più basse in quanto i bambini tendono a focalizzarsi più sulle loro preoccupazioni che non a utilizzare le energie per portare a termine la prova.

Questa inquietudine può occupare spazio nella memoria di lavoro non lasciando sufficienti risorse di memoria per eseguire il compito in maniera efficace.

Il presente capitolo si struttura in tre paragrafi, di cui il primo descrive il campione della ricerca, il secondo riassume la procedura con la quale è stata condotta e infine, nel terzo descrive le prove che sono state svolte prestando particolare attenzione alla descrizione delle prove computerizzate, create *ad hoc* per la presente ricerca.

3.2 Partecipanti

È fondamentale precisare che, prima di presentare la ricerca alle scuole, lo studio è stato approvato da parte del Comitato etico dell'Università degli Studi di Padova, il quale ha la funzione di valutare gli aspetti etici e scientifici delle sperimentazioni al fine di tutelare i diritti, la sicurezza e il benessere delle persone coinvolte.

La ricerca ha coinvolto due scuole primarie appartenenti all'Istituto Comprensivo Statale Francesca Bursi situate in provincia di Modena, nel comune di Fiorano Modenese: per la "Scuola Primaria Ciro Menotti" hanno partecipato due classi di quarta e due classi di quinta, per la "Scuola Primaria Luisa Guidotti" hanno dato il consenso alla ricerca tre classi di quarta e tre classi di quinta. La dirigenza delle scuole è stata contattata con largo anticipo per presentare e discutere il presente progetto di ricerca in modo tale che potesse essere inserito nella lista delle iniziative che avrebbero preso parte nell'anno scolastico 2021/2022.

Una volta visionato e approvato il progetto, sono stati consegnati agli studenti i consensi informati per mettere al corrente le famiglie e ottenere la loro autorizzazione alla partecipazione dei figli.

A seguito di questi passaggi è stato raccolto un campione di 224 bambini, 115 maschi e 109 femmine, di età compresa tra i 9 e 11 anni (Tabella 1).

Tabella 1: Scuole, classi e alunni che hanno aderito al progetto della provincia di Modena

| COMUNE | SCUOLA | CLASSI | ALUNNI | | |
|------------------|----------------|--------|--------|------|------|
| | | | Totale | | |
| Fiorano Modenese | Ciro Menotti | 4° A | 21 | 11 M | 10 F |
| | | 4° B | 24 | 11 M | 13 F |
| | | 5° A | 19 | 11 M | 8 F |
| | | 5° B | 19 | 10 M | 9 F |
| Fiorano Modenese | Luisa Guidotti | 4° A | 24 | 13 M | 11 F |
| | | 4° B | 25 | 13 M | 12 F |
| | | 4° C | 25 | 12 M | 13 F |
| | | 5° A | 21 | 12 M | 9 F |
| | | 5° B | 23 | 13 M | 10 F |
| | | 5° C | 23 | 9 M | 14 F |

3.3 Metodo

3.3.1 Procedura

La raccolta dati è avvenuta in due momenti separati dell'anno scolastico: le prove svolte in modalità collettiva sono state somministrate a Dicembre 2021, mentre durante i mesi di Marzo, Aprile e Maggio 2022 sono state svolte le somministrazioni individuali.

Il primo passo, ancora prima di eseguire le somministrazioni, è stato quello di creare e attribuire dei codici alfanumerici ad ogni bambino per garantire l'anonimato e rispettare la privacy durante tutto l'arco della ricerca (Regolamento Europeo UE 2016/679).

In compresenza con le insegnanti referenti dei due plessi, è stato creato un calendario dettagliato nel quale si indicavano giorni e orari delle somministrazioni; questo per informare anche le altre docenti e garantire una massima organizzazione.

Di seguito verranno descritte dettagliatamente tutte le procedure che sono state attuate durante le due fasi della ricerca nelle sessioni di prove collettive ed individuali.

3.3.2 Somministrazione prove collettive

Nella prima fase della raccolta dati sono state somministrate delle prove in forma collettiva che comprendevano tutta la classe e sono state condotte nell'arco di un'ora di lezione. Ogni attività è stata spiegata in modo esaustivo anche attraverso l'uso di esempi svolti unitamente con gli studenti.

Prima di iniziare, gli alunni sono stati separati e disposti in banchi singoli così da evitare possibili interferenze reciproche, inoltre è stato chiesto loro di liberare il banco e tenere a portata di mano solo

una penna, in questo modo essendo privati di fattori distraenti risulta più semplice concentrarsi sul test.

Nel momento della consegna dei protocolli contenenti le prove veniva sottolineato che non era possibile voltare pagina previa specifica indicazione dell'esaminatore. Questo per far sì che l'alunno non venisse influenzato dai compiti successivi che, in alcuni casi, potevano creare confusione o agitazione e quindi condizionare l'esecuzione della prova.

In seguito, è stato comunicato che, nonostante non venissero valutati i protocolli, era fondamentale l'impegno e la concentrazione al fine di svolgere un'ottima prestazione.

In conclusione, è stato ricordato che, per le prove a tempo, gli studenti erano obbligati a posare la biro sul banco appena l'esaminatore dichiarava terminata l'attività.

Per le somministrazioni collettive è stato creato un unico ordine di somministrazione come riportato di seguito:

- *Calcolo scritto e calcolo approssimato, (AC-MT-3)* (Cornoldi, Mammarella, Caviola, 2020);
- *Fluenza di Calcolo, (AC-FL)* (Caviola, Gerotto, Lucangeli, Mammarella 2016)
- *Cattel Culture Fair Intelligence Test* (Catell, 1981);
- *Questionario Revised Children's Manifest Anxiety Scale-Second Edition (RCMAS-2)* (Reynolds & Richmond, 2008);
- *Questionario Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS) I*(Caviola, Primi, Chiesi, Mammarella, 2017);
- *Questionario Abbreviated Math Anxiety Scale (TAQC)* (Donolato, Marci, Altoè, Mammarella, 2019).

Terminate le prove sono stati analizzati i risultati ed è stato possibile stilare dei report di restituzione alle scuole, con il supporto di un gruppo di studenti triennali. Questo ha permesso alle insegnanti di prendere visione circa l'andamento generale delle prestazioni in ambito matematico e logico dei propri studenti, oltre che il quadro generale riguardo i vissuti emotivi e gli atteggiamenti verso la matematica e le situazioni di verifica.

3.3.3 Somministrazione prove individuali

Nella seconda e ultima fase della ricerca sono state somministrate, ad ogni singolo bambino, quattro prove in forma individuale e computerizzata.

Queste attività sono state costruite attorno a due variabili principali, la matematica, nello specifico calcolo a mente e l'abilità di memoria di parole.

La prova, nel suo complesso, aveva una durata che poteva variare dai 45 ai 60 minuti, per questo motivo è stato possibile testare dai quattro ai sei bambini al giorno in base all'orario scolastico. Le somministrazioni sono state condotte in un'aula appartata e silenziosa messa a disposizione dalle rispettive scuole.

Per svolgere le prove sono stati utilizzati un computer e una tastiera collegata al dispositivo e per facilitare l'utilizzo della periferica sono stati utilizzati dei *post-it* colorati collocati nei tasti da utilizzare. In ottemperanza alla pandemia attuale, causata dal virus Sars-CoV-2, è stato necessario sanificare costantemente gli oggetti che venivano utilizzati dagli studenti, al fine di rendere il più sicuro possibile l'ambiente nel quale si svolgevano le somministrazioni. In particolare, sono state adottate due misure di prevenzione, prima di iniziare la prova veniva dato a disposizione un gel igienizzante per le mani, al termine della prova l'esaminatore, tramite un panno di carta e un detergente a base alcolica, disinfettava la postazione e gli oggetti appena utilizzati.

Sul dispositivo è stata installata l'applicazione *Psychopy*, un software gratuito che consente di eseguire un'ampia gamma di esperimenti nelle scienze comportamentali.

Di seguito vengono riportate le prove individuali effettuate:

- Prova di calcolo a mente;
- Prova di memoria di parole – che non verrà considerata nel presente elaborato;
- Prova di doppio compito (calcolo e ricordo di parole);
- Prova di memoria di lavoro.

Le prove della sessione individuale sono state somministrate seguendo due diversi ordini di bilanciamento in modo da evitare possibili differenze nelle prestazioni dovute all'ordine di somministrazione (es. l'effetto fatica). All'incirca metà dei bambini del presente campione ha svolto le prove nell'ordine A, mentre la restante metà nell'ordine inverso B.

Quest'ultimi sono riportati di seguito:

- *ordine A*: prova di calcolo a mente, memoria di parole, doppio compito ed infine prova di memoria di lavoro;
- *ordine B*: prova di memoria di lavoro, doppio compito, memoria di parole ed infine prova di calcolo a mente.

Nei paragrafi successivi verranno descritte, in maniera dettagliata, le varie prove condotte durante i momenti di somministrazione.

Per le prime somministrazioni, quelle collettive, verranno prese in considerazione le prove della batteria AC-MT-3 (Cornoldi, Mammarella, Caviola, 2020) quali il calcolo scritto e approssimato e la prova di fluenza appartenente alla batteria AC-FL (Caviola, Gerotto, Lucangeli, Mammarella 2016). Infine, saranno inclusi i questionari che indagano l'ansia per la matematica AMAS (Caviola, et al., 2017) e l'ansia da test, TAQC (Donolato et al., 2019).

Per quanto riguarda le somministrazioni individuali si presterà particolare attenzione alla descrizione delle quattro prove computerizzate che sono state utilizzate.

3.4 Prove somministrate

3.4.1 Prove Collettive

3.4.1.1 Prova di Calcolo Scritto

Due dei compiti matematici proposti sono stati tratti dalla batteria AC-MT-3, test di valutazione delle abilità di calcolo e del ragionamento matematico (Cornoldi, Mammarella, Caviola, 2020).

Entrambe le prove (Calcolo scritto e Calcolo approssimato) presentano dei protocolli diversi per fascia d'età, questa è condizione necessaria per tenere in considerazione il livello scolastico e le abilità cognitive dei bambini. La nuova batteria per la valutazione delle abilità matematiche e di calcolo AC-MT-3 si configura infatti come un test strutturato per l'assessment, pensato prevalentemente per un uso in ambito clinico, per la valutazione degli apprendimenti fondamentali in casi di difficoltà, allo scopo di fornire un profilo clinico dei soggetti nella fascia d'età 6-14 anni, formulare eventualmente una diagnosi di disturbo specifico dell'apprendimento matematico, identificare in maniera puntuale una specifica area di difficoltà sulla quale impostare un percorso di potenziamento (o intervento).

La *Prova di Calcolo Scritto* valuta sia le capacità di applicare le procedure di calcolo scritto, le strategie di calcolo e le competenze di recupero di risultati più o meno parziali.

Allo studente viene chiesto di svolgere sei operazioni di cui, una addizione, due sottrazioni, una moltiplicazione e due divisioni (Figura 3.1).

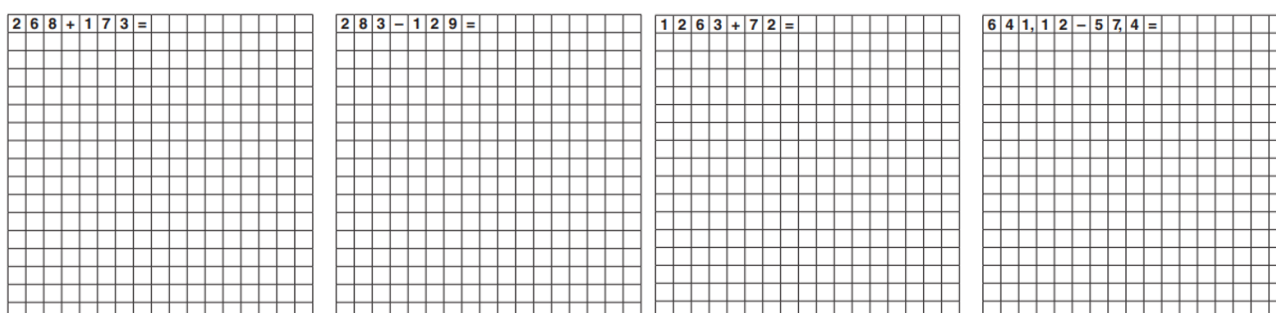
Durante la spiegazione delle istruzioni non viene specificata la modalità con la quale si deve svolgere il calcolo, se in colonna o meno, ma sarà l'alunno a decidere in base alle sue preferenze e abitudini.

Ogni operazione ha uno spazio che permette di svolgere l'incolonnamento e, per questa attività, non è previsto un tempo limite, ma viene indicato dall'esaminatore quando il 90% degli alunni ha terminato la prova.

Prima di dar inizio all'attività vengono espone due precisazioni, l'alunno ha la libertà di scegliere la modalità con la quale elaborare l'operazione, in colonna o in riga, ed infine che l'alunno, nell'eventualità dell'errore, ha l'opportunità di eseguire nuovamente il calcolo accanto a quello ritenuto erroneo che deve essere segnalato in modo riconoscibile.

Durante la fase di scoring viene attribuito un punto per ogni risposta corretta e zero punti nel caso di un calcolo sbagliato o operazione non svolta.

Figura 3.1: Esempio di addizione e sottrazione del calcolo scritto di quarta e quinta primaria



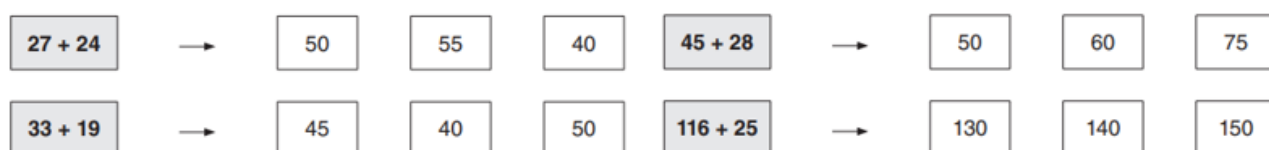
3.4.1.2 Prova di Calcolo Approssimato

Questa attività indaga la capacità di compiere velocemente le stime di possibili risultati delle operazioni proposte (addizioni, sottrazioni e moltiplicazioni). Ai bambini viene chiesto di indicare, tra tre differenti alternative, il risultato che si avvicina di più all'operazione riportata in grassetto sulla sinistra del foglio (Figura 3.2). Per lo svolgimento di questa prova è previsto un tempo limite di un minuto e mezzo. Come per ogni altra prova temporizzata della batteria AC-MT-3, il compito prevede istruzioni precise e dettagliate che vengono riportate ai bambini prima di iniziare. Subito dopo si eseguono degli esempi allo scopo di far comprendere al meglio le indicazioni pronunciate dall'esaminatore; in questo modo si cerca di evitare errori dovuti all'incomprensione dell'attività che possono influenzare negativamente i risultati della prova.

Al termine del momento esemplificativo viene sempre domandato agli alunni se sia tutto chiaro o se sia necessario spiegare nuovamente le regole.

Una *conditio sine qua non* per dare il via al compito è che tutti gli alunni abbiano compreso le modalità di svolgimento delle varie prove. Inoltre, viene specificato che, in caso di errore, è possibile modificare la risposta segnalando in modo comprensibile quella ritenuta sbagliata. Come per il calcolo scritto, anche per questa prova, durante la fase di scoring viene attribuito un punto per ogni risposta corretta e zero punti nel caso di calcolo sbagliato o operazione non svolta.

Figura 3.2: Esempio di item della prova di Calcolo Approssimato di quarta e quinta elementare



3.4.1.3 Prova di Fluenza di calcolo

In queste prove, tratte dalla batteria AC-FL (Caviola, Gerotto, Lucangeli, Mammarella 2016) è richiesto lo svolgimento di calcoli complessi, disposti in colonna da svolgere entro un tempo limite di due minuti. Viene richiesto di applicare, in modo efficace, le strategie di calcolo a mente in relazione alle caratteristiche specifiche di ciascuna operazione. È quindi una prova che valuta in maniera indiretta, attraverso l'accuratezza complessiva, l'automatizzazione dei fatti aritmetici, la conoscenza e l'applicazione delle strategie di calcolo.

Per questa attività non è prevista una differenza tra i protocolli di quarta e quinta primaria. La prova è costituita da tre diversi protocolli che contengono rispettivamente 24 addizioni, 24 sottrazioni e 24 moltiplicazioni.

Come per le altre prove a tempo, è importante mettere gli alunni a proprio agio e raccomandare di svolgere le operazioni con il massimo impegno e attenzione, senza distrarsi e senza chiedere aiuto ai compagni. Inoltre, è fondamentale specificare che:

- è importante svolgere le operazioni seguendo l'ordine di presentazione riga per riga;
- in caso di errore, è sufficiente barrare il risultato considerato errato e riscrivere il risultato sotto o accanto in maniera chiara e leggibile;
- nel caso in cui un'operazione risultasse troppo complicata è possibile saltarla e passare a quella successiva, per evitare di perdere troppo tempo su uno specifico calcolo.

Durate la fase di scoring si attribuisce un punto per ogni calcolo corretto, zero per ogni risposta sbagliata o non fornita (o incompleta).

Prova di addizioni

Le 24 addizioni comprendono operazioni con e senza la procedura di riporto, la collocazione delle operazioni segue uno schema ben preciso; infatti, gli addendi sono posizionati in modo che metà delle operazioni abbiano l'addendo maggiore disposto in alto e l'altra metà l'addendo più grande posizionato in basso. (Figura 3.3)

Figura 3.3: Esempio di addizioni

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|
| 8 | 4 | + | | | | 2 | 9 | + | | | | 5 | 0 | + | | | | 4 | 6 | + | | | |
| 1 | 0 | = | | | | 8 | 6 | = | | | | 1 | 7 | = | | | | 6 | 7 | = | | | |

Prova di sottrazioni

Anche le sottrazioni sono state disposte alternando operazioni con e senza riporto (Figura 3.4)

Figura 3.4: Esempio di Sottrazioni

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|
| 2 | 9 | - | | | | 8 | 8 | - | | | | 9 | 0 | - | | | | 5 | 4 | - | | | |
| 1 | 1 | = | | | | 9 | = | | | | | 2 | 0 | = | | | | 1 | 8 | = | | | |

Prova di Moltiplicazioni

Le operazioni con moltiplicazione, a una o due cifre, sono distribuite secondo un ordine crescente di complessità, determinata dalla grandezza dei due operandi (Figura 3.5)

Figura 3.5: Esempi di Moltiplicazioni

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|
| 2 | 3 | x | | | | 1 | 5 | x | | | | 4 | 3 | x | | | | 3 | 4 | x | | | |
| 2 | = | | | | | 5 | = | | | | | 3 | = | | | | | 7 | = | | | | |

3.4.1.4 Questionari

I questionari self-report proposti agli alunni indagano i loro vissuti legati all'ansia scolastica ed in particolare gli aspetti emotivi, gli atteggiamenti verso la matematica e, più in generale, per le situazioni di verifica scolastica.

Prima delle istruzioni specifiche per ciascun questionario, si precisano alcune indicazioni per garantire un corretto svolgimento, ad esempio l'esaminatore sottolinea come non ci siano risposte corrette o sbagliate ma solamente personali; per questo motivo l'alunno non deve provare disagio o vergogna nel selezionare determinate risposte.

Inoltre, viene specificato che è importante che per ogni affermazione venga segnata una sola risposta, e che la "crocetta" venga posizionata all'interno di una cella specifica (e non ad esempio a cavallo tra due celle).

Un altro fattore che favorisce la veridicità delle risposte è l'assenza di tempo; infatti, ai bambini è permesso di riflettere senza la preoccupazione che ci sia un limite di tempo, in questo modo possono ragionare e successivamente indicare la risposta che rappresenti maggiormente la propria persona.

A differenza delle prove matematiche, per i questionari, si concede ai bambini la possibilità di chiedere spiegazioni anche durante la compilazione dei questionari, riguardo parole e frasi che possono risultare dubbi. Questo per garantire e assicurare la massima comprensione di ciò che viene letto e, di conseguenza, l'attendibilità delle risposte.

I questionari proposti sono RCMAS-2, AMAS e TAQC.

Il primo questionario l'RCMAS-2 (adattamento italiano di Cecil, Reynolds, Bert 2012), valuta il livello e la natura dell'ansia generale nei bambini. Non essendo una misura centrale per il presente progetto di ricerca, ma solamente di controllo, è stata somministrata la scala ridotta che prevede 10 item. Lo studente deve leggere attentamente le frasi proposte che descrivono alcune tra le emozioni che si possono provare in diverse circostanze (es. a scuola, a casa e con gli amici) e indicare con SI o NO se quelle emozioni vengono provate con molta frequenza o meno; ad esempio: "Spesso ho mal di stomaco", oppure "Spesso mi preoccupo per qualcosa di brutto che potrebbe accadermi". Durante la fase di scoring si attribuisce un punto per le risposte affermative e zero punti per le risposte negative.

Ansia per la matematica

Il secondo questionario, AMAS (Caviola, et al., 2017), consente di indagare le paure e vissuti emotivi specifici per la matematica, la forma breve è composta da 9 item in cui vengono presentate diverse situazioni legate alla matematica nel contesto scolastico. Allo studente è richiesto di immedesimarsi e valutare quanta paura o preoccupazione proverebbe in quelle determinate situazione segnando una crocetta nella casella corrispondente attraverso una scala Likert a 5 punti che va da “molto poca” a “molta” (Figura 3.6). Durante lo scoring dei dati si assegna un *range* di punti che parte da uno, per le risposte che indicano “Molta poca”, ed arriva fino a cinque, per quelle che ne indicano “Molta”.

Figura 3.6: Esempio di item nel questionario AMAS

| SITUAZIONE | GRADO DI PAURA | | | | |
|---|----------------|------|----------|------------|-------|
| | MOLTO POCA | POCA | MODERATA | ABBASTANZA | MOLTA |
| Usare gli schemi e le tabelline riportate in fondo al libro di matematica | | | | | |
| Pensare alla verifica scritta di matematica che dovrai fare domani | | | | | |

Ansia da test

Infine, l'ultimo questionario, TAQC (Donolato, 2019), indaga la preoccupazione e gli aspetti emotivi per i momenti di valutazione. È composto da 30 item che descrivono vissuti e sensazioni che si possono sperimentare durante lo svolgimento di una prova, in particolare l'alunno deve immedesimarsi in tali circostanze e valutare con che frequenza, “Mai”, “Qualche volta”, “Molte volte”, “Sempre”, prova quella data sensazione ponendo una crocetta sulla casella corrispondente. (Figura 3.7)

Le quattro sotto-scale del TAQC (pensieri, reazioni automatiche, comportamenti che non hanno a che vedere con il compito e deroga sociale) hanno predetto in modo significativo un fattore esterno dell'ansia da test. In particolare, l'ansia per la matematica viene usata come variabile dipendente e le sotto-scale come predittori (cioè variabili esterne).

Un esempio di item della sottoscala *Pensieri* è la seguente frase: ‘Penso che prenderò un brutto voto’; della sottoscala *Reazioni automatiche* le frasi: ‘Mi tremano le mani’ o ‘Il mio cuore batte velocemente’; della sottoscala *Comportamenti che non riguardano il compito* le frasi: ‘Controllo il tempo’ o ‘Gioco con la penna’ ed infine della sottoscala *Deroghe sociali* le frasi: ‘Ho paura che se la verifica andrà male i miei insegnanti penseranno che sono incapace’.

Lo scoring dei dati è simile al questionario precedente, infatti si conferisce un punto per le risposte che indicano la frequenza “Mai”, due per “Qualche volta”, tre per “Molte volte”, e infine quattro punti per “Sempre”.

Figura 3.7: Esempio di item nel questionario TAQC

| | MAI | QUALCHE VOLTA | MOLTE VOLTE | SEMPRE |
|------------------------------------|-----|---------------|-------------|--------|
| 1. IL MIO CUORE BATTE VELOCEMENTE | | | | |
| 2. MI GUARDO ATTORNO IN AULA | | | | |
| 3. VADO BENE IN TUTTE LE VERIFICHE | | | | |

3.4.2 Prove Individuali

Nella seconda parte dell’anno sono state somministrate delle prove individuali computerizzate create *ad hoc* per la presente ricerca. La durata di questi incontri variava da 45 a 60 minuti in base alla prestazione del bambino.

Ogni sessione è suddivisa in quattro compiti: calcolo a mente, memoria di parole, doppio compito (Calcolo e ricordo di parole) e memoria di lavoro.

Prima di iniziare la prova è stato ribadito che, nonostante non ci fosse una valutazione scolastica, si richiedeva massimo sforzo e impegno al fine di svolgere l’attività nel miglior modo possibile. Allo stesso modo delle somministrazioni collettive, prima di dare il via alle varie attività si svolgono degli esempi, che prevedono dei feedback di risposta, per mettere in pratica le istruzioni e verificare che il bambino abbia compreso le modalità di svolgimento.

3.4.2.1 Prova di Calcolo a Mente

Questa prova si caratterizza per essere esclusivamente una prova di calcolo matematico, in cui viene chiesto all’alunno di svolgere mentalmente 24 addizioni senza la presenza di alcun compito secondario. Precisamente sono state sottoposte ad ogni bambino 12 addizioni con il riporto e 12 addizioni senza riporto.

Per la creazione di questo pool di operazioni sono stati rispettati dei criteri ben precisi. Innanzitutto, il numero zero non compare mai né all’interno delle cifre né nei risultati; gli addendi e i risultati sono tutti formati da due cifre e non compare mai la stessa cifra nelle decine e/o nelle unità sia nei numeri che nei risultati (ad esempio i numeri 33 o 55 non sono presenti); infine, sia gli addendi che i risultati sono stati bilanciati al fine di ottenere una stessa frequenza delle cifre che li compongono.

Il metodo utilizzato per la realizzazione di tali operazioni ha lo scopo di consentire un ragionamento numerico ed evitare che il bambino possa ricorrere all'uso di semplici fatti aritmetici, i quali faciliterebbero il compito.

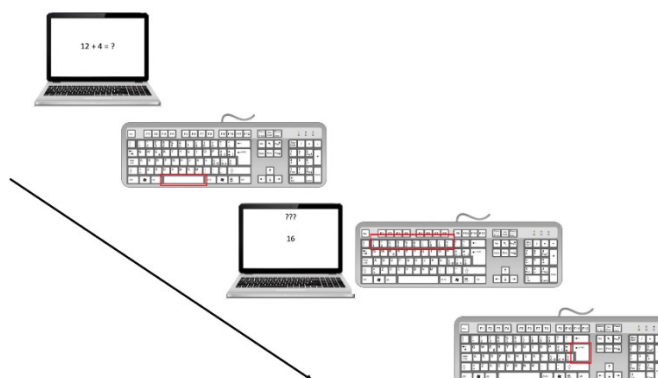
Tale compito matematico prevede che il bambino sia posto di fronte al computer e che sullo schermo compaia un'addizione che sarà visibile per otto secondi, in questo arco di tempo l'alunno ha il compito di risolvere a mente il calcolo e una volta individuato il risultato deve premere la barra spaziatrice e digitare il risultato utilizzando i tasti numerici della tastiera. Successivamente lo studente deve utilizzare il tasto *Invio* per confermare e proseguire con l'operazione successiva. Nel caso in cui il bambino si accorgesse di aver composto un numero sbagliato può cancellare una o entrambe le cifre premendo il tasto *Backspace* e in seguito il tasto *Invio*.

Se il bambino non dovesse risolvere l'operazione nel tempo prestabilito, quindi non dovesse premere la barra spaziatrice entro gli otto secondi, non gli sarà permesso di digitare il numero e sullo schermo comparirà l'operazione successiva.

Durante la fase di scoring verranno prese in esame due variabili: l'accuratezza e il tempo di risposta medio. La prima è un parametro che fornisce informazioni circa quanto il bambino risponda in maniera corretta ai calcoli che gli vengono presentati. La seconda variabile invece fa riferimento al tempo medio impiegato dal bambino nel rispondere all'operazione, definito come il tempo trascorso tra la presentazione dell'operazione fino al momento in cui preme la barra spaziatrice. Per quest'ultima variabile verranno presi in considerazione solo i tempi di risposta delle operazioni a cui il bambino ha fornito un risultato corretto.

Nella Figura 3.8 è possibile osservare i passaggi che il bambino deve svolgere per portare a termine la prova.

Figura 3.8: Istruzioni per la prova di Calcolo a mente



3.4.2.2 Prova di Doppio Compito

Questa prova richiede di svolgere due compiti simultaneamente: calcolo aritmetico, come compito principale e memoria di parole come compito secondario.

Si fonda sul principio del ‘Paradigma del doppio compito’, quest’ultimo consiste nel richiedere ai partecipanti di svolgere due compiti simultaneamente con l’obiettivo di andare a caricare le stesse risorse all'interno del sistema cognitivo.

Per capire quanto le risorse cognitive competono nei due compiti, gli stessi compiti vengono anche proposti singolarmente.

Il compito primario, quello aritmetico, consiste in 24 addizioni a due cifre, che segue gli stessi criteri del compito di calcolo a mente. Il compito secondario, di ricordo di parole, richiede l’ascolto di 4 parole, che devono poi essere ricordate al termine dello svolgimento dell’operazione. La lista di parole prevede in tutto 96 parole che sono state selezionate dal *CoLFIS* (Corpus e Lessico di Frequenza dell'Italiano Scritto), controllando per frequenza d’uso, anno di acquisizione e lunghezza delle parole. In questa condizione verranno presentate tre diverse categorie di parole con valenza diversa. In particolare, verranno utilizzate parole neutre appartenenti all’ambiente domestico (ad esempio “salotto”, “letto”), parole emotive (ad esempio “stressato”, “agitato”) che scatenano sentimenti emotivi negativi ed infine parole matematiche (ad esempio “decine”, “calcolo”). Ogni prova include parole della stessa categoria di valenza e ai bambini verranno presentate 24 prove (8 con parole neutre, 8 con parole emotive e 8 prove con parole matematiche).

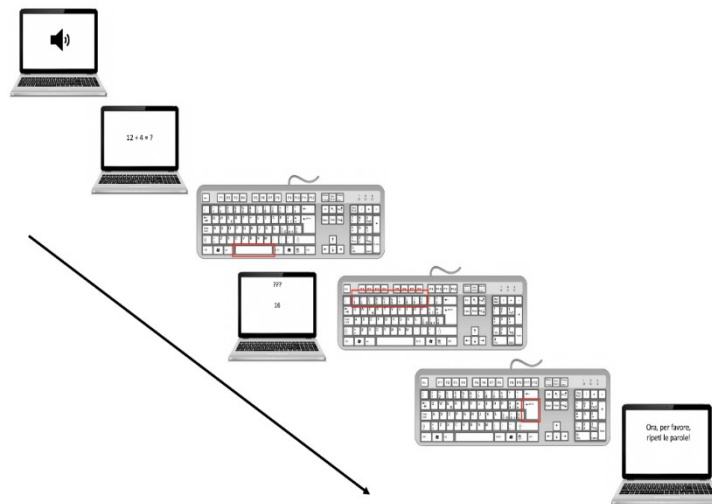
Inizialmente lo studente ascolta 4 parole che dovrà ricordare. Dopo la fase di ascolto compare l’operazione al centro dello schermo che lo studente deve svolgere seguendo la medesima modalità della prova del calcolo a mente, spiegata nel paragrafo precedente. Una volta risolto il calcolo lo studente preme *Invio* per proseguire con l’esercizio successivo. Qual ora non riuscisse a risolvere l’operazione nel tempo prestabilito l’applicazione prosegue direttamente al compito di memoria di parole, infatti, sullo schermo il bambino vedrà la frase “*Ora, per favore, ripeti le parole*”.

L’esaminatore dispone di un foglio nel quale sono segnate le parole che ascolta il bambino, e nel quale dovrà riportare accuratamente le parole ripetute dal bambino. Nel caso in cui lo studente non ricordasse la parola oppure sbagliasse si attribuisce a tale parola un punteggio nullo, mentre alle parole correttamente ricordate viene assegnato un punto.

Nella fase di scoring, per la parte aritmetica verranno utilizzate le stesse variabili del calcolo a mente, per la parte della memoria di parole vengono sommate tutte le parole correttamente ricordate.

Nella Figura 3.9 è possibile osservare i vari passaggi che lo studente svolge per svolgere correttamente la prova.

Figura 3.9: Istruzioni per la prova di Doppio compito



3.4.2.3 Prova di Memoria di Lavoro

Questa attività prevede un compito di memoria di parole nel quale il bambino ascolta una sequenza di parole che successivamente dovrà ripetere verbalmente nell'ordine inverso rispetto a quello d'ascolto, cioè dall'ultima parola alla prima che ha sentito.

Al bambino viene spiegato che sentirà due suoni, i quali hanno l'obiettivo di attirare l'attenzione e di prepararlo all'ascolto; a seguito dell'ultimo effetto sonoro ascolterà le parole e successivamente sentirà un altro segnale per avvisarlo che la serie di parole è terminata e che sarà quindi necessario ripeterla.

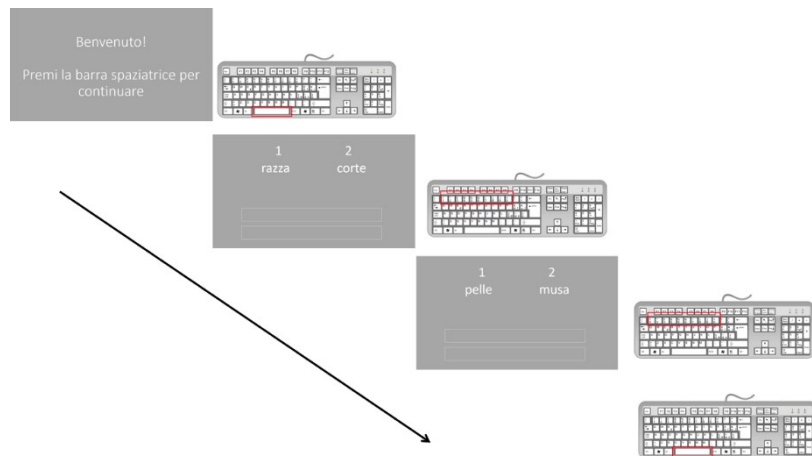
Le liste di parole sono state organizzate in insiemi di lunghezza diversa, da due fino ad un massimo di sette. Ciascun insieme è formato da 3 liste di parole della stessa lunghezza. La prova termina quando lo studente non riesce a ricordare le parole appartenenti alle liste di uno stesso insieme.

Come per la prova di doppio compito, è compito dell'esaminatore registrare in maniera accurata le risposte dei bambini che verranno poi trasferite su un programma computerizzato che consentirà di calcolare il numero di parole correttamente ricordate, considerando anche il fattore ordine (inverso) di presentazione.

Gli esempi prevedono che il bambino si ricordi, per due volte consecutive, una serie composta da due parole, com'è possibile osservare in Figura 3.10.

Come per le altre attività, quando lo studente ha ben compreso lo svolgimento del compito, l'esaminatore può procedere con l'inizio dell'attività, contrariamente rispiegherà le modalità d'esecuzione.

Figura 3.20: Istruzioni per la prova di Memoria di lavoro



Nel capitolo successivo verranno riportate, in modo preciso e dettagliato, le analisi e le discussioni che si basano sui risultati riportati dai bambini durante lo svolgimento delle prove appena descritte.

CAPITOLO 4 – I risultati

L'obiettivo del presente studio è quello di indagare differenze di età e di genere in bambini di quarta e quinta primaria ed esplorare la relazione tra emozioni e vissuti negativi (ad esempio ansia per la matematica [MA] e ansia da test [TA]) sperimentati durante l'esecuzione di compiti di calcolo a mente complessi.

La ricerca si è svolta in due momenti distinti dell'anno scolastico, in un primo momento, sessione collettiva, sono state condotte delle prove carta-matita inerenti ai calcoli aritmetici e ai questionari di autovalutazione, in un secondo momento, sessione individuale, gli studenti hanno svolto una serie di prove computerizzate che indagano le capacità di calcolo a mente e della memoria di lavoro.

Il campione sperimentale di riferimento è composto da 195 bambini, nella Tabella 4.1 è possibile osservare la numerosità e la media dell'età, espressa in mesi, suddivise in base al grado scolastico e al genere.

Tabella 4.1: Statistica descrittiva del campione della ricerca

| | 4 (N=103) | | 5 (N=92) | | Totale (195) | |
|--------|-----------|----------|----------|----------|--------------|----------|
| | M (N=45) | F (N=49) | M (N=53) | F (N=39) | M (N=107) | F (N=88) |
| Media | 124.86 | | 137.19 | | 103.01 | 129.78 |
| Dev.st | 3.30 | | 3.54 | | 7.01 | 7.04 |

Le analisi dei dati sono state condotte utilizzando il pacchetto statistico JASP. Sono state ricavate le statistiche descrittive dei risultati ed effettuate le analisi del t-test allo scopo di evidenziare eventuali differenze statisticamente significative nei punteggi dei partecipanti legate alla classe frequentata e al genere. Successivamente, si è proceduto ad un'analisi della correlazione bivariata al fine di verificare l'esistenza di relazioni tra le misure somministrate. Infine, si è cercato di analizzare il contributo delle competenze di calcolo e delle capacità di memoria di lavoro nello spiegare i livelli di MA e TA, rispettivamente. A tal fine è stata effettuata un'analisi di regressione lineare gerarchica.

Di seguito si procederà a descrivere i risultati delle analisi dei dati.

4.1 Analisi descrittive e T-test

Come riportato nel capitolo precedente, dopo aver realizzato lo scoring dei dati è stata effettuata un'analisi descrittiva delle variabili prese in considerazione, divise rispettivamente per grado (Tabella 4.2), e genere (Tabella 4.3 per i bambini di quarta primaria; Tabella 4.4 per i bambini di quinta). Le tre Tabelle sono strutturate in maniera identica e riportano le variabili principali ricavate degli strumenti utilizzati e descritti ampiamente nel precedente capitolo. In particolare, per quanto riguarda le prove somministrate nella sessione collettiva, sono stati calcolati:

- Il punteggio composito alle prove matematiche e successivamente standardizzato (*punti z*);
- Il punteggio standardizzato alla prova di ragionamento visuo-spaziale (*punti z*);
- Il punteggio grezzo totale per ciascuno dei tre questionari somministrati e ottenuto dalla somma delle risposte a ciascun item.

Per quanto riguarda invece le prove individuali:

- Per la prova di calcolo a mente sono stati ricavati rispettivamente l'indice di accuratezza (somma delle risposte corrette) e i tempi di risposta (media dei tempi alle sole risposte corrette);
- Per la prova di doppio (*dual*) compito, in maniera analoga sono stati ricavati gli indici di accuratezza e tempo di risposta per il compito di calcolo a mente; mentre per il compito di ricordo di parole, viene riportato il numero totale di parole correttamente ricordate;
- Infine, per quanto riguarda la prova di memoria di lavoro, è stato calcolato il numero di parole correttamente ricordate nell'ordine inverso.

Questi dati permettono di descrivere, rappresentare e sintetizzare ciò che è accaduto nel presente studio.

Nelle tabelle appena citate è stato inserito anche il T-test per campioni appaiati che permette di confrontare e comprendere se le medie prese in considerazione differiscano o meno tra di loro.

Tabella 4.2: Analisi descrittive delle Prove Collettive e Individuali in base alla classe 4° e 5°

| Variabili considerate | Classe 4 [^] | | Classe 5 [^] | | <i>t</i> | <i>p</i> |
|--|-----------------------|-------|-----------------------|-------|----------|----------|
| | M | D.S | M | D.S | | |
| <i>Prove Collettive</i> | | | | | | |
| Matematica (punteggio composito – <i>punti z</i>) | 3.67 | 1.39 | 4.44 | 1.78 | -3.35 | < .001 |
| Ragionamento visuo-spaziale (<i>punti z</i>) | 24.02 | 5.86 | 25.86 | 5.39 | -2.29 | 0.023 |
| Ansia Generale | 3.87 | 2.21 | 3.49 | 1.96 | 1.26 | 0.011 |
| MA | 24.73 | 6.92 | 22.25 | 6.39 | 2.58 | 0.210 |
| TA | 50.67 | 13.89 | 49.98 | 14.41 | 0.34 | 0.733 |
| <i>Prove Individuali</i> | | | | | | |
| Accuratezza (Calcolo a mente) | 14.84 | 5.06 | 16.91 | 4.73 | -2.93 | 0.004 |
| Tempo di risposta (Calcolo a mente) | 7.80 | 1.84 | 6.84 | 1.63 | 3.83 | < .001 |
| Accuratezza (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 14.00 | 6.02 | 16.71 | 5.36 | -3.28 | 0.001 |
| Tempo di risposta (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 8.25 | 1.87 | 7.22 | 1.85 | 3.85 | <.001 |
| Parole ricordate (Doppio compito) | 39.67 | 16.07 | 49.32 | 14.94 | -4.31 | < .001 |
| Memoria di Lavoro | 26.23 | 7.39 | 30.58 | 9.21 | 3.66 | < .001 |

Prendendo in esame le differenze delle medie dei punteggi in base alla classe quarta e quinta (Tabella 4.2) emerge come esistano differenze significative ($p < .05$) nel punteggio composito delle prove di matematica e nella prova di ragionamento visuo-spaziale, confermando come i bambini più grandi abbiano un bagaglio di competenze maggiori ($p_s < .023$). Per quanto riguarda le componenti emotive, l'unica differenza che si osserva è inerente all'ansia generale, dove sono i bambini più piccoli a registrare livelli di ansia superiori ($p = .011$).

Per quanto riguarda le prove individuali, si osservano differenze significative in tutte le variabili ($p_s < .005$). I bambini di quinta mostrano di essere non solo più accurati, ma in media anche più veloci in entrambe le prove di calcolo proposte. Ricordano inoltre un numero di parole maggiori nel compito secondario, ed in linea con questo risultato, dimostrano di avere delle risorse cognitive maggiori, riportando una prestazione migliore dal compito di memoria di lavoro.

Per quanto riguarda le differenze di genere, sono state create due tabelle, rispettivamente per le classi quarte e quinte, avendo standardizzato solo due delle variabili considerate.

Tabella 4.3: Analisi descrittiva e T-test delle Prove Collettive e Individuali per gli studenti, maschi e femmine di 4°

| Variabili considerate | M4 [^] | | F 4 [^] | | <i>t</i> | <i>p</i> |
|--|-----------------|-------|------------------|-------|----------|----------|
| | M | D.S | M | D.S | | |
| <i>Prove Collettive</i> | | | | | | |
| Matematica (punteggio composito – <i>punti z</i>) | 3.89 | 1.50 | 3.44 | 1.23 | 1.70 | 0.092 |
| Ragionamento visuo-spaziale (<i>punti z</i>) | 24.11 | 6.37 | 23.93 | 5.35 | 0.16 | 0.870 |
| Ansia Generale | 3.32 | 2.09 | 4.43 | 2.21 | -2.69 | 0.008 |
| MA | 24.72 | 7.29 | 24.74 | 6.59 | -0.01 | 0.992 |
| TA | 49.22 | 12.13 | 52.15 | 15.45 | -1.09 | 0.279 |
| <i>Prove Individuali</i> | | | | | | |
| Accuratezza (Calcolo a mente) | 15.87 | 4.92 | 13.19 | 5.02 | 2.16 | 0.033 |
| Tempo di risposta (Calcolo a mente) | 7.77 | 1.84 | 7.83 | 1.87 | -0.17 | 0.869 |
| Accuratezza (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 14.76 | 5.70 | 13.23 | 6.30 | 1.32 | 0.189 |
| Tempo di risposta (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 8.16 | 1.80 | 8.35 | 1.97 | -0.53 | 0.595 |
| Parole ricordate (Doppio compito) | 40.11 | 17.24 | 39.23 | 14.93 | 0.28 | 0.777 |
| Memoria di Lavoro | 25.78 | 7.17 | 26.70 | 7.65 | -0.64 | 0.522 |

Considerando i bambini di classe quarta (Tabella 4.3), si può osservare come le prestazioni dei bambini e delle bambine sia in genere allineate. L'unica differenza significativa emerge a livello dell'ansia generale dove ($p = .008$), dove i maschi sembrano riportare livelli di ansia inferiori ($M = 3.32$) rispetto alle femmine ($M = 4.43$).

Tabella 4.4: Analisi descrittiva e T-test delle Prove Collettive e Individuali per gli studenti, maschi e femmine di 5°

| Variabili considerate | M 5 [^] | | F 5 [^] | | <i>t</i> | <i>p</i> |
|--|------------------|-------|------------------|-------|----------|----------|
| | M | D.S | M | D.S | | |
| <i>Prove Collettive</i> | | | | | | |
| Matematica (punteggio composito – <i>punti z</i>) | 26.08 | 6.62 | 24.95 | 5.30 | 1.43 | 0.157 |
| Ragionamento visuo-spaziale (<i>punti z</i>) | 26.59 | 5.41 | 24.95 | 5.30 | 0.87 | 0.288 |
| Ansia Generale | 2.98 | 1.86 | 4.15 | 1.91 | -2.97 | 0.004 |
| MA | 22.12 | 7.04 | 23.00 | 6.89 | 0.98 | 0.329 |
| TA | 46.79 | 13.68 | 53.95 | 14.66 | -2.37 | 0.020 |
| <i>Prove Individuali</i> | | | | | | |
| Accuratezza (Calcolo a mente) | 17.39 | 4.72 | 16.31 | 4.73 | 1.07 | 0.290 |
| Tempo di risposta (Calcolo a mente) | 6.55 | 1.71 | 7.20 | 1.64 | -1.90 | 0.060 |
| Accuratezza (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 17.71 | 4.88 | 15.43 | 5.71 | 2.02 | 0.047 |
| Tempo di risposta (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 6.80 | 1.78 | 7.76 | 1.81 | -2.49 | 0.015 |
| Parole ricordate (Doppio compito) | 51.82 | 14.25 | 46.18 | 15.36 | 0.28 | 0.079 |
| Memoria di Lavoro | 30.11 | 10.25 | 30.74 | 8.99 | -0.15 | 0.883 |

Le differenze di genere sembrano emergere più concrete salendo di grado. Prendendo come riferimento la Tabella 4.4, tra le prove collettive si possono osservare differenze significative, sempre a sfavore delle femmine, non solo per la componente di ansia generale ma anche per la componente di ansia da test ($p_s < .020$). Infine, anche nelle prove individuali si può osservare una prestazione lievemente inferiore, tuttavia significativa ($p_s < .047$), alle variabili di accuratezza e tempi di risposta del calcolo a mente rilevate dalla prova del doppio compito.

4.2 Analisi delle correlazioni

L'analisi delle correlazioni ha lo scopo di verificare se due variabili sono legate da un'associazione; la correlazione presa in considerazione in questo elaborato è quella di Pearson (r) che assume valori tra -1 e +1. Si possono distinguere tra correlazioni negative ($-1 < r < 0$), quando alla variazione di una variabile corrisponde, in senso contrario, quella dell'altra e tra correlazioni positive ($0 < r < +1$), quando alla variazione di una variabile corrisponde la variazione di una seconda nella stessa direzione.

Da un punto di vista teorico, l'analisi delle correlazioni è una procedura statistica volta a verificare, più nello specifico, la forza dell'associazione tra due variabili. Il valore di r , introdotto da Karl Pearson, è ampiamente utilizzato come indice di dimensione dell'effetto ed in particolare Cohen (1988) definisce “debole” un effetto con $r = +.1$ o $-.1$, “medio” un effetto con $r = +.3$ o $-.3$, infine “forte” una relazione caratterizzata da $r = +.5$ o $-.5$.

Sempre in riferimento ai coefficienti di correlazione, il test di significatività a due code prende in considerazione due livelli di significatività: i coefficienti di correlazione significativi al livello 0.05 vengono indicati con *, mentre quelli significativi al livello 0.01 vengono indicati con ** (Barbaranelli & D'Olimpio, 2006). Per una semplicità nel riportare i risultati, la Tabella 4.5 fa riferimento esclusivamente alle correlazioni statisticamente significative che verranno riportate di seguito.

Dall'analisi della Tabella 4.5. è emerso che l'Età (in mesi) correlata significativamente, con una forza di associazione moderata ($-.28 < r < .32$), con tutte le variabili delle prove computerizzate a dimostrazione dell'importanza del fattore sviluppo/esperienza nei compiti presi in oggetto. Per quanto riguarda le variabili emotive, emerge una debole correlazione negativa con la MA, indice di un diminuire di questa forma specifica d'ansia con l'aumentare dell'età.

La variabile genere è associata alle componenti emotive di ansia generale e ansia per la matematica, e ad alcune variabili specifiche legate alla matematica. Trattandosi di una variabile dicotomica, per come è stata codificata, le correlazioni riflettono le differenze già osservate con i t-test: le bambine riportano un effetto maggiore delle componenti emotive, e risentono di un indebolimento nelle prestazioni matematiche.

Come è facilmente intuibile, il punteggio composto di matematica è significativamente correlato a tutte le variabili, mostrando ovviamente un'associazione molto forte con tutte le variabili inerenti alla prova di calcolo (sia proposta come compito singolo che come doppio compito). In particolare, l'associazione è molto forte con entrambe le variabili relative all'accuratezza ($r = .61$), moderatamente forte con la variabile del numero di parole del doppio compito ($r = .45$), mentre solo moderata con i tempi di risposta ($-.30 < r < -.28$) e con il compito di memoria di lavoro ($r = .23$). Simili per intensità e direzione appaiono essere le correlazioni tra la prova di ragionamento visuo-spaziale, investigata da Cattell, e le altre variabili oggetto di studio. Interessante notare come la correlazione tra il punteggio composto e la prova di ragionamento mostrino una forte associazione ($r = .46$), a dimostrazione dell'importanza delle componenti visuo-spaziali nell'elaborazione dei processi di calcoli complessi.

Per quanto riguarda le componenti emotive, oggetto principale del presente studio, le analisi confermano quanto già emerso dalla letteratura, ossia come le tre componenti d'ansia considerate, condividano una percentuale comune di varianza spiegata. In particolare, si osserva come esista un legame più forte tra ansia generale e ansia da test ($r = .64$), rispetto che tra ansia generale e ansia per la matematica ($r = .41$). Mentre le due forme di ansia scolastica mostrano una relazione di $r = .46$, ad indicazione della forza del legame da un lato, ma dall'alto della loro relativa specificità.

Andando ad osservare in dettaglio il rapporto tra le componenti emotive e le altre variabili considerate, si può osservare come rivestano un ruolo maggiore l'ansia generale (probabilmente come fattore di rischio) e l'ansia per la matematica (specificata per i compiti in oggetto), mentre solo marginale è l'influenza dell'ansia da valutazione. In particolare, la prima e più generale forma d'ansia, mostra correlazioni tra il debole e il moderato con le variabili delle prove individuali considerate ($-.22 < r < .19$), e nessuna relazione significativa con la componente di memoria di lavoro. Viceversa, per l'ansia specifica per la matematica, si osservano relazioni moderatamente forti, e indicative di un peggioramento della prestazione all'aumentare dei livelli di ansia ($-.42 < r < .28$). Moderatamente debole e negativa è invece la sua relazione con la memoria di lavoro ($r = -.15$).

Le altre correlazioni riportate in Tabella 4.5, ricalcano già quanto emerge dalla letteratura, in particolare per quanto riguarda la relazione tra la variabile memoria di lavoro e tutte le misure ricavate dalle prove di calcolo somministrate (incluso anche il punteggio composto di matematica). La relazione si mantiene infatti moderata in tutte le prove, e indica un miglioramento della prestazione all'aumentare delle risorse cognitive dello studente.

Tabella 4.5: Analisi delle correlazioni individuate per l'intero campione sperimentale (N = 195)

| Variabile | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 14. |
|--|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|-----|
| 1. Et  (in mesi) | -- | | | | | | | | | | | | |
| 2. Genere | | -- | | | | | | | | | | | |
| 3. Matematica (Punteggio composito – <i>punti z</i>) | | -0.16 * | -- | | | | | | | | | | |
| 4. Ragionamento visuo-spaziale (<i>punti z</i>) | | | 0.46 *** | -- | | | | | | | | | |
| 5. GA | | 0.28 *** | -0.27 *** | -0.14 * | -- | | | | | | | | |
| 6.MA | -0.15 * | 0.17 * | -0.48 *** | -0.23 * | 0.41 *** | -- | | | | | | | |
| 7. TA | | | -0.18 ** | | 0.64 *** | 0.46 *** | -- | | | | | | |
| 8. Accuratezza (Calcolo a mente). | -0.28 ** | -0.17 * | 0.62 *** | 0.46 *** | -0.22 ** | -0.42 *** | | -- | | | | | |
| 9. Tempo di risposta (Calcolo a mente) | -0.27 *** | | -0.30 *** | -0.32 *** | 0.19 ** | 0.28 *** | | -0.29 *** | -- | | | | |
| 10. Accuratezza (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 0.26 *** | -0.17 * | 0.61 *** | 0.45 *** | -0.27 *** | -0.44 *** | -0.16 * | 0.70 *** | -0.36 *** | -- | | | |
| 11. Tempo di risposta (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | -0.27 *** | 0.15 * | -0.28 *** | -0.16 * | 0.19 ** | 0.26 *** | 0.16 * | -0.18 * | 0.64 *** | -0.28 *** | -- | | |
| 12. Parole ricordate – <i>dual</i> | 0.32 *** | | 0.45 *** | 0.31 *** | -0.17 * | -0.35 *** | | 0.45 *** | -0.18 * | 0.36 *** | -0.18 * | -- | |
| 13. Memoria di Lavoro | 0.27 *** | | 0.23 ** | 0.23 ** | | -0.15 * | | 0.30 *** | -0.23 ** | 0.21 ** | -0.17 * | 0.43 *** | -- |

Nota: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

4.3 Analisi di Regressione

L'analisi di regressione è un metodo statistico che viene utilizzato per esaminare la relazione esistente tra una variabile dipendente e una o più variabili indipendenti (definiti anche predittori). Il valore del coefficiente di determinazione (R-quadrato, R^2) può assumere valori compresi tra 0 e 1 ed è il principale indice considerato nell'analisi di regressione. Esprime infatti la percentuale di varianza spiegata dal modello: in altre parole, è indicativo della misura in cui il modello è in grado di spiegare i dati (Barbaranelli, 2007).

Nel caso preso in esame si è cercato di verificare se il livello di ansia per la matematica e di ansia da test dei partecipanti, operazionalizzate nel punteggio ottenuto al questionario AMAS (Caviola et al., 2017) e TAQC (Donolato et al., 2018), sia predetto da qualcuna delle variabili indipendenti, o predittori, prese in considerazione. Sono state quindi svolte due regressioni lineari di tipo gerarchico, dove le variabili indipendenti sono state inserite secondo un ordine stabilito a priori dallo sperimentatore. In questo caso ogni variabile indipendente è valutata per quanto aggiunge, nella spiegazione della variabile dipendente, rispetto a quanto spiegato dalle variabili indipendenti inserite precedentemente. In particolare, per entrambe le regressioni, abbiamo inizialmente inserito l'età in mesi, il punteggio composito alle prove di matematica e il livello di ansia generale dei soggetti. Tra i predittori sono stati poi inseriti nel modello i punteggi di accuratezza ad entrambe le prove del calcolo, le parole correttamente ricordate al compito secondario e il punteggio di memoria di lavoro ottenuto da ciascun partecipante. Nello specifico vengono confrontati due modelli, il primo, H_0 , comprende le variabili di controllo cioè età, punteggio composito e ansia generale, il secondo, H_1 , considera le variabili cognitive precedentemente elencate. Dai risultati emersi dalle analisi descrittive e di correlazione, abbiamo infatti voluto controllare che l'effetto dell'età, delle competenze di base, ed eventuali fattori di rischio (e.g., ansia generale) non andassero ad influenzare l'analisi di regressione.

Partendo dall'ansia specifica per la matematica, la Tabella 4.6 presenta un sommario di entrambi i modelli considerando 3 parametri principali, R^2 , *Adjusted R²* e RMSE; il primo indica il coefficiente di determinazione, un indice che misura il legame tra la variabilità dei dati e la correttezza del modello utilizzato, il secondo è una misura dell'accuratezza del modello e identifica la percentuale di varianza spiegata dal modello: in altre parole è indicativo della misura in cui il modello è in grado di spiegare i dati (Barbaranelli, 2007), il terzo (*Root-Mean-Square Error*), indica l'errore quadratico medio cioè una misura di accuratezza usata per confrontare gli errori di previsione di diversi modelli.

In particolare, dalla presenta tabella è possibile osservare come il modello H_1 sia migliore perché spiega il 33% della varianza, mentre il modello H_0 ne spiega il 31% e questo è confermato anche dal parametro RMSE perché il modello H_1 mostra un errore più basso rispetto al modello H_0 .

Tabella 4.6: Modello Riassunti della regressione gerarchica, VD: Ansia per la matematica.

| Modello | R^2 | Adjusted R^2 | RMSE |
|---------|-------|----------------|------|
| H_0 | 0.32 | 0.31 | 5.62 |
| H_1 | 0.35 | 0.32 | 5.56 |

La Tabella 4.7 riporta i coefficienti della regressione, ed in particolare si fa riferimento allo *Standard Error* (S.E.), un termine statistico che misura l'accuratezza con cui una distribuzione campionaria rappresenta una popolazione utilizzando la deviazione standard, il quale indica la forza dell'effetto, il parametro β , coefficiente di regressione, specifica la direzione e l'intensità dell'effetto, può essere positivo (aumenta la probabilità che si manifesti) o negativo (diminuisce la probabilità che si manifesti), il parametro t che indica il test T-Student come descritto sopra, e infine il parametro p che si riferisce alla significativà statistica. Dalla tabella 4.7 si può osservare come il livello di ansia per la matematica sembra essere spiegato dalle stesse variabili di controllo considerate, ossia la competenza matematica e il livello di ansia generale esperito dagli studenti. Le abilità di calcolo a mente come pure la memoria di lavoro non risultano essere variabili significative.

Tabella 4.7: Coefficienti della regressione gerarchica, VD: Ansia per la matematica.

| Modello | Variabile | S.E | β | t | p |
|----------------|--|------|---------|-------|--------|
| H ₀ | | | | | |
| | Età (in mesi) | 0.06 | -0.11 | -1.81 | 0.07 |
| | Matematica (punteggio composito – punti z) | 0.54 | -0.39 | -6.25 | < .001 |
| | Generale | 0.20 | 0.30 | 4.85 | < .001 |
| H ₁ | | | | | |
| | Età (in mesi) | 0.06 | -0.03 | -0.52 | 0.61 |
| | Matematica (punteggio composito – punti z) | 0.73 | -0.22 | -2.67 | 0.01 |
| | Generale | 0.20 | 0.27 | 4.44 | < .001 |
| | Accuratezza (Calcolo a mente – dual) | 0.12 | -0.07 | -0.74 | 0.46 |
| | Tempo di risposta (Calcolo a mente – dual) | 0.10 | -0.13 | -1.50 | 0.14 |
| | Parole ricordate – dual | 0.03 | -0.13 | -1.78 | 0.08 |
| | Memoria di Lavoro | 0.05 | 0.03 | 0.39 | 0.70 |

La seconda regressione gerarchica considera l'ansia da test come variabile dipendente. Nella Tabella 4.8 si può notare che i due modelli spiegano la varianza allo stesso modo, 40% ma il modello H₀ è migliore in quanto presenta un errore di poco più piccolo rispetto ad H₁.

Tabella 4.8: Modello riassuntivo della regressione gerarchica, VD: Ansia da test

| Modello | R^2 | Adjusted R^2 | RMSE |
|----------------|-------|----------------|-------|
| H ₀ | 0.41 | 0.40 | 10.89 |
| H ₁ | 0.42 | 0.40 | 10.91 |

Dalla Tabella 4.9, che mostra i coefficienti di regressione, si evince come anche per quest'analisi, le variabili che concorrono a spiegare l'ansia da test degli studenti sono il punteggio composito di matematica e il loro livello di ansia generale. Le altre variabili considerate, quindi, non manifestano potere predittivo rispetto al livello di ansia da valutazione dei bambini che hanno preso parte alla ricerca.

Tabella 4.9: Coefficienti della regressione gerarchica, VD: Ansia da test

| Modello | Variabile | S.E | β | t | p |
|----------------|--|------|---------|-------|--------|
| H ₀ | | | | | |
| | Età (in mesi) | 0.06 | -0.11 | -1.81 | 0.07 |
| | Matematica (punteggio composito – <i>punti z</i>) | 0.54 | -0.39 | -6.25 | < .001 |
| | Generale | 0.20 | 0.30 | 4.85 | < .001 |
| H ₁ | | | | | |
| | Età (in mesi) | 0.06 | -0.03 | -0.52 | 0.61 |
| | Matematica (punteggio composito – <i>punti z</i>) | 0.73 | -0.22 | -2.67 | 0.01 |
| | Generale | 0.20 | 0.27 | 4.44 | < .001 |
| | Accuratezza (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 0.12 | -0.07 | -0.74 | 0.46 |
| | Tempo di risposta (Calcolo a mente – <i>dual</i>) | 0.10 | -0.13 | -1.50 | 0.14 |
| | Parole ricordate – <i>dual</i> | 0.03 | -0.13 | -1.78 | 0.08 |
| | Memoria di Lavoro | 0.05 | 0.03 | 0.39 | 0.70 |

Nel capitolo successivo si procederà ad una breve discussione dei risultati emersi alla luce della letteratura presentata nei primi capitoli, con indicazione dei limiti e dei possibili sviluppi futuri della presente ricerca.

CAPITOLO 5 – Discussioni

L'obiettivo della presente ricerca era quello di andare ad analizzare in che modo le emozioni e i vissuti negativi, sperimentati durante compiti matematici, potessero influenzare l'effettiva prestazione matematica. Data la natura multidimensionale dell'ansia e dell'apprendimento matematico, sono state misurate diverse variabili ed è stata studiata la loro interazione.

Sono stati trovati molti risultati in linea con la letteratura, ma altrettanti che si sono discostati dalle conclusioni di questi studi.

Per quanto riguarda le componenti emotive ed eventuali differenze di genere, la ricerca ha confermato come le bambine di quarta e quinta manifestino dei livelli di ansia maggiori rispetto ai compagni (Griggs et al., 2013; Hill et al., 2016). A differenza di quanto evidenziato da altre ricerche, le differenze non sono consistenti per tutte e tre le forme d'ansia, e in particolare non sono state trovate differenze di genere per quanto riguarda la MA.

Diversi studi hanno dimostrato che l'ansia provata in contesti scolastici ha effetti negativi sulle prestazioni, sia per quanto riguarda la MA (Ashcraft & Faust, 1994) che la TA (Hambree, 1988). Questo è stato confermato anche dalla presente ricerca, la quale ha dimostrato come all'aumentare dell'ansia generale e dell'ansia scolastica la prestazione matematica diminuisce. Inoltre, i risultati mostrano come le femmine, che esperiscono maggiormente l'ansia, riportino prestazioni peggiori rispetto ai coetanei maschi, differenza presente sia per la classe quarta che quinta. Ciò è riscontrabile anche per tutte le altre variabili riferite alla prestazione matematica come il punteggio composito, l'accuratezza nel Calcolo a Mente e l'accuratezza del calcolo a mente nella prova *dual*. Questo dato potrebbe trovare spiegazione nella natura dei compiti proposti piuttosto che in una vera e propria differenza a livello di competenze matematiche. Molti dei compiti matematici proposti, l'esecuzione richiedeva il completamento entro un tempo limitato, fattore che sicuramente ha contribuito ad aumentare il livello di stress percepito, soprattutto dalle bambine.

I risultati dell'analisi correlazionale e della regressione gerarchica sono in linea con la letteratura (Hambree, 1990; Mammarella et al., 2018). Confermano infatti la forte relazione tra MA-TA e ansia generale, confermando come quest'ultima possa essere un fattore di rischio nell'insorgenza delle forme di ansia scolastica. Questo può essere spiegato dal fatto che l'ansia generale, per sua natura, porta a percepire diverse situazioni come minacciose che influiscono anche sui contesti più specifici, in questo caso quello scolastico.

Vengono confermate le relazioni moderatamente negative tra le due forme di ansia scolastica e la prestazione matematica, misurata sia attraverso prove standardizzate che compiti computerizzati. Quello invece che non viene confermato dalla presente ricerca è il coinvolgimento della memoria di lavoro nello spiegare la relazione negativa tra ansia e prestazione scolastica.

Come discusso nel capitolo 2, diverse teorie hanno postulato il ruolo centrale delle risorse cognitive e attentive (Eysenck e Calvo, 1992; Eysenck, 2010), i risultati di questa ricerca, però, sembrano in parte disconfermare queste teorie di riferimento, non solo perché è stata osservata solo una relazione molto debole tra WM e ansia scolastica, ma anche perché a livello di regressioni gerarchica la WM non risulta essere un predittore significativo dei livelli di ansia scolastica dei bambini.

Nonostante il campione consistente, un solido disegno sperimentale realizzato attraverso la somministrazione di diverse prove per misurare i costrutti dell'ansia e della prestazione matematica, possiamo osservare dei limiti nella presente ricerca. Tra i limiti che possono essere evidenziati, il più evidente è la tipologia di ansia che è stata misurata. Questa ricerca ha infatti indagato i costrutti di ansia attraverso questionari self-report che hanno principalmente raccolto informazioni inerenti all'ansia "di tratto" (ossia stabili nel tempo), non prendendo invece in esame le preoccupazioni e i pensieri intrusivi che si possono provare quando si è di fronte a richieste o pericoli percepiti come minacciosi nel qui ed ora, ossia non sono state valutate forme di ansia "di stato". Non avendo a disposizione quest'ulteriore variabile, è possibile che siano state fatte delle inferenze incomplete sul ruolo che svolge l'ansia nell'apprendimento matematico. Se si fosse analizzata l'ansia di stato sarebbe stato possibile definire con maggior precisione le relazioni presenti tra le variabili esaminate.

Un altro limite può riguardare le tempistiche e le modalità con le quali sono state condotte le somministrazioni. Per quanto riguarda le prove collettive i bambini non hanno mostrato particolari difficoltà nello svolgimento, ciò può essere spiegato dal fatto che le singole prove fossero di breve durata e di conseguenza non richiedevano sforzi per lungo tempo, inoltre l'interazione con l'esaminatore e i compagni di classe, essendo costante, poteva favorire l'impegno. Per le prove individuali sono emerse delle criticità in quanto alcuni bambini hanno manifestato sintomi di stanchezza e noia durante lo svolgimento. Ciò può essere spiegato dal fatto che gli alunni non siano abituati a mantenere la concentrazione alta per molto tempo.

Gli studi futuri, come già accennato, potrebbero comprendere anche la variabile dell'ansia di stato in modo da ottenere risultati più completi e specifici; potrebbero optare per strumenti che abbiano una durata più breve che possano essere maggiormente interattivi al fine di mantenere costante la soglia di attenzione. Dato che, la presente ricerca, non ha confermato il ruolo di rilievo che svolge l'ansia sulla Memoria di Lavoro, ulteriori studi potrebbero indagare nello specifico la relazione tra queste due variabili, magari allargando l'indagine includendo anche le funzioni esecutive e l'attenzione.

BIBLIOGRAFIA

- Ashcraft, M. H. (2019). Model of math anxiety. In Mammarella, I. C. Caviola, S., & Dowker, A. (A cura di), *Mathematics Anxiety-What is Known and What is still to be Understood* (pp. 1-19). Londra: Routledge.
- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 224–237.
- Ashcraft, M. H., and Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin & review*. 14, 243–248.
- Ashcraft, M. H., and Moore, A. M. (2009). Mathematics anxiety and the affective drop in performance. *Journal Psychoeducational Assessment*. 27, 197–205.
- Aunio, P. & Räsänen, P. (2015). Core numerical skills for learning mathematics in children aged five to eight years – a working model for educators. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24, 684–704.
- Baroody, A. J. (2003). The Developmental of Adaptive Expertise and Flexibility: The Integration of Conceptual and Procedural Knowledge. In Baroody, A. L, & Dowker, A. (A cura di), *The developmental of arithmetics concepts and skills: constructing adaptive expertise*, (pp. 127-160). Londra: Routledge.
- Blömeke, A. W., Klein, A. S., & Beishuizen M. (2000). Mental computation and conceptual understanding. *Learning and Instruction*, 10, 221–247.
- Brewster, B. J. M., & Miller, T. (2020). Missed Opportunity in Mathematics Anxiety. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 15, 3.
- Butterworth, B. (2005), The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 46, 3–18.
- Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From Brain to Education. *Science*, 332, 1049-1053.

- Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szücs, D. (2016). The Chicken or the Egg? The Direction of Relationship Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance. *Frontiers in Psychology, 6*, 1987.
- Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szücs, D. (2017). The Modified Abbreviated Math Anxiety Scale: A Valid and Reliable Instrument for Use with Children. *Frontiers in Psychology, 8*, 11.
- Cassady, J. C., & Johnson, R. E. (2002). Cognitive Test Anxiety and Academic Performance. *Contemporary Educational Psychology, 27*, 270-295.
- Caviola, S., Colling, L. J., Mammarella, I. C., & Szücs, D. (2020). Predictors of mathematics in primary school: Magnitude comparison. Verbal and spatial working memory measures. *Developmental Science, 23*, 6.
- Caviola, S., Mammarella, I. C., Lucangeli, D., & Cornoldi, C. (2014). Working memory and domain-specific precursors predicting success in learning written subtraction problems. *Learning and Individual Differences, 36*, 92-100.
- Caviola, S., Mammarella, I. C., Pastore, M., & LeFevre, J. A. (2018). Children's Strategy Choice on Complex Subtraction Problems: Individual Differences and Developmental Changes. *Strategy Choice in Mental Subtraction, 9*, 1209.
- Caviola, S., Toffalini, E., Giofrè, D., Mercader Ruiz, J., Szücs, D., & Mammarella, I. C. (2021). Math Performance and Academic Anxiety Forms, from Sociodemographic to Cognitive Aspects: a Meta-analysis on 906,311 Participants. *Educational Psychology Review, 34*, 363–399.
- Chapell, M. S., Blanding, Z. B., Silverstein, M. E., Takahashi, M., Newman, B., Gubi, A., & McCann, N. (2005). Test Anxiety and Academic Performance in Undergraduate and Graduate Students. *Journal of Educational Psychology, 97*, 268–274.
- Chiaravalloti, N. D., Goverover, Y., Costa, S. L. & De Luca, J. (2018). A pilot Study Examining Speed of Processing Training (SPT) to Improve Processing Speed in Person with Multiple Sclerosis. *Frontiers in Neurology, 9*, 685.
- Cornoldi, C. (2013). *Le difficoltà di apprendimento a scuola*. Bologna: Il Mulino.
- Cornoldi, C. (2019). *I disturbi dell'apprendimento*. Bologna: il Mulino
- Cornoldi, C., Lucangeli, D., & Bellina, M. (2012). *AC-MT 6-11*. Trento: Erickson.

- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, 3, 63-68.
- Crooks, N. M., & Alibali, M. W. (2014). Defining and measuring conceptual knowledge in mathematics. *Developmental Review*, 34, 344-377.
- Cuder, A., Pellizzoni, S., De Vita, S., & Passalunghi, M. C. (2020). Emotional factors and learning: math anxiety and its effects on math achievement. *Journal of the Interdepartmental Center for Educational Research of the University of Trieste*, 20, 50-63.
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquiere, 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, 186-201.
- De Vita, C., Pellizzoni, S., & Passolunghi, M. C. (2018). I precursori dell'apprendimento matematico. QuaderniCIRD. Rivista Del Centro Interdipartimentale per La Ricerca Didattica Dell'Università di Trieste / Journal of the Interdepartmental Center for Educational Research of the University of Trieste - ISSN: 2039-8646, 17, 31-45.
- Else Quest, N. M., Hyde, J. S., Linn, M. C., & Hinshaw, S. P. (2010). Cross-National Patterns of Gender Differences in Mathematics: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, 136, 103-127.
- Eysenck M. W., Derakshan N., Santos R., & Calvo M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion*, 7, 336–353.
- Eysenck, M. W., and Derakshan, N. (2011). New perspectives in attentional control theory. *Personality and Individual Differences*, 50, 955–960.
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and Performance: The processing Efficiency Theory. *Cognition and Emotion*, 6, 409-434.
- Filiz, V., & Dale, F. (2007). Elementary School Students' Mental Computation Proficiencies. *Early Childhood Education Journal*, 35, 89-94.
- Formoso, J., Injoque-Ricle, I., Barreyro, J. P., Calero, A., Jacobovich, S., & Burin, D. I. (2018). Mathematical Cognition, Working Memory, and Processing Speed in Children. *Cognition, Brain, Behavior. An Interdisciplinary Journal*, 2, 59-86.

- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, *10*, 29-44.
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, *47*, 1539.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The Child Understanding of Number*. Cambridge, MA: Harvard University Press. In Cornoldi, C. (2019). *I disturbi dell'apprendimento*. Bologna: il Mulino
- Girelli, L. (2013). Evoluzione dei modelli interpretativi dello sviluppo atipico delle abilità di calcolo. In Biancardi, A., Mariani, E., & Pieretti, M. (A cura di), *Intervento logopedico nei DSA* (pp 47-64). Trento: Centro studi Erikson.
- Goswami, U., & Szűcs, D. (2011). Educational neuroscience. Developmental mechanisms: towards a conceptual framework. *Neuroimage*, *57*, 651–658.
- Grigoryeva, M. V., Sozonnik, A. V., & Grinina, E. S. (2021). The role of Junior Adolescents' School Well-Being/Ill-Being Characteristics in School Anxiety Variations. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, *11*, 3.
- Gualdroni, F. (2021). Verso una definizione dell'ansietà di base in situazioni di apprendimento. *Formazione & Insegnamento*, *19*(1), 764-772.-
- Heirdsfield, A. N., & Cooper, T. J. (2004a). Factors affecting the process of proficient mental addition and subtraction: Case studies of flexible and inflexible computers. *Journal of Mathematical Behavior*, *23*, 443–463.
- Heirdsfield, a., & Cooper, T. (2004). Inaccurate Mental Addition and Subtraction: Causes and Compensation. *Investigations in Mathematics Learning*, *26*(3), pp. 43-65.
- Hill, F., Mammarella, I. C., Devine, A., Caviola, S., Passaluoghi M. C., & Szűcs, D. (2016). Math anxiety in primary and secondary school students: Gender differences, developmental changes and anxiety specificity. *Learning and Individual Differences*, *48*, 45-53.
- Hurrel, D. P. (2021). Conceptual knowledge OR Procedural knowledge OR Conceptual knowledge and Procedural knowledge: Why the conjunction is important for teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, *46*, 54-71.

- Julian, L. J. (2014). Measures of Anxiety: State-Trait Anxiety Inventory (STAI) Beck Anxiety Inventory (BAI), and Hospital Anxiety and Depression Scale-Anxiety (HADS-A). *Arthritis Care Res (Hoboken)*, *64*, 467-472.
- Karagiannakis, G., Baccaglioni-Franl, A., & Papdatos, Y. (2014). Mathematical learnign difficulties subtypes classification. *Perspectives in Neuroscienze of Special Education*, *8*, 57.
- Kheloui, S., Brouillard, A., Rossi, M., Marin, M. F., Mendrek, A., Paquette, D., & Juster, R. P. (2021). Exploring the sex and gender correlates of cognitive sex differences. *Acta Psychologica*, *221*, 103452.
- Kolkman, M. E., Hoijtink, H. J. A., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2013). The role of executive functions in numerical magnitude skills. *Learning and Individual Differences*, *24*, 145-151.
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*. *103*, 516–531.
- Krispenz, A., Gort, C., Schültke, L., & Dichäuser, O. (2019). Hoe tu Reduce Test Anxiety and Academic Procrastination Trought Inquiry of Cognitive Appraisals: A Pilot Study Investigating the Role of Academic Self Efficacy. *Frontiers in Psychology*, *30*, 1917.
- Lambert, K., & Spinath, B. (2018). Conservation Abilities, Visuospatial Skills, and Numerosity Processing Speed: Association With Math Achievement and Math Difficulties in Elementary School Children. *Journal of Learning Disabilities*, *51*, 223-235.
- Lauer, J. E., Esposito, A. G., & Bauer, P. J. (2018). Domain-specific anxiety relates to children's math and spatial performance. *Developmental Psychology*, *54*(11), 2126–2138.
- LeFevre, J. A., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B., Bisanz, J., Kamawar. D., & Penner-Wilger. M. (2010). Pathways to Mathematics: Longitudinal Predictors of Performance. *Child Development*, *81*, 1753-1767.
- Lindberg, S. M., Shibley Hyde, J., Linn, M. C., & Petersen, J. L. (2010). New Trends in Gender and Mathematics Performance: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, *136*, 1123-1135.

- Lucangeli, D., & Tressoldi, P. E., (2002). *Lo sviluppo della conoscenza numerica: alle origini del “capire i numeri”*, *Giornale Italiano di Psicologia*, 29, 4.
- Lucangeli, D., Tressoldi, P. E., Bendotti, M., Bonanomi, M., & Siegel, L. S. (2003). Effective strategies for mental and written arithmetic calculation from the third to the fifth grade. *Educational Psychology*, 23(5), 507–520.
- Maclellan, E. (2001). Mental calculation: Its place in the development of numeracy. *Westminster Studies in Education*, 24 (2), 145–154.
- Maloney, E. A., & Beilock, S. L. (2012). Math anxiety: who has it, why it develops, and how to guarda gains it. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 404-406.
- Mazzocco, M. M., Feigenson, L., Halberda, J. (2011). Impaired Acuity of the Approximate Number System Underlies athemathical Learning Disability (Dyscalculia). *Child Development*, 82(4), 1224-1237.
- Miller, H., & Bichsel, J. (2004). Anxiety, working memory, gender, and math performance. *Personality and Individual Differences*, 37, 591-606.
- Miller, S. P., Hudson, P. J. (2007). Using evidence-Based to Build Mathematics Competence Related to Conceptual, Procedural and Declarative Knoweldge. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22, 47-57.
- Monette, S., Bigras, M., & Lafrenière, M. A. (2015). Structure of executive functions in typically developing kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 120-139.
- Nilsson, P. (2020). A Framework for Investigating Qualities of Procedural and Conceptual Knowledge in Mathematics – An Inferentialist Perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 51, 574-599.
- Onyeizugbo, E. U. (2010). Self-Efficacy, Gender and Trait Anxiety as Moderators of Test Anxiety, *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 8, 299-312.
- Owens, M., Stevenson, J., Hadwin, J. A., and Norgate, R. (2014). When does anxiety help or hinder cognitive test performance? The role of working memory capacity. *British Journal. Psychology*, 105, 92–101.

- Passalunghi, 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.
- Passaluonghi, M. C., Caviola, S., De Agostini, R., Perin, C., & Mammarella, I. C. (2016). Mathematics Anxiety, Working Memory, and Mathematics Performance in Secondary-School Children. *Frontiers in Psychology, 7*, 1-8.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., & Altoè, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills during first through second grades. *Developmental Neuropsychol, 33* (3), 229–250.
- Passolunghi, M.C. (2011). Cognitive and emotional factors in children with mathematical learning disabilities. *International Journal of Disability. Developmental and Education, 58*, 61–73.
- Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. (2016). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology, 108*, 455-473.
- Primi, C., Busdraghi, C., Tomasetto, C., Moorsanyi, K., & Chiesi, F. (2014). Measuring math anxiety in Italian college and high school students: Validity, reliability and gender invariance of the Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS). *Learning and Individual Differences, 34*, 51-66.
- Putwain, D. (2008). Examination stress and test anxiety. *The Psychologist, 21*(12), 1026-1029.
- 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*, 110-122.
- Ramirez, G., Shaw, S.t & Maloney, E. A. (2018). Math Anxiety: Past Research, Promising Interventions, and a New Interpretation Framework. *Educational Psychologist, 53*, 1-20.
- Rappo, G., Alesi, M., & Pepi, A. (2016). The effects of school anxiety on self-esteem and self handicapping in pupils attending primary school. *European Journal of Developmental Psychology, 14*, 465-476.
- Reilly, D., & Neumann, D. L., & Andrews, G. (2019). Investigating Gender Differences in Mathematics and Science: Findings from the 2011 Trends in Mathematics and Science Survey. *Research in Science Education, 49*, 25-50.

- Reilly, D., Neumann, D. L., & Andrews, G. (2015). Sex Differences in Mathematics and Science Gender Differences in Outcomes in Mathematics and Science: A Meta-Analysis of the National Assessment of Educational Progress Assessments. *Journal of Educational Psychology, 107*, 645-662.
- Rittle-Johnson, B., Schneider, M., & Star, J. R. (2015). Not a One-Way Street: Bidirectional Relations Between Procedural and Conceptual Knowledge of Mathematics. *Educational Psychology Review, 27*, 587-597.
- Rodriguez, S., Regueiro, B., Pineiro, I., Estervez, I., & Valle, A. (2020). Gender Differences in mathematics Motivation: Differential Effect on Performance in Primary Education. *Frontiers in Psychology, 10*, 3050.
- Roos, A. L., Goetz, T., Voracek, M., Krannich, M., Bieg, M., Jarrell, A., & Pekrun, R. (2021). Test anxiety and physiological arousal: a systematic review and meta-analysis. *Educational Psychology Review, 33*, 579-618.
- Roos, A. L., Goetz, T., Voracek, M., Krannich, M., Bieg, M., Jarrell, A., & Pekrun, R. (2021). Test Anxiety and Physiological Arousal: A systematic Review and Meta-Analysis, *Educational Psychology Review, 33*, 579-618.
- Rubinsten, O., Marciano, H., Eidlin Levy, H., & Daches Cohen, L. (2018). A Framework for Studying the Heterogeneity of Risk Factors in Math Anxiety. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 12*, 291.
- Trezise, K., and Reeve, R. A. (2015). Worry and working memory influence each other iteratively over time. *Cognition and Emotion, 3*, 1–16.
- Valeri, G., & Stievano, P. (2007). Neuropsicologia dello sviluppo e funzioni esecutive. *Giornale Di Neuropsichiatria Dell'Età Evolutiva, 27*, 195–204.
- Varol, F., & Farran, D. (2006). Early Mathematical Growth: How to support young children's mathematical development. *Early Childhood Education Journal, 33* (6), 381–387.
- Von der Embse, N., Jeste, D., Roy, Devlina., & Post, J. (2018). Test anxiety effects, predictors, and correlates: A 30-year-meta-analytic review. *Journal of Affective Disorders, 227*, 483-493.

- Wang, Z., Ann Hart, S., Kovas, Y., Lukowsky, S. Soden, B., Thompson, L. A. et al. (2014), Who is afraid of math? Two sources of genetic variance for mathematical anxiety. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55, 1056-1064.
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36, 155-193. In Cornoldi, C. (2019). *I disturbi dell'apprendimento*. Bologna: il Mulino.
- Zeidner, M. (2014). Test anxiety. In Emmelkamp, P., & Ehring, T (A cura di), *The Wiley handbook of anxiety disorders (581-595)*. Hoboken: Wiley-Blackwell.
- Zorzi, M., Bertellini, I., & Lucangeli, D. (2010). Modelli neuropsicologici e basi neurali della cognizione numerica. In Lucangeli, D., & Mammarella, I. C. (A cura di), *Psicologia della cognizione numerica (pp. 56-76)*. Milano: FrancoAngeli.