



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della  
Socializzazione**

Corso di laurea in Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione

Tesi di laurea Magistrale

**Un'analisi multidimensionale delle componenti sociali  
dell'ansia per la matematica in studenti con e senza Disturbo  
Specifico dell'Apprendimento**

*A multidimensional analysis of the social components of Math Anxiety in students  
with and without Specific Learning Disorder*

*Relatrice:*

**Prof.ssa Sara Caviola**

*Correlatore:*

**Dott.ssa Rachele Lievore**

Laureando: Riccardo Pagan

Matricola: 2082025

Anno accademico 2023/2024



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>5</b>
<b>1 I Disturbi Specifici dell'Apprendimento</b>	<b>7</b>
1.1 Cenni storici . . . . .	7
1.1.1 Il contesto italiano . . . . .	8
1.2 Caratteristiche cliniche dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento . . .	12
1.3 Criteri diagnostici . . . . .	15
1.3.1 Dislessia evolutiva . . . . .	21
1.3.2 Disturbo di comprensione del testo . . . . .	22
1.3.3 Disortografia evolutiva . . . . .	23
1.3.4 Disgrafia . . . . .	24
1.3.5 Discalculia evolutiva . . . . .	25
1.4 Diagnosi differenziale . . . . .	26
1.5 Epidemiologia . . . . .	27
1.6 Fattori di rischio nei Disturbi Specifici dell'Apprendimento . . . . .	28
1.7 Modelli teorici di riferimento . . . . .	29
<b>2 Ansia per la matematica nei DSA: Prestazione matematica e correlati psicofisiologici</b>	<b>33</b>
2.1 Definizione di ansia per la matematica . . . . .	33
2.1.1 Incidenza nella popolazione generale . . . . .	35
2.1.2 Eziologia e fattori di rischio . . . . .	36
2.2 Misurare l'ansia per la matematica . . . . .	37
2.2.1 Ansia per la matematica di tratto e di stato . . . . .	37
2.2.2 Strumenti di valutazione . . . . .	38
2.2.3 Correlati psicofisiologici dell'ansia per la matematica . . . . .	40
2.3 Ansia per la matematica e prestazione matematica . . . . .	43
2.4 Ansia per la matematica e Disturbi Specifici dell'Apprendimento . . .	45
<b>3 La ricerca</b>	<b>47</b>
3.1 Obiettivi e ipotesi di ricerca . . . . .	47
3.2 Partecipanti . . . . .	49
3.3 Materiali . . . . .	50
3.3.1 Fase di screening . . . . .	50
3.3.2 Fase sperimentale . . . . .	58
3.4 Procedura . . . . .	63

---

<b>4</b>	<b>Analisi e risultati</b>	<b>65</b>
4.1	Fase di screening . . . . .	66
4.2	Fase sperimentale . . . . .	69
4.2.1	Variabili comportamentali . . . . .	69
4.2.2	Variabili soggettive . . . . .	71
4.2.3	Variabili psicofisiologiche . . . . .	76
4.3	Relazione tra ansia per la matematica e risposta psicofisiologica . . .	79
<b>5</b>	<b>Discussione dei risultati</b>	<b>81</b>
5.1	Variabili comportamentali . . . . .	82
5.2	Variabili soggettive . . . . .	84
5.3	Variabili psicofisiologiche . . . . .	85
5.4	Relazione tra ansia per la matematica e risposta psicofisiologica . . .	87
5.5	Limiti della ricerca e possibili sviluppi futuri . . . . .	88
5.6	Implicazioni cliniche e educative . . . . .	89
	<b>Bibliografia</b>	<b>93</b>

# Introduzione

In letteratura, l'ansia per la matematica è stata studiata principalmente con questionari di tratto, lasciando da parte l'indagine degli aspetti di stato. Inoltre, non è ancora chiaro quale ruolo abbia il giudizio sociale sulla prestazione matematica in bambini e ragazzi con Disturbo Specifico dell'Apprendimento, né se sia presente una componente sociale dell'Ansia per la Matematica. Lo scopo del presente elaborato è indagare, mediante un approccio multidimensionale, fattori di stato soggettivi, comportamentali e fisiologici durante lo svolgimento di un compito computerizzato di matematica in un campione di bambini e ragazzi con Disturbo Specifico dell'Apprendimento (DSA) di età compresa tra 10 e 18 anni confrontato con un gruppo di controllo a sviluppo tipico (TD); viene, inoltre, analizzata l'ansia di tratto per la matematica. Le implicazioni cliniche ed educative emergenti dalla presente ricerca riguardano il fatto che i ragazzi con DSA vanno spesso incontro a numerose difficoltà nel corso della scolarizzazione, che talvolta possono generare ansia e demotivazione, portando in alcuni casi a forme di ritiro o a circoli viziosi disfunzionali. Risulta quindi fondamentale prevenire l'insorgere di tali circoli viziosi mediante strategie di intervento e prevenzione mirati, con l'obiettivo di promuovere il benessere di questi studenti.

L'elaborato si compone di 5 capitoli suddivisi nel seguente modo.

Nel primo capitolo viene approfondita la tematica dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento descrivendone nel dettaglio caratteristiche e criteri diagnostici.

Nel secondo capitolo viene presentato il costrutto dell'ansia per la matematica, operando la distinzione tra ansia per la matematica di tratto e di stato e presentandone

i correlati psicofisiologici, oltre che descrivendo la sua relazione con la prestazione matematica e i Disturbi Specifici dell'Apprendimento.

Nel terzo capitolo vengono presentati obiettivi e ipotesi di ricerca, materiali e procedura utilizzata.

Nel quarto capitolo sono presentati i risultati ottenuti dalle analisi effettuate.

Infine, nel quinto e ultimo capitolo, vengono commentati i risultati ottenuti alla luce della letteratura di riferimento e delle ipotesi effettuate inizialmente; in questo capitolo sono presentati anche i limiti della ricerca, le prospettive future e le implicazioni cliniche ed educative.

# Capitolo 1

## I Disturbi Specifici dell'Apprendimento

Il termine Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA) si riferisce a una categoria eterogenea di disturbi del neurosviluppo che coinvolgono la compromissione specifica di abilità scolastiche di base, come la lettura, la scrittura e il calcolo. È importante notare che questa compromissione non riguarda il funzionamento cognitivo generale e non può essere attribuita a condizioni di svantaggio socioculturale, deficit sensoriali o disturbi psicotici o di attenzione, come definito dall'American Psychiatric Association (APA) nel 2022.

### 1.1 Cenni storici

Nel 1937, Samuel Orton attribuì difficoltà di lettura tra gli studenti a un difetto nella coordinazione dei due emisferi del cervello. Sempre in questi anni, Alfred Strauss e Laura Lehtinen, utilizzarono il termine "*brain-injured child*". Tale termine è stato poi modificato in "*minimal brain dysfunction*" nella sua ricerca del 1943 intitolata "*Diagnosis and Education of the Cripple-Brained, Deficient Child*" nella quale affermava che "*i bambini con difficoltà di apprendimento che non erano mentalmente ritardati, con problemi di udito, o emotivamente disturbati, avevano danni cerebrali minimi*".

All'inizio del 1963, in una conferenza a Chicago, Samuel Kirk utilizzò per la prima volta il termine "*learning disability*" per descrivere individui con intelligenza nella media o superiore che affrontano problemi di apprendimento. Da questo momento a livello di ricerca si inizia ad investire seriamente nella didattica speciale. Nel 1969, la proposta di legge denominata "*The Children with Specific Learning Disabilities Act*" fu approvata dal Congresso degli Stati Uniti, con l'obiettivo di fornire supporto e servizi per programmi di educazione speciale. Nel 1975, il Congresso degli Stati Uniti approvò la legge "*Education for All Handicapped Children Act*" per proteggere i diritti dell'individuo con esigenze specifiche, stabilendo che tutte le scuole pubbliche devono garantire parità di accesso all'istruzione per i bambini con disabilità mentali e fisiche. Nel 2004, la legge "*Individual with Disabilities Education Act*" (IDEA) è stata rinnovata e resa più coerente con il "*No Child Left Behind Act*", con l'obiettivo di supportare tutti i bambini, indipendentemente dalle loro esigenze e capacità, offrendo loro l'opportunità di avere successo scolastico.

### **1.1.1 Il contesto italiano**

Nel 1991, Cesare Cornoldi, traduce il termine "*learning disability*" in "Disturbo Specifico dell'Apprendimento", termine che ha lo scopo di definire la difficoltà piuttosto che la persona, in modo da non etichettare la persona (Cornoldi, 2019). La traduzione del termine ha dato il via al percorso per il riconoscimento dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento (d'ora in poi abbreviato in DSA) in Italia. Nel 1992 è stata promulgata la Legge 104 per la tutela delle persone con disabilità, tra le quali erano inseriti anche i bambini e ragazzi con Disturbi Specifici dell'Apprendimento. La legge, tuttavia, era attuabile solo con compromissione significativa del funzionamento del soggetto, per cui, di fatto, non tutelava i DSA. Il percorso che ha portato al riconoscimento e quindi alla tutela dei DSA inizia nel 2004, anno in cui viene redatta la circolare ministeriale avente per oggetto "Iniziative relative alla dislessia", la quale prevedeva l'introduzione di misure compensative e dispensative al

fine di evitare conseguenze negative sia a livello didattico che emotivo in tali studenti. La sopraccitata circolare fa riferimento esclusivamente alla dislessia e precisa che l'entità del disturbo può essere definita attraverso specifici protocolli diagnostici, quali quelli indicati dall'Associazione Italiana Dislessia (AID) e dalla Società Italiana di Neuropsichiatria dell'Infanzia e dell'Adolescenza (SINPIA). Nel gennaio del 2005, tramite Nota Ministeriale, viene precisato che per l'utilizzo di misure dispensative e compensative risulta sufficiente una diagnosi specialistica di DSA, sia essa rilasciata da un professionista operante in ambito privato o pubblico. Viene precisato infine che tali strumenti devono essere applicati in tutte le fasi del percorso scolastico, senza escludere i momenti di valutazione finale. Nel gennaio del 2007, attraverso il metodo della *Consensus Conference*, viene redatto il documento "Raccomandazioni per la pratica clinica sui Disturbi Specifici dell'Apprendimento". Tale documento è stato il risultato della collaborazione di 10 associazioni e società scientifiche di esperti in questo ambito. Esso ha delineato criteri diagnostici di inclusione e di esclusione ben precisi, definendo anche alcune implicazioni operative inerenti. Nelle caratteristiche che definiscono un DSA viene data particolare importanza al concetto di specificità, cioè il fatto che il disturbo interessi uno specifico dominio di abilità, ma il funzionamento cognitivo è in norma, e il concetto di discrepanza, intesa come la discrepanza tra le prestazioni attese per l'età nell'abilità deficitaria e il funzionamento cognitivo. In riferimento ai sopraccitati concetti che si configurano come centrali nel quadro diagnostico del DSA, la *Consensus Conference* (2007), sottolinea come fondamentale per la valutazione e la diagnosi di DSA l'utilizzo di test standardizzati per l'abilità specifica e per il funzionamento cognitivo; è inoltre necessario anche escludere la compresenza di deficit sensoriali e neurologici, oltre che disturbi della sfera emotiva e situazioni di svantaggio socio-culturale che possono interferire con gli esiti delle prove valutative.

Sebbene ancora oggi esistano delle differenze a livello internazionale nella concretizzazione del criterio della discrepanza, la *Consensus Conference* (2007), ha ritenuto

necessario trovare un accordo quantomeno a livello nazionale. Si è deciso quindi che la compromissione dell'abilità specifica per essere considerata significativa deve essere inferiore a -2ds rispetto ai dati normativi attesi per l'età o la classe frequentata. Il livello intellettivo, invece, non deve essere inferiore a -1ds rispetto ai dati normativi relativi all'età. Nel documento vengono poi descritti la procedura diagnostica, gli strumenti di valutazione, i segni precoci e i possibili interventi riabilitativi e compensativi. Infine, vengono sottolineati la natura evolutiva di tali disturbi oltre che le frequenti comorbidità tra i disturbi del neurosviluppo, disturbi del comportamento, disprassia e disturbi del tono dell'umore. Ulteriore progresso verso il riconoscimento dei DSA avviene con l'ordinanza ministeriale del marzo 2009, il cui contenuto comunica istruzioni e modalità organizzative e operative circa lo svolgimento degli esami di Stato per la scuola secondaria di secondo grado. Elemento innovativo in questa ordinanza è la chiara indicazione che la Commissione esaminatrice debba tenere in considerazione le esigenze specifiche dei candidati con DSA nelle tre prove scritte, avendo l'attenzione di prevedere un'aggiunta in termini di tempo per la risoluzione delle stesse da parte di tali studenti. Suggerisce infine che al candidato venga consentito l'uso delle misure compensative usate nel corso dell'anno, compreso l'uso di apparecchiature elettroniche. Il lavoro fatto dai numerosi professionisti nella *Consensus Conference* (2007) e la promulgazione di tutti i sopraccitati documenti ministeriali hanno posto le basi per il riconoscimento ufficiale dei disturbi specifici dell'apprendimento, avvenuto nel 2010 con la Legge 170, la cui promulgazione stimola ulteriormente il già vivo dibattito culturale e scientifico. Tale legge riconosce la dislessia, la disortografia, la disgrafia e la discalculia come DSA, oltre a tutelare il successo e il vissuto scolastico degli studenti con DSA demandando alle scuole l'utilizzo di misure didattiche di supporto e modalità di valutazione più adatte allo studente. Concomitante alla promulgazione della legge 170/2010, quindi in un momento significativo per il mondo scolastico e sanitario del nostro Paese, si inserisce una seconda *Consensus Conference*. Obiettivo di questa conferenza è stato

quello di valutare le modalità diagnostiche e gli interventi riabilitativi in uso; si è inoltre approfondita l'epidemiologia dei DSA e gli strumenti per l'identificazione nei soggetti a rischio (ISS, 2011). Nel 2022 sono state poi rilasciate le nuove Linee Guida per la gestione dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento. Questo documento pone attenzione sull'individuazione precoce dei DSA, cercando di chiarire che la responsabilità della sua attuazione spetta agli Istituti Scolastici o al Sistema Sanitario Nazionale. Vengono poi affrontate le questioni diagnostiche in parte rimaste irrisolte dopo la *Consensus Conference* ed in parte sorte negli anni successivi ad essa con l'aumento delle certificazioni. Tra queste viene affrontata la questione del Disturbo di Comprensione della Lettura, la Disgrafia e la Discalculia. Riguardo la Disgrafia, la controversia creatasi risiede nel fatto che negli anni non è mai stata riconosciuta come un'entità autonoma dai sistemi di classificazione internazionale, come l'ICD (*International Statistical Classification of Diseases, Injuries and Causes of Death*) e il DSM (*Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders*). Invece, è stata considerata come sintomo e quindi di fatto vincolata ad altre categorie diagnostiche. Riguardo la Discalculia, dopo l'ultima *Consensus Conference*, era rimasta una categoria poco definita in termini di criteri e procedure diagnostiche. In considerazione dell'alta prevalenza di questo sottotipo di DSA in Italia e dei progressi in ambito di ricerca, si è ritenuto opportuno migliorare le pratiche cliniche del disturbo in questione. Sono stati poi affrontati altri temi importanti come la diversità dei profili funzionali nella manifestazione dei DSA, la valutazione e diagnosi in studenti "stranieri" e nei giovani adulti e la sempre attuale questione dei trattamenti che rimane una tematica in evoluzione ancora oggi (ISS, 2022).

## 1.2 Caratteristiche cliniche dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento

Molteplici possono essere le ragioni sottostanti ad una caduta nelle prestazioni in ambito scolastico, è quindi fondamentale chiarire la differenza tra DSA e difficoltà di apprendimento. Con difficoltà di apprendimento si intende una prestazione da parte di uno studente inferiore ai livelli attesi per età o per scolarità, mentre per disturbo si intende la verifica di una condizione mediante un procedimento clinico che certifichi la presenza di un deficit in grado di spiegare le problematiche dello studente. Possiamo, quindi, notare che le due condizioni possono talvolta sovrapporsi e la discriminazione tra esse spesso è molto difficile, soprattutto quando il disturbo è di entità lieve. In ottica di distinguere queste due problematiche è utile definirne le caratteristiche distintive. In primo luogo, i DSA derivano da una condizione innata, hanno un'origine neurobiologica e un carattere evolutivo (ossia si presentano sin dalle prime fasi dello sviluppo), mentre le difficoltà di apprendimento non hanno un carattere innato e possono presentarsi in una qualsiasi fase della scolarità, anche dopo un suo regolare avvio. In secondo luogo, non meno importante e di facile rilevazione, i DSA, al contrario delle difficoltà di apprendimento, sono resistenti al trattamento, ossia presentano una inadeguata risposta alle attività individualizzate di potenziamento e di training. Ciò significa che, anche intervenendo con potenziamenti individualizzati, non avverrà una scomparsa della difficoltà. Avverrà, talvolta, un lento e progressivo miglioramento con risultati molto più bassi di quelli previsti dal potenziamento e che comunque non porterà alla remissione totale del disturbo (Tressoldi & Vio, 2008). Appurata la differenza tra difficoltà e disturbo, una delle caratteristiche fondanti dei DSA è quella della specificità, tanto da venire infatti ripreso nel nome della categoria diagnostica. L'utilizzo dell'aggettivo "specifico" ha principalmente quattro ragioni. In primo luogo, la compromissione relativa al dominio specifico dell'apprendimento non deve essere meglio spiegata da un funzionamento

cognitivo generale al di sotto della norma. I soggetti con DSA, infatti, hanno un funzionamento cognitivo in norma, che viene comunemente operazionalizzato facendo riferimento ad un quoziente intellettivo totale (QIT) non inferiore a -1ds (equivalente ad un valore di 85 punti). In secondo luogo, le difficoltà specifiche non possono essere attribuite a fattori esterni più generali, come lo svantaggio socioeconomico, l'assenteismo cronico o la mancanza di istruzione, come tipicamente previsto nel contesto comunitario dell'individuo. Successivamente, la difficoltà di apprendimento deve essere meglio spiegata da disturbi neurologici (*e.g.*, ictus) o motori o a disturbi della vista o dell'udito, che sono spesso associati a problemi di apprendimento delle capacità accademiche, ma sono distinguibili per presenza di segni neurologici (APA, 2022). Infine, il disturbo è circoscritto ad un dominio di abilità specifico (Cornoldi, 2019).

Un'altra delle caratteristiche principali dei DSA risiede nella loro espressività altamente eterogenea (ISS, 2022). Ciò è dovuto al fatto che i DSA hanno origine biologica, che comprende l'interazione di fattori genetici, epigenetici e ambientali (APA, 2022). L'espressività si modifica quindi sia in relazione all'età che al contesto ambientale, manifestandosi cioè con caratteristiche differenti nel corso dello sviluppo e delle fasi dell'apprendimento scolastico. Emerge quindi un'ulteriore caratteristica dei DSA, ossia il loro carattere evolutivo (ISS, 2011). Parte di questa eterogeneità è dovuta alle abilità a livello cognitivo e neuropsicologico, in cui spesso si riscontrano cadute simili ma con profili intellettivi che appaiono come parzialmente diversi (Toffalini et al., 2017). Nel lavoro sopraccitato, infatti, gli autori hanno analizzato se e in quale modo le principali categorie diagnostiche dei DSA siano caratterizzate da profili cognitivi differenti. Si è concluso che, in generale, tutti gli individui con DSA evidenziano una debolezza a livello di memoria di lavoro (IML) e velocità di elaborazione (IVE), pur presentando alcuni elementi specifici che consentono una discriminazione tra i vari profili. Oltre agli aspetti analizzati nel precedente studio, in letteratura è ampiamente documentato che rapporto ci sia tra questi e i DSA

(Mulder & Cragg, 2014). Le funzioni esecutive (FE) sono un termine ombrello per riferirsi a una serie di processi altamente controllati e attentivi che possono essere ricondotti in prevalenza all'attività cerebrale delle aree prefrontali (Friedman & Miyake, 2017; Stuss & Alexander, 2000). Degna di nota in questo ambito è la ricerca di Cornoldi e Zamperlin nel 2018, che ha individuato come significative le capacità di soluzione di problemi e di pianificazione e l'abilità di categorizzazione e flessibilità nell'uso delle regole; tutte queste abilità risultano particolarmente rilevanti nel successo ai fini del successo nella prestazione matematica o nella comprensione del testo (Mammarella et al., 2019). I DSA spesso tendono ad associarsi tra loro, verosimilmente a causa di probabili basi genetiche comuni e anomalie in parte condivise tra i circuiti neurofunzionali che intaccano le abilità di lettura, scrittura e calcolo (ISS, 2022). In particolare, in letteratura, emerge una co-occorrenza di discalculia e dislessia nel 30-60% dei soggetti (Willcutt et al., 2019; Grigorenko et al., 2020). Si sono inoltre riscontrate evidenze relative alla frequente presenza di altri disturbi del neurosviluppo in associazione con i DSA. Pur non essendo consistente il numero di ricerche in questo ambito, l'analisi della letteratura presente ha permesso di isolare due profili di comorbidità:

1. comorbidità tra DSA e disturbo da deficit dell'attenzione e iperattività (ADHD), i cui dati evidenziano come l'associazione tra questi due disturbi peggiori in misura significativa le prestazioni scolastiche dei soggetti a confronto con soggetti con diagnosi esclusiva di DSA (Mayes et al., 2000);
2. comorbidità tra dislessia e disturbi specifici del linguaggio (Catts et al., 2005), i cui dati mettono in evidenza che nella storia clinica dei soggetti con dislessia, in circa il 15% dei casi, sia presente un pregresso disturbo specifico del linguaggio.

È presente, infine, un terzo profilo di comorbidità, ossia quello tra dislessia e disturbo dello sviluppo della coordinazione (ICD 10: disturbo evolutivo specifico della funzione motoria [F82]; ICD 11: *Developmental motor coordination disorder*

[6A04]), che però è supportato da un'unica ricerca, quella di Kirby e colleghi nel 2008, che presenta un numero considerevole di limiti metodologici.

### 1.3 Criteri diagnostici

Ad oggi i manuali diagnostici utilizzati a livello internazionale per la diagnosi di DSA sono il DSM-5-TR (APA, 2022) e l'ICD-10 (WHO, 2007). Di quest'ultimo da qualche anno è stata presentata l'undicesima versione, l'ICD-11 (WHO, 2019). Nel DSM-5-TR (APA, 2022) tutti i disturbi dell'apprendimento appartengono alla categoria denominata “*Specific Learning Disorder*”. La categoria è unica in quanto i diversi disturbi sono accomunati dagli antecedenti genetici, i fattori eziologici pre e perinatali e le storie psicopatologiche precoci. Tale categoria diagnostica è inserita all'interno dei “*Neurodevelopmental Disorders*”. Del manuale non è stata tuttora pubblicata la versione italiana, per cui i criteri che verranno di seguito elencati non corrispondono ad una traduzione ufficiale.

Per porre diagnosi secondo questo manuale è necessario soddisfare i seguenti criteri:

**A.** Difficoltà di apprendimento e utilizzo delle competenze scolastiche, come indicato dalla presenza di almeno uno dei seguenti sintomi che persistono da almeno 6 mesi, nonostante l'effettuazione di interventi mirati a tali difficoltà:

1. Lettura imprecisa o lenta e faticosa delle parole (ad esempio, legge singole parole ad alta voce in modo errato o lentamente ed esitante, spesso indovina le parole, ha difficoltà a livello fonologico nella lettura di parole);
2. Difficoltà a comprendere il significato di ciò che viene letto (ad esempio, può leggere accuratamente il testo ma non comprendere la sequenza, le relazioni, le inferenze o i significati più profondi di ciò che viene letto);
3. Difficoltà nell'ortografia (ad esempio, può aggiungere, omettere o sostituire vocali o consonanti);

4. Difficoltà a livello di espressione scritta (ad esempio, fa numerosi errori grammaticali o di punteggiatura all'interno di frasi; presenta una scarsa organizzazione del paragrafo; l'espressione scritta di idee manca di chiarezza);
5. Difficoltà a padroneggiare il senso del numero, i fatti numerici o il calcolo (ad esempio, ha una scarsa comprensione dei numeri, della loro grandezza e delle relazioni; conta sulle dita per sommare numeri a una cifra invece di ricordare il fatto matematico come fanno i coetanei; si perde nell'esecuzione del calcolo aritmetico e può cambiare procedura);
6. Difficoltà con il ragionamento matematico (ad esempio, ha gravi difficoltà ad applicare concetti matematici, fatti o procedure per risolvere problemi quantitativi).

**B.** Le competenze scolastiche interessate sono sostanzialmente e quantitativamente inferiori a quelle previste per l'età cronologica dell'individuo e causano significative interferenze con i risultati scolastici o professionali, o con attività di vita quotidiana, come confermato da misure di valutazione degli apprendimenti standardizzate somministrate individualmente e da una valutazione clinica completa. Per gli individui dai 17 anni in su, una storia documentata di difficoltà di apprendimento disfunzionali può sostituire la valutazione standardizzata.

**C.** Le difficoltà di apprendimento iniziano durante gli anni di scuola, ma non possono manifestarsi completamente fino a quando le richieste per le competenze scolastiche interessate superano le capacità limitate dell'individuo (ad esempio, come nei test a tempo, leggere o scrivere relazioni lunghe e complesse con scadenza ravvicinata, carichi scolastici eccessivamente pesanti).

**D.** Le difficoltà di apprendimento non sono meglio spiegate da disabilità intellettiva, acuità visiva o uditiva non corretta, altri disturbi mentali o neurologici, avversità

psicosociali, mancanza di competenza nella lingua di insegnamento scolastico, o istruzione scolastica inadeguata.

Vengono successivamente aggiunte due note:

- I quattro criteri diagnostici devono essere soddisfatti sulla base di una sintesi clinica della storia dell'individuo (sviluppo e aspetti medici, familiari ed educativi), di una relazione scolastica e una valutazione psicoeducativa;
- Specificare tutti i domini accademici e le abilità specifiche che sono compromesse. Quando più di un dominio è compromesso, ciascuno di essi dovrebbe essere codificato individualmente secondo i seguenti specificatori:

**F81.0** Con compromissione nella lettura:

- Precisione di lettura
- Velocità di lettura o fluidità
- Comprensione della lettura

*Nota:* Dislessia è un termine alternativo usato per riferirsi a un pattern di difficoltà di apprendimento caratterizzato da problemi circa la correttezza o la velocità nel riconoscimento delle parole, scarsa decodificazione e scarse capacità di ortografia. Se la dislessia viene utilizzata per specificare questo particolare pattern di difficoltà, è importante specificare anche eventuali difficoltà aggiuntive presenti, come difficoltà nella comprensione della lettura o nel ragionamento matematico.

**F81.81** Con compromissione dell'espressione scritta:

- Precisione ortografica
- Grammatica e precisione della punteggiatura
- Chiarezza o organizzazione dell'espressione scritta

**F81.2** Con compromissione nella matematica:

- Senso numerico
- Memorizzazione di fatti aritmetici
- Calcolo accurato o fluente
- Ragionamento matematico accurato

*Nota:* Discalculia è un termine alternativo usato per riferirsi a un pattern di difficoltà caratterizzato da problemi nell'elaborazione di informazioni numeriche, nell'apprendimento di fatti aritmetici e nell'accuratezza e/o la velocità nell'esecuzione di calcoli. Se la discalculia viene utilizzata per specificare questo particolare pattern di difficoltà matematiche, è importante specificare anche eventuali difficoltà aggiuntive presenti, come difficoltà nel ragionamento matematico o nell'accuratezza del ragionamento verbale.

Riguardo la gravità gli specificatori sono i seguenti:

**Lieve:** Alcune difficoltà di apprendimento in uno o due domini accademici, ma di gravità abbastanza lieve che l'individuo può essere in grado di compensare o funzionare bene quando dotato di sostegni appropriati o servizi di supporto, soprattutto durante gli anni scolastici.

**Moderata:** Marcate difficoltà di apprendimento in uno o più settori accademici, tali per cui l'individuo è improbabile che diventi abile senza alcuni periodi di insegnamento intensivo e specializzato durante gli anni scolastici. Alcuni sostegni o servizi di supporto almeno una parte della giornata a scuola, sul posto di lavoro o a casa possono essere necessari per completare le attività in modo accurato ed efficiente.

**Grave:** Gravi difficoltà di apprendimento che interessano diversi settori accademici, tali per cui è improbabile per l'individuo poter apprendere tali abilità senza un continuo intenso insegnamento individualizzato e specializzato per la maggior parte degli anni scolastici. Anche con una serie di supporti o servizi appropriati a casa, a scuola o sul posto di lavoro, l'individuo potrebbe non essere in grado di completare tutte le attività in modo efficiente.

Nella classificazione ICD-11, i DSA vengono classificati come “*Developmental Learning Disorder*” (6A03), i quali a loro volta sono raggruppati nella categoria di disturbi “*Neurodevelopment Disorders*”. Vengono descritti come caratterizzati da difficoltà significative e persistenti nell'apprendimento delle abilità scolastiche, che possono includere la lettura, la scrittura e l'aritmetica. Il rendimento dell'individuo nelle abilità scolastiche interessate è nettamente inferiore rispetto a quanto ci si aspetterebbe per l'età e il livello generale di funzionamento intellettivo, e si traduce con una compromissione del funzionamento scolastico e lavorativo. Le categorie presenti in questo manuale sono le seguenti:

**6A03.0** Developmental learning disorder with impairment in reading

**6A03.1** Developmental learning disorder with impairment in written expression

**6A03.2** Developmental learning disorder with impairment in mathematics

**6A03.3** Developmental learning disorder with other specified impairment of learning

**6A03.Z** Developmental learning disorder, unspecified

Sebbene sia attualmente già in vigore l'undicesima versione dell'ICD, a livello nazionale i servizi pubblici fanno riferimento ancora all'ICD-10. Pertanto, è opportuno riportare la classificazione dei DSA secondo l'ICD-10, ossia la seguente:

**F81.0** Disturbo specifico della lettura (dislessia)

**F81.1** Disturbo specifico della scrittura (disortografia)

**F81.2** Disturbo specifico delle abilità aritmetiche (discalculia)

**F81.3** Disturbi misti delle abilità scolastiche (DSA in comorbidità)

**F81.8** Altri disturbi evolutivi delle abilità scolastiche (disgrafia)

**F81.9** Disordine evolutivo delle abilità scolastiche non specificato

Nel contesto nazionale, a supporto dei manuali diagnostici, sono presenti il documento redatto dall'ultima *Consensus Conference* (ISS, 2010) e le recenti Linee Guida sulla gestione dei disturbi specifici dell'apprendimento (LG DSA ISS, 2022). Grazie a questi due documenti esistono delle indicazioni operative basate sulla letteratura che uniformano i processi di valutazione e diagnosi dei DSA quantomeno a livello nazionale. Di seguito alcuni esempi delle raccomandazioni stipulate nei documenti sopraccitati:

- Raccomandata la valutazione cognitiva tramite un test multicomponenziale, in quanto viene delineato un profilo più accurato (ISS, 2011);
- Raccomandato l'utilizzo delle deviazioni standard per i punteggi di rapidità, in quanto più normalmente distribuiti, e i percentili per i punteggi di accuratezza o errore, in quanto caratterizzati da distribuzioni più asimmetriche (ISS, 2011);
- Raccomandato includere nel processo diagnostico la valutazione di alcune competenze cognitive, quali: funzioni attentive, in particolare visive; memoria di lavoro verbale e visuo-spaziale; funzioni esecutive, con particolare attenzione

alla pianificazione e al monitoraggio; abilità di elaborazione fonologica; competenze linguistiche come abilità di recupero lessicale, competenze lessicali e morfosintattiche in comprensione e produzione; competenze visuo-spaziali e della motricità fine (ISS, 2022).

### **1.3.1 Dislessia evolutiva**

Con il termine “dislessia evolutiva” si intende uno specifico disturbo nell’automatizzazione funzionale dell’abilità della lettura a livello di decifrazione di testi o parole. Questa mancata automatizzazione si può osservare sia tramite un’eccessiva lentezza in lettura sia in un eccessivo numero di errori di lettura la cui natura può essere visiva, fonologica o lessicale (Vio et al., 2022). La valutazione prevede che il clinico indaghi che l’eventuale disturbo interferisca significativamente con i risultati scolastici o produca disagio e problemi nelle attività quotidiane che richiedono abilità di lettura. Nella valutazione è doveroso anche accertarsi che le difficoltà dell’individuo siano specifiche e non riconducibili ad un funzionamento cognitivo generale compromesso o meglio spiegate da altre situazioni concomitanti. È necessaria, infine, la somministrazione di prove adeguatamente standardizzate di lettura a più livelli: lettura di brano, lettura di parole e lettura di non-parole. Per effettuare diagnosi è necessaria la rilevazione di una distanza significativa dai valori medi attesi relativi alla classe frequentata dal soggetto di almeno il 5° percentile in uno dei parametri di velocità e/o accuratezza in almeno due prove su tre (Vio et al., 2022). Gli strumenti diagnostici più utilizzati sono i seguenti:

- BVN 5-11, Batteria di valutazione neuropsicologica per l’età evolutiva (Bisiacchi et al., 2005)
- DDE-2, Batteria per la valutazione della dislessia e della disortografia evolutiva – 2 (Sartori et al., 2007)

- Prove MT-3 Clinica per la scuola primaria e secondaria di primo grado (Cornoldi & Carretti, 2016)
- Prove MT-3 Clinica Avanzate (Cornoldi et al., 2017)

In ambito di identificazione precoce, si raccomanda di valutare, durante l'ultimo anno della scuola dell'infanzia, la presenza di difficoltà riguardo la consapevolezza fonologica, la RAN, l'associazione grafemi-fonemi e fonemi-grafemi, la consapevolezza notazionale, l'apprendimento di associazioni visivo-verbali, il vocabolario, la consapevolezza morfologica e la memoria a breve termine. Problematiche in queste abilità possono rappresentare indicatori predittivi di future difficoltà nella decodifica della lettura in età scolare (ISS, 2022).

### **1.3.2 Disturbo di comprensione del testo**

Il disturbo di comprensione del testo può essere definito come la difficoltà a comprendere in modo adeguato il significato di ciò che si legge nonostante delle buone abilità di decodifica e competenze cognitive generali altrettanto buone (Vio et al., 2022). Per porre diagnosi di disturbo di comprensione del testo si suggerisce di attendere almeno la fine della terza classe di scuola primaria e di somministrare almeno due prove di comprensione del testo. Per la diagnosi i risultati di tali test devono essere omogenei, ossia la prestazione in entrambe le prove deve attestarsi al di sotto del 10° percentile. Gli strumenti diagnostici più utilizzati in ambito di disturbo di comprensione del testo sono i seguenti:

- Prove ALCE – Assessment di lettura e comprensione per l'età evolutiva (Bonifacci et al. 2014)
- Test CO-TT scuola primaria (Carretti et al., 2022)
- MT 3 – Clinica (Cornoldi & Carretti, 2016)

In ambito di identificazione precoce, si consiglia di valutare, nell'ultimo anno della scuola dell'infanzia, la presenza di difficoltà in compiti relativi alla consapevolezza fonologica, consapevolezza morfologica, al vocabolario recettivo e alla memoria di lavoro. Problemi in queste abilità possono essere predittori di future difficoltà nella comprensione del testo durante l'età scolare (ISS, 2022).

### 1.3.3 Disortografia evolutiva

Con il termine “disortografia evolutiva” si intende un deficit nei processi di cifratura del codice ortografico e di transcodifica ortografica. Questo deficit si può presentare attraverso la presenza di errori ortografici su base fonologica (*e.g.*, da “dado” a “dato”) oppure su base visivo-ortografica (*e.g.*, da “cinque” in “cincue”) (Vio et al., 2022). La valutazione prevede che il clinico indaghi che l'eventuale disturbo interferisca significativamente con i risultati scolastici e/o produca disagio e problemi in situazioni di scrittura ortografica nella vita quotidiana. Nella valutazione è doveroso anche accertarsi che le difficoltà dell'individuo siano specifiche e non riconducibili ad un funzionamento cognitivo generale compromesso o meglio spiegate da altre situazioni concomitanti. È necessaria, infine, la somministrazione di prove adeguatamente standardizzate di ortografia a più livelli: dettato di brano, dettato di parole e dettato di non-parole. Per effettuare diagnosi è necessaria la rilevazione di una distanza significativa dai valori medi attesi relativi alla classe frequentata dal soggetto al di sotto del 5° percentile nel parametro di correttezza in almeno due prove su tre (Vio et al., 2022). Gli strumenti diagnostici più utilizzati in ambito di disortografia sono i seguenti:

- BVN 5-11, Batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutiva (Bisiacchi et al., 2005)
- BVSCO-2, Batteria per la valutazione della scrittura e della componente ortografica-2 (Tressoldi et al., 2013)

- DDE-2, Batteria per la valutazione della dislessia e della disortografia evolutiva-2 (Sartori et al., 2007)

In ambito di identificazione precoce, si raccomanda di valutare, nell'ultimo anno della scuola dell'infanzia e nel primo anno di scuola primaria, la presenza di difficoltà circa la consapevolezza notazionale e fonologica, la capacità di apprendimento di associazioni visivo-verbali, la RAN e la memoria a breve termine. Difficoltà in tali abilità possono rappresentare indicatori predittivi di future problematiche nella codifica ortografica in età scolare (ISS, 2022).

### **1.3.4 Disgrafia**

Con il termine “disgrafia” si fa riferimento ad una difficoltà nella realizzazione del grafema, quindi un problema di natura principalmente motoria (Vio et al., 2022). Sebbene la legge 170 del 2010 includa la disgrafia nei DSA, non vengono poi indicati i criteri diagnostici, perciò le Linee Guida per la gestione dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento indicano come parametri utilizzati per la diagnosi la leggibilità della parola scritta e la velocità o la fluenza, ossia la scrittura automatizzata dei grafemi (Vio et al., 2022). Per porre diagnosi il parametro della fluenza deve essere al di sotto di 2ds rispetto alla media, mentre per il parametro della leggibilità viene richiesto al clinico di verificare se i grafemi sono leggibili senza sforzo da parte di un altro lettore. Viene consigliato di porre diagnosi non prima della fine della terza classe di scuola primaria poiché la scrittura a mano può risultare difficoltosa da automatizzare. Gli strumenti diagnostici più utilizzati in ambito di disgrafia sono i seguenti:

- BVSCO-2 – Batteria per la valutazione della competenza ortografica (Tressoldi et al., 2013): valutazione della fluenza attraverso la prassie della scrittura;
- Scala BHK (adattamento italiano di Di Brina & Rossini, 2011): valutazione della leggibilità del tratto grafico;

- DGM-P (Borean et al., 2012): valutazione delle difficoltà grafo-motorie e posturali della scrittura

### **1.3.5 Discalculia evolutiva**

La discalculia evolutiva o disturbo specifico del calcolo è un disturbo dell'acquisizione e/o dell'apprendimento del calcolo, che interessa non solo il calcolo (calcolo a mente, fatti aritmetici, esecuzione delle procedure di calcolo scritte), ma anche altri aspetti relativi al numero e alla quantità, come la produzione o la comprensione delle quantità e il riconoscimento dei simboli numerici (Mammarella et al., 2019). È possibile porre diagnosi di discalculia evolutiva (ISS, 2022) nei seguenti casi:

- A partire dalla fine della classe terza della scuola primaria;
- In caso di prestazione lenta e/o inaccurata al di sotto del 5° percentile in almeno metà delle seguenti competenze:
  - o Elaborazione delle quantità simboliche e abilità di transcodifica di numeri
  - o Ragionamento numerico
  - o Recupero di fatti aritmetici
  - o Calcolo a mente e scritto elementare
- In presenza di resistenza al trattamento

Gli strumenti diagnostici più utilizzati in ambito di discalculia evolutiva sono i seguenti:

- AC-MT 3 - Batteria per la valutazione delle abilità di calcolo e del ragionamento matematico (Cornoldi et al., 2020);
- BDE-2 – Batteria per la valutazione della discalculia evolutiva (Biancardi et al., 2016);
- MT-3 Avanzate Clinica (Cornoldi et al., 2017);
- Discalculia Test (Lucangeli et al. 2009).

In ambito di identificazione precoce, si raccomanda di valutare, nell'ultimo anno della scuola dell'infanzia e nel primo anno di scuola primaria, eventuali difficoltà in compiti riguardanti le competenze simboliche, concettuali e procedurali nel conteggio, le funzioni esecutive e la memoria di lavoro visuo-spaziale. Problemi in queste aree possono rappresentare indicatori predittivi di future difficoltà nel calcolo e nella risoluzione di problemi aritmetici (ISS, 2022).

## 1.4 Diagnosi differenziale

In riferimento al DSM-5-TR (APA, 2022), prima di porre diagnosi di disturbo specifico dell'apprendimento è doveroso prendere in considerazione quelli che sono stati individuati dal manuale stesso come fattori di esclusione. Risulta, innanzitutto necessario verificare che le problematiche non siano riconducibili a difficoltà di apprendimento, quindi transitorie e sensibili al trattamento, ma piuttosto a dei veri e propri disturbi, quindi resistenti al trattamento. In secondo luogo, le problematiche non devono essere meglio spiegate da un funzionamento cognitivo sotto norma, ossia il soggetto non deve presentare un quoziente intellettivo al di sotto di una deviazione standard (equivalente ad un valore di 85). Le problematiche non devono, poi, essere meglio spiegate dalla presenza di: deprivazioni nella sfera sensoriale o neurologica,

differenze culturali che possono interferire con l'apprendimento, scarso supporto familiare, condizioni ambientali sfavorevoli, un funzionamento cognitivo generale sotto norma, dalla presenza di schizofrenia o altri disturbi psicotici e da prestazioni scolastiche deficitarie associate all'ADHD. Circa quest'ultima specificazione viene fatta una distinzione tra un Disturbo Specifico dell'Apprendimento e prestazioni scolastiche scarse in associazione con ADHD, poichè nel secondo caso tale problematica potrebbe non riflettere difficoltà specifiche nell'apprendimento, ma piuttosto a livello di prestazione. Tuttavia, la comorbidità dei DSA e ADHD è molto diffusa, quindi se il soggetto soddisfa i criteri diagnostici di entrambi i disturbi è possibile la diagnosi di entrambi (APA, 2022).

## 1.5 Epidemiologia

Secondo il DSM-5-TR (APA, 2022), la prevalenza di DSA viene stimata tra 5-15% per quanto riguarda i soggetti in età scolare, mentre la stima di prevalenza negli adulti è sconosciuta. Nel contesto italiano, dal 2010-2011, anno di promulgazione della rinomata legge 170, la percentuale di diagnosi è cresciuta significativamente. In quell'anno, infatti, la percentuale era circa dello 0,7%. Nell'anno scolastico 2016-2017 la percentuale era già del 2,9%, per arrivare al 2020-2021 in cui il tasso di incidenza è del 5,42%. Un tale aumento può avere molteplici spiegazioni, tra cui l'aumento della sensibilità al tema e ad una conseguente maggiore attenzione nell'individuazione da parte di insegnanti e Servizi (Vio et al., 2022). La distribuzione territoriale in Italia (aggiornata all'anno scolastico 2016/2017) mostra una maggiore concentrazione di casi nelle regioni del Nord-Ovest (4,5%). Anche nelle regioni del Nord-Est e del Centro si sono riscontrate alte percentuali di incidenza di studenti con DSA (rispettivamente del 3,5% e del 3,3%). Le regioni Meridionali, invece, si discostano dal resto del territorio italiano mostrando una percentuale di incidenza di circa l'1,4% (Vio et al., 2022). Circa l'incidenza di questo disturbo tra maschi e femmine, già nel

1988, Johnson osservava una maggiore presenza di problemi di lettura nei maschi, differenza che è stata associata a fattori genetici, neurologici ed ambientali. Più recentemente, Toffalini e colleghi (2017) hanno analizzato la banca dati AIRIPA dalla quale è emerso un rapporto 1,5:1 fra maschi e femmine. Differenze di genere nei DSA sono state spiegate in riferimento a fattori biologici, tra cui la lateralizzazione cerebrale, e a fattori ambientali (Quinn, 2018).

## 1.6 Fattori di rischio nei Disturbi Specifici dell'Apprendimento

Nei DSA spesso l'attenzione è focalizzata sui problemi che si manifestano negli apprendimenti trascurando i problemi che ci possono essere a livello di profilo cognitivo e neuropsicologico. Focalizzare l'attenzione su questi ultimi problemi è fondamentale in termini di individuazione precoce poiché queste problematiche si manifestano spesso ben prima dell'età scolare, e perché tali problemi possono essere associati ai problemi di apprendimento. È quindi opportuno in sede di valutazione dei DSA dare particolare importanza al colloquio anamnestico. Sono infatti stati individuati numerosi fattori di rischio di varia natura associati ai DSA e/o allo sviluppo di DSA, tra cui:

- Fattori prettamente biologici, come il rischio 2,5 superiore nei maschi rispetto alle femmine (Sauver et al., 2001) oppure la familiarità (Lyytinen et al., 2001; Lyytinen et al., 2004; Torppa et al., 2006);
- Fattori ambientali legati a fattori biologici, tra cui l'esposizione a più di due anestesie generali (dopo il parto) entro di quarto anno di vita (Sprung et al., 2009; Wilder et al., 2009) oppure l'esposizione prenatale alla cocaina (Morrow et al., 2006);

- Fattori psicologici nei primi anni di vita, come tratti temperamentali precoci (Cornoldi, 2019) oppure una diagnosi di disturbo del linguaggio (Tomblin et al., 2000).

## 1.7 Modelli teorici di riferimento

Per quanto riguarda i modelli teorici della dislessia evolutiva, in letteratura sono presenti diversi modelli attraverso cui è possibile interpretare tale disturbo, ma i più accreditati sembrano essere il modello a due vie (Coltheart et al., 2001; Temple, 1997) e il modello evolutivo (Frith, 2017). Le principali assunzioni del modello a due vie prevedono che i processi cognitivi necessari per la decodifica della parola possano attivare due diverse vie, ossia quella fonologica o sublessicale, che si basa su regole di trasformazione del testo scritto in fonemi corrispondenti, e quella diretta o lessicale, la quale permette di riconoscere la parola scritta in maniera immediata poiché risulta familiare. Tale modello risulta indicato per gli studenti della scuola secondaria di primo grado a seguito di un'analisi che indica che la compromissione della processazione lessicale diretta della parola è presente solo nei bambini di età superiore a 10 anni (Vio & Toso, 2012). Per bambini di età inferiore ai 10 anni risulta più appropriato il modello evolutivo di Uta Frith, il quale prevede quattro stadi di apprendimento dell'abilità di lettura. Nel primo stadio, pittografico, per il bambino le parole sono come disegni e il bambino ha la capacità di associare la parola al suo relativo disegno. Nel secondo stadio, logografico, il bambino riconosce che il suono di una determinata parola corrisponde al suo disegno, ma ancora non si conoscono né i singoli suoni né le singole lettere. Nel terzo stadio, alfabetico, il bambino impara a discriminare le varie lettere ed è in grado operare conversioni e associazioni grafema-fonema. Nel quarto e ultimo stadio, ortografico, il bambino acquisisce e automatizza progressivamente il riconoscimento di parti sempre più ampie della parola scritta fino ad arrivare all'automatizzazione di parole intere.

In letteratura tra i più accreditati modelli in ambito di comprensione del testo si trova il modello “*Simple View of Reading*” (Gough & Tunmer, 1986), il quale asserisce che il livello di comprensione può essere predetto dall’interazione tra i fattori di decodifica e di comprensione linguistica, i quali sono in relazione con uno sguardo evolutivo. Nelle prime fasi di apprendimento, la decodifica riveste maggiore importanza mentre, dopo l’avvenuta automatizzazione dell’abilità, è la comprensione linguistica a diventare cruciale. In aggiunta, le componenti specifiche della comprensione includono la capacità di riconoscere personaggi, luoghi, tempi e fatti, di cogliere i nessi e le sequenze dei fatti, di utilizzare gli elementi linguistici, di collegare informazioni presenti nel testo, di fare inferenze, di riconoscere le caratteristiche e gli elementi del testo e di costruirsi un modello mentale di ciò che si sta leggendo. Queste abilità sono fondamentali per la comprensione e implicano un processo attivo di costruzione di un modello mentale, la capacità di adattare l’approccio al testo in base alle sue caratteristiche e la capacità di individuare errori e incongruenze nel testo (De Beni, 2003).

In continuità con il modello evolutivo di Uta Frith riguardo la lettura, il modello più accreditato in letteratura in ambito di disortografia evolutiva risulta essere il modello di apprendimento della scrittura (Frith, 1985), anch’esso è composto da 4 stadi. Nel primo stadio, logografico, il bambino scrive le parole come se fossero dei disegni. Nel secondo stadio, alfabetico, il bambino unisce le consonanti alle vocali e forma la sillaba per poi, attraverso l’analisi di singole lettere, formare la parola. Nel terzo stadio, ortografico, il bambino analizza e unisce diversi gruppi consonantici per formare le parole. Nel quarto e ultimo stadio, lessicale, la parola viene recuperata dal bambino attraverso la sua forma ortografica del lessico specifico nel quale è memorizzata.

Il modello interpretativo relativo alla disgrafia risulta essere il modello interpretativo della scrittura di Margolin (1984) e Denes e Cipollotti (1990). Tutto parte dalla parola udita che, se è conosciuta, permette al lessico grafemico di recuperare l’orto-

grafia necessaria. Se la parola non è conosciuta si passa attraverso la via fonologica utilizzando il meccanismo di conversione fonema-grafema. Successivamente il buffer grafemico aiuta a mantenere attive le tracce mnestiche fino a che queste non vengono codificate dal pattern grafo-motorio in modo da passare all'esecuzione scritta.

Circa la discalculia evolutiva, in letteratura sono presenti diversi modelli attraverso cui è possibile interpretare l'acquisizione delle abilità numeriche e del calcolo (*e.g.*, modello del triplo codice di Dehaene, 1992, 1999, 2010; modello modulare di McCloskey et al., 1985, 1992; modello di rappresentazione del numero e delle quantità di Butterworth, 2005; Butterworth et al., 2011). Per molto tempo si è fatto riferimento al modello del triplice codice di Dehaene (1992, 1999, 2010), in cui l'autore descrive tre codici distinti per la rappresentazione numerica: il codice visivo-arabico, il codice verbale e il codice analogico di quantità. Il primo si concentra sull'interpretazione visiva dei numeri e coinvolge le aree occipito-temporali inferiori ventrali. Il secondo è responsabile della rappresentazione linguistica dei numeri, coinvolgendo aspetti come il lessico, la sintassi e la fonologia, con l'attivazione del giro angolare sinistro. Infine, il codice analogico di quantità gestisce la percezione non-verbale e analogica della quantità, coinvolto in giudizi di grandezza e ordine, sia nella dimensione cardinale che ordinale, con l'attivazione del solco intraparietale, visibile in compiti di stima, calcoli approssimativi e subitizing. Nello studio del 2011, Butterworth e colleghi, affermano che la discalculia è caratterizzata da un singolo core deficit, ossia nella incapacità di identificare la quantità di oggetti in un insieme. Gli autori sostengono, inoltre, che il deficit di rappresentazione numerica abbia nella discalculia evolutiva lo stesso ruolo che la competenza fonologica ha nella dislessia.



## Capitolo 2

# Ansia per la matematica nei DSA: Prestazione matematica e correlati psicofisiologici

In questo capitolo verrà definita e approfondita l'ansia per la matematica, un costrutto che negli ultimi decenni ha interessato numerosi ricercatori nell'ambito dei fattori emotivi che entrano in gioco nell'apprendimento della matematica. Verranno poi riportate le evidenze presenti in letteratura sulla prestazione e l'ansia per la matematica nei Disturbi Specifici dell'Apprendimento.

### 2.1 Definizione di ansia per la matematica

L'ansia per la matematica (MA) negli anni è stata definita in molti modi: nel 1972 fu definita da Richardson e Suinn come *“una sensazione di tensione e ansia che interferisce con la manipolazione dei numeri e la risoluzione di problemi matematici in un'ampia varietà di situazioni di vita quotidiana e accademiche”*, sottolineando la sua pervasività in diversi contesti. Lazarus nel 1974 la definisce come *“un irrazionale timore della matematica”*, mentre Ashcraft nel 2002 la descrive come *“un sentimento di tensione, apprensione o paura che interferisce con la prestazione matematica”*,

concentrandosi sul contesto accademico e allargando anche ad una sensazione di paura. Ciò che tutte le definizioni date negli anni hanno in comune è la descrizione di un sentimento negativo causato da situazioni legate alla matematica che hanno ricadute sulla prestazione matematica. È proprio per la causa scatenante che, nonostante condivide alcuni aspetti con altre forme d'ansia (*e.g.*, ansia generalizzata o ansia da test), l'ansia per la matematica è un costrutto separato (Hembree, 1990; Kazelskis et al., 2000). Per anni alcuni studiosi hanno trattato il tema dell'ansia per la matematica considerandola un costrutto unidimensionale (*e.g.*, Richardson & Suinn, 1972) tuttavia, grazie alle crescenti evidenze degli ultimi anni, dall'ultimo decennio c'è accordo in letteratura nel ritenere l'ansia per la matematica un costrutto multidimensionale (Ganley & McGraw, 2016; Cipora et al., 2022). In letteratura, infatti, viene affermato che l'ansia per la matematica abbia componenti cognitive, emotive e psicofisiologiche (Ashcraft et al., 2019; Cipora et al., 2019). Nello specifico, similmente all'ansia da test (Liebert & Morris, 1967), la concettualizzazione condivisa maggiormente in letteratura prevede che l'ansia per la matematica sia divisa in due componenti principali (Dowker et al., 2016; Ho et al., 2000): una componente cognitiva (“*worries*”), che comprende aspettative negative, preoccupazioni e la paura del fallimento nella prestazione, e una componente affettiva, che comprende sentimenti di nervosismo, paura e tensione insieme a reazioni fisiologiche spiacevoli legate ad un contesto di apprendimento. Circa la componente cognitiva, numerosi studi (*e.g.*, Chang & Beilock, 2016; Eysenck et al., 2007; Eysenck & Calvo, 1992) suggeriscono che le preoccupazioni e i pensieri intrusivi potrebbero interferire con alcune risorse cognitive, tra cui la memoria di lavoro, con conseguenze negative per gli individui con elevata ansia per la matematica, i quali mostrano performance inferiori in compiti matematici che si basano prevalentemente sulla memoria di lavoro (*e.g.*, addizioni col riporto) (Ashcraft & Kirk, 2001; Pellizzoni et al., 2022). Circa la componente affettiva, un'alta attivazione emotiva potrebbe fungere da stimolo e aumentare la motivazione andando a migliorare la prestazione, oppure potrebbe saturare le risorse

del soggetto ed avere un effetto peggiorativo sulla prestazione (Seery, 2011).

### 2.1.1 Incidenza nella popolazione generale

Stimare l'incidenza degli studenti con ansia per la matematica è molto complicato, poiché naturalmente questa dipende dai criteri che vengono adottati e purtroppo non esiste in letteratura un consenso sui criteri (Cipora et al., 2019). Richardson e Suinn per primi nel loro studio del 1972 stimano un'alta ansia per la matematica in circa l'11% degli studenti universitari. Successivamente, Chinn nel suo studio del 2009, utilizzando criteri molto restrittivi, stima l'incidenza dell'ansia per la matematica tra il 2 e il 6% tra gli studenti della scuola secondaria. Tuttavia, nell'ultimo decennio tale costrutto ha iniziato ad essere preso in considerazione a livello mondiale per via dell'alta incidenza riportata dalle indagini svolte dal *Programme for International Student Assessment* (PISA), cui hanno partecipato 65 Paesi, nelle quali circa il 33% degli studenti ha riportato un senso di impotenza nella risoluzione di compiti matematici (OECD, 2013, 2016). Tali dati evidenziano anche l'esistenza di una discrepanza di genere: infatti il 24,4% delle studentesse riporta alti livelli di ansia per la matematica, mentre la percentuale di ragazzi che riportano alti livelli di ansia per la matematica risulta il 15%. Tale differenza nel nostro Paese risulta ancora più marcata: 48,5% nelle ragazze e 37,8% nei ragazzi (*ibidem*). Circa l'età di insorgenza, alcuni studi (*e.g.*, Foley et al., 2017; Ramirez et al., 2016) hanno rilevato che l'ansia per la matematica può insorgere già nei primi anni della scuola primaria, ossia tra i 6 e gli 8 anni, in coincidenza con le prime valutazioni scolastiche.

## 2.1.2 Eziologia e fattori di rischio

L'ansia per la matematica è un costrutto complesso, la cui insorgenza sembra essere determinata dalla combinazione di fattori biologici e contestuali quali la presenza di predisposizioni cognitive, ripetute esperienze negative nei confronti della matematica (Maloney & Beilock, 2012; Wang et al., 2014) e la predisposizione all'ansia generalizzata (Donolato et al., 2020; Dowker et al., 2016). Spesso le prime interazioni tra questi fattori, che vanno poi a porre le basi per l'ansia per la matematica, avvengono nelle fasi iniziali della scolarizzazione formale, talvolta anche con le prime fasi dell'apprendimento (Beilock & Maloney, 2015). Sono due le abilità che alcuni studi hanno visto risultare deficitarie nei soggetti con alta ansia per la matematica: difficoltà visuo-spaziali (Eden et al., 2013; Ferguson et al., 2015; Maloney et al., 2012) e difficoltà nella cognizione numerica (Maloney et al., 2011). Tali studi hanno ipotizzato che queste difficoltà potrebbero risultare dei fattori di rischio nell'insorgenza dell'ansia per la matematica poiché, sia scarse abilità visuo-spaziali che una poco precisa stima di grandezza, possono costituire un grande ostacolo nell'apprendimento e nella prestazione matematica; quindi, tali difficoltà possono portare questi studenti ad essere più predisposti a vissuti negativi circa la matematica (Suárez-Pellicioni et al., 2016). È doveroso, tuttavia, sottolineare il fatto che non c'è accordo in letteratura sul fatto che deficit a livello di abilità numeriche di base quali la cognizione numerica possano compromettere l'apprendimento di abilità matematiche di più alto livello (*e.g.*, Bugden et al., 2021; Sasanguie et al., 2013). Tra i fattori ambientali che possono contribuire all'insorgenza dell'ansia per la matematica, oltre alle esperienze scolastiche, si annoverano anche le caratteristiche della famiglia e il rapporto con gli insegnanti (Rubinsten et al., 2018); è stato rilevato che i figli di genitori che hanno fatto esperienza di sentimenti negativi nei confronti della matematica tendono a dimostrare prestazioni matematiche peggiori (Beilock et al., 2010; Berkowitz et al., 2015) e un aumento dei livelli di ansia per la matematica nello svolgimento dei compiti se affiancati dai genitori (Maloney et al.,

2015). Gli insegnanti possono anch'essi trasmettere sentimenti di ansia nei confronti della matematica e tale fenomeno pare essere particolarmente vero in insegnanti femmine nei confronti di studentesse (Beilock et al., 2010).

Riassumendo, se i bambini iniziano la scuola formale avendo già difficoltà con la matematica, talvolta legate a fattori biologici ed ambientali, e iniziano a sperimentare esperienze negative legate alla matematica, avranno più probabilità di sviluppare sentimenti ansiosi nei confronti della stessa. Ciò verosimilmente li porterà ad evitare in futuro situazioni legate alla matematica, andando ad innescare un circolo vizioso che andrà ad acuire i vissuti ansiosi legati alla matematica (Maloney & Beilock, 2012).

## **2.2 Misurare l'ansia per la matematica**

A differenza di molti oggetti facenti parte della nostra vita quotidiana che possono essere visti e toccati, l'ansia per la matematica, essendo un costrutto psicologico, necessita di strumenti che siano chiaramente affidabili e validi (Cipora et al., 2019). In questo elaborato saranno illustrati i principali strumenti per la misurazione dell'ansia per la matematica, oltre ad introdurre approcci meno comuni in letteratura, come le misure psicofisiologiche.

### **2.2.1 Ansia per la matematica di tratto e di stato**

Una delle più importanti distinzioni nella ricerca sull'ansia è la differenziazione tra ansia di tratto e ansia di stato (Endler & Kocovski, 2001). Tale differenziazione è risultata essere valida anche per l'ansia per la matematica, rivelando delle discrepanza tra l'ansia di stato per la matematica e l'ansia di tratto per la matematica (Bieg et al., 2015; Roos et al., 2015). L'ansia di tratto per la matematica si riferisce ad una caratteristica di personalità duratura e non modificabile, solitamente misurata tramite questionari *self-report*. L'ansia di stato per la matematica si riferisce alle

risposte emotive e cognitive attuate in presenza di una situazione stressante legata alla matematica; quest'ultima può essere valutata solamente con misure di stato (Lievore et al., 2024; Mammarella et al., 2023). Nonostante queste evidenze, in letteratura l'ansia per la matematica è stata spesso studiata tramite questionari *self-report*, trattando quindi questa forma d'ansia come un tratto stabile (Lievore et al., 2024). Di conseguenza, la ricerca circa l'ansia di stato per la matematica è limitata e risulta quindi necessario operare questa differenziazione ed ampliare la ricerca riguardo l'ansia di stato per la matematica tramite l'utilizzo di strumenti specifici (Cipora et al., 2022; Mammarella et al., 2023).

## 2.2.2 Strumenti di valutazione

Come si è potuto evincere dai paragrafi precedenti, i metodi più utilizzati per misurare l'ansia per la matematica sono questionari *self-report*. Il primo strumento ad essere stato sviluppato specificatamente per la misurazione dell'ansia per la matematica è stato il questionario *Mathematics Anxiety Rating Scale* (MARS; Richardson & Suinn, 1972), la cui versione originale comprende 98 item che coprono sia situazioni di vita quotidiana che accademiche. Tuttavia, per via dell'elevato numero di item, la sua somministrazione risulta molto dispendiosa in termini di tempo. Per ovviare a questo limite molti ricercatori hanno provato ad elaborare delle versioni ridotte che mantenessero le proprietà psicometriche della scala originale. Plake e Parker nel 1982 sono riusciti in questo intento sviluppando il questionario *Mathematics Anxiety Rating Scale - Revised* (MARS-R), il quale comprende 24 item mantenendo delle ottime proprietà psicometriche. Hopko nel 2003 suggerì poi una versione ulteriormente abbreviata composta da soli 12 item senza perdita di qualità delle proprietà psicometriche. Nello stesso anno, Hopko et al. (2003a) presentarono quella che è la scala per l'ansia per la matematica più utilizzata al giorno d'oggi, ossia il questionario *Abbreviated Math Anxiety Scale* (AMAS). Tale questionario risulta così tanto utilizzato ed è stato tradotto in numerose lingue, tra cui anche in italiano

(Caviola et al., 2017), per via del fatto che è composto da 9 item e quindi la sua somministrazione risulta molto breve, ma al contempo ha delle ottime proprietà psicometriche (Cipora et al., 2017; Hopko et al., 2003<sup>a</sup>). Inoltre, un altro vantaggio di questo questionario è l'ampio range di età, può infatti essere somministrato sia a studenti della scuola secondaria di secondo grado (Cipora et al., 2019) sia a studenti di 11 anni di età (Devine et al., 2012). In letteratura vi sono anche delle misure specificatamente costruite per indagare l'ansia per la matematica per i bambini; Barroso et al. (2020) nella loro metanalisi hanno categorizzato queste scale in 6 categorie che sono di seguito riportate:

- a) *Math Anxiety Rating Scale – Elementary* (MARS-E; Suinn et al., 1988);
- b) *Scale for Early Mathematics Anxiety* (SEMA; Wu et al., 2012);
- c) Le versioni del *Math Anxiety Scale for Young Children* (MASYC; Ganley & McGraw, 2016; Harari et al., 2013);
- d) *Children's Math Anxiety Questionnaire* (CMAQ; Ramirez et al., 2013);
- e) *Math Anxiety Questionnaire* (MAQ; Thomas & Dowker, 2000).

Ciascuna di queste categorie indagano una diversa componente dell'ansia per la matematica: preoccupazioni (a), emotività (b), preoccupazioni ed emotività (c), ansia da valutazione matematica (d), ansia da apprendimento della matematica (e). Malgrado l'ottima affidabilità psicometrica e la validità di costrutto dei questionari *self-report*, questi presentano delle criticità. Ad esempio, richiedono un certo livello di metacognizione quindi la loro somministrazione per alcuni gruppi clinici e per i bambini potrebbe risultare problematica (Cipora et al., 2019) oppure le risposte agli item potrebbero essere influenzate da fattori inconsci, come la desiderabilità sociale oppure credenze soggettive (Cipora et al., 2019; Robinson & Clore, 2002; Roos et al., 2015). Per tale ragione risulta utile affiancare alla misurazione dell'ansia per la matematica delle misure alternative (*e.g.*, misure comportamentali e misure

fisiologiche). Riguardo le misure comportamentali, gli indici più utilizzati e validi sono i tempi di reazione (RT) e l'accuratezza relativi ai compiti matematici, poiché entrambi si sono rivelati essere associati ai livelli di ansia per la matematica (Ashcraft & Faust, 1994): soggetti con bassa ansia per la matematica mostrano minori tempi di reazione e una maggiore accuratezza, mentre soggetti con alti livelli di ansia per la matematica mostrano una bassa accuratezza associata a tempi di reazione relativamente bassi.

### **2.2.3 Correlati psicofisiologici dell'ansia per la matematica**

Per superare i limiti sopracitati dei questionari self-report, una soluzione valida potrebbe consistere nell'utilizzo di misure implicite per la misurazione dell'ansia per la matematica, che non si basano sull'autovalutazione dei soggetti ma sulle loro reazioni automatiche (Avancini & Szucs, 2019) dal momento che una delle caratteristiche dell'ansia è l'attivazione di processi cognitivi e fisiologici per indurre una risposta comportamentale quanto più rapidamente possibile (Eysenck et al., 2007). Riuscire ad interpretare quindi le risposte fisiologiche elicitate da situazioni relative alla matematica potrebbe aiutare a superare i limiti delle misure self-report (Avancini & Szucs, 2019). Tali misure psicofisiologiche sembrano riflettere l'attività del sistema nervoso autonomo (Kreibig & Gendolla, 2014; Thayer et al., 1996) che gioca un ruolo cruciale nella risposta a situazioni stressanti, grazie al lavoro di due principali rami efferenti: il sistema nervoso simpatico e il sistema nervoso parasimpatico (Buijs, 2013). Specificatamente, l'ansia è caratterizzata da un'attivazione simpatica e una deattivazione parasimpatica le quali causano, ad esempio, un aumento della frequenza e una diminuzione della variabilità interbattito (Benedek & Kaernbach, 2010; Kreibig, 2010).

La letteratura presente riguardante la frequenza cardiaca come misura psicofisiologica dell'ansia per la matematica è limitata e gran parte degli studi indicano che tale misura (calcolata considerando il numero di battiti per minuto) correla debol-

mente con le misure *self-report* e altre misure implicite (ossia che non richiedono al soggetto di riportare la valutazione soggettiva della variabile misurata). Ad esempio, in uno studio in cui l'ansia era indotta tramite l'aumento di diossido di carbonio all'interno della stanza, si è visto che la frequenza cardiaca aumentava in relazione alla manipolazione sperimentale ma non c'erano differenze di attivazione tra i soggetti con alti livelli di ansia per la matematica e soggetti con bassi livelli di ansia per la matematica (Hopko et al., 2003<sup>b</sup>). Ancora, in un altro studio non è stata trovata una correlazione tra le differenze osservate tra punteggi ottenuti nel questionario AMAS e le differenze nella modulazione della frequenza cardiaca durante un compito attentivo legato alla matematica (Hopko et al., 2005). Sebbene analizzando la letteratura a riguardo sembri che l'utilizzo della frequenza cardiaca come misura dell'ansia per la matematica risulti inconcludente, è doveroso notare come i pochi studi utilizzino metodi e procedure di analisi molto differenti (Artemenko et al., 2015; Kreibig, 2010). Risulta quindi necessario nel prossimo futuro un metodo di ricerca più sistematico circa la bontà delle misure fisiologiche per misurare l'ansia per la matematica (Cipora et al., 2019).

Nonostante la frequenza cardiaca sia spesso considerata come indicatore di attivazione, esso varia grazie agli effetti di entrambi i sistemi, rendendo questa misura non possibile per indagare l'attività di un singolo sistema. Questo perché, come già accennato in precedenza, la risposta del sistema nervoso centrale a situazioni percepite come stressanti (*e.g.*, compito di matematica) prevede l'attivazione del sistema nervoso parasimpatico e l'inibizione del sistema nervoso simpatico. A tal proposito, l'attività del ramo parasimpatico sul nodo seno-atriale, detta attività vagale (poiché mediato dall'attività nel nervo vago), agisce riducendo la frequenza cardiaca (Mammarella et al., 2023; Porges, 2007) ed incrementando la durata del periodo cardiaco, ossia il lasso di tempo misurato in millisecondi tra un battito cardiaco e il successivo, per riposarsi e recuperare dallo stress (Buijs, 2013). Nello specifico, la variazione di tempo che intercorre tra un battito e il successivo, detta

“*heart rate variability*” (HRV), ricopre un importante ruolo nella regolazione emotiva e sulla capacità di adattarsi alle richieste ambientali situazionali (Appelhans & Luecken, 2006). Il metodo più rapido e semplice per misurare l’HRV è l’utilizzo dell’elettrocardiogramma (ECG), dal quale si ricavano poi, mediante degli algoritmi, i picchi delle onde R per analizzare gli intervalli tra battiti. Tra i diversi metodi, quelli relativi al dominio del tempo vengono spesso applicati al calcolo del controllo cardiaco parasimpatico da parte degli indici HRV, analizzando gli intervalli che intercorrono tra differenti punti in un ciclo cardiaco (Laborde et al., 2017; Quintana et al., 2016). L’indice più utilizzato in questa categoria di metodi è la radice quadrata dei successivi differenziali (RMSSD) dei normali intervalli che intercorrono tra un onda R e l’altra; l’unità di misura di questo indice sono i millisecondi (ms). Nel caso di brevi registrazioni ECG, questo indice si rivela particolarmente utile per valutare l’HRV a breve termine poiché riflette rapidi cambiamenti a livello di frequenza cardiaca (Berntson et al., 1997).

Evidenze in letteratura sostengono esista un forte collegamento tra HRV e funzionamento affettivo sociale (Porges, 2001, 2003, 2007), infatti l’HRV è un indice che riflette la capacità di autoregolarsi durante una situazione percepita come stressante (*e.g.*, situazione sociale). Ciò risulta rilevante nello studio dell’ansia per la matematica poiché spesso gli aspetti contestuali sociali assumono un ruolo chiave nello sviluppo e nel mantenimento dell’ansia per la matematica. Ad esempio, Beilock e colleghi (2010) hanno trovato una possibile interazione tra caratteristiche individuali e contesto ambientale nel modellare l’esperienza dell’ansia per la matematica in contesti specifici. Infatti, gli studenti sembrano mostrare minori livelli di ansia per la matematica in contesti diversi da quello scolastico, verosimilmente perché il clima percepito e le interazioni sociali (*e.g.*, con i genitori al posto che con gli insegnanti) differiscono in maniera significativa rispetto al contesto classe e le conseguenze di un fallimento nella prestazione matematica è percepito come meno importante (Henschel, 2018). Altro esempio della rilevanza degli aspetti sociali nell’ansia per la matematica

è lo studio effettuato da Newstead (1998), nel quale un gruppo di bambini hanno rivelato dei vissuti ansiosi legati non al mero svolgimento delle operazioni, ma alla presenza degli insegnanti e dei pari durante il loro svolgimento.

## 2.3 Ansia per la matematica e prestazione matematica

La quasi totalità degli studi presenti in letteratura indicano una moderata correlazione negativa tra l'ansia per la matematica e la prestazione matematica (*e.g.*, Caviola et al., 2022; Hembree, 1990; Zhang et al., 2019). Le possibili cause di questa relazione negativa sono molteplici: alcuni sostengono che i vissuti negativi associati alla matematica inducano i soggetti a mettere in atto delle condotte evitanti nei confronti di una qualsiasi attività legata alla matematica (Ashcraft, 2002; Hembree, 1990). Di conseguenza i soggetti che evitano la matematica avranno meno occasioni per migliorarsi rispetto ai soggetti con vissuti maggiormente positivi riguardo la matematica. Un'altra possibile spiegazione è il fatto che alti livelli di ansia per la matematica sono spesso associati a un maggior numero di pensieri intrusivi e preoccupazioni che vanno a saturare le risorse di memoria di lavoro che altrimenti avrebbero potuto essere impiegate nella risoluzione di problemi matematici (Ashcraft & Kirk, 2001; Ashcraft & Ridley, 2005; Eysenck & Calvo, 1992).

Sebbene la relazione tra prestazione matematica e ansia per la matematica sia chiara, lo stesso non si può dire per la causalità della relazione (Carey et al., 2016), ovvero è l'ansia per la matematica a causare una peggiore prestazione matematica oppure viceversa? Per provare a dare una risposta a questa domanda sono state elaborate diverse teorie. Secondo la Deficit Theory (Tobias, 1986), spesso una scarsa prestazione in matematica potrebbe elicitare l'ansia per la matematica. A supporto della direzione data da questa teoria, numerosi sono gli studi che mostrano maggiori livelli di ansia per la matematica in bambini e ragazzi con discalculia evolutiva

(*e.g.*, Lai et al., 2015; Passolunghi, 2011). Alcuni ricercatori (*e.g.*, Maloney et al., 2011) sostengono che l'insorgenza dell'ansia per la matematica può essere dovuta ad un deficit a livello di abilità numeriche di base, quali la cognizione numerica, che porterebbero i soggetti a sviluppare un rapporto negativo con la matematica fin dai primi anni di scolarizzazione. Sono poi presenti alcuni studi genetici i cui risultati sono concordi con i risultati dello studio precedentemente descritto; infatti, uno di questi studi afferma che il 9% della variabilità totale dell'ansia per la matematica è spiegata da geni legati all'ansia generalizzata e il 12% da geni correlati alla cognizione numerica (Wang et al., 2014). Questi risultati indicano che, almeno in parte, l'ansia per la matematica potrebbe essere spiegata da deficit a livello di cognizione numerica.

Contrariamente a quanto affermato dal modello appena presentato, il *Debilitating Anxiety Model* sostiene che l'ansia per la matematica può incidere negativamente sulle fasi di pianificazione e recupero delle conoscenze matematiche, andando così a pregiudicare una scarsa prestazione matematica (Carey et al., 2016). Evidenze a favore di questa teoria, emergono dalla metanalisi del 1990 di Hembree nella quale risulta che studenti con alti livelli di ansia per la matematica tendono ad evitare le situazioni legate alla matematica, suggerendo che l'ansia per la matematica potrebbe portare questi studenti a ridurre le occasioni di apprendimento andando a influenzare negativamente la prestazione matematica. In letteratura ci sono poi evidenze secondo cui le preoccupazioni interferiscono con determinati processi cognitivi utili ai fini della prestazione matematica (*Processing Efficiency Theory*; Eysenck & Calvo, 1992). Nello specifico, pensieri intrusivi e preoccupazioni sovraccaricano la capacità, già limitata, della memoria di lavoro compromettendo così la prestazione matematica. Successivamente è stata poi proposta una teoria che può essere considerata un'evoluzione della precedente: l'*Attentional Control Theory* (Eysenck et al., 2007). Tale teoria aggiunge l'esistenza di un sistema interno guidato dallo stimolo e un sistema diretto all'obiettivo. Talvolta, in presenza di stimoli salienti, il primo può riorientare l'attenzione sullo stimolo saliente (*e.g.*, agente stressante) a discapito del

raggiungimento di un obiettivo (*e.g.*, compito matematico).

Infine, a fare da mediatore tra queste due macro-teorie che ipotizzano direzioni opposte, è stata sviluppata la *Reciprocal Theory* che sostiene l'esistenza di una relazione di natura bidirezionale tra ansia per la matematica e prestazione matematica (Carey et al., 2016). Tale teoria spiega, infatti, come le evidenze discordanti a sostegno della *Deficit Theory* e del *Debilitating Anxiety Model* possano indicare la vera natura della relazione tra ansia per la matematica e prestazione matematica: un vissuto ansioso potrebbe infatti causare un rendimento inferiore in alcuni soggetti ed al contempo l'esperienza di ripetuti fallimenti nella prestazione potrebbero determinare un aumento dei livelli di ansia per la matematica; viene così a costituirsi un circolo vizioso (Jansen et al., 2013).

## 2.4 Ansia per la matematica e Disturbi Specifici dell'Apprendimento

È generalmente riconosciuto che una gran percentuale di studenti presenti delle difficoltà emotive e cognitive nei confronti della matematica (Hill et al., 2016; Hopko et al., 2002) ma non c'è altrettanto accordo in letteratura sull'incidenza dell'ansia relativa alla matematica in studenti che hanno difficoltà scolastiche (Caviola et al., 2019). Alcuni studi sostengono infatti che l'incidenza dell'ansia relativa alla matematica sia maggiore negli studenti con DSA (*e.g.*, Lai et al., 2015; Passolunghi, 2011; Wu et al., 2013), altri al contrario non evidenziano differenze in termini di incidenza tra studenti con DSA e i coetanei senza alcuna diagnosi (Mutlu, 2019; Wigfield & Meece, 1988). Devine et al. (2018) con il loro studio hanno contribuito a questo dibattito investigando la comorbilità tra ansia per la matematica e discalculia evolutiva in un campione di 1757 studenti di scuola primaria e secondaria di primo grado. I risultati di tale studio mostrano come il 10% degli studenti senza alcuna diagnosi presentassero alti livelli di ansia per la matematica, mentre gli studenti con

discalculia evolutiva che presentavano alti livelli di ansia per la matematica erano il 22%, andando così a supportare i risultati degli studi che evidenziano una maggiore incidenza di ansia per la matematica negli studenti con DSA. D'altra parte, però sul totale degli studenti che hanno mostrato alti livelli di ansia per la matematica il 77% di essi ricadeva nel gruppo senza alcuna diagnosi, o meglio negli studenti che avevano ottenuto una buona prestazione matematica. Quest'ultimo risultato va sia a disconfermare la credenza che l'ansia per la matematica equivalga meramente ad una scarsa prestazione in matematica (Beilock & Willingham, 2014), sia evidenzia che molti studenti con DSA non presentano alti livelli di ansia per la matematica. Su quest'ultimo risultato non esiste in letteratura una spiegazione univoca: si ipotizza che ciò possa essere dovuto alle basse aspettative che questi bambini e ragazzi circa la loro prestazione matematica oppure al basso valore che danno al successo in matematica (Eccles, 1994; Wigfield & Meece, 1988) o ancora che studenti con DSA non posseggano le abilità metacognitive necessarie per valutare accuratamente la loro prestazione matematica (Garrett et al., 2010).

Un importante contributo al dibattito sull'incidenza dell'ansia per la matematica negli studenti con DSA e sulle modalità in cui questa si manifesta viene dato dal recente studio di Lievore e colleghi (2024). I risultati dello studio, infatti, suggeriscono come gli studenti con DSA possono esperire in maniera specifica emozioni negative legate alla matematica che si possono manifestare attraverso determinate risposte affettive e cognitive. A tal proposito sono emersi dei pattern differenti negli studenti con e senza diagnosi di DSA: ad esempio, le preoccupazioni legate al compito sembrano avere un effetto migliorativo sulla prestazione matematica negli studenti senza alcuna diagnosi, mentre arousal e preoccupazioni si configurano, rispettivamente, come fattori protettivi e di rischio nel successo matematico degli studenti con DSA.

# Capitolo 3

## La ricerca

Nel presente capitolo saranno presentati gli obiettivi e le ipotesi di ricerca, il campione di riferimento, il metodo e gli strumenti utilizzati durante le varie fasi. Sarà inoltre approfondita la procedura di raccolta dati.

### 3.1 Obiettivi e ipotesi di ricerca

Dall'analisi della letteratura sappiamo che i contesti accademici e sociali possono essere fonte di stress e spesso si associano a emozioni spiacevoli, pensieri negativi e preoccupazioni. In particolare, tra le diverse materie scolastiche, la matematica appare elicitar con maggiore frequenza emozioni spiacevoli come, ad esempio, l'ansia (Hill et al., 2016). Per tale motivo negli ultimi decenni una consistente parte della letteratura si è occupata di provare ad individuare le variabili che entrano in gioco nell'ansia scolastica, riservando una particolare attenzione all'ansia per la matematica (Mammarella et al., 2019). Tuttavia, l'ansia per la matematica è stata studiata principalmente con questionari di tratto, lasciando da parte gli aspetti di stato misurabili attraverso altri metodi poiché spesso non considerati dei validi sostituti ai questionari auto-valutativi (Cipora et al., 2019). Lo scopo dello studio è stato quello di indagare, mediante un approccio multidimensionale, aspetti di stato soggettivi, comportamentali e fisiologici durante lo svolgimento di un compito computerizzato

di matematica in un campione di bambini e ragazzi con DSA a confronto con un gruppo senza alcuna diagnosi. I partecipanti hanno svolto due prove di matematica distinte dalla condizione contestuale: una prova sociale, in presenza di un'insegnante che valutava la prestazione, e una non sociale, in assenza della minaccia del giudizio sociale. È stato, infine, anche proposto un questionario con lo scopo di indagare le variabili di tratto legate all'ansia per la matematica.

Dalla letteratura sappiamo che alcune situazioni che avvengono nel contesto scolastico circa l'apprendimento della matematica, risultano spesso stressanti (Caviola et al., 2017) e che sentimenti negativi e situazioni stressanti possono interferire a diversi livelli con la prestazione matematica (Ashcraft & Kirk, 2001; Maloney & Beilock, 2012; Vukovic et al., 2013). Per tal motivo, risulta ragionevole ipotizzare una prestazione peggiore per entrambi i gruppi nella fase sociale rispetto alla fase non sociale. Inoltre, studenti con DSA hanno tendenzialmente un più basso concetto di sé e un livello d'ansia più elevato a confronto dei coetanei senza DSA (Heath & Wiener, 1996; Howard & Tryon, 2002). In particolare, circa i livelli d'ansia, Nelson e Harwood nel 2011, nella loro metanalisi hanno trovato una dimensione dell'effetto medio che va ad indicare che circa il 70% degli studenti con DSA presenta una sintomatologia ansiosa più marcata rispetto ai coetanei senza diagnosi. Dai risultati del presente progetto ci aspettiamo quindi, nel gruppo con DSA, dei livelli di arousal (attivazione emotiva) e di preoccupazioni maggiori e una percezione di competenza minore. In merito alle misure fisiologiche, l'ansia è caratterizzata da attivazione simpatica e disattivazione parasimpatica che causano una serie di reazioni fisiologiche, tra cui l'aumento della frequenza cardiaca (Benedek & Kaernbach, 2010; Kreibig, 2010). Tuttavia, in molti studi il battito cardiaco non si è rivelato una misura consistente nel misurare l'ansia (*e.g.*, Dew et al., 1984, Hopko et al., 2003, Hopko et al., 2005). La variabilità interbattito si è rivelata, invece, un indicatore maggiormente informativo (Esipenko et al., 2022). Nel presente studio abbiamo preso in considerazione entrambe queste misure e ci si aspetterà per entrambi i gruppi un aumento del battito cardiaco

e un intervallo di tempo interbattito minore durante la fase sociale rispetto alla fase non sociale. Infine, data la natura fortemente legata alla matematica e fortemente sociale del paradigma sperimentale, si ipotizza che l'ansia per la matematica abbia una forte componente sociale. Questa però non è stata approfondita in letteratura verosimilmente a causa del fatto che la maggior parte degli studi circa l'ansia per la matematica non utilizza un approccio multidimensionale ma si limitano ad utilizzare dei questionari autovalutativi di tratto (Cipora et al., 2019). Per corroborare questa ipotesi si è ricercata una relazione tra il il questionario AMAS per l'ansia per la matematica e il differenziale della variabilità interbattito tra la fase di baseline e la fase sociale. Ci si aspetta che la misura fisiologica mostri una correlazione positiva significativa con la misura di tratto dell'ansia per la matematica.

## 3.2 Partecipanti

Nella ricerca sono stati inclusi 30 partecipanti (19 maschi e 11 femmine), di cui 13 con DSA e 17 senza diagnosi. I partecipanti dei due gruppi sono stati appaiati per genere, età e QI breve. I criteri di inclusione della ricerca sono: un'età compresa tra i 10 e i 17 anni e 11 mesi e un quoziente intellettivo maggiore di 80. Inoltre, per il gruppo DSA ulteriore criterio di inclusione è la presenza di una diagnosi di Disturbo Specifico dell'Apprendimento, mentre per il gruppo di controllo il criterio di inclusione era l'assenza di una qualsiasi diagnosi di disturbi del neurosviluppo. Il reclutamento del campione DSA è avvenuto prevalentemente tramite la collaborazione del Distretto Infanzia e Adolescenza presso la Neuropsichiatria Infantile di Venezia con sede all'ex Ospedale G.B. Giustinian. Al fine di evitare bias nell'interpretazione dei dati sono stati esclusi dal campione soggetti con particolari condizioni mediche (*e.g.*, cardiache), patologie neurologiche, disabilità sensoriali (visive e uditive) o con altri disturbi del neurosviluppo in comorbidità (*e.g.*, ADHD). La ricerca è stata approvata dal Comitato Etico dell'Università degli Studi di Padova ed il consenso informato è stato

firmato dai genitori o tutor legale di ciascun partecipante.

### **3.3 Materiali**

Il progetto si compone di due fasi: la fase di screening e la fase sperimentale. La prima, volta alla valutazione del profilo cognitivo generale dei partecipanti e alla conferma delle difficoltà riportate dalla diagnosi (o all'esclusione delle stesse per i partecipanti senza diagnosi), mentre la seconda include la prova sperimentale e l'analisi delle componenti emotive e fisiologiche legate allo svolgimento di essa.

#### **3.3.1 Fase di screening**

Nella fase di screening del presente progetto sono stati inclusi i seguenti strumenti:

- Wechsler Intelligent Scale for Children (WISC-IV; Wechsler, 2003; adatt. italiano a cura di Orsini et al., 2012);
- Batteria AC-MT 3, Test di valutazione delle abilità di calcolo e del ragionamento matematico (Cornoldi et al., 2020);
- Test AC-FL: Prove di fluency nelle abilità di calcolo per il secondo ciclo della scuola primaria (Caviola et al., 2016);
- DDE-2, Batteria per la valutazione della dislessia e della disortografia evolutiva (Sartori et al., 2007);
- Prove MT Avanzate-3-Clinica: la valutazione delle abilità di lettura, comprensione, scrittura e matematica per il biennio della scuola secondaria di II grado (Cornoldi et al., 2017).

### QI breve e Indice di Memoria di Lavoro – WISC-IV

Per la valutazione delle capacità cognitive sono state somministrate alcune prove della batteria “*Wechsler Intelligent Scale for Children*” (WISC-IV; Wechsler, 2003, adatt. italiano a cura di Orsini et al., 2012 ), gold standard nella valutazione cognitiva dei bambini e ragazzi di età compresa fra i 6 anni e 16 anni e 11 mesi. Le prove somministrate sono: i subtest “Vocabolario” e “Disegno con i cubi” al fine di calcolare il QI breve e i subtest “Memoria di cifre” e “Riordinamento di lettere e numeri” per ottenere l’Indice di Memoria di Lavoro. La prova “Vocabolario” valuta, attraverso la conoscenza delle parole, la padronanza e l’accuratezza nelle funzioni d’espressione del linguaggio, quindi la conoscenza lessicale e la capacità di trovare sinonimi. Al bambino viene chiesto di dare la definizione di una serie di parole che l’esaminatore presenterà sia verbalmente sia visivamente tramite il libro degli stimoli della batteria in cui sono scritte le diverse parole (vedi Figura 3.1). Fanno eccezione i primi quattro item di cui è presente il disegno e viene chiesto al bambino di verbalizzare il nome dell’oggetto che viene presentato (vedi Figura 3.2). Per i primi quattro item i punteggi possibili sono 1 in caso di risposta corretta e 0 in caso di risposta sbagliata. Per i restanti item in caso di risposta corretta ma vaga, poco pertinente, povera di contenuto o un esempio che utilizza la parola stessa, viene attribuito un punteggio di 1. Se la risposta corrisponde ad un buon sinonimo, la descrizione di molte caratteristiche anche secondarie ma appropriate o un esempio concreto e pertinente, il punteggio sarà di 2. In caso di risposta errata o non data il punteggio attribuito è 0. Il criterio di interruzione del subtest “Vocabolario” è l’attribuzione di 5 punteggi consecutivi di 0.

9. Ladro
10. Bicicletta
11. Alfabeto
12. Favola

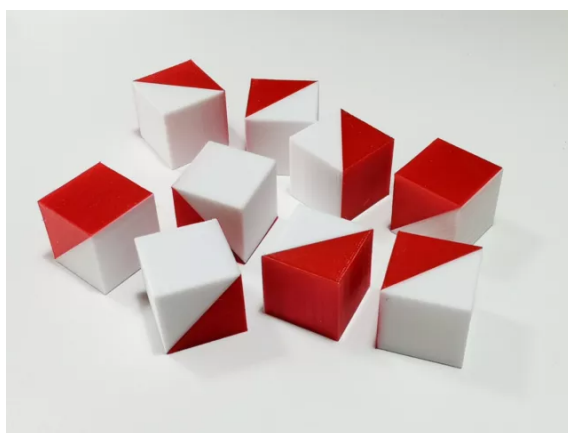
**Figura 3.1.** Esempi di item in parola della prova “Vocabolario”.



**Figura 3.2.** Esempio di item disegnato della prova “Vocabolario” .

La prova “Disegno con i cubi” valuta la pianificazione, l’organizzazione spaziale, il riconoscimento visuo-percettivo e le capacità visuo-motorie tramite un compito di ragionamento visuo-percettivo. In questa prova viene chiesto al bambino di riprodurre dei modelli costruiti dall’esaminatore o raffigurati sul libro degli stimoli utilizzando dei cubi i quali hanno due facce rosse, due facce bianche e due facce metà rosse e metà bianche (Figura 3.3). Dal primo item fino all’item 10 i cubi necessari per riprodurre le figure sono 4, dall’item 11 al bambino vengono dati 5 ulteriori cubi poiché per riprodurre le ultime figure sono necessari 9 cubi in totale. Per riprodurre ciascuna immagine, inoltre, il bambino avrà un tempo massimo che è indicato nel protocollo dell’esaminatore. Circa l’attribuzione dei punteggi, nei primi tre item al bambino vengono date 2 possibilità per ricostruire correttamente la figura e vengono dati 2 punti se il bambino riproduce correttamente la figura al primo tentativo, 1 punto se il bambino riproduce correttamente al secondo tentativo e 0 punti se il bambino

non riesce a riprodurre correttamente la figura entro il tempo massimo. Dall'item 4 all'item 8, rimane il punteggio di 0 con lo stesso criterio e, invece, vengono dati 4 punti se riproduce correttamente la figura entro il tempo massimo. Dall'item 9 all'item 14, oltre al punteggio di 0, in caso di riproduzione corretta vengono assegnati da 4 a 7 punti in base al tempo di risoluzione. Il criterio di interruzione per questa prova sono 3 errori consecutivi.



**Figura 3.3.** Cubi della prova “Disegno con cubi”.

Il compito “Memoria di cifre” valuta, attraverso la ripetizione di una sequenza di cifre sempre maggiore, l'ampiezza dello span a breve termine. Questa prova è suddivisa in due parti chiamate “Memoria diretta di cifre” e “Memoria inversa di cifre”. Nella “Memoria diretta di cifre” l'esaminatore dirà ad alta voce una serie di numeri e viene detto al bambino di ripetere esattamente quello che dice l'esaminatore. Ogni item è composto da due serie di numeri che saranno sempre più lunghe ogni volta che si passa all'item successivo. Se il bambino ripete correttamente la serie di numeri viene attribuito 1 punto, altrimenti il punteggio è di 0 punti. La prova viene interrotta se il bambino ottiene un punteggio di 0 in entrambe le liste di un item. Nella “Memoria inversa di cifre” al bambino vengono sempre presentate ad alta voce delle liste di numeri, ma questa volta si dà istruzione al bambino di ripeterla in ordine inverso alla presentazione dell'esaminatore. Attribuzione del punteggio e criterio di interruzione sono gli stessi della prima prova. Il punteggio finale della

prova sarà dato dal punteggio ottenuto nella Memoria diretta di cifre sommato a quello ottenuto nella “Memoria inversa di cifre”.

Il compito “Riordinamento di lettere e numeri” valuta, attraverso la ripetizione di una serie sempre maggiore di lettere e numeri ordinata secondo un criterio esplicitato all’inizio della prova, la capacità di mantenere in memoria dei dati uditivi, per poi elaborarli e restituirli verbalmente. In questa prova l’esaminatore legge ad alta voce una sequenza di numeri e lettere ed il bambino deve ripetere prima i numeri in ordine ascendente e poi le lettere in ordine alfabetico. Come nell’altro subtest appartenente all’Indice di Memoria di Lavoro, ogni item è formato da due liste di lettere e numeri che saranno sempre più lunghe ogni volta che si passa al successivo item. Il bambino ottiene 1 punto se ripete correttamente la sequenza e 0 punti se non fornisce risposta o commette errori. La risposta viene considerata corretta anche se il bambino ripete prima le lettere in ordine alfabetico e poi i numeri in ordine ascendente. La prova viene interrotta se il bambino ottiene un punteggio di 0 in entrambe le liste di un item.

#### *Lettura di parole e non parole*

Al fine di valutare le abilità di lettura dei partecipanti sono state somministrate le prove di lettura di parole e non parole da due diverse batterie in base al livello di istruzione dei partecipanti: ai bambini frequentanti le classi dalla quinta della scuola primaria fino alla terza della scuola primaria di primo grado sono state somministrate le prove della batteria DDE-2 (Sartori et al., 2007), mentre ai ragazzi frequentanti le classi dalla prima secondaria di secondo grado in poi sono state somministrate le prove dalla batteria MT Avanzate-3-Clinica (Cornoldi et al., 2017). Nella prova di lettura di parole vengono presentate al bambino 4 liste di parole incolonnate e gli si chiede di leggerle una ad una il più velocemente possibile cercando di non fare errori. Durante lo svolgimento della prova l’esaminatore si annota eventuali errori di lettura e i tempi di lettura di ciascuna colonna. Nella prova di lettura di non parole vengono

presentate delle liste incolonnate di non parole, ossia combinazioni di sillabe che vanno a creare delle parole pronunciabili ma senza nessun significato nella lingua italiana. Nella batteria DDE-2 le colonne sono 3, mentre nella batteria MT Avanzate-3-Clinica le colonne sono 2. Come nella precedente prova, l'esaminatore annota eventuali errori e i tempi di lettura di ciascuna colonna. I parametri di valutazione delle due prove sono rapidità e correttezza, che si ottengono rispettivamente sommando i tempi di lettura di ogni colonna e gli errori commessi.

### Fatti aritmetici

Come per le prove di lettura, anche per quanto riguarda la prova di fatti aritmetici è stata proposta la prova da due differenti batterie in base alla classe frequentata. Per i bambini frequentanti le classi dalla quinta della scuola primaria fino alla terza della scuola secondaria di primo grado è stata utilizzata la batteria AC-MT-3 (Cornoldi et al., 2020) (Figura 3.4), mentre per i ragazzi frequentanti dalla classe prima della scuola secondaria di secondo grado in poi è stata utilizzata la batteria MT Avanzate-3-Clinica (Cornoldi et al., 2017) (Figura 3.5). In questa prova lo sperimentatore presenta oralmente al bambino delle semplici operazioni a cui deve dare risposta il più velocemente possibile. Per ciascun item, che può essere ripetuto una sola volta, vengono concessi un massimo di tre secondi; se questi vengono superati la risposta, anche se corretta, deve essere considerata “Fuori Tempo” e quindi non valida. Per le classi della scuola primaria il totale è di dodici item, per le classi della scuola secondaria di primo grado sono diciotto e per le classi della scuola secondaria di secondo grado sono ventisette. Inoltre, dalla classe prima secondaria di primo grado sono introdotte le potenze e dalla terza secondaria di primo grado le radici. Viene assegnato un punto per ogni risultato corretto pronunciato entro il tempo limite di tre secondi, zero punti per ogni risposta errata o restituita dopo il tempo limite. Questa prova valuta la capacità di memorizzazione e recupero dei fatti aritmetici, ossia procedure aritmetiche che non devono essere calcolate poiché già presenti in memoria.

Tale prova risulta particolarmente informativa nella valutazione della discalculia poiché spesso bambini e ragazzi con questo disturbo non hanno automatizzato questi processi e quindi devono eseguire calcoli per fornire una risposta.

→ 100 + 100 (200)	→ 15 + 15 (30)	→ 14 + 6 (20)
→ 5 + 8 (13)	→ 17 - 8 (9)	→ 12 - 6 (6)

**Figura 3.4.** Esempi di item della prova "Fatti aritmetici" della batteria AC-MT3.

Quesito	Risp.	Valida	Quesito	Risp.	Valida	Quesito	Risp.	Valida
$6 \times 3$	18	<input type="checkbox"/>	$71 + 0$	71	<input type="checkbox"/>	$7 + 6$	13	<input type="checkbox"/>
$9 \times 5$	45	<input type="checkbox"/>	$367 - 67$	300	<input type="checkbox"/>	$49 : 7$	7	<input type="checkbox"/>

**Figura 3.5.** Esempi di item della prova "Fatti aritmetici" della batteria MT-Avanzate-3.

### Fluenze del calcolo – AC-FL

La prova di fluenza del calcolo deriva dalla batteria AC-FL (Caviola et al., 2016) e la stessa versione è stata somministrata a tutti i partecipanti della ricerca. In questa prova agli studenti viene chiesto di svolgere il più velocemente possibile una serie di operazioni già incolonnate e presentate su un foglio quadrettato, facendo particolare attenzione a svolgerle da sinistra verso destra e a non focalizzarsi nella risoluzione di eventuali operazioni che ritengono difficili incoraggiandoli a saltare le stesse. Tale prova si costituisce di 3 protocolli in ciascuno dei quali sono presentate 24 operazioni: nel primo 24 addizioni (Figura 3.6), nel secondo 24 sottrazioni (Figura 3.7), e nel terzo 24 moltiplicazioni (Figura 3.8). Per ognuno dei protocolli al soggetto vengono dati due minuti di tempo al termine dei quali deve posare la penna ed aspettare istruzione dello sperimentatore prima di passare al foglio successivo. Per ogni risposta corretta viene assegnato un punto quindi il punteggio totale di ogni protocollo si compone dal numero di risposte corrette. La prova valuta l'abilità di eseguire in



### 3.3.2 Fase sperimentale

Nella seconda fase, ossia la fase sperimentale, sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

- Prova di matematica computerizzata costruita ad hoc;
- *Self-Assessment Manikin Scale* (SAM, Bradley & Lang, 1994);
- Questionario per la valutazione di pensieri e preoccupazioni (Lievore et al., 2024; Mammarella et al., 2023);
- *Abbreviated Math Anxiety Scale* (AMAS; Hopko et al., 2003; adatt. italiano a cura di Caviola et al., 2017);

Di seguito verranno spiegate nel dettaglio le prove sopraccitate.

#### Variabili comportamentali: Compito di matematica

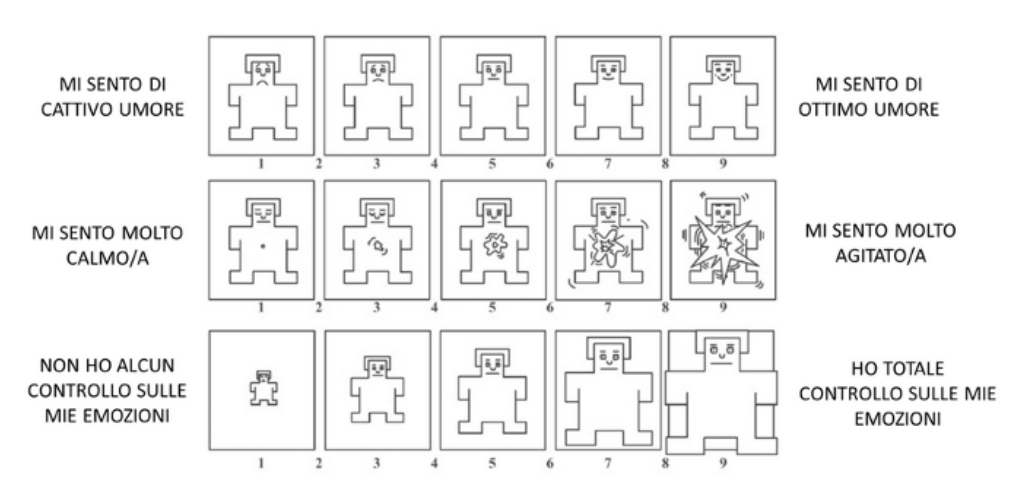
La prova sperimentale di matematica è stata costruita tramite l'utilizzo del software *PsychoPy3* (Peirce et al., 2019) e costituisce la prova sperimentale del progetto, la quale è stata proposta ai partecipanti per due volte cambiando le condizioni contestuali: prova sociale e non sociale. Il compito si caratterizzava nella presentazione al centro di uno schermo grigio di semplici operazioni, nello specifico addizioni e sottrazioni a due cifre alternate; al partecipante veniva data istruzione di cercare di risolvere il più velocemente e accuratamente possibile e restituire poi verbalmente la risposta. Ogni operazione veniva presentata per un massimo di 20 secondi, a seguito di cui il compito passava all'operazione successiva. Tra la presentazione di un'operazione e l'altra veniva mostrata al centro dello schermo una croce di fissazione per un secondo. Le operazioni, inoltre, differivano per colore, ossia le addizioni sono state presentate in nero e le sottrazioni in blu. La prova attingeva da un ampio dataset di addizioni, con e senza riporto, e sottrazioni, con e senza prestito, studiate dalle responsabili del progetto per avere lo stesso grado di difficoltà. La prova prelevava le operazioni da tale dataset in maniera randomica, ad eccezione del fatto che metà delle addizioni e delle sottrazioni scelte prevedevano rispettivamente riporto e prestito.

Nella fase definita “non sociale” veniva detto al partecipante che avrebbe svolto la prova rimanendo da solo nella stanza e che quindi fosse importante verbalizzare la risposta chiaramente in modo che il computer potesse registrare la risposta e passare all’operazione successiva. In realtà il computer non passava automaticamente all’operazione successiva, ma il computer in cui veniva presentata la prova era controllato da una stanza adiacente da un collaboratore dello sperimentatore. Nella fase definita “sociale”, le istruzioni venivano date da una collaboratrice dello sperimentatore che si presentava al partecipante come insegnante di matematica. Oltre a dare le istruzioni per lo svolgimento del compito, l’insegnante comunicava al partecipante che avrebbe valutato la correttezza delle sue risposte, segnato gli errori commessi e registrato la velocità di risposta. Veniva inoltre detto al partecipante che la prova sarebbe stata videoregistrata per essere mostrata agli alunni dell’insegnante che l’avrebbero aiutata a fornire un giudizio della sua prova. Infine, l’insegnante comunicava al partecipante che la prestazione sarebbe stata confrontata con quella di altri partecipanti della sua età. In entrambe le fasi prima di procedere con la prova vera e propria era prevista una fase di prova per verificare che il partecipante avesse capito le istruzioni date dallo sperimentatore o dall’insegnante; la fase di prova era costituita da 4 operazioni (2 addizioni e 2 sottrazione alternate). La durata di ciascuna prova era di 5 minuti.

#### Variabili emotive: Questionario SAM

Al fine di valutare gli aspetti emotivi del partecipante nei diversi momenti della fase sperimentale è stato somministrato il questionario SAM (Bradley & Lang, 1994) (Figura 3.9), nello specifico è stato somministrato prima (pre-test) e dopo (post-test) l’esecuzione di entrambe le prove di matematica (Figura 3.10). Nella fase pre-test veniva chiesto al partecipante come si sentisse in quel momento, mentre nella fase post-test veniva chiesto al partecipante come si fosse sentito durante la prova. Questo strumento è formato da tre item che rappresentano 3 scale differenti: valenza, *arousal* e dominanza. Le possibili risposte si dispongono su una scala a punti da 1 a 9, inoltre ciascuna delle tre scale è accompagnata da 5 immagini che rappresentano visivamente

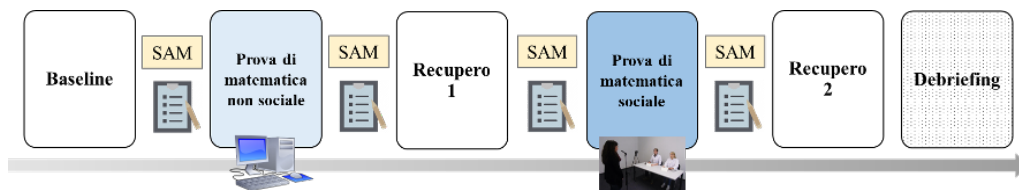
la forza e la direzione che rappresentano nella scala, ciò per rendere il questionario potenzialmente non verbale e maggiormente immediato anche per i bambini più piccoli. La valenza indica l'intensità e direzione dell'umore del partecipante, dove 1 sta per "mi sento di cattivo umore" e 9 sta per "mi sento di ottimo umore". L'*arousal* indica il livello di attivazione del partecipante, dove 1 sta per "mi sento molto calmo/a" e 9 sta per "mi sento molto agitato/a". La dominanza indica il livello di controllo sulle proprie emozioni percepito dal partecipante, dove 1 sta per "non ho alcun controllo sulle mie emozioni" e 9 sta per "ho totale controllo sulle mie emozioni". È doveroso rendere noto che, sebbene siano state eseguite analisi prendendo in considerazione le 3 variabili, sono state incluse nel presente elaborato solo *arousal* e valenza.



**Figura 3.9.** Questionario SAM.

Variabili cognitive: Questionario per la valutazione di pensieri e preoccupazioni

Il questionario per la valutazione di pensieri e preoccupazioni è stato somministrato negli stessi momenti descritti nel sottoparagrafo precedente ed è stato adattato dal questionario di Mammarella e colleghi del 2023 ed ha l'obiettivo di valutare pensieri e preoccupazioni dei partecipanti prima e dopo la somministrazione di una prova, in questo caso della prova sperimentale di matematica. È stato infatti somministrato negli stessi momenti del questionario SAM (vedi Figura 3.10). Si compone di 8 domande suddivise in quattro scale: Stima di correttezza (item 1 e 2) (*e.g.*, Penso che andrò bene in questa prova; Penso di essere andato bene in questa prova), preoccupazioni circa lo svolgimento della prova (item 3 e 4) (*e.g.*, Sono preoccupato/a per la prova; Sono preoccupato/a di come ho svolto la prova), percezione di competenza rispetto agli altri (item 5 e 6) (*e.g.*, Penso che sarò migliore di altri nello svolgere questa prova; Penso di aver svolto questa prova meglio degli altri ragazzi) e preoccupazioni circa il giudizio sociale (item 7 e 8) (*e.g.*, Mi preoccupa il giudizio degli altri in questa prova). Le possibili risposte si dispongono su una scala Likert a 4 punti, dove 1 corrisponde a “per niente” e 4 corrisponde a “molto”. Per semplicità, nelle analisi statistiche, sono state accorpate le scale ottenendone due in totale: percezione di competenza e preoccupazioni.



**Figura 3.10.** Fase sperimentale (Ordine A).

Variabili psicofisiologiche: Elettrocardiogramma (ECG)

La strumentazione utilizzata per la rilevazione del battito cardiaco consiste nel kit ECG della Shimmer, un'azienda di sensori wireless indossabili, in associazione con il software proprietario *Consensys* (versione base). Tale strumentazione è stata

utilizzata per registrare la frequenza cardiaca tramite elettrocardiogramma (ECG) durante la visione dei tre video e delle due prove, ottenendo in totale 5 registrazioni per ciascun partecipante. Il metodo utilizzato non è stato invasivo o doloroso per i partecipanti, prevedeva l'applicazione di 3 elettrodi (2 subito sotto le scapole ed uno all'altezza del 4° spazio intercostale sx). Per l'elaborazione dei dati registrati e per l'estrapolazione della variabilità interbattito è stato utilizzato il software *Kubios HRV*.

Variabili di tratto: Ansia per la matematica

Il questionario AMAS (adatt. italiano di Caviola et al., 2017) è uno strumento autovalutativo utile per indagare l'ansia per la matematica ed è composto da 9 item. Sono presenti due sottoscale che indagano due dimensioni dell'ansia per la matematica: l'ansia per l'apprendimento della matematica (*Math Learning Anxiety*) (Figura 3.11) e l'ansia da valutazione relativa alla matematica (*Math Testing Anxiety*) (Figura 3.12). Al partecipante viene data istruzione di immedesimarsi nelle situazioni descritte e indicare il livello di paura e preoccupazione che a loro avviso esperirebbero. Le possibilità di risposta sono disposte su una scala a 5 punti (da "Molto poca" a "Molta"). Nel calcolo del punteggio, vengono assegnati 1 punto se la risposta data è "Molto poca", 2 punti se è "Poca", 3 se è "Moderata", 4 se è "Abbastanza" e 5 se è "Molta".

1. Usare gli schemi e le tabelline riportate in fondo al libro di matematica	Molto poca	Poca	Moderata	Abbastanza	Molta
--	------------	------	----------	------------	-------

**Figura 3.11.** Esempio di item relativo all'ansia per l'apprendimento della matematica.

8. Essere interrogato "a sorpresa" in matematica	Molto poca	Poca	Moderata	Abbastanza	Molta
--	------------	------	----------	------------	-------

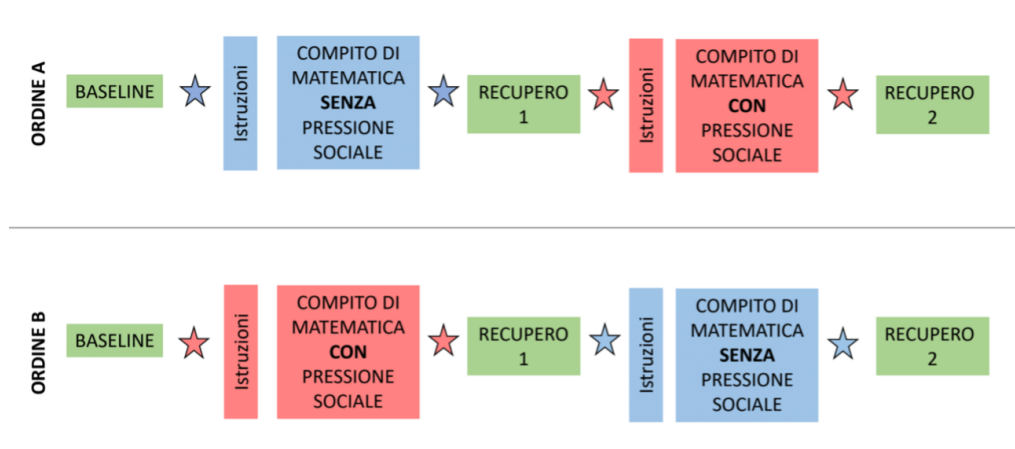
**Figura 3.12.** Esempio di item relativo all'ansia per l'ansia da valutazione relativa alla matematica.

### 3.4 Procedura

Il presente elaborato fa riferimento ad un progetto più ampio che comprende un ulteriore gruppo clinico, ossia di soggetti con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico ed è composto da due fasi: una fase di screening e una fase sperimentale.

Il corrente elaborato prende in considerazione alcune variabili considerate di interesse tra le numerose emergenti dal progetto. Nella fase di screening, grazie alla preziosa collaborazione delle famiglie, sono state somministrate delle prove per valutare le capacità cognitive e lo stato degli apprendimenti. La somministrazione di queste prime prove ha richiesto circa 60 minuti a partecipante ed è avvenuta per alcuni all'interno degli spazi dell'Università e per altri in spazi al di fuori dell'Università (*e.g.*, Neuropsichiatria Infantile o presso il proprio domicilio). Successivamente, al termine dell'incontro, veniva fissato insieme al partecipante e ai genitori la data del secondo incontro, ossia la fase sperimentale, che si è svolta per tutti i partecipanti presso il Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione dell'Università degli Studi di Padova ed ha avuto durata di circa 60 minuti. Prima di iniziare l'incontro, lo sperimentatore ha consegnato ai genitori un protocollo da compilare nell'attesa del termine dell'incontro con il partecipante; il protocollo comprendeva un questionario anamnestico ed alcuni questionari circa le emozioni del figlio/della figlia. Dopo aver completato il montaggio della strumentazione ECG, dopo il primo compito e dopo il secondo compito sono stati mostrati dei video della durata di 5 minuti circa dando istruzione al partecipante di guardarlo e cercare di rilassarsi il più possibile. Prima e dopo ciascuna fase sono stati indagati gli aspetti emotivi volti ad indagare eventuali pensieri o preoccupazioni relativi alle prove attraverso la somministrazione di alcuni questionari autovalutativi legati a variabili emotive di stato. Ai partecipanti sono anche stati proposti dei questionari relativi ad indagare alcuni aspetti emotivi di tratto. Al termine della fase sperimentale è stata prevista una parte di debriefing finale in cui il partecipante è stato reso partecipe nel dettaglio degli obiettivi della ricerca ed è stata svelata la natura non giudicante dell'incontro al

fine di alleviare eventuali conseguenze emotive causate dall'incontro stesso. È stato, in ultima, consegnato un attestato di partecipazione al partecipante. Per le famiglie che lo hanno richiesto è stata data opportunità di fornire un report generale finale circa i risultati ottenuti dal partecipante durante entrambe le fasi. Al fine di evitare degli effetti fortuiti relativi all'ordine delle 5 fasi del secondo incontro, sono stati ideati due ordini di somministrazione che sono stati alternati nella somministrazione (Figura 3.13).



**Figura 3.13.** Ordini di somministrazione fase sperimentale.

# Capitolo 4

## Analisi e risultati

Nel presente capitolo verranno presentati i risultati ottenuti dalle analisi statistiche svolte; tali analisi sono state effettuate tramite il software RStudio (Posit Team, 2024) utilizzando il linguaggio R (R Core Team, 2024). Per prima cosa, utilizzando un t-test a campioni indipendenti, si è verificato che i partecipanti dei due gruppi (DSA, ND) fossero effettivamente appaiati per età e quoziente intellettivo, mentre per verificare che fossero appaiati per genere si è effettuato un test del chi quadrato ( $\chi^2$ ). È stato fatto un t-test anche per verificare il confronto tra gruppi riguardo allo stato degli apprendimenti e l'indice di Memoria di Lavoro (IML). I risultati di questi t-test sono stati inseriti insieme alle statistiche descrittive relative alle variabili di screening. Sono stati poi eseguiti una serie di modelli lineari misti per verificare un possibile effetto del gruppo, della fase del disegno sperimentale e dell'interazione gruppo\*fase sulla prestazione matematica (variabile comportamentale), sulle variabili soggettive (emozioni, pensieri e preoccupazioni) e sulle variabili psicofisiologiche (frequenza cardiaca, HRV). L'età è stata considerata come covariata a causa dell'ampio range d'età coinvolto nello studio. È stato preferito l'utilizzo di modelli misti rispetto a dei semplici modelli lineari per poter tenere conto della variabilità intersoggettiva, la quale non è trascurabile a causa delle misure ripetute per ogni partecipante. Infine, sono state eseguite delle regressioni lineari per verificare la predittività dell'ansia per

la matematica sulla *Root Mean Square of the Successive Differences* (RMSSD), ossia un indice del dominio del tempo dell'HRV. Precisamente sono state eseguite delle regressioni aventi come variabile dipendente il differenziale di RMSSD tra fase di baseline e fase sociale, ossia il valore dell' indice RMSSD durante la fase di baseline sottratto al valore dell' indice RMSSD durante la fase sociale.

## 4.1 Fase di screening

Prima di effettuare delle analisi di tipo inferenziale, si è proceduto a calcolare media e deviazione standard delle prove relative alla fase di screening, con l'aggiunta dell'età e del genere. Per ognuna di queste variabili è stato poi eseguito un t-test a campioni indipendenti per verificare se ci fosse o meno una differenza tra i due gruppi che compongono il campione, ad eccezione del genere per cui è stato effettuato un test del chi quadrato. Per età e QI breve sono stati effettuati t-test a campioni indipendenti a due code, la cui ipotesi nulla è che non ci sia differenza tra i due gruppi. Per le altre variabili, invece, sono stati effettuati t-test a campioni indipendenti ad una coda, la cui ipotesi nulla è che la media di un gruppo sia maggiore o minore della media dell'altro gruppo. Ciò è stato possibile poiché in letteratura ci sono forti evidenze che i soggetti con DSA hanno una prestazione peggiore nelle prove relative agli apprendimenti. Osservando la Tabella 4.1 possiamo innanzitutto notare che del campione totale di 30 partecipanti, 13 sono DSA (di cui 8 di genere maschile) e 17 sono senza diagnosi (di cui 11 maschi). I partecipanti risultano equamente distribuiti in base al genere di appartenenza ( $\chi^2 < .001$ ,  $p=1$ ). Secondariamente, possiamo notare che, come ci si aspettava, nonostante l'età media del campione DSA (M=14.57, SD=2.50) risulti leggermente maggiore del campione senza diagnosi (M=13.97, SD=2.49), non ci sono differenze significative tra i due gruppi ( $t=.65$ ,  $p=.52$ ). Analoga la situazione per quanto riguarda il QI breve, il cui gruppo senza diagnosi presenta una media più alta (M=111.35, SD=14.61) rispetto al gruppo DSA

( $M=105.92$ ,  $SD=16.28$ ), ma questa differenza non risulta significativa ( $t=-.95$ ,  $p=.35$ ). Considerata l'importanza di avere un campione senza differenze significative di età e QI tra i gruppi è stata testata anche la normalità delle distribuzioni di queste due variabili in entrambi i gruppi utilizzando il test Shapiro-Wilk, che ha restituito risultati non significativi confermando la normalità nelle 4 distribuzioni. Sono stati poi ricercati degli outlier che potessero influenzare i t-test e come possiamo vedere è presente un outlier per quanto riguarda il QI breve del gruppo senza diagnosi. È stato quindi utilizzato il test della somma dei ranghi di Wilcoxon, un test non parametrico che a differenza del t-test non risente degli outliers. Tale test ha confermato la differenza non significativa tra i due gruppi ( $W=92.5$ ,  $p=.46$ ), indicando che quindi l'outlier non è molto influente.

Possiamo notare come l'indice di Memoria di Lavoro (IML) sia maggiore nel gruppo senza diagnosi ( $M=102.25$ ,  $SD=11.04$ ) rispetto al gruppo DSA ( $M=87.75$ ,  $SD=11.40$ ), tale differenza risulta significativa ( $t=-3.38$ ,  $p=.001$ ). Circa la prova di lettura di parole, sono stati considerati Accuratezza e Rapidità di cui sono stati calcolati i punti Z. Possiamo notare come il gruppo DSA presenti una media maggiore ( $M=1.37$ ,  $SD=1.99$ ) per il parametro accuratezza rispetto al gruppo senza diagnosi ( $M=-.09$ ,  $SD=.91$ ), la cui differenza tra è significativa ( $t=2.45$ ,  $p=.01$ ). Analogamente, sempre il gruppo DSA circa il parametro Rapidità ha una media maggiore ( $M=2.65$ ,  $SD=2.50$ ) rispetto al gruppo senza diagnosi ( $M=.38$ ,  $SD=1.28$ ); anche nel parametro di Rapidità la differenza tra le medie dei due gruppi risulta significativa ( $t=2.55$ ,  $p=.01$ ). Nella prova di lettura di non parole, sono stati considerati gli stessi parametri della prova precedente ed anche qui la media del parametro Accuratezza risulta maggiore nel gruppo DSA ( $M=1.18$ ,  $SD=2.30$ ) rispetto al gruppo senza diagnosi ( $M=-.32$ ,  $SD=.67$ ); questa differenza si configura come significativa ( $t=2.29$ ,  $p=.02$ ). Il risultato è uguale anche per il parametro della Rapidità, il cui gruppo DSA ha una media maggiore ( $M=1.49$ ,  $SD=1.37$ ) rispetto al gruppo senza diagnosi ( $M=.30$ ,  $SD=1.04$ ) e una differenza che si configura come significativa ( $t=2.6$ ,  $p=.008$ ). Riguardo le

prove delle fluenze del calcolo, nella prova delle addizioni il gruppo senza diagnosi ha una media maggiore (M=15.82, SD=4.38) rispetto al gruppo DSA (M=12.08, SD=3.03) e la differenza tra le medie risulta significativa ( $t=-2.14$ ,  $p=.02$ ). Nella prova delle sottrazioni il gruppo senza diagnosi presenta ancora una volta una media maggiore (M=15.94, SD=4.78) rispetto al gruppo DSA (M=8.75, SD=5.23) e, di nuovo, la differenza risulta significativa ( $t=-3.74$ ,  $p<.001$ ). Non fa eccezione la prova delle moltiplicazioni, in cui il gruppo senza diagnosi ha una media più alta (M=10.06, SD=2.86) rispetto al gruppo DSA (M=5.67, SD=3.65) e la differenza tra le medie risulta anch'essa significativa ( $t=-3.8$ ,  $p<.001$ ). Infine, nell'accuratezza della prova fatti aritmetici, il cui punteggio grezzo di ciascun partecipante è stato trasformato in punto z, si può notare che il gruppo senza diagnosi presenta una media maggiore (M=.25, SD=.73) rispetto al gruppo DSA (M=1.11, SD=.99); risulta esserci una differenza significativa tra le medie dei due gruppi circa l'accuratezza nei fatti aritmetici ( $t=-4.13$ ,  $p<.001$ ).

**Tabella 4.1.** Statistiche descrittive e t-test a campioni indipendenti per la fase di screening.

Variabili	Gruppi		t	p	d di Cohen
	DSA [N=13(8)] M(SD)	ND [N=17(11)] M(SD)			
Età	14.57 (2.50)	13.97 (2.49)	.65	.52	.24
QI	105.92 (16.28)	111.35 (14.61)	-.95	.35	-.35
Indice di Memoria di Lavoro (IML)	87.75 (11.40)	102.25 (11.04)	-3.38	<b>.001**</b>	-1.3
Letture					
Accuratezza Parole	1.37 (1.99)	-.09 (.91)	2.45	<b>.01*</b>	.99
Tempo Parole	2.65 (2.50)	.38 (1.28)	2.55	<b>.01*</b>	1.02
Accuratezza Non Parole	1.18 (2.30)	-.32 (.67)	2.29	<b>.02*</b>	.95
Tempo Non Parole	1.49 (1.37)	.30 (1.04)	2.6	<b>.008**</b>	.99
Matematica					
Fluenze addizioni	12.08 (3.03)	15.82 (4.38)	-2.14	<b>.02*</b>	-.77
Fluenze sottrazioni	8.75 (5.23)	15.94 (4.78)	-3.74	<b>&lt;.001***</b>	-1.39
Fluenze moltiplicazioni	5.67 (3.65)	10.06 (2.86)	-3.8	<b>&lt;.001***</b>	-1.44
Fatti aritmetici Accuratezza	-1.11 (.99)	.25 (.73)	-4.13	<b>&lt;.001***</b>	-1.58

Note. M=media; SD=deviazione standard; DSA= Disturbi Specifici dell'Apprendimento; ND=nessuna diagnosi. I punteggi relativi alle prove di lettura e fatti aritmetici sono espressi in punti z, mentre quelli relativi alle fluenze sono espressi in punteggi grezzi. \* $p<.05$ ; \*\* $p<.01$ ; \*\*\* $p<.001$

## 4.2 Fase sperimentale

Sono stati eseguiti dei modelli lineari misti utilizzando la funzione “*lmer*” del pacchetto R “*lmerTest*” (Kuznetsova et al., 2017) per verificare le ipotesi precedentemente esplicitate riguardo le variabili comportamentali (percentuale di accuratezza nel compito di matematica), soggettive (valenza, *arousal*, percezione di competenza e preoccupazioni) e psicofisiologiche (HR e HRV). Si è scelto di eseguire dei modelli lineari poiché le analisi prevedevano più misurazioni della stessa variabile in fasi differenti per lo stesso soggetto. È risultato quindi necessario tenere conto di queste misure ripetute; infatti, il singolo partecipante è stato inserito in tutti i modelli come effetto random. Inoltre, in tutti i modelli è stata inserita l’età come covariata.

### 4.2.1 Variabili comportamentali

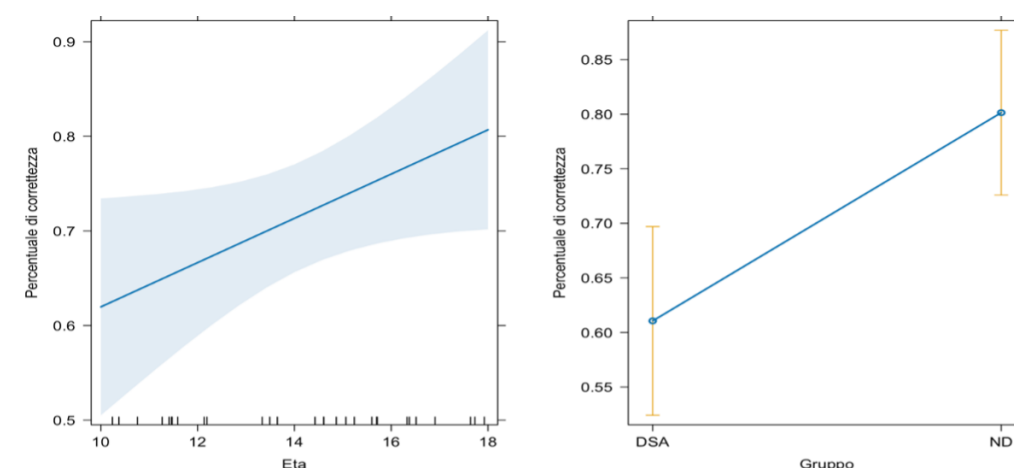
Sono stati eseguiti tre modelli la cui variabile dipendente era la percentuale di risposte corrette dei partecipanti nel compito sperimentale. Il primo modello aveva come effetto fisso il tipo di compito eseguito (sociale e non sociale), il secondo aveva come effetto fisso il gruppo ed infine il terzo l’interazione tra gruppo e tipo di compito. In tutti e tre i modelli è stata inserita l’età come covariata e i singoli partecipanti come effetto random. Possiamo notare dalla Tabella 4.2 come il miglior modello sia quello relativo al gruppo, poiché l’AIC risulta più basso ( $AIC=-20.95$ ), ed inoltre mostra come l’effetto del gruppo risulti significativo ( $F(1,27)=11.01$ ,  $p=.002$ ). Notiamo inoltre come gli effetti fissi spieghino circa il 27% della varianza, mentre l’intero modello spieghi circa il 69% della varianza. Ciò indica come l’effetto random (ID) singolarmente spieghi una porzione decisamente rilevante della varianza spiegata dal modello totale, mostrando come la variabilità individuale abbia un ruolo che non è trascurabile nel modello.

**Tabella 4.2.** Regressione lineare mista con la percentuale di correttezza del compito di matematica come variabile dipendente.

<i>Effetti fissi</i>	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>R<sup>2</sup>m</i>	<i>R<sup>2</sup>c</i>
Compito	-20.95	4.12	.052	.07	.72
Gruppo	<b>-27.98</b>	11.01	<b>.002**</b>	.27	.69
Compito*Gruppo	-18.77	.03	.856	.28	.71

Note. AIC=Akaike's Information Criterion; F=statistica F; p=p-value; R2m=R-squared marginale; R2c=R-squared condizionale; \*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

Dai grafici relative al miglior modello (Figura 4.1) possiamo notare come all'aumentare dell'età dei partecipanti migliori anche l'accuratezza percentuale nel compito di matematica. Analizzando i coefficienti dei predittori risulta che l'effetto dell'età, pur non risultando significativo, si attesta molto vicino alla significatività ( $\beta=.02$ ,  $p=.06$ ) mostrando quindi un effetto potenzialmente interessante che può valere la pena di esplorare ulteriormente in ricerche future (*e.g.*, aumentando il campione). Vediamo, inoltre, sempre nella Figura 4.1 il grafico relativo al gruppo e già visivamente possiamo notare nettamente una maggiore percentuale di correttezza nel gruppo ND rispetto a quello DSA. Infatti, possiamo constatare che l'effetto del gruppo sulla variabile dipendente risulta significativo ( $\beta=.19$ ,  $p=.002$ ).



**Figura 4.1.** Rappresentazione grafica dell'effetto dell'età (a sx) e del gruppo (a dx) sulla variabile dipendente (percentuale di accuratezza al compito di matematica).

## 4.2.2 Variabili soggettive

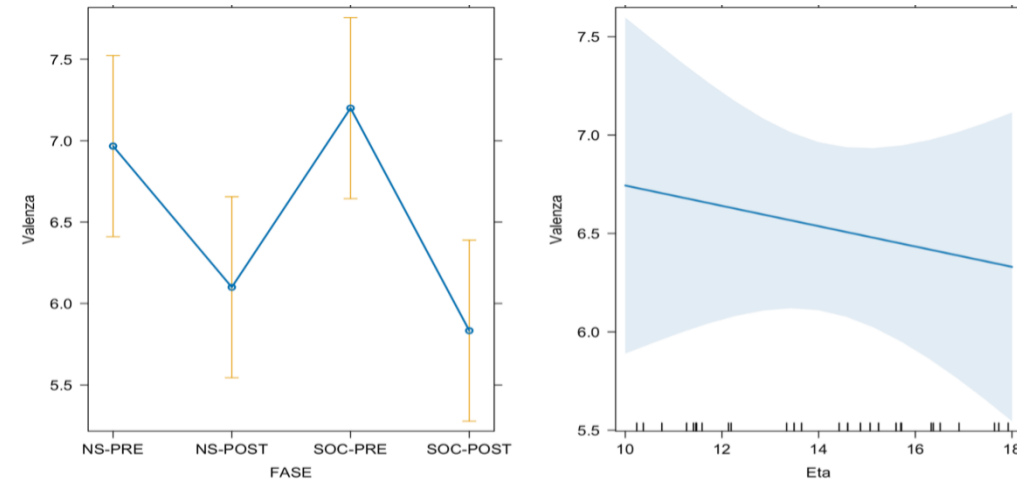
Sono stati poi eseguiti dei modelli con le variabili soggettive, quindi valenza, arousal, percezione di competenza e worries, come variabili dipendenti. In questi modelli sono stati inseriti come predittori la fase dell'incontro sperimentale (fase non sociale pre e post e fase sociale pre e post) e il gruppo (DSA e ND). In tutti i modelli è stata poi inserita l'età come covariata e l'ID come effetto random. Nella Tabella 4.3 possiamo osservare i modelli relativi alla valenza, notiamo che il miglior modello risulta il primo, ossia quello con sola fase come predittore. Questo ha infatti AIC più basso rispetto agli altri modelli e risulta inoltre significativo ( $F(3,84)=9.96, p<.001$ ). Confrontando l'R condizionale e marginale del miglior modello, notiamo come l'effetto random spieghi una porzione considerevole di variabilità ( $R^2m=.13, R^2c=.51$ ).

**Tabella 4.3.** Modelli lineari misti con valenza come variabile dipendente.

<i>Effetti fissi</i>	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>R<sup>2</sup>m</i>	<i>R<sup>2</sup>c</i>
Fase	<b>432.17</b>	9.96	<b>&lt;.001***</b>	.13	.51
Gruppo	450.12	1.96	.173	.04	.37
Fase*Gruppo	434.80	.51	.678	.16	.52

Note. AIC=Akaike's Information Criterion; F=statistica F; p=p-value; R2m=R-squared marginale; R2c=R-squared condizionale; \*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

Osservando nel dettaglio e graficamente gli effetti del modello relativo alla fase (Figura 4.2), notiamo come nella fase pre sia del compito sociale sia di quello non sociale la valenza sia più alta delle relative fasi post. Circa l'età possiamo osservare come all'aumentare dell'età la valenza tenda a diminuire, anche se andando poi ad analizzare l'intensità di questo effetto, appare debole e non significativo ( $\beta=-.05, p=.56$ ).



**Figura 4.2.** Rappresentazione grafica dell'effetto della fase (a sx) e dell'età (a dx) sulla variabile dipendente (valenza).

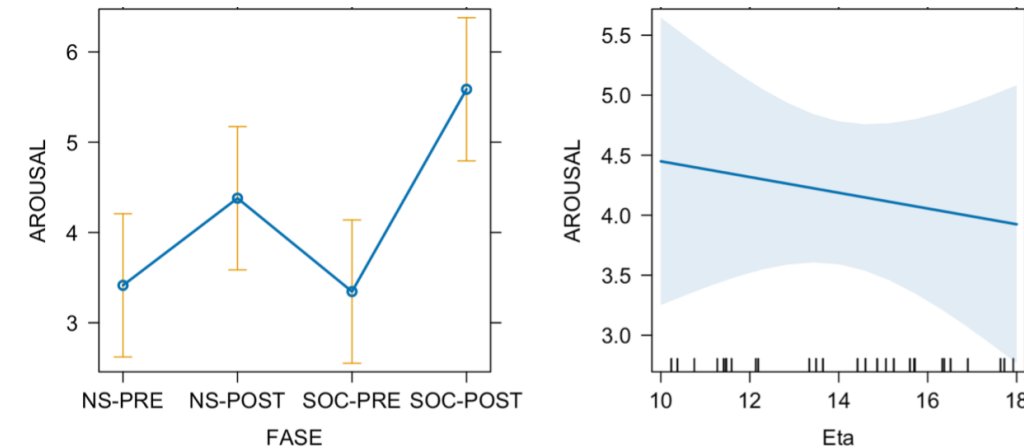
Riguardo i modelli con l'*arousal* come variabile dipendente, nella Tabella 4.4 possiamo notare che considerando l'AIC il miglior modello sarebbe quello con l'interazione tra fase e gruppo ( $AIC=508.34$ ), tuttavia l'effetto dell'interazione non risulta significativa ( $F(3,81)=2.09$ ,  $p=.108$ ), mentre l'effetto della fase risulta significativo ( $F(3,84)=12.01$ ,  $p<.001$ ) e il relativo modello presenta un AIC solamente poco più alto rispetto al modello con l'interazione ( $AIC=511.55$ ). In aggiunta possiamo notare anche come la variabilità spiegata dal modello della fase sia il 16%, mentre quella dell'interazione (che ricordiamo comprendere i precedenti due modelli) ne spiega il 19%, indice che l'interazione aggiunge una quota trascurabile di variabilità spiegata. Confrontando l'R condizionale e marginale del miglior modello scelto, notiamo come l'effetto random spieghi una porzione considerevole di variabilità ( $R^2m=.16$ ,  $R^2c=.53$ ).

**Tabella 4.4.** Regressione lineare mista con arousal come variabile dipendente.

<i>Effetti fissi</i>	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>R<sup>2</sup>m</i>	<i>R<sup>2</sup>c</i>
Fase	511.55	12.01	<.001***	.16	.53
Gruppo	537.18	.42	.521	.02	.35
Fase*Gruppo	<b>508.34</b>	2.09	.108	.19	.56

Note. AIC=Akaike's Information Criterion; F=statistica F; p=p-value; R2m=R-squared marginale; R2c=R-squared condizionale; \*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

Andando ad approfondire i coefficienti dei predittori, risulta che i livelli medi di *arousal* diminuiscano leggermente nei partecipanti con un'età maggiore; tuttavia, questo effetto è debole e non significativo ( $\beta=-.12, p=.333$ ). L'effetto della fase (Figura 4.3), invece, risulta significativo nelle fasi post sia non sociale ( $\beta=.97, p=.023$ ) sia nella fase sociale ( $\beta=2.13, p<.001$ ).



**Figura 4.3.** Rappresentazione grafica dell'effetto della fase (a sx) e dell'età (a dx) sulla variabile dipendente (arousal).

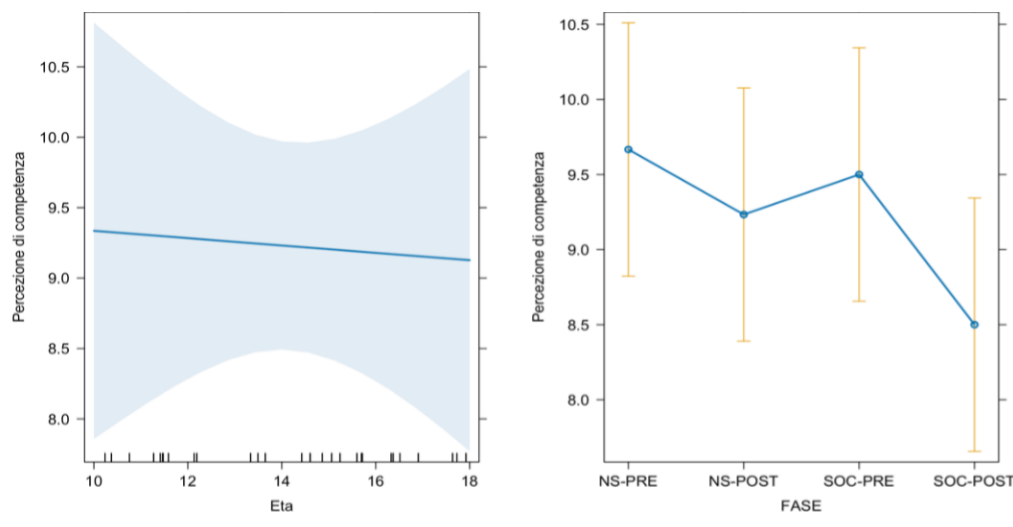
Riguardo i modelli con la percezione di competenza come variabile dipendente, dalla Tabella 4.5 possiamo notare come il miglior modello risulti essere quello della fase ( $AIC=487.76$ ), la quale mostra avere un effetto significativo ( $F(3,87)=4.54, p=.005$ ). Confrontando l'R condizionale e marginale del miglior modello, notiamo come l'effetto random spieghi una porzione considerevole di variabilità ( $R^2m=.04, R^2c=.69$ ).

**Tabella 4.5.** Regressione lineare mista con percezione di competenza come variabile dipendente

<i>Effetto</i>	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>R<sup>2</sup>m</i>	<i>R<sup>2</sup>c</i>
Fase	487.76	4.54	.005**	.04	.69
Gruppo	493.71	.21	.648	.01	.66
Fase*Gruppo	488.97	.900	.445	.05	.70

Note. AIC=Akaike's Information Criterion; F=statistica F; p=p-value; R2m=R-squared marginale; R2c=R-squared condizionale; \*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

Nella Figura 4.4, possiamo vedere che all'aumentare dell'età, la percezione di controllo rimanga pressochè invariata, infatti tale effetto risulta non significativo e il coefficiente risulta molto vicino allo zero ( $\beta=-.03$ ,  $p< .866$ ). Dalla Figura 4.4 possiamo anche osservare come la percezione di competenza dei partecipanti subisca una drastica diminuzione a seguito dell'esecuzione della prova sociale. Tale osservazione viene confermata da un'analisi dei singoli predittori del modello scelto, in cui la fase sociale post mostra un effetto significativo ( $\beta=-1.17$ ,  $p< .001$ ).



**Figura 4.4.** Rappresentazione grafica dell'effetto dell'età (a sx) e della fase (a dx) sulla variabile dipendente (percezione di competenza).

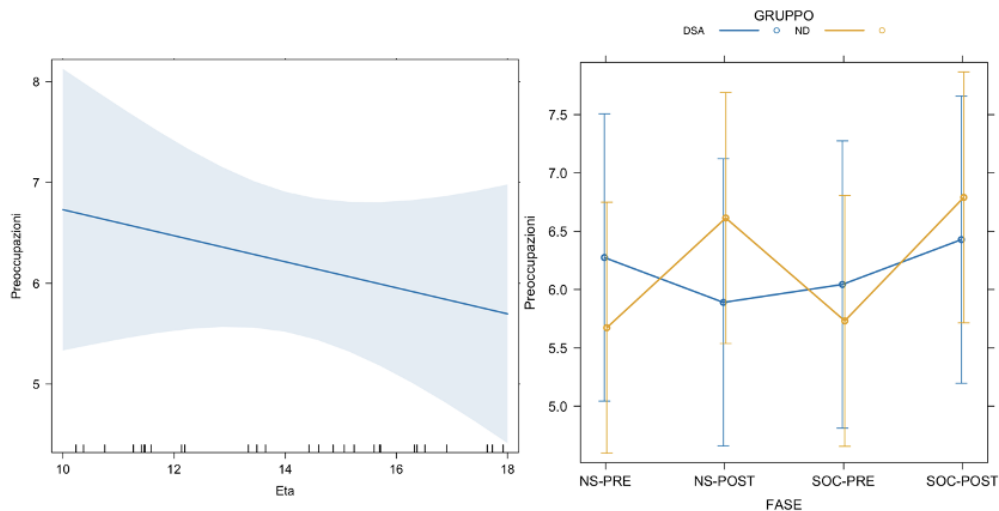
Riguardo i modelli con le preoccupazioni come variabile dipendente, nella Tabella 4.6 possiamo osservare come il miglior modello risulti quello relativo all'effetto del gruppo ( $AIC=486.59$ ), tuttavia il modello con l'interazione fase\*gruppo presenta un AIC pressochè identico ( $AIC=486.73$ ) e gli effetti fissi spiegano una maggiore variabilità ( $R^2m=.05$ ), sebbene sia comunque una porzione trascurabile in confronto alla variabilità spiegata dagli effetti random ( $R^2c=.66$ ). L'interazione comunque non presenta un effetto significativo ( $F(3, 84)=1.51$ ,  $p=.217$ ).

**Tabella 4.6.** Modelli lineari misti con preoccupazioni come variabile dipendente.

<i>Effetti fissi</i>	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>R<sup>2</sup><sub>m</sub></i>	<i>R<sup>2</sup><sub>c</sub></i>
Fase	487.05	2.07	.110	.04	.64
Gruppo	<b>486.59</b>	.004	.952	.02	.63
Fase*Gruppo	486.73	1.51	.217	.05	.66

Note. AIC=Akaike's Information Criterion; F=statistica F; p=p-value; R<sup>2</sup><sub>m</sub>=R-squared marginale; R<sup>2</sup><sub>c</sub>=R-squared condizionale; \*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

Osservando la rappresentazione grafica degli effetti fissi del modello del gruppo possiamo in Figura 4.5, si nota come il livello delle preoccupazioni riportate dal gruppo ND è maggiore nelle fasi successive allo svolgimento delle prove di matematica, mentre i livelli di preoccupazioni del gruppo DSA si attesta su valori simili in tutte le fasi dell'incontro sperimentale; nessun effetto dei predittori di questo modello risulta significativo. Dal grafico a sinistra nella Figura 4.5, relativo all'età, possiamo osservare all'aumentare dell'età dei partecipanti in media i livelli di preoccupazioni diminuiscono; l'effetto dell'età non risulta significativo ( $\beta=-.13$ ,  $p=.380$ ).



**Figura 4.5.** Rappresentazione grafica dell'effetto dell'età (a sx) e dell'interazione fase\*gruppo (a dx) sulla variabile dipendente (preoccupazioni).

### 4.2.3 Variabili psicofisiologiche

Gli ultimi modelli misti eseguiti sono quelli delle variabili psicofisiologiche, in cui la variabile dipende sono frequenza cardiaca (HR) e l'indice *Root Mean Square of the Successive Differences* (RMSSD), ossia un'indice della variabilità cardiaca del sistema parasimpatico e rappresenta la radice quadrata media delle differenze temporali successive tra battiti cardiaci normali. In questi modelli sono stati inseriti come predittori la fasi in cui è stato registrato il tracciato cardiaco (baseline, fase non sociale, primo recupero, fase sociale e secondo recupero) e il gruppo (DSA e ND). In tutti i modelli è stata poi inserita l'età come covariata e l'ID come effetto random. Nella Tabella 4.7 possiamo osservare i modelli eseguiti con la frequenza cardiaca come variabile dipendente. Il modello con l'interazione risulta essere il migliore ( $AIC=899.12$ ) e il suo effetto sulla variabile dipendente risulta significativo ( $F(4, 111)=6.11, p<.001$ ). Notare come anche gli effetti di fase ( $F(4, 111)=40.05, p<.001$ ) e gruppo ( $F(1, 27)=4.70, p=.039$ ) risultino significativi. Confrontando l'R condizionale e marginale del miglior modello scelto, notiamo come l'effetto random spieghi una porzione considerevole di variabilità ( $R^2m=.29, R^2c=.91$ ).

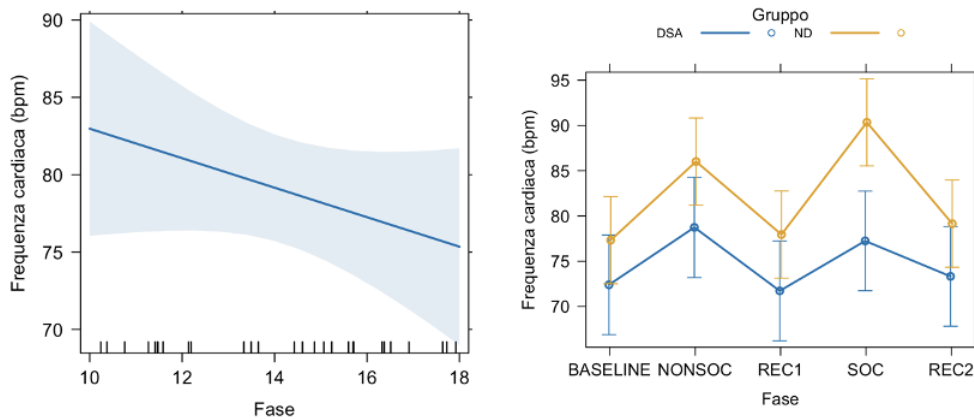
**Tabella 4.7.** Modelli lineari misti con frequenza cardiaca come variabile dipendente.

<i>Effetti fissi</i>	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>R<sup>2</sup>m</i>	<i>R<sup>2</sup>c</i>
Fase	931.81	40.05	<.001***	.17	.89
Gruppo	1026.88	4.70	.039*	.16	.75
Fase*Gruppo	<b>899.12</b>	6.11	<.001***	.29	.91

Note. AIC=Akaike's Information Criterion; F=statistica F; p=p-value; R<sup>2</sup>m=R-squared marginale; R<sup>2</sup>c=R-squared condizionale; \*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

Osservando la rappresentazione grafica dell'effetto dell'età e dell'interazione Gruppo\*Fase in Figura 4.6, possiamo notare come nei partecipanti al progetto, il battito cardiaco si abbassi di circa un'unità all'aumentare di un anno di età; tuttavia non risulta un effetto significativo dell'età sulla variabile dipendente ( $\beta=-.95, p=.187$ ). Osservando il grafico del modello di interazione possiamo notare come ci sia una significativa differenza a livello di frequenza cardiaca tra i gruppi durante il compito

sociale; infatti, nel gruppo senza diagnosi la fase sociale provoca maggiore aumento del battito cardiaco rispetto al gruppo DSA. Risulta interessante notare che, a livello frequenza cardiaca, il compito sociale e non sociale nel campione DSA non sembrano presentare differenze. Diverso per il gruppo senza diagnosi in cui il compito sociale provoca un aumento maggiore del battito cardiaco rispetto al compito non sociale. L'effetto della fase sociale in interazione col gruppo sulla variabile dipendente risulta significativo ( $\beta=8.17, p<.001$ ).



**Figura 4.6.** Rappresentazione grafica dell'effetto dell'età (a sx) e l'interazione tra fase\*gruppo (a dx) sulla variabile dipendente (frequenza cardiaca).

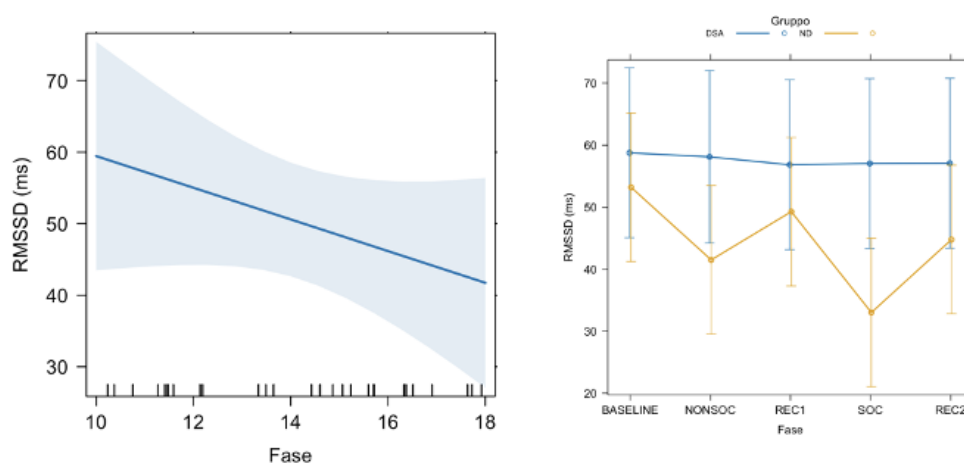
Nella Tabella 4.8, aventi l'indice RMSSD come variabile dipendente, possiamo osservare come il modello relativo alla fase mostri un effetto significativo relativo per l'appunto alla fase sulla variabile dipendente ( $F(4, 115)=3.37, p=.01$ ). Tuttavia, il miglior modello risulti essere quello relativo all'interazione tra fase e gruppo ( $AIC=1235.56$ ) che ad una prima analisi non risulta mostrare un effetto significativo dell'interazione sulla variabile dipendente ( $F(4, 111)=2.29, p=.06$ ). Confrontando l'R condizionale e marginale del miglior modello scelto, notiamo come l'effetto random spieghi una porzione considerevole di variabilità ( $R^2m=.13, R^2c=.75$ ).

**Tabella 4.8.** Regressione lineare mista con RMSSD come variabile dipendente.

<i>Effetto</i>	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>R<sup>2</sup><sub>m</sub></i>	<i>R<sup>2</sup><sub>c</sub></i>
Fase	1264.92	3.37	<b>.01*</b>	.05	.73
Gruppo	1279.68	2.64	.12	.09	.72
Fase*Gruppo	<b>1235.56</b>	2.29	.06	.13	.75

Note. AIC=Akaike's Information Criterion; F=statistica F; p=p-value; R<sup>2</sup><sub>m</sub>=R-squared marginale; R<sup>2</sup><sub>c</sub>=R-squared condizionale; \*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

Osservando la rappresentazione grafica del modello di interazione in Figura 4.7, notiamo dapprima che all'aumentare dell'età dei partecipanti l'indice RMSSD tende a diminuire. Analizzando i singoli predittori del modello, l'effetto dell'età non risulta significativo ( $F(1, 27)=-2.21, p=.184$ ). Osservando poi il grafico relativo all'interazione, si nota subito come il valore dell'indice RMSSD del gruppo DSA nelle varie fasi sia praticamente sempre lo stesso. Tendenza completamente differente rispetto al gruppo senza diagnosi i cui valori dell'indice RMSSD sembrano essere modulati dalle due prove di matematica. Possiamo, invece, notare come risulti significativo sulla variabile dipendente l'effetto del gruppo nella fase sociale ( $F(4, 111)=-18.48, p=.009$ ).



**Figura 4.7.** Rappresentazione grafica dell'effetto dell'età (a sx) e dell'interazione tra fase e gruppo (a dx) sulla variabile dipendente (RMSSD).

### 4.3 Relazione tra ansia per la matematica e risposta psicofisiologica

Sono stati, infine, costruiti dei modelli con i punteggi del questionario AMAS e il gruppo come predittori e come covariata è stata inserita l'età. La variabile dipendente è il differenziale dell'indice RMSSD tra la fase di baseline e la fase sociale.

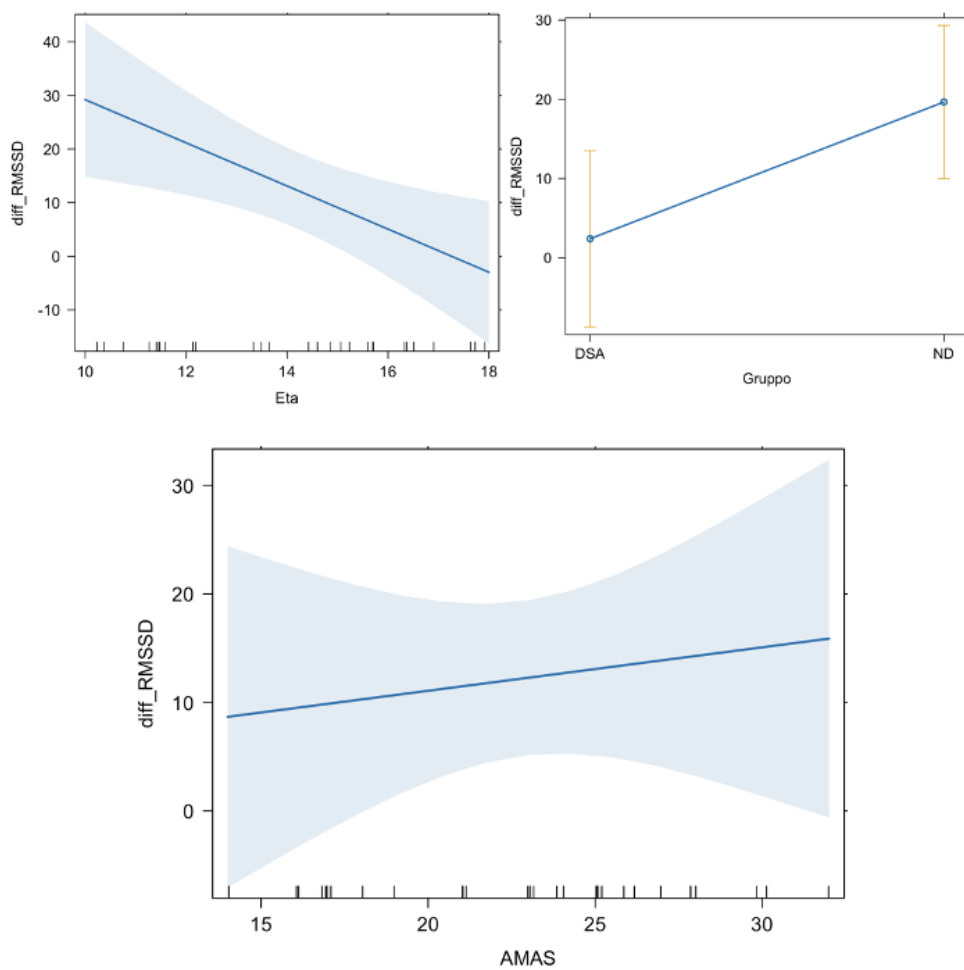
In Tabella 4.9 possiamo osservare il confronto tra i suddetti modelli e notiamo come il miglior modello risulti essere quello col gruppo e il questionario AMAS come predittori ( $AIC=267.30$ ) e risulti anche significativo ( $F(3, 26)=4.99, p=.008$ ). Da notare come anche gli altri due modelli siano significativi, ma andando ad osservare la significatività dei singoli predittori si scopre che solo l'età risulta significativa.

**Tabella 4.9.** Confronto tra modelli con AMAS e gruppo come predittori (variabile dipendente=RMSSD differenziale).

<i>Modello</i>	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>mR<sup>2</sup></i>
AMAS+Età	271.05	4.01	<b>.03*</b>	.23
AMAS+Gruppo+Età	<b>267.30</b>	4.99	<b>.008**</b>	.36
AMAS*Gruppo+Età	268.87	3.71	<b>.017*</b>	.37

Note. AIC=Akaike's Information Criterion; F=statistica F; p=p-value; mR<sup>2</sup>=multiple R-squared; \*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

In Figura 4.8 possiamo osservare la rappresentazione grafica degli effetti del modello del gruppo. Possiamo osservare come il differenziale dell'indice RMSSD e l'età siano inversamente proporzionale; l'effetto dell'età risulta essere significativo ( $\beta=-4.02, p=.01$ ). Possiamo poi osservare che il gruppo DSA mostra un differenziale minore tra la fase di baseline e la fase sociale rispetto al gruppo ND; anche questo effetto risulta significativo sulla variabile dipendente ( $\beta=17.24, p=.027$ ). Infine, sempre in Figura 4.8 possiamo osservare come il differenziale e i punteggi nel questionario AMAS siano direttamente proporzionali, l'effetto però risulta molto debole e non significativo ( $\beta=.40, p=.612$ ).



**Figura 4.8.** Rappresentazione grafica dell'effetto dell'età (in alto a sx), del gruppo (in alto a dx) e del questionario AMAS (in basso al centro) sulla variabile dipendente (differenziale RMSSD).

# Capitolo 5

## Discussione dei risultati

Nel presente capitolo verranno discussi i risultati delle analisi svolte e descritte in precedenza, in relazione alle ipotesi formulate e alla letteratura di riferimento.

L'obiettivo dello studio è stato quello di indagare, mediante un approccio multidimensionale, aspetti di stato comportamentali, soggettivi e fisiologici durante lo svolgimento di un compito computerizzato di matematica in un campione di bambini e ragazzi con DSA con un gruppo senza diagnosi. I partecipanti hanno svolto due prove di matematica distinto dalla condizione contestuale: una prova sociale, in presenza di un'insegnante che valuta la prestazione, e non sociale, in assenza della minaccia del giudizio sociale; da tali prove sono state prese in considerazione la percentuale di accuratezza per misurare gli aspetti di stato comportamentali. Successivamente, sono stati presi in considerazione i punteggi di valenza e *arousal* misurati mediante l'utilizzo del questionario SAM (Bradley & Lang, 1994) e i livelli di percezione di competenza e preoccupazioni emergenti dall'utilizzo del questionario su pensieri e preoccupazioni (adatt. da Lievore et al., 2024; Mammarella et al., 2023). Per gli aspetti di stato fisiologici, sono stati presi in considerazione la frequenza cardiaca e la variabilità interbattito in diversi momenti dell'incontro svolto con ciascun partecipante. È stato, infine, anche proposto un questionario con lo scopo di indagare le variabili di tratto legate all'ansia per la matematica.

Ricapitolando le ipotesi di ricerca presentate nel terzo capitolo del presente elaborato, è stato ipotizzato, in riferimento alle variabili comportamentali, che la prestazione matematica di entrambi i gruppi nella fase sociale sia peggiore rispetto alla prestazione nella prova non sociale (Ashcraft & Kirk, 2001; Maloney & Beilock, 2012; Vukovic et al., 2013). Inoltre, è stato ipotizzato che gli studenti con DSA presentino una prestazione generale nel compito di matematica peggiore rispetto agli studenti senza alcuna diagnosi. In proposito delle variabili soggettive, si ipotizzano dei livelli di attivazione emotiva (*arousal*) e di preoccupazioni maggiori (Devine et al., 2018; Nelson & Harwood, 2011) ed al contempo dei minori livelli di percezione di competenza negli studenti DSA (Howard & Tryon, 2002). Infine, per quanto riguarda le variabili psicofisiologiche, si ipotizza un aumento della frequenza cardiaca e un intervallo di tempo interbattito minore durante la fase sociale rispetto alla fase non sociale (Buske-Kirschbaum et al., 2002; Childs et al., 2006; Seddon et al., 2020).

## 5.1 Variabili comportamentali

Alla luce dei risultati ottenuti dalle analisi effettuate, viene confermata l'ipotesi che gli studenti nella prova sociale abbiano una prestazione peggiore rispetto alla prova non sociale. Tale risultato suggerisce che la componente valutativa della prova sociale elicitò nei partecipanti delle sensazioni negative riconducibili all'ansia per la matematica (Ramirez et al., 2018) e quest'ultima provochi un peggioramento della prestazione matematica (*e.g.*, Caviola et al., 2022; Hembree, 1990). Nello specifico, dato che la manipolazione sperimentale effettuata nella prova sociale prevedeva l'induzione di una situazione stressante per i partecipanti, il risultato ottenuto può considerarsi in linea con il fenomeno denominato “*choking under pressure*”, il quale si riferisce ad un peggioramento della prestazione in compito in cui è presente una pressione legata alla prestazione (*e.g.*, valutazione) (Beilock & Carr, 2001). È doveroso puntualizzare che l'ipotesi è stata considerata confermata sebbene l'effetto

si avvicinano solo alla significatività, poiché le evidenze che in letteratura confermano questa tendenza sono numerose e, in aggiunta, il campione del progetto dal punto di vista statistico è considerato piccolo, risulta quindi verosimile ipotizzare che in un campione maggiore questo effetto sarebbe stato significativo. È stata poi confermata anche l'ipotesi secondo cui la prestazione matematica degli studenti con DSA è significativamente peggiore rispetto agli studenti senza alcuna diagnosi. Questo risultato è in linea con la letteratura e, in particolare, risulta interessante notare che le difficoltà a livello matematico non sono esclusive della discalculia evolutiva, ma presenti anche in altre tipologie di DSA, come ad esempio la dislessia (Marks et al., 2024; Miles et al., 2001). Le difficoltà in ambito matematico comuni nei vari tipi di DSA sono verosimilmente dovute ad un deficit a livello di memoria di lavoro, il quale è generalmente considerato come un deficit tipico dei DSA (*e.g.*, Toffalini et al., 2017), poiché entrambe le componenti verbale e visuospatiale della memoria di lavoro risultano essere correlate in maniera forte con le prestazioni matematiche (Passolunghi et al., 2008; Szucs et al., 2014).

Possiamo spiegare la prestazione peggiore degli studenti DSA, riprendendo i risultati di una ricerca di Caviola e colleghi (2014) in cui hanno delineato quali caratteristiche ci sono alla base delle competenze del bambino a sviluppo tipico nella risoluzione di sottrazioni con prestito. È emerso che la memoria di lavoro visuospatiale e altre competenze matematiche spieghino le differenze individuali in tale procedura di calcolo. Tale ricerca risulta particolarmente rilevante nell'interpretazione dei risultati del nostro progetto poiché metà delle operazioni del compito di matematica proposto ai partecipanti prevedeva riporto (nel caso delle addizioni) o prestito (nel caso delle sottrazioni). Questo risultato è ulteriormente corroborato dai punteggi di memoria di lavoro significativamente maggiori degli studenti senza nessuna diagnosi rispetto agli studenti con DSA.

## 5.2 Variabili soggettive

Relativamente alle variabili soggettive, l'ipotesi che gli studenti con DSA presentino maggiori livelli di *arousal* e minore percezione di competenza è stata parzialmente confermata. Infatti, la tendenza emergente dai dati è in linea con l'ipotesi di una minore percezione di competenza negli studenti con DSA, ma essi riportano anche minori livelli di *arousal*. In aggiunta, le differenze tra i due gruppi non risultano significative. Sempre riferendosi a tendenze e non ad effetti significativi, gli studenti con DSA riportano mediamente una minore piacevolezza percepita durante le varie fasi. È infine interessante notare come i livelli di preoccupazioni risultino pressoché gli stessi tra i due gruppi, ma negli studenti con DSA i livelli durante le varie fasi sono stabili.

Ciò che appare essere rilevante nei risultati relativi alle variabili soggettive è l'effetto della fase sociale; infatti, gli studenti del campione durante questa fase presentano mediamente maggiori livelli di *arousal* e minori livelli di percezione di competenza e di piacevolezza. Questi risultati in associazione con le tendenze relative alle differenze tra gruppi suggeriscono come moderati livelli di attivazione (Lievore et al., 2024) e un'alta percezione di competenza (Kaskens et al., 2020) potrebbero essere legati ad un miglioramento della prestazione. Inoltre, i risultati suggeriscono anche un possibile ruolo protettivo della percezione di competenza, poiché oltre a poter essere legata alla prestazione matematica, può anche essere legata ad una motivazione più alta e a migliori abilità metacognitive (Jansen et al., 2013; Marsh & Martin, 2011; Živković et al., 2022). I risultati circa la piacevolezza percepita corroborano l'idea che nell'affrontare sfide nel contesto scolastico (*e.g.*, compito di matematica), i risultati degli studenti non siano influenzati meramente dalle loro capacità, ma anche dalle proprie reazioni emotive (Lievore et al., 2024).

Infine, i risultati relativi alle preoccupazioni sono in linea con alcuni studi in letteratura che sostengono che un moderato livello di preoccupazioni può stimolare gli studenti a fare del loro meglio almeno per quanto riguarda compiti relativamente

semplici (Evans, 2000; Wang et al., 2015), suggerendo al contempo una possibile mancanza di motivazione negli studenti con DSA.

### 5.3 Variabili psicofisiologiche

In merito ai risultati delle variabili fisiologiche, avviene una conferma dell'accuratezza dei partecipanti nel riportare i propri livelli di attivazione emotiva (*arousal*), infatti l'attivazione emotiva effettiva degli studenti con DSA risulta minore rispetto al gruppo senza alcuna diagnosi. Tale risultato corrobora quindi le precedenti possibili interpretazioni dei risultati relativi ai livelli di attivazione emotiva, secondo cui moderati livelli di attivazione emotiva sono associati ad una migliore prestazione matematica (Lievore et al., 2024). L'attivazione emotiva effettiva degli studenti senza alcuna diagnosi, oltre ad essere in tutte le fasi maggiore rispetto agli studenti con DSA, risulta maggiore in corrispondenza della fase sociale rispetto a quella non sociale. Tale risultato, in associazione ad una peggiore prestazione nel compito di matematica nella fase sociale, suggerisce come gli studenti abbiano percepito il compito sociale come stimolo "minaccioso" e non come sfida motivante. È noto, infatti, in letteratura come l'attivazione emotiva legata ad uno stimolo "minaccioso" abbia un effetto peggiorativo sulla prestazione (Seery, 2011).

Infine, l'assenza di modulazione del tono vagale mostrata negli studenti con DSA in associazione con i risultati ottenuti circa la variabile comportamentale, le variabili soggettive e l'attivazione soggettiva registrata (ECG), suggeriscono come questi studenti non differiscano dai coetanei senza diagnosi solo a livello di prestazione scolastica, ma è ragionevole ipotizzare che differiscano anche nella sfera emotivo-motivazionale. Sappiamo, infatti, dalla letteratura come spesso questi ragazzi temano in maniera sproporzionata di sbagliare, si percepiscano incapaci, si sentano "diversi", oltre ottenere delle brutte valutazioni (Moè et al., 2019). Tali esperienze se ripetute possono portare ad una modifica degli stili attributivi dello studente, ossia le modalità

con cui il soggetto si spiega successi e insuccessi (vedi Moè & De Beni, 2002), portando allo sviluppo di stili attributivi disfunzionali che talvolta possono sfociare in disturbi internalizzanti, quali la depressione (Maag & Reid, 2006). In letteratura, infatti, la sintomatologia che più spesso si associa ai DSA è di tipo internalizzante (Willcutt & Pennington, 2000). In risposta alle ripetute frustrazioni evocate dalla scuola, gli studenti con DSA esperiscono più frequentemente imbarazzo e ansia in situazioni legate alla vita scolastica quotidiana (*e.g.*, leggere o scrivere) (Maughan, 1995). Molti studenti con DSA in età adolescenziale hanno mostrato una forma di fobia sociale saltando lezioni o accettando voti più bassi pur di non parlare o eseguire compiti di fronte ai pari (Goldston et al., 2007). Spesso, inoltre, questa sintomatologia si protrae fino all'età adulta attraverso maggiori difficoltà di attenzione e minori livelli di resilienza rispetto alla popolazione generale, oltre che tramite la manifestazione di sintomi depressivi e psicosomatici, quali tic nervosi, cefalee, bruciori di stomaco e giramenti di testa (Re et al., 2014). Lo sviluppo di stili attributivi disfunzionali può portare anche a sindromi de-motivazionali come l'impotenza appresa (Abramson et al., 1978). Tale sindrome comporta compromissioni a livello comportamentale, emotivo e motivazionale associate alla presenza di convinzioni di base disfunzionali (*e.g.*, “non valgo”, “non posso”, “sono fatto così, non sarò mai capace”) ed emozioni di vergogna e inadeguatezza che, talvolta, portano ad un evitamento del compito o all'attribuzione di un basso valore alla matematica (Eccles, 1994). Pertanto, gli studenti con DSA in risposta a ripetuti fallimenti e/o smodati sforzi a fronte di esigui risultati in matematica, potrebbero inconsciamente cercare conferme del “non essere bravi” determinando una riduzione dell'impegno e della convinzione di riuscire. Verosimilmente, poi, questo scarso impegno porterà ad altri insuccessi che andranno a confermare ulteriormente la credenza disfunzionale della mancanza di abilità, andando così a creare un circolo disfunzionale (Moè et al., 2019). Butterworth e Bevan (in Butterworth, 2018), nel loro modello chiamato “circolo vizioso dell'ansia”, aggiungono altre possibili cause scatenanti (confronto negativo con i pari, derisione

e atteggiamenti genitoriali di svalutazione) e la possibilità di un atteggiamento disfunzionale dell'insegnante in risposta alle condotte di evitamento, rinuncia e demotivazione dello studente.

## 5.4 Relazione tra ansia per la matematica e risposta psicofisiologica

In linea con il risultato che mostra l'assenza di modulazione del tono vagale negli studenti con DSA, il differenziale tra la fase di baseline e la fase sociale nei soggetti con DSA risulta significativamente minore rispetto agli studenti senza alcuna diagnosi; tale differenziale corrisponde al valore dell'indice RMSSD durante la fase di baseline sottratto al valore dell'indice RMSSD durante la fase sociale.

La relazione tra l'ansia per la matematica di tratto, misurata mediante il questionario AMAS, e l'ansia per la matematica di stato, misurata mediante il ritiro vagale inferito dal differenziale tra fase di baseline e fase sociale, si mostra debolmente positiva e non significativa. Tale risultato è in linea con la letteratura di riferimento, spesso infatti i questionari self report circa l'ansia per la matematica correlano debolmente con altre misure associate all'attivazione emotiva (*e.g.*, psicofisiologiche) (Cipora et al., 2019).

Mettendo in relazione quest'ultimo risultato con quelli precedentemente discussi, possiamo notare in maniera chiara quanto sia complesso il costrutto dell'ansia per la matematica e la necessità di indagarlo tramite un approccio multidimensionale. Infatti, l'utilizzo esclusivo delle misure di indagine self report, specialmente di tratto, rischia di portare ad una semplificazione di tale costrutto (*ibidem*).

## 5.5 Limiti della ricerca e possibili sviluppi futuri

Dallo studio sono emersi risultati interessanti e innovativi, considerata anche la scarsa presenza in letteratura di studi che abbiano utilizzato un approccio multidimensionale per indagare l'ansia per la matematica specialmente negli studenti con DSA. Nonostante ciò, il presente progetto non è esente dalla presenza di limiti, primo tra tutti l'ampiezza del campione (30 soggetti). La ridotta numerosità campionaria, in particolare relativamente al gruppo clinico (13 soggetti), impatta negativamente sulla potenza e sulla generalizzazione dei risultati ottenuti; pertanto, un possibile sviluppo futuro di tale ricerca è l'ampliamento del campione, il quale potrebbe garantire la potenza necessaria per l'utilizzo di altre analisi (*e.g.*, analisi di mediazione).

Un secondo limite della presente ricerca, dovuto anche alla difficoltà di reclutamento di partecipanti del gruppo clinico, è il mancato controllo per il tipo di diagnosi di DSA (discalculia, dislessia, disgrafia e disortografia). Per gli eventuali sviluppi futuri di tale ricerca, potrebbe risultare interessante controllare per questo aspetto o, in alternativa, prendere in considerazione i sottogruppi all'interno del gruppo clinico per effettuare le analisi.

Dai risultati emergono anche degli aspetti potenzialmente interessanti legati alla sfera emotivo-motivazionale e, di conseguenza, alla prestazione matematica, ossia la motivazione al compito e i valori attribuiti alla matematica. Tali aspetti non sono stati però presi in considerazione e risulta quindi interessante la loro inclusione in un eventuale sviluppo futuro della presente ricerca.

Infine, sempre nella prospettiva di eventuali sviluppi futuri di tale ricerca, l'utilizzo di nuove misure fisiologiche per la misurazione dell'ansia per la matematica di stato (*e.g.*, aritmia sinusale respiratoria o conduttanza cutanea) potrebbe risultare interessante e aggiungere rilevanza allo studio, così come l'inclusione di altri campioni clinici con cui effettuare confronti (*e.g.*, autismo).

## 5.6 Implicazioni cliniche e educative

La principale implicazione clinica che emerge da questa ricerca è il fatto che spesso i ragazzi con DSA incontrano molte difficoltà lungo il loro percorso scolastico, le quali talvolta possono portare a vissuti di ansia e demotivazione che possono sfociare in forme di ritiro o innescare circoli disfunzionali come quelli precedentemente descritti. Infatti, in seguito a ripetuti insuccessi o a un considerevole impegno non rispecchiato dai risultati in matematica, potrebbero inconsciamente cercare conferme della loro percezione di "non essere capaci" e di "non poter migliorare", riducendo così sia il loro impegno che la convinzione di poter riuscire. Questo calo di motivazione, a sua volta, tende a generare ulteriori fallimenti, rafforzando la convinzione disfunzionale di mancanza di abilità e di impossibilità di miglioramento (vedi Figura 5.1).



**Figura 5.1.** Esempio di possibile circolo vizioso disfunzionale

Risulta quindi importante che il professionista, con il supporto di insegnanti e genitori, lavori per prevenire l'insorgenza di tali circoli viziosi attraverso forme di intervento e di prevenzione specifiche. In termini di prevenzione, risulta fondamentale che lo studente con DSA percepisca il contesto di apprendimento come positivo. È

bene quindi prevedere un insegnamento che risulti strutturato in obiettivi a breve termine, che utilizzi materiale concreto e con abbondanza di incoraggiamenti. Possono essere utili anche esercizi digitali adattivi sotto forma di gioco, la cui difficoltà si regola automaticamente in base alle risposte fornite dallo studente. Risultano invece controproducenti esercizi ripetitivi con l'obiettivo di imparare a memoria materiali che spesso gli studenti non comprendono nemmeno, poiché creano stress e non sono utili allo studente ai fini dell'apprendimento. Infine, questi studenti devono essere protetti dal giudizio dei pari e dal confronto con gli stessi, in modo da evitare derisione e sentimenti di svalutazione e vergogna. È altrettanto importante, sia nel contesto scolastico che familiare, dare importanza alle modalità di interazione verbale (parole da utilizzare e da non utilizzare) e agli atteggiamenti che si assumono; per fare ciò ci si può basare sui principi della teoria dell'autodeterminazione (Ryan & Deci, 2017). Infatti, nel tentativo di motivare lo studente si possono talvolta utilizzare delle espressioni o degli atteggiamenti poco efficaci e percepite dallo studente come frustranti. Ad esempio, al posto di dire "ti devi impegnare di più" si può esplicitare verbalmente quale comportamento ci si attende dallo studente e specificare obiettivi e strategie. L'atteggiamento da mantenere in questo caso è di fornire un supporto strategico a partire da quelle che sono le competenze dello studente e, se necessario, aiutarlo nella messa in atto delle strategie facendo attenzione a non sostituirsi a lui. Quest'ultima parte è cruciale, poiché sperimentare il successo in compiti e sfide che vengono affrontate in prima persona è l'unico modo per poter sviluppare la propria percezione di competenza (Moè et al., 2019).

Parallelamente, l'intervento da parte dei professionisti dovrebbe essere volto all'integrazione dei vissuti negativi legati alle esperienze di fallimento che, nonostante possano essere ridotte, risultano inevitabili. Tale accettazione del fallimento può essere raggiunta riconoscendo le emozioni negative, i pensieri auto svalutanti e con l'individuazione di possibili strategie di *coping* per la gestione del fallimento (Butterworth, 2018; Geromel, 2022). Affinché l'intervento del professionista sia efficace, è

fondamentale il coinvolgimento degli insegnanti e della famiglia, indipendentemente dal fatto che lo studente sia in età infantile o adolescenziale.

In conclusione, risulta evidente l'importanza di un approccio multidimensionale nell'indagare l'ansia per la matematica, per effettuare una corretta interpretazione sia teorica che pratica date le numerose componenti emerse, ed è altrettanto evidente come siano tutte da attenzionare al fine di realizzare interventi mirati sulla gestione dei vari aspetti disfunzionali. Emergono inoltre degli aspetti legati alla prestazione matematica, ossia la motivazione al compito e i valori attribuiti alla matematica, che risultano potenzialmente interessanti da considerare in sviluppi futuri del presente studio, oltre che altrettanto importanti da considerare dai professionisti per lo sviluppo di interventi mirati al benessere dello studente con DSA.



# Bibliografia

Abramson, L. Y., Seligman, M. E., & Teasdale, J. D. (1978). Learned helplessness in humans: critique and reformulation. *Journal of abnormal psychology, 87*(1), 49.

AID, Associazione italiana dislessia (2007). *Consensus Conference, Disturbi Evolutivi Specifici di Apprendimento. Raccomandazioni per la pratica clinica definite con il metodo della Consensus Conference*, Montecatini Terme, 22-23 settembre 2006, Milano, 26 gennaio 2007.

American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed., text rev.).

<https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787>

Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of general psychology, 10*(3), 229-240.

Artemenko, C., Daroczy, G., & Nuerk, H. C. (2015). Neural correlates of math anxiety—an overview and implications. *Frontiers in psychology, 6*, 1333.

Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: personal, educational, and cognitive consequences. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 11, 181–185. doi: 10.1111/1467-8721.00196

Ashcraft, M. H. (2019). Models of math anxiety. In *Mathematics anxiety* (pp. 1-19). Routledge.

Ashcraft, M. H., & Faust, M. W. (1994). Mathematics anxiety and mental arithmetic performance: An exploratory investigation. *Cognition & Emotion*, *8*(2), 97-125.

Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of experimental psychology: General*, *130*(2), 224.

Ashcraft, M. H., & Ridley, K. S. (2005). Math anxiety and its cognitive consequences: A tutorial review. *The handbook of mathematical cognition*, 315-327.

Avancini, C., & Szűcs, D. (2019). Psychophysiological correlates of mathematics anxiety. In *Routledge eBooks* (pp. 42–61). <https://doi.org/10.4324/9780429199981-3>

Barroso, C., Ganley, C. M., McGraw, A. L., Geer, E. A., Hart, S. A., & Daucourt, M. C. (2021). A meta-analysis of the relation between math anxiety and math achievement. *Psychological bulletin*, *147*(2), 134.

Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2001). On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure?. *Journal of experimental psychology: General*, *130*(4), 701.

Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(5), 1860-1863.

Beilock, S. L., & Maloney, E. A. (2015). Math anxiety: A factor in math achievement not to be ignored. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, *2*(1), 4-12.

Beilock, S. L., & Willingham, D. T. (2014). Math anxiety: Can teachers help students reduce it? ask the cognitive scientist. *American educator*, *38*(2), 28.

Benedek, M., & Kaernbach, C. (2010). A continuous measure of phasic electrodermal activity. *Journal of Neuroscience Methods*, *190*(1), 80–91.

<https://doi.org/10.1016/J.JNEUMETH.2010.04.028>

Berntson, G. G., Thomas Bigger Jr, J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., ... & Van Der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, *34*(6), 623-648.

Berkowitz, T., Schaeffer, M. W., Maloney, E. A., Peterson, L., Gregor, C., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015). Math at home adds up to achievement in school. *Science*, *350*(6257), 196-198.

Biancardi, A., Bachmannm C., Nicoletti, C. (2022). BDE 2 – Batteria discalculia evolutiva. *Erickson*.

Bieg, M., Goetz, T., Wolter, I., & Hall, N. C. (2015). Gender stereotype endorsement differentially predicts girls' and boys' trait-state discrepancy in math anxiety. *Frontiers in psychology*, *6*, 1404.

Bisiacchi, P. S., Cendron, M., & Gugliotta, M. (2005). BVN 5-11: Batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutiva. *Edizioni Centro Studi Erickson*.

Bonifacci, P., Tobia, V., Lami, L., & Snowling, M. (2014). ALCE. *Assessment di Lettura e Comprensione per l'Età Evolutiva* (pp. 1–120).

<https://boa.unimib.it/handle/10281/54167>

Borean, M., Paciulli, G., Bravar, L., & Zoia, S. (2012). *DGM-P. Test per la valutazione delle difficoltà grafo-motorie e posturali della scrittura*. Trento, Erickson.

Bugden, S., Szkudlarek, E., & Brannon, E. M. (2021). Approximate arithmetic training does not improve symbolic math in third and fourth grade children. *Trends in Neuroscience and Education*, *22*, 100149.

Buijs, R. M. (2013). The autonomic nervous system: a balancing act. *Handbook of clinical neurology*, *117*, 1-11.

Buske-Kirschbaum, A., Geiben, A., Höllig, H., Morschhäuser, E., & Hellhammer, D. (2002). Altered responsiveness of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis and the sympathetic adrenomedullary system to stress in patients with atopic dermatitis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *87*(9), 4245-4251.

Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3–18. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00374.x>

Butterworth, B. (2018). *Dyscalculia: From science to education*. Routledge.

Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From brain to education. *Science*, 332(6033), 1049–1053. <https://doi.org/10.1126/science.1201536>

Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szűcs, D. (2016). The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance. *Frontiers in psychology*, 6, 1987.

Carretti, B., Cornoldi, C., Caldarola, N., Tencati, C. (2022). *Test CO-TT scuola primaria*. Erickson.

Catts, H. W., Adlof, S. M., Hogan, T. P., & Weismer, S. E. (2005). Are specific language impairment and dyslexia distinct disorders? *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 48(6), 1378–1396. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2005/096](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2005/096)

Caviola, S., Carey, E., Mammarella, I. C., & Szűcs, D. (2017). Stress, time pressure, strategy selection and math anxiety in mathematics: A review of the literature. *Frontiers in Psychology*, 8, 1–13.

Caviola, S., Mammarella, I. C., & Kovas, Y. (2019). Math Anxiety in Children with and without Mathematical Difficulties. In *Routledge eBooks* (pp. 141–155). <https://doi.org/10.4324/9780429199981-8>

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., Toffalini, E., Giofrè, D., Ruiz, J. M., Szűcs, D., & Mammarella, I. C. (2022). Math performance and academic anxiety forms, from sociodemographic to cognitive aspects: A meta-analysis on 906,311 participants. *Educational Psychology Review*, 1-37.

Chang, H., & Beilock, S. L. (2016). The math anxiety-math performance link and its relation to individual and environmental factors: A review of current behavioral and psychophysiological research. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *10*, 33-38.

Childs, E., Vicini, L. M., & De Wit, H. (2006). Responses to the Trier Social Stress Test (TSST) in single versus grouped participants. *Psychophysiology*, *43*(4), 366-371.

Cipora, K., Artemenko, C., Nuerk, H. (2019). Different ways to measure math anxiety. In *Routledge eBooks* (pp. 20–41). <https://doi.org/10.4324/9780429199981-2>

Cipora, K., Santos, F. H., Kucian, K., & Dowker, A. (2022). Mathematics anxiety - Where are we and where shall we go? *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1513*, 10–20.

Coltheart, M. (1981). Disorders of reading and their implications for models of normal reading. *Visible language*, *15*(3), 245.

Cornoldi, C. (2019). *I disturbi dell'apprendimento*.

Cornoldi, C., Baldi, A. P., Giofrè, D., Albano, D., Friso, G., & Morelli, E. (2017). *Prove MT Avanzate-3-Clinica: la valutazione delle abilità di lettura, comprensione, scrittura e matematica per il biennio della scuola secondaria di II grado*. Firenze: Giunti Edu.

Cornoldi, C., Mammarella, I., Caviola, S., (2020). *AC-MT-3 Test di valutazione della abilità di calcolo e del ragionamento matematico*, Erickson

Cornoldi, C., & Zamperlin, C. (2018). Adolescenti con DSA e altri disturbi del neurosviluppo. *Psicologia e Scuola*, *38*, 42-47.

De Beni, R. (2003). *Nuova guida alla comprensione del testo*. Edizioni Erickson.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*, 1-42. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-N](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-N)

Dehaene, S. (1999). The number sense: How the mind creates mathematics. *British Journal of Educational Studies*, 47(2).

Dehaene, S., & Ottolenghi, M. L. V. (2000). *Il pallino della matematica: scoprire il genio dei numeri che è in noi*. Mondolibri.

Devine, A., Fawcett, K., Szűcs, D., & Dowker, A. (2012). Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety. *Behavioral and brain functions*, 8, 1-9.

Devine, A., Hill, F., Carey, E., & Szűcs, D. (2018). Cognitive and emotional math problems largely dissociate: Prevalence of developmental dyscalculia and mathematics anxiety. *Journal of Educational Psychology*, 110(3), 431.

Dew, K. H., Galassi, J. P., & Galassi, M. D. (1984). Math anxiety: Relation with situational test anxiety, performance, physiological arousal, and math avoidance behavior. *Journal of Counseling Psychology*, 31(4), 580–583.

<https://doi.org/10.1037/0022-0167.31.4.580>

Di Brina, C., Rossini, G. (2021). *Test BHK – Scala sintetica per la valutazione della scrittura in età evolutiva*. Trento, Erickson.

Donolato, E., Toffalini, E., Giofrè, D., Caviola, S., & Mammarella, I. C. (2020). Going beyond mathematics anxiety in primary and middle school students: The role of ego-resiliency in mathematics. *Mind, Brain, and Education*, 14(3), 255-266.

Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in psychology*, 7, 508.

Eccles, J. S. (1994). Understanding women's educational and occupational choices: Applying the Eccles et al. model of achievement-related choices. *Psychology of women quarterly*, 18(4), 585-609.

Eden, C., Heine, A., & Jacobs, A. M. (2013). Mathematics anxiety and its development in the course of formal schooling—a review. *Psychology*, 4(06), 27.

Endler, N. S., & Kocovski, N. L. (2001). State and trait anxiety revisited. *Journal of anxiety disorders, 15*(3), 231-245.

Evans, J. (2002). *Adults' mathematical thinking and emotions: A study of numerate practice*. Routledge.

Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition & emotion, 6*(6), 409-434.

Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion, 7*(2), 336.

Ferguson, A. M., Maloney, E. A., Fugelsang, J., & Risko, E. F. (2015). On the relation between math and spatial ability: The case of math anxiety. *Learning and Individual Differences, 39*, 1-12.

Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex, 86*, 186-204.

Frith, U. (2017). Beneath the surface of developmental dyslexia. In *Surface dyslexia* (pp. 301-330). Routledge.

Ganley, C. M., & McGraw, A. L. (2016). The development and validation of a revised version of the math anxiety scale for young children. *Frontiers in psychology, 7*, 1181.

Garrett, A. J., Mazzocco, M. M., & Baker, L. (2006). Development of the metacognitive skills of prediction and evaluation in children with or without math disability. *Learning Disabilities Research & Practice, 21*(2), 77-88.

Geromel, M. (2022). Il trattamento degli aspetti emotivo-relazionali. In *Il trattamento dei disturbi specifici dell'apprendimento* (pp.191-213). Edizioni Erickson.

Goldston, D. B., Walsh, A., Arnold, E. M., Reboussin, B., Daniel, S. S., Erkanli, A., ... & Wood, F. B. (2007). Reading problems, psychiatric disorders, and functional impairment from mid-to late adolescence. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 46*(1), 25-32.

Gough, P. B., & Tunmer, W. E. (1986). Decoding, reading, and reading disability. *Remedial and Special Education*, 7(1), 6–10.

<https://doi.org/10.1177/074193258600700104>

Grigorenko, E. L., Compton, D. L., Fuchs, L. S., Wagner, R. K., Willcutt, E. G., & Fletcher, J. M. (2020). Understanding, educating, and supporting children with specific learning disabilities: 50 years of science and practice. *American Psychologist*, 75(1), 37–51. <https://doi.org/10.1037/amp0000452>

Harari, R. R., Vukovic, R. K., & Bailey, S. P. (2013). Mathematics anxiety in young children: An exploratory study. *The Journal of experimental education*, 81(4), 538-555.

Heath, N. L., & Wiener, J. (1996). Depression and nonacademic self-perceptions in children with and without learning disabilities. *Learning Disabilities Quarterly*, 19, 34–44

Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for research in mathematics education*, 21(1), 33-46.

Henschel, S., & Roick, T. (2018). The multidimensional structure of math anxiety revisited. *European Journal of Psychological Assessment*.

Hill, F., Mammarella, I. C., Devine, A., Caviola, S., Passolunghi, M. C., & Szűcs, D. (2016). Maths anxiety in primary and secondary school students: Gender differences, developmental changes and anxiety specificity. *Learning and individual differences*, 48, 45-53.

Hopko, D. R. (2003). Confirmatory factor analysis of the math anxiety rating scale–revised. *Educational and psychological measurement*, 63(2), 336-351.

Hopko, D. R., Hunt, M. K., & Armento, M. E. A. (2005). Attentional task aptitude and performance anxiety. *International Journal of Stress Management*, 12(4), 389–408. <https://doi.org/10.1037/1072-5245.12.4.389>

Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003<sup>a</sup>). The abbreviated math anxiety scale (AMAS) construction, validity, and reliability. *Assessment*, *10*(2), 178-182.

Hopko, D. R., McNeil, D. W., Gleason, P. J., & Rabalais, A. E. (2002). The emotional Stroop paradigm: Performance as a function of stimulus properties and self-reported mathematics anxiety. *Cognitive Therapy and Research*, *26*, 157-166.

Hopko, D. R., McNeil, D. W., Lejuez, C. W., Ashcraft, M. H., Eifert, G. H., & Riel, J. (2003<sup>b</sup>). The effects of anxious responding on mental arithmetic and lexical decision task performance. *Journal of Anxiety Disorders*, *17*

Howard, K. A., & Tryon, G. S. (2002). Depressive symptoms in and type of classroom placement for adolescent with LD. *Journal of Learning Disabilities*, *35*, 185–191

Istituto Superiore di Sanità (2011). *Consensus Conference, Disturbi specifici dell'apprendimento*, Roma, 6-7 dicembre 2010.

Istituto Superiore di Sanità (2022). *LG DSA 2018. Linea Guida sulla gestione dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento Aggiornamento ed integrazioni: Roma*.

Jansen, B. R., Louwse, J., Straatemeier, M., Van der Ven, S. H., Klinkenberg, S., & Van der Maas, H. L. (2013). The influence of experiencing success in math on math anxiety, perceived math competence, and math performance. *Learning and individual differences*, *24*, 190-197.

Kazelskis, R., Reeves, C., Kersh, M. E., Bailey, G., Cole, K., Larmon, M., ... & Holliday, D. C. (2000). Mathematics anxiety and test anxiety: Separate constructs?. *The Journal of experimental education*, *68*(2), 137-146.

Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, *84*(3), 394–421.

<https://doi.org/10.1016/J.BIOPSYCHO.2010.03.010>

Kreibig, S. D., & Gendolla, G. H. (2014). Autonomic nervous system measurement of emotion in education and achievement settings. In *International handbook of emotions in education* (pp. 625-642). Routledge.

Laborde, S., Mosley, E., & Mertgen, A. (2018). Vagal tank theory: the three rs of cardiac vagal control functioning—resting, reactivity, and recovery. *Frontiers in neuroscience, 12*, 458.

Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research—recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in psychology, 8*, 213.

Lai, Y., Zhu, X., Chen, Y., & Li, Y. (2015). Effects of mathematics anxiety and mathematical metacognition on word problem solving in children with and without mathematical learning difficulties. *PloS one, 10*(6), e0130570.

Lazarus, M. (1974). Mathophobia: Some personal speculations. *National Elementary Principal, 53*, 16–22.

Lievore, R., Caviola, S., & Mammarella, I. C. (2024). How trait and state mathematics anxiety could affect performance: Evidence from children with and without Specific Learning Disorders. *Learning and Individual Differences, 112*, 102459.

Lyytinen, H., Ahonen, T., Eklund, K., Guttorm, T. K., Laakso, M., Leinonen, S., Leppänen, P., Lyytinen, P., Poikkeus, A., Puolakanaho, A., Richardson, U., & Viholainen, H. (2001). Developmental pathways of children with and without familial risk for dyslexia during the first years of life. *Developmental Neuropsychology, 20*(2), 535–554. [https://doi.org/10.1207/s15326942dn2002\\_5](https://doi.org/10.1207/s15326942dn2002_5)

Lyytinen, H., Ahonen, T., Eklund, K., Guttorm, T. K., Kulju, P., Laakso, M., Leiwo, M., Leppänen, P. H., Lyytinen, P., Poikkeus, A., Richardson, U., Torppa, M., & Viholainen, H. (2004). Early development of children at familial risk for Dyslexia—follow-up from birth to school age. *Dyslexia (Chichester, England. Print)*, *10*(3), 146–178. <https://doi.org/10.1002/dys.274>

Lucangeli, D., Molin, A., Poli, S., Tressoldi, P. E., Zorzi, M. (2009). *Discalculia test. Test per la valutazione delle abilità e dei disturbi del calcolo*. Trento, Erickson.

Maag, J. W., & Reid, R. (2006). Depression among students with learning disabilities: Assessing the risk. *Journal of learning disabilities*, *39*(1), 3-10.

Maloney, E. A., & Beilock, S. L. (2012). Math anxiety: Who has it, why it develops, and how to guard against it. *Trends in cognitive sciences*, *16*(8), 404-406.

Maloney, E. A., Ansari, D., & Fugelsang, J. A. (2011). Rapid communication: The effect of mathematics anxiety on the processing of numerical magnitude. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *64*(1), 10-16.

Maloney, E. A., Waechter, S., Risko, E. F., & Fugelsang, J. A. (2012). Reducing the sex difference in math anxiety: The role of spatial processing ability. *Learning and Individual Differences*, *22*(3), 380-384.

Mammarella, I. C., Cardillo, R., & Caviola, S. (2019). *La memoria di lavoro nei disturbi del neurosviluppo. Dalle evidenze scientifiche alle applicazioni cliniche ed educative*.

Mammarella, I. C., Caviola, S., & Dowker, A. (2019). *Mathematics anxiety: What Is Known, and What is Still Missing*. Routledge.

Mammarella, I. C., Caviola, S., Rossi, S., Patron, E., & Palomba, D. (2023). Multidimensional components of (state) mathematics anxiety: Behavioral, cognitive, emotional, and psychophysiological consequences. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1523*(1), 91-103.

Margolin, D. I. (1984). The neuropsychology of Writing and Spelling: Semantic, Phonological, Motor, and Perceptual Processes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *36*(3), 459–489. <https://doi.org/10.1080/14640748408402172>

Marks, R. A., Pollack, C., Meisler, S. L., D'Mello, A. M., Centanni, T. M., Romeo, R. R., ... & Christodoulou, J. A. (2024). Neurocognitive mechanisms of co-occurring math difficulties in dyslexia: Differences in executive function and visuospatial processing. *Developmental Science*, *27*(2), e13443.

Marsh, H. W., & Martin, A. J. (2011). Academic self-concept and academic achievement: Relations and causal ordering. *British journal of educational psychology*, *81*(1), 59-77.

Maughan, B. (1995). Long-term outcomes of developmental reading problems. *Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*.

McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, *44*(1–2), 107–157. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90052-j](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90052-j)

McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, *4*(2), 171–196. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(85\)90069-7](https://doi.org/10.1016/0278-2626(85)90069-7)

Miles, T. R., Haslum, M. N., & Wheeler, T. J. (2001). The mathematical abilities of dyslexic 10-year-olds. *Annals of dyslexia*, *51*, 299-321.

Milberger, S., Biederman, J., Faraone, S. V., Murphy, J., & Tsuang, M. T. (1995). Attention deficit hyperactivity disorder and comorbid disorders: issues of overlapping symptoms. *The American Journal of Psychiatry*, *152*(12), 1793–1799. <https://doi.org/10.1176/ajp.152.12.1793>

Moè, A., & De Beni, R. (2002). Stile attributivo, motivazione ad apprendere ed atteggiamento strategico. Una rassegna. *Psicologia clinica dello sviluppo*, *6*(1), 5-36.

Moè, A., De Beni, R., & Cornoldi, C. (2019). Aspetti emotivo-motivazionali che accompagnano le difficoltà d'apprendimento. In *I disturbi dell'apprendimento* (pp. 333-350). Il Mulino.

Morrow, C. E., Culbertson, J. L., Accornero, V. H., Xue, L., Anthony, J. C., & Bandstra, E. S. (2006). Learning Disabilities and intellectual functioning in School-Aged children with prenatal cocaine exposure. *Developmental Neuropsychology*, *30*(3), 905–931. [https://doi.org/10.1207/s15326942dn3003\\_8](https://doi.org/10.1207/s15326942dn3003_8)

Mutlu, Y. (2019). Math Anxiety in Students with and without Math Learning Difficulties. *International Electronic Journal of Elementary Education*, *11*(5), 471-475.

Nelson, J. M., & Harwood, H. (2011). Learning disabilities and anxiety: A meta-analysis. *Journal of Learning Disabilities*, *44*, 3–17.

Newstead, K. (1998). Aspects of children's mathematics anxiety. *Educational Studies in mathematics*, *36*, 53-71.

Organization for Economic Cooperation and Development. (2013). *PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. OECD Publishing.

Organization for Economic Cooperation and Development. (2016). *PISA 2015 results in focus*. OECD Publishing.

Passolunghi, M. C. (2011). Cognitive and emotional factors in children with mathematical learning disabilities. *International Journal of Disability, Development and Education*, *58*(1), 61-73.

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 neuropsychology*, *33*(3), 229-250.

Peirce, J. W., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M. R., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., Lindeløv, J. (2019). PsychoPy2: experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*. 10.3758/s13428-018-01193-y

Pellizzoni, S., Cargnelutti, E., Cuder, A., & Passolunghi, M. C. (2022). The interplay between math anxiety and working memory on math performance: A longitudinal study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1510(1), 132-144.

Porges, S. W. (2001). The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *International journal of psychophysiology*, 42(2), 123-146.

Porges, S. W. (2003). The polyvagal theory: Phylogenetic contributions to social behavior. *Physiology & behavior*, 79(3), 503-513.

Porges, S. W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological psychology*, 74(2), 116-143.

Posit team (2024). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Posit Software, PBC, Boston, MA. <http://www.posit.co/>

Quinn, J. (2018). Differential identification of females and males with reading difficulties: A meta-analysis. *Reading & Writing*, 31(5), 1039–1061. <https://doi.org/10.1007/s11145-018-9827-8>

Quintana, D. S., Alvares, G. A., & Heathers, J. A. J. (2016). Guidelines for Reporting Articles on Psychiatry and Heart rate variability (GRAPH): recommendations to advance research communication. *Translational psychiatry*, 6(5), e803-e803.

Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2013). Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school. *Journal of cognition and development*, 14(2), 187-202.

R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Re, A. M., Ghisi, M., Guazzo, E., Boz, F., & Mammarella, I. C. (2014). Difficoltà psicologiche negli studenti universitari con dislessia. *Psicologia clinica dello sviluppo*, 18(2), 279-290.

Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of counseling Psychology*, 19(6), 551.

Robinson, M. D., & Clore, G. L. (2002). Belief and feeling: evidence for an accessibility model of emotional self-report. *Psychological bulletin*, 128(6), 934.

Roos, A.-L., Bieg, M., Goetz, T., Frenzel, A. C., Taxer, J., & Zeidner, M. (2015). Experiencing more mathematics anxiety than expected? Contrasting trait and state anxiety in high achieving students. *High Ability Studies*, 26(2), 245–258. <https://doi.org/10.1080/13598139.2015.1095078>

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.

Ryan, R. M. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press.

Sartori, G., Job, R., Tressoldi, P., (2007). *DDE-2 Batteria per la valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva – 2*.

Sasanguie, D., Göbel, S. M., Moll, K., Smets, K., & Reynvoet, B. (2013). Approximate number sense, symbolic number processing, or number–space mappings: What underlies mathematics achievement?. *Journal of experimental child psychology*, 114(3), 418-431.

Seery, M. D. (2011). Challenge or threat? Cardiovascular indexes of resilience and vulnerability to potential stress in humans. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(7), 1603-1610.

Seddon, J. A., Rodriguez, V. J., Provencher, Y., Raftery-Helmer, J., Hersh, J., Labelle, P. R., & Thomassin, K. (2020). Meta-analysis of the effectiveness of the Trier Social Stress Test in eliciting physiological stress responses in children and adolescents. *Psychoneuroendocrinology*, *116*, 104582.

Šprung, J., Flick, R. P., Wilder, R. T., Katusic, S. K., Pike, T. L., Dingli, M., Gleich, S. J., Schroeder, D. R., Barbaresi, W. J., Hanson, A. C., & Warner, D. O. (2009). Anesthesia for cesarean delivery and learning disabilities in a population-based birth cohort. *Anesthesiology*, *111*(2), 302–310.

<https://doi.org/10.1097/aln.0b013e3181adf481>

St Sauver, J. L. (2001). Boy/Girl Differences in risk for reading disability: Potential clues? *American Journal of Epidemiology*, *154*(9), 787–794.

<https://doi.org/10.1093/aje/154.9.787>

Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological research*, *63*(3), 289–298.

Suárez-Pellicioni, M., Núñez-Peña, M. I., & Colomé, À. (2016). Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *16*, 3–22.

Suinn, R. M., Taylor, S., & Edwards, R. W. (1988). Suinn mathematics anxiety rating scale for elementary school students (MARS-E): Psychometric and normative data. *Educational and Psychological Measurement*, *48*(4), 979–986.

Szűcs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2014). Cognitive components of a mathematical processing network in 9-year-old children. *Developmental science*, *17*(4), 506–524.

Temple, C. M. (1997). Cognitive Neuropsychology and its application to children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *38*(1), 27–52.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1997.tb01504.x>

Thayer, J. F., Friedman, B. H., & Borkovec, T. D. (1996). Autonomic characteristics of generalized anxiety disorder and worry. *Biological psychiatry*, *39*(4), 255-266.

Thomas, G., & Dowker, A. (2000, September). Mathematics anxiety and related factors in young children. In *British Psychological Society Developmental Section Conference*.

Tobias, S. (1986). "Anxiety and cognitive processing of instruction," in *Self-Related Cognitions in Anxiety and Motivation*, ed. R. Schwarzer (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates), 35-54.

Toffalini, E., Giofrè, D., & Cornoldi, C. (2017). Strengths and weaknesses in the intellectual profile of different subtypes of specific learning disorder. *Clinical Psychological Science*, *5*(2), 402–409. <https://doi.org/10.1177/2167702616672038>

Tomblin, J. B., Zhang, X., Buckwalter, P., & Catts, H. (2000). The association of reading disability, behavioral disorders, and language impairment among second-grade children. *Journal of child Psychology and Psychiatry*, *41*(4), 473-482.

Torppa, M., Poikkeus, A., Laakso, M., Eklund, K., & Lyytinen, H. (2006). Predicting delayed letter knowledge development and its relation to Grade 1 reading achievement among children with and without familial risk for dyslexia. *Developmental Psychology*, *42*(6), 1128–1142. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.42.6.1128>

Tressoldi, P.E., Cornoldi, C., Re, A.M. (2013). *BVSCO-2. Batteria per la Valutazione della Scrittura e della Competenza Ortografica-2*. Firenze, Giunti OS.

Tressoldi, P. E., & Vio, C. (2008). È proprio così difficile distinguere difficoltà da disturbo di apprendimento?. *Dislessia*, *5*(2), pp. 139-147.

Vio, C., & Toso, C. (2012). *Dislessia evolutiva. Dall'identificazione del disturbo all'intervento*.

Vio, C., Tressoldi, P. E., & Lo Presti, G. (2022). *Diagnosi dei disturbi specifici dell'apprendimento*. Edizioni Erickson.

Vukovic, R. K., Kieffer, M. J., Bailey, S. P., & Harari, R. R. (2013). Mathematics anxiety in young children: Concurrent and longitudinal associations with mathematical performance. *Contemporary educational psychology, 38*(1), 1-10.

Wang, Z., Hart, S. A., Kovas, Y., Lukowski, S., Soden, B., Thompson, L. A., . . . Petrill, S. A. (2014). Who is afraid of math? Two sources of genetic variance for mathematical anxiety. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 55*, 1056- 1064.

Wang, Z., Lukowski, S. L., Hart, S. A., Lyons, I. M., Thompson, L. A., Kovas, Y., ... & Petrill, S. A. (2015). Is math anxiety always bad for math learning? The role of math motivation. *Psychological science, 26*(12), 1863-1876.

Wigfield, A., & Meece, J. L. (1988). Math anxiety in elementary and secondary school students. *Journal of Educational Psychology, 80*, 210–216

Wilder, R. T., Flick, R. P., Šprung, J., Katusic, S. K., Barbaresi, W. J., Mickelson, C., Gleich, S. J., Schroeder, D. R., Weaver, A. L., & Warner, D. O. (2009). Early exposure to anesthesia and learning disabilities in a population-based birth cohort. *Anesthesiology, 110*(4), 796–804.

<https://doi.org/10.1097/01.anes.0000344728.34332.5d>

Willcutt, E. G., McGrath, L. M., Pennington, B. F., Keenan, J. M., DeFries, J. C., Olson, R. K., & Wadsworth, S. J. (2019). Understanding comorbidity between specific learning disabilities. *New Directions for Child and Adolescent Development, 2019*(165), 91–109. <https://doi.org/10.1002/cad.20291>

World Health Organization (2019). *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 11th*. <https://icd.who.int/en>

Wu, S. S., Barth, M., Amin, H., Malcarne, V., & Menon, V. (2012). Math anxiety in second and third graders and its relation to mathematics achievement. *Frontiers in psychology, 3*, 162.

Wu, S. S., Willcutt, E. G., Escovar, E., & Menon, V. (2014). Mathematics achievement and anxiety and their relation to internalizing and externalizing behaviors. *Journal of learning disabilities, 47*(6), 503-514.

Zhang, J., Zhao, N., & Kong, Q. P. (2019). The relationship between math anxiety and math performance: A meta-analytic investigation. *Frontiers in psychology, 10*, 1613.

Živković, M., Pellizzoni, S., Mammarella, I. C., & Passolunghi, M. C. (2022). Executive functions, math anxiety and math performance in middle school students. *British Journal of Developmental Psychology, 40*(3), 438-452.