



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione
(DPSS)**

Corso di laurea Magistrale in Psicologia Clinica dello Sviluppo

Tesi di laurea Magistrale

**Fattori cognitivi, fisiologici e comportamentali dell'ansia per
la matematica nel Disturbo dello Spettro dell'Autismo**

**Cognitive, physiological and behavioral factors of math
anxiety in Autism Spectrum Disorder**

Relatrice

Prof.ssa Irene Cristina Mammarella

Correlatrice

Dott.ssa Rachele Lievore

Laureando: Marco Barbieri

Matricola: 2079405

Anno Accademico 2023-2024

Sommario

INTRODUZIONE.....	1
<i>Il Disturbo dello Spettro dell'Autismo</i>	4
1.1. Cenni storici ed evoluzione della concezione diagnostica nel DSM.....	4
1.2. Caratteristiche cliniche	6
1.3. Criteri diagnostici	7
1.4. Diagnosi differenziale.....	10
1.5. Eziologia ed epidemiologia	11
1.6. Modelli teorici di riferimento	14
1.6.1. Il modello della teoria della mente.....	14
1.6.2. Il modello delle funzioni esecutive	17
1.6.3. Il modello della coerenza centrale	18
<i>L'ansia per la matematica nel Disturbo dello Spettro dell'Autismo.....</i>	21
2.1 Ansia per la matematica: definizione e descrizione del costrutto	21
2.1.1 Ansia per la matematica e prestazione accademica	24
2.1.2 Modelli teorici di riferimento.....	26
2.2 Prevalenza.....	29
2.3 Strumenti di valutazione.....	30
2.4 Abilità matematiche in soggetti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo	32
2.5 Ansia per la matematica e Disturbo dello Spettro dell'Autismo	33
<i>La Ricerca</i>	36
3.1. Obiettivi	36
3.2. Ipotesi di ricerca	36
3.3. Partecipanti	38
3.4. Metodo	39
3.4.1. Prove di screening.....	39
3.4.2. Prove sperimentali	43
3.5. Procedura.....	48
<i>I risultati</i>.....	51
4.1. Prove di screening	51
4.1.1. Et� in anni	52
4.1.2. Quoziente intellettivo in forma breve	52
4.1.3. Prove degli apprendimenti	52
4.1.4. Questionario ADI-R.....	53
4.2. Prove sperimentali	54
4.2.1. Variabili comportamentali	55
4.2.2. Variabili soggettive.....	57
4.2.3. Variabili fisiologiche	66
4.2.4. Questionario sull'ansia per la matematica	67
4.2.5. Questionario sull'ansia sociale	68

<i>Discussione dei risultati</i>	71
5.1. Prestazione nel compito di matematica	71
5.2. Livelli di arousal e preoccupazioni legate al compito di matematica.....	72
5.3. Percezione di competenza legata al compito di matematica	73
5.4. Livelli fisiologici riportati durante il compito di matematica.....	74
5.5. Livelli di ansia per la matematica.....	75
5.6. Livelli di ansia sociale	76
5.7. Limiti dello studio e sviluppi futuri	76
5.8. Implicazioni cliniche e educative	77
5.9. Conclusioni	78
<i>Bibliografia</i>	81

INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi fa riferimento al più ampio progetto “Prestazione scolastica: aspetti emotivi e sociali” organizzato dal Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione (DPSS) dell’Università di Padova.

Nello specifico, questo studio si è interessato alla relazione tra l’ansia per la matematica (MA) e il Disturbo dello Spettro dell’Autismo (ASD) senza disabilità intellettiva. Sono stati coinvolti 22 partecipanti, 13 a sviluppo tipico e 9 con diagnosi di ASD, ai quali sono state somministrate inizialmente delle prove di screening, utili a valutare gli apprendimenti ed accertare l’assenza di disabilità intellettiva, e successivamente delle prove sperimentali, necessarie per la valutazione del costrutto dell’ansia per la matematica.

Tale costrutto è stato esaminato in tutta la sua complessità grazie all’analisi delle sue componenti cognitiva, fisiologica e comportamentale, soffermandosi sui principali elementi coinvolti in fase di valutazione accademica.

Inoltre, una fase della prova sperimentale prevedeva di sottoporre i partecipanti ad una condizione di pressione sociale, con lo scopo di indagare il ruolo dell’ansia sociale nell’influenzare i livelli di ansia per la matematica.

La seguente tesi è organizzata in cinque capitoli.

Nel primo viene delineato il quadro teorico di riferimento, ovvero il Disturbo dello Spettro dell’Autismo; in particolare, vengono presentati i criteri diagnostici del *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, Fifth Edition, Text Revision* (DSM-5-TR; APA, 2023) e dell’*International Classification of Diseases* (ICD-11; OMS, 2019), le caratteristiche cliniche, l’eziologia e i principali modelli teorici di riferimento.

Nel secondo capitolo viene approfondito il costrutto dell’ansia per la matematica, prendendo in considerazione le principali definizioni presenti in letteratura e le più accreditate teorie di riferimento che lo analizzano, la prevalenza, gli strumenti in grado di valutarlo, e le relazioni tra MA e ASD.

Nel terzo capitolo viene descritta la ricerca svolta, specificando il metodo e la procedura, i partecipanti coinvolti, gli obiettivi e le ipotesi di ricerca formulate.

Nel quarto capitolo vengono riportati risultati ottenuti dalle analisi statistiche effettuate mediante il software R (R Core Team, 2024).

Infine, nel quinto capitolo vengono sviluppate le conclusioni, confrontando i risultati con i dati emersi con quelli presenti nella letteratura scientifica. Inoltre, vengono esposti i principali limiti della ricerca, i possibili sviluppi futuri e le implicazioni cliniche ed educative.

Capitolo 1

Il Disturbo dello Spettro dell'Autismo

Il Disturbo dello Spettro dell'Autismo (*Autism Spectrum Disorders, ASD*) è un disturbo del neurosviluppo a eziologia multifattoriale caratterizzato da deficit nell'interazione sociale e nella comunicazione verbale e non verbale, associato a comportamenti ripetitivi e interessi ristretti e stereotipati (American Psychiatric Association, 2022).

I disturbi del neurosviluppo sono un gruppo di condizioni cliniche con esordio precoce, caratterizzati da deficit nello sviluppo o da differenze nei processi cerebrali che compromettono il funzionamento personale, sociale e scolastico (APA, 2023). L'autismo viene rappresentato da uno spettro dimensionale al cui interno rientrano le caratteristiche dei singoli individui sulla base di specifici indicatori clinici come la presenza di disabilità intellettiva, di ritardo nello sviluppo del linguaggio, del grado di severità del disturbo e di altre caratteristiche associate (Vianello & Mammarella, 2015).

1.1. Cenni storici ed evoluzione della concezione diagnostica nel DSM

Nel 1809 il dottor John Haslam pubblicò un libro in cui veniva descritta la condizione di un ragazzo la cui sintomatologia si adatterebbe perfettamente alla definizione attuale di Autismo: difficoltà nella lettura, scarse interazioni sociali con gli altri bambini e iperattività. Nel 1962, George Vaillant affermò che Haslam fu colui che si avvicinò, più di chiunque altro, ad anticipare la definizione clinica emersa decenni dopo (Deisinger, 2011).

Il termine "Autismo" venne coniato nel 1911 da Eugen Bleuler per descrivere "un ritiro egocentrico in uno stato mentale di fantasia idiosincratico" in connessione con la schizofrenia (Goldstein & Ozonoff, 2009). Dunque, fino alla fine degli anni '60, ciò che oggi viene etichettato come Autismo era prima descritto dalla categoria diagnostica "schizofrenia infantile".

È solo con la pubblicazione dell'articolo "Disturbi autistici del contenuto affettivo" del 1943 che Leo Kanner parlò per la prima volta di una sindrome che non era mai stata descritta come un disturbo unico dell'infanzia (Fombonne, 2003). Secondo l'autore, l'Autismo non rappresentava una regressione da uno stato all'altro, bensì una deviazione

dallo sviluppo neurotipico (Goldstein & Ozonoff, 2009). In questo articolo, Kanner descrisse la situazione clinica di otto ragazzi e tre ragazze di età compresa tra i 2 e gli 8 anni che mostravano una forte preferenza per la solitudine, comportamenti ripetitivi, interessi ristretti e difficoltà linguistiche come ecolalia, mutismo o inversione dei pronomi. Tutti questi sintomi, per via della loro presenza fin dalla nascita, posero le basi per la comprensione dell'importanza dei fattori biologici nell'eziologia del disturbo (Deisinger, 2011).

Un ulteriore aspetto descritto da Kanner, che ha ricevuto un'attenzione particolare per via della grande somiglianza con i dati attuali, è il rapporto tra maschi e femmine autistici presenti nel suo campione di studio: l'autore ha notato, infatti, che la numerosità dei primi era molto superiore rispetto a quella delle seconde (Wolff, 2004).

L'anno successivo alla pubblicazione di Kanner, il pediatra Hans Asperger usò il termine "Autistico" per definire una condizione di isolamento sociale egocentrico che chiamò "psicopatia autistica" per indicare uno stato di personalità disorganizzata (Klin et al., 2005). I casi descritti da Asperger avevano un miglior funzionamento cognitivo generale, non avevano ritardi nello sviluppo linguistico ma presentavano aspetti comunicativi pragmatici deficitari (Vianello & Mammarella, 2015).

Per quanto riguarda l'evoluzione del Disturbo dello Spettro dell'Autismo nel DSM, è importante sottolineare che nelle prime due versioni, del 1952 e del 1968, questa sindrome veniva descritta come una forma di psicosi infantile.

Nel *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, Third Edition* (DSM-III) (1980) è stata introdotta la categoria dei Disturbi Pervasivi dello Sviluppo, dove veniva sottolineata l'alterazione di numerose aree dello sviluppo psicologico (abilità sociali, linguistiche e comunicative). Questa categoria diagnostica includeva l'Autismo Infantile e il Disturbo Generalizzato dello Sviluppo, che si differenziavano tra loro prevalentemente per il fatto che nel primo l'esordio avveniva prima dei 30 mesi, mentre nel secondo si verificava più tardi (Vianello & Mammarella, 2015).

La classificazione diagnostica presente nel DSM-IV-TR (2000), adottata fino al DSM-5 (2013), includeva il Disturbo Autistico, il Disturbo di Rett, il Disturbo Disintegrativo dell'Infanzia, il Disturbo di Asperger (aggiunto nel DSM-IV) e il Disturbo Pervasivo dello Sviluppo non altrimenti specificato (Vianello & Mammarella, 2015).

Nella quinta edizione del DSM (e conseguentemente anche nella versione revisionata del 2023) il Disturbo Autistico, la Sindrome di Asperger e i Disturbi Pervasivi dello

Sviluppo vengono accorpati sotto un'unica categoria diagnostica: il Disturbo dello Spettro dell'Autismo (APA, 2023).

La vera innovazione portata dal DSM-5 (2013) è relativa ad una ulteriore definizione dei criteri diagnostici, in quanto quelli che prima erano ritenuti i domini di principale compromissione del disturbo vengono accorpati tra loro nel seguente modo: dominio sociale e comunicativo sono stati uniti in quello più ampio dell' "interazione e comunicazione sociale" e, inoltre, vengono raggruppati in un secondo criterio i comportamenti ripetitivi e gli interessi ristretti e stereotipati.

Inoltre, nel DSM-5 (2013) sono stati introdotti degli specificatori in grado di favorire la comprensione delle differenze individuali nei termini dell'intensità sintomatologica, del grado di compromissione, del disagio e della sofferenza causati al soggetto.

Nel DSM-5-TR (2022) non sono state inserite novità rispetto alla versione del 2013.

1.2. Caratteristiche cliniche

I principali aspetti sintomatologici del Disturbo dello Spettro dell'Autismo sono osservabili intorno ai due anni d'età, tuttavia, se il disturbo è di grado severo è possibile che si manifestino già nel corso dei primi 12-18 mesi di vita (Yirmiya & Charman, 2010). Queste manifestazioni sintomatologiche interessano l'intera durata della vita del soggetto, e, nonostante possano modificarsi nel corso del tempo, normalmente perdurano per l'intero ciclo di vita (Howlin et al., 2004).

Nell'Autismo la sfera più compromessa è quella socio-relazionale: questo disagio si può notare primariamente nella difficoltà a instaurare rapporti amicali (Surian & Frith, 1993), nella capacità di svolgere compiti che implicino un ragionamento sociale e nella capacità di porsi nella maniera più adattiva di fronte ad una situazione sociale (Klin et al., 2003).

Un secondo ambito deficitario presente negli individui con ASD è quello comunicativo e linguistico: il linguaggio verbale, quando è acquisito, è contraddistinto da ecolalie (ripetizione di parole), uso stereotipato di parole ed espressione di vocaboli insoliti e inusuali. Le difficoltà maggiori, tuttavia, sono presenti nel linguaggio pragmatico, ossia nell'alternanza dei turni durante un dialogo, nell'uso e nella comprensione di metafore e nel rispetto delle regole universali della comunicazione (Vianello & Mammarella, 2015).

Ulteriori aspetti di rilevanza clinica nei soggetti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo sono l'attenzione condivisa (abilità di condividere lo sguardo con un

secondo soggetto in modo da stabilire, mantenere e dirigere l'attenzione) e l'uso di gesti volti a indicare e comunicare informazioni con l'altro (Vianello & Mammarella, 2015).

1.3. Criteri diagnostici

I criteri indicati dal **DSM-5-TR** (2022), per poter effettuare la diagnosi di Disturbo dello Spettro dell'Autismo sono:

A. Deficit persistenti della comunicazione sociale e dell'interazione sociale in molteplici contesti, come manifestato da tutti i seguenti fattori, presenti attualmente o nel passato:

1. Deficit della reciprocità socioemotiva, che vanno, per esempio, da un approccio sociale anomalo e dal fallimento della normale reciprocità della conversazione a una ridotta condivisione di interessi, emozioni o sentimenti, all'incapacità di dare inizio o di rispondere a interazioni sociali.

2. Deficit dei comportamenti comunicativi non verbali utilizzati per l'interazione sociale, che vanno, per esempio, dalla comunicazione verbale e non verbale scarsamente integrata ad anomalie del contatto visivo e del linguaggio del corpo o deficit della comprensione e dell'uso dei gesti, a una totale mancanza di espressività facciale e di comunicazione non verbale.

3. Deficit dello sviluppo, della gestione, e della comprensione delle relazioni, che vanno, per esempio, dalle difficoltà di adattare il comportamento per adeguarsi ai diversi contesti sociali, alle difficoltà di condividere il gioco di immaginazione o di fare amicizia, all'assenza di interesse verso i coetanei.

B. Pattern di comportamento, interessi o attività ristretti, ripetitivi, come manifestato da almeno due dei seguenti fattori, presenti attualmente o nel passato:

1. Movimenti, uso degli oggetti o eloquio stereotipati o ripetitivi (per esempio stereotipie motorie semplici, mettere in fila giocattoli o capovolgere oggetti, ecolalia, frasi idiosincratiche).

2. Insistenza nella *sameness* (immodificabilità), aderenza alla routine priva di flessibilità o rituali di comportamento verbale o non verbale (per esempio, estremo disagio davanti a piccoli cambiamenti, difficoltà nelle fasi di transizione, schemi di pensiero rigidi, saluti rituali, necessità di percorrere la stessa strada o mangiare lo stesso cibo ogni giorno).

3. Interessi molto limitati, fissi, che sono anomali per intensità o profondità (per esempio, forte attaccamento o preoccupazione nei confronti di oggetti insoliti, interessi eccessivamente circoscritti o perseverativi).

4. Iper- o iporeattività in risposta a stimoli sensoriali o interessi insoliti verso aspetti sensoriali dell'ambiente (per esempio, apparente indifferenza a dolore/temperatura, reazione di avversione nei confronti di suoni o consistenze tattili specifici, annusare o toccare oggetti in modo eccessivo, essere affascinati da luci o da movimenti).

C. I sintomi devono essere presenti nel periodo precoce dello sviluppo (ma possono non manifestarsi pienamente prima che le esigenze sociali eccedano le capacità limitate, o possono essere mascherati da strategie apprese in età successive).

D. I sintomi causano compromissione clinicamente significativa del funzionamento in ambito sociale, lavorativo o in altre aree importanti.

E. Queste alterazioni non sono meglio spiegate da disturbo dello sviluppo intellettivo (disabilità intellettiva) o da ritardo globale dello sviluppo.

I criteri diagnostici presentati dall'*International Classification of Diseases (ICD-11; OMS, 2019)*, ovvero la classificazione internazionale delle malattie e dei problemi correlati, stilata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), sono:

A. Deficit persistenti nell'avvio e nel mantenimento della comunicazione sociale e delle reciproche interazioni sociali che sono al di fuori della gamma attesa del funzionamento tipico data l'età dell'individuo e il livello di sviluppo intellettuale.

Le manifestazioni specifiche di questi deficit variano in base all'età cronologica, alle capacità verbali e intellettuali e alla gravità del disturbo.

Le manifestazioni possono includere limitazioni nei seguenti casi:

- comprensione, interesse o risposte inappropriate alle comunicazioni sociali verbali o non verbali degli altri;
- integrazione del linguaggio parlato con tipici segnali non verbali complementari, come il contatto visivo, i gesti, le espressioni facciali e il linguaggio del corpo. Questi comportamenti non verbali possono anche essere ridotti in frequenza o intensità;
- comprensione e uso del linguaggio in contesti sociali e capacità di avviare e sostenere conversazioni sociali reciproche;
- consapevolezza sociale, che porta a comportamenti non opportunamente modulati in base al contesto sociale;
- capacità di immaginare e rispondere ai sentimenti, agli stati emotivi e agli

atteggiamenti degli altri;

- condivisione reciproca degli interessi;
- capacità di creare e sostenere tipiche relazioni tra pari.

B. Modelli di comportamento, interessi o attività persistenti, limitati, ripetitivi e inflessibili che sono chiaramente atipici o eccessivi rispetto all'età dell'individuo e al contesto socioculturale. Questi possono includere:

- mancanza di adattabilità a nuove esperienze e circostanze, con associato disagio, che può essere evocato da cambiamenti banali in un ambiente familiare o in risposta a eventi imprevisti;
- aderenza inflessibile a particolari routine;
- eccessivo rispetto delle regole;
- modelli di comportamento ritualizzati eccessivi e persistenti che non hanno nessuno scopo esterno apparente;
- movimenti motori ripetitivi e stereotipati, come movimenti dell'intero corpo, andatura tipica (es. camminare in punta di piedi), movimenti e posture insolite delle mani o delle dita. Questi comportamenti sono particolarmente comuni durante la prima infanzia;
- preoccupazione persistente per uno o più interessi particolari, parti di oggetti o tipi di stimoli specifici, o un attaccamento insolitamente forte a oggetti peculiari;
- ipersensibilità o iposensibilità eccessiva e persistente a stimoli sensoriali, o interesse insolito per uno stimolo sensoriale.

Sempre secondo l'ICD-11, (2019), l'esordio del disturbo avviene durante il periodo di sviluppo, tipicamente nella prima infanzia, ma i sintomi caratteristici potrebbero non manifestarsi pienamente se non più tardi, quando le richieste dell'ambiente sociale superano le capacità individuali limitate. Inoltre, i sintomi comportano una significativa compromissione del funzionamento personale, familiare, sociale, educativo, lavorativo o di altre aree importanti.

L'ICD-11 (OMS, 2019), come il DSM-5-TR (APA, 2022), presenta degli specificatori che consentono di caratterizzare il disturbo all'interno dello spettro autistico: nello specifico, il Disturbo dello Spettro dell'Autismo si può presentare con o senza Disturbo dello Sviluppo Intellettuale, e, nel caso quest'ultimo fosse presente, il manuale richiede di specificare in maniera precisa il livello di gravità (lieve, moderata, grave, profonda, provvisoria). Inoltre, l'ICD-11 richiede di valutare anche il grado di deterioramento del linguaggio funzionale, specificando se la compromissione di questo sia lieve/assente, parziale o completa.

Il Disturbo dello Sviluppo Intellettivo e il Disturbo dello Spettro dell'Autismo spesso sono presenti in concomitanza; per porre diagnosi di comorbidità di ASD e di Disturbo dello Sviluppo Intellettivo, il livello di comunicazione sociale deve essere inferiore rispetto a quanto atteso per il livello di sviluppo generale.

Inoltre, il DSM-5-TR richiede ai clinici di specificare se il disturbo si presenta con o senza compromissione intellettiva e linguistica; se è connesso a una condizione genetica, medica o ambientale, ad un altro disturbo mentale, comportamentale o del neurosviluppo; e se si presenta insieme alla catatonìa.

A seconda della severità delle manifestazioni sintomatologiche del disturbo, vengono proposti tre livelli di gravità che permettono di strutturare al meglio i successivi interventi terapeutici (APA, 2022):

- Livello 1: richiesta di supporto
- Livello 2: richiesta di supporto significativa
- Livello 3: richiesta di supporto molto significativo

1.4. Diagnosi differenziale

Quando la severità del disturbo è lieve, è fondamentale che il clinico ponga attenzione a tutti i sintomi in modo da effettuare una diagnosi precisa: nello specifico, il DSM-5 suggerisce l'importanza di effettuare una buona diagnosi differenziale con la Sindrome di Rett, con il Disturbo specifico del Linguaggio, con il Disturbo pragmatico del Linguaggio, con la Disabilità intellettiva e con la Psicosi a esordio infantile (Vianello & Mammarella, 2015).

La Sindrome di Rett è un disturbo del neurosviluppo progressivo causato dalla mutazione di un gene legato al cromosoma X che codifica la MECP2 (*methyl-CpG-binding protein 2*). Questa sindrome è caratterizzata da un normale sviluppo cognitivo e motorio nei primi 6-18 mesi di vita, per poi subire un rapido deterioramento. Questo comporta la messa in atto di comportamenti spesso associati al Disturbo dello Spettro dell'Autismo.

Il Disturbo specifico del Linguaggio è contraddistinto dalla difficoltà di acquisire e utilizzare il linguaggio, compromettendo anche la comprensione e la produzione linguistica.

Nel Disturbo pragmatico del Linguaggio sono presenti disagi nelle situazioni sociali sia rispetto alla comunicazione verbale che a quella non verbale, nella comprensione di elementi linguistici come la metafora e l'umorismo, oltre che nel seguire alcune regole

della comunicazione come, per esempio, l'alternanza del turno di parola. A differenza del Disturbo dello Spettro dell'Autismo, in cui sono presenti queste difficoltà legate agli aspetti pragmatici e sociali del linguaggio, nel Disturbo pragmatico del Linguaggio non risultano compromessi comportamenti non verbali come il contatto oculare o le espressioni facciali, e non sono presenti stereotipie o condotte ripetitive.

Di grande rilevanza è anche la diagnosi differenziale con la Disabilità intellettiva, che spesso è presente in comorbilità con il Disturbo dello Spettro dell'Autismo: in entrambi i disturbi sono presenti stereotipie e, soprattutto nei bambini piccoli, può risultare complesso distinguere tra i due. In linea generale, deve essere fatta la diagnosi di Disturbo dello Spettro dell'Autismo anche in presenza di una Disabilità intellettiva, quando i livelli di comunicazione e interazione sociale sono considerevolmente inferiori rispetto al livello di sviluppo raggiunto da altre abilità cognitive generali (Vianello & Mammarella, 2015).

Per quanto riguarda la Psicosi ad esordio infantile, è sicuramente caratterizzata da aspetti sintomatici diversi dal Disturbo dello Spettro dell'Autismo, come la presenza di deliri e allucinazioni, e dal fatto che emerge dopo un periodo di vita contraddistinto da traiettorie evolutive tipiche. Tuttavia, nella fase prodromica di questo disturbo si può verificare una perdita d'interesse per le relazioni sociali (aspetto tipico dello spettro autistico).

1.5. Etiologia ed epidemiologia

Come affermato dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS, 2020), ad oggi, non esiste una teoria in grado di spiegare le cause del Disturbo dello Spettro dell'Autismo in termini lineari di causa-effetto. Tuttavia, si è concordi, nel mondo scientifico, nel ritenere l'Autismo un disturbo a eziologia multifattoriale, in cui i fattori genetici ed ereditari devono sempre essere presi in considerazione in interazione con i fattori ambientali.

L'importanza dei fattori genetici nello spiegare la causa di questo disturbo deriva anche dai numerosi studi sui fratelli dei ragazzi autistici, in cui sono stati trovati alti tassi di concordanza (Bohm e Stewart 2009). Gli studi di genetica comportamentale hanno osservato che il rischio di presentare questo disturbo da parte dei fratelli è il 6-10%, mentre la percentuale di rischio è significativamente più bassa (0,6%) nei bambini che non hanno fratelli con diagnosi di Autismo (Vianello & Mammarella, 2015). Inoltre, Bailey e collaboratori (1998) hanno stimato che la concordanza sulla diagnosi di Autismo in gemelli monozigoti oscilla tra il 60% e il 90%.

Per quanto riguarda gli studi anatomici, è stato dimostrato che i bambini con Disturbo dello Spettro dell'Autismo presentano un aumento della circonferenza del cranio (circa il 10% in più rispetto ai bambini che non presentano il disturbo), che sembra riguardare sia la sostanza grigia che la sostanza bianca (DiCiccio-Bloom *et al.*, 2006); tuttavia, al momento non è ancora stato compreso il ruolo di questo aumento nell'eziopatogenesi dell'Autismo (Vianello & Mammarella, 2015).

Oltre alla crescita della circonferenza cranica, gli studi di neuroimmagine hanno mostrato un incremento anche del volume del sistema nervoso centrale in alcuni soggetti affetti da Autismo (Lainhart, 2006). Più nello specifico, è stata trovata una correlazione anomala tra la sostanza grigia del lobo frontale, dei lobi temporali e parietali e delle strutture sottocorticali nei bambini con Disturbo dello Spettro dell'Autismo rispetto al gruppo di controllo. Uno studio di Castelli e collaboratori con fMRI (2002) ha riscontrato un'attivazione cerebrale ridotta in un campione di ragazzi autistici durante la messa in atto di compiti che richiedevano un'attribuzione di significato a situazioni socialmente rilevanti.

Negli ultimi decenni, grazie all'approccio *genome-wide scan* (un'indagine genetica su individui appartenenti ad una particolare specie e volta ad osservare la presenza o meno di variazioni geniche tra gli individui in esame), sono state individuate delle regioni cromosomiche che potrebbero influenzare la predisposizione di un soggetto allo sviluppo del disturbo (Vianello & Mammarella, 2015). Nello specifico, la regione AUTs, situata sul cromosoma 7q, sembra mostrare una concordanza nelle ricerche scientifiche nell'essere ritenuta una regione implicata nello sviluppo del Disturbo dello Spettro dell'Autismo (Bachelli & Maestrini, 2006). Tuttavia, come affermato dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS, 2020), grazie all'analisi genetica condotta su famiglie con almeno due membri affetti da Autismo, sono stati trovati numerosi geni situati sui cromosomi 15, 16, 22 e X, che sono frequentemente associati con questo disturbo.

Ovviamente, nessuno dei geni sopracitati è in grado da solo di spiegare tutti i sintomi di questa complessa sindrome. L'epigenetica ritiene, infatti, che questi debbano entrare in contatto con particolari situazioni ambientali: ad esempio, l'esposizione ad agenti infettivi durante la vita intra-uterina, lo status immunologico materno-fetale o l'esposizione a farmaci o agenti tossici durante la gravidanza (ISS, 2020).

Altre ricerche hanno trovato un ulteriore possibile fattore di rischio per lo sviluppo del Disturbo dello Spettro dell'Autismo: le CNV (*copy number variation*), ossia duplicazioni o delezioni dei geni che possono essere ereditarie come no; tuttavia, allo stato attuale della

ricerca non si conoscono ancora le implicazioni cliniche di queste modificazioni (Pinto *et al.*, 2010). Attualmente, secondo il DSM-5-TR (2022), circa il 15% dei soggetti con Autismo è caratterizzato ad una mutazione genetica in cui si verificano alcune variazioni del numero di copie *de novo* (CNV) in determinati geni.

La conoscenza dei meccanismi neurobiologici sottostanti gli aspetti sintomatologici del Disturbo dello Spettro dell'Autismo ha ricevuto negli ultimi decenni un'importante attenzione, grazie soprattutto agli studi di neuroimmagine: tra le regioni cerebrali compromesse, l'amigdala sembra essere rilevante nello spiegare la scarsa motivazione sociale negli individui con ASD. Questa regione, infatti, svolge un ruolo centrale nel sistema di attivazione emotiva e nell'attribuire significato agli stimoli ambientali; dunque, la sua ipo-attivazione, rilevata in soggetti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo durante compiti di teoria della mente che implicano la percezione di espressioni facciali, potrebbe spiegare questa scarsa inclinazione verso la sfera sociale (Baron-Cohen *et al.* 1999; Castelli *et al.* 2002).

Altre aree cerebrali risultate altamente compromesse in soggetti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo sono: il giro fusiforme, responsabile del riconoscimento dei volti umani, il solco temporale superiore, che ha un ruolo chiave nella percezione dei segnali sociali (ad esempio, le espressioni facciali emozionali e i gesti comunicativi), e la corteccia prefrontale dorsomediale, che supporta i processi responsabili della teoria della mente (Castelli *et al.* 2002).

Per quanto riguarda la prevalenza, negli Stati Uniti è stato rilevato un valore che si attesta tra l'1% e il 2% della popolazione (APA, 2022). In Italia, secondo il Ministero della Salute (2024), attualmente questo Disturbo è rilevabile in un bambino (di età compresa tra i 7 e i 9 anni) ogni 77; e si segnala una prevalenza maggiore nei soggetti maschi: i soggetti maschi con Disturbo dello Spettro dell'Autismo in Italia sono 4,4 volte in più dei soggetti femmine con la stessa sindrome.

Vicari, Valeri, Fava (2012) riportano delle stime più basse rispetto ai risultati ottenuti negli Stati Uniti: da 30 a 100 soggetti ogni 10.000 casi. Secondo questi autori, la varietà trovata dai diversi studi può essere spiegata dall'uso di diversi metodi di screening, dall'ampiezza del campione e dall'area geografica presa in esame (Vianello & Mammarella, 2015).

L'incremento del valore dell'incidenza di questo disturbo nella popolazione mondiale potrebbe essere attribuito a numerosi fattori, tra cui la maggiore preparazione

dei clinici nel rilevare aspetti sintomatologici e le modifiche dei criteri diagnostici proposte dai manuali principali.

Secondo Vianello e Mammarella (2015), il 30% dei soggetti Autistici presenta un funzionamento cognitivo nella media, il 30% presenta una disabilità intellettiva lieve o media, mentre il 40% presenta una grave Disabilità intellettiva. Da questi risultati si può facilmente comprendere che la comorbilità tra Disturbo dello Spettro dell'Autismo e Disabilità intellettiva sia molto elevata (circa il 70% dei casi).

Anche l'epilessia è abbastanza comune tra i soggetti Autistici: si stima che circa il 20-30% dei soggetti sia affetto da entrambe le patologie (Vianello & Mammarella, 2015).

Per quanto riguarda le differenze tra maschi e femmine con ASD, l'età della diagnosi è più avanzata per le femmine, le quali hanno anche una maggiore probabilità di mostrare un'associazione con epilessia e disabilità intellettiva. Questo può portare, nella pratica clinica, a non riconoscere nelle femmine il Disturbo dello Spettro dell'Autismo quando si presenta senza compromissione intellettiva e senza deficit nel linguaggio, poiché le difficoltà sociali e comunicative possono apparire più tenui e sfumate (APA, 2023).

1.6. Modelli teorici di riferimento

Alcuni aspetti sintomatologici caratteristici dell'ASD, come i deficit nell'interazione e nella comunicazione sociale e gli interessi ristretti e i comportamenti stereotipati, sono oggetto di un tentativo di spiegazione da parte di alcune teorie neuropsicologiche: quelle che hanno riscosso più successo sono state il modello della teoria della mente (ToM), il modello delle funzioni esecutive e il modello della coerenza centrale (Vianello & Mammarella, 2015).

1.6.1. Il modello della teoria della mente

La teoria della mente può essere definita come la consapevolezza dei processi mentali propri ed altrui ed è composta da un insieme complesso di competenze che permettono di fare attribuzioni e inferenze su credenze, emozioni, desideri, intenzioni, pensieri o conoscenze, sulla base dei quali si andranno a strutturare le capacità necessarie a interpretare e prevedere i comportamenti manifesti (Santrock, 2017).

Premarck e Woodruff (1978) furono i primi a parlare di questo costrutto, a partire dalle osservazioni su come gli scimpanzè fossero in grado di prevedere il comportamento umano in situazioni finalizzate ad uno scopo, basandosi sull'attribuzione di stati mentali.

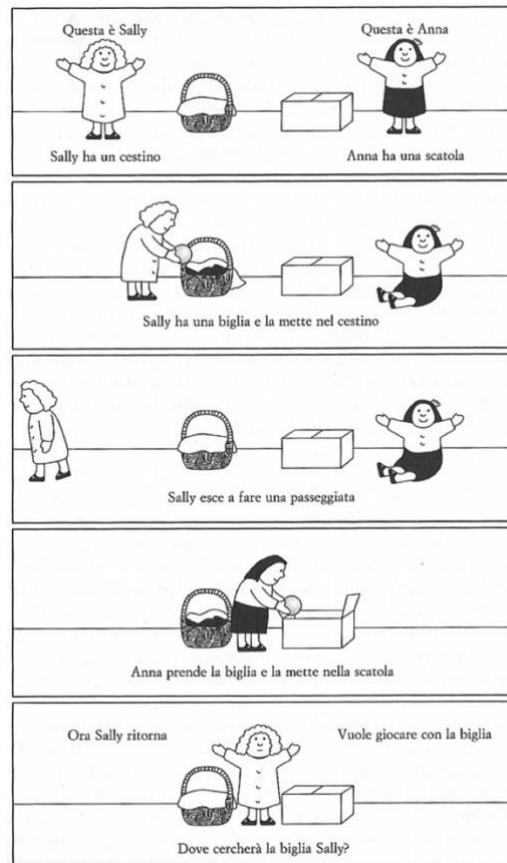


Figura 1.1 Test della falsa credenza di Anne e Sally (Wimmer & Perner, 1983)

Nel 1983, Wimmer e Perner idearono un paradigma sperimentale in grado di valutare la capacità dei bambini di fare inferenze su stati interni di terzi e, conseguentemente, prevederne il comportamento. Questo test, chiamato anche “compito della falsa credenza” (Figura 1.1) ha ricevuto un grande consenso nel mondo della psicologia dello sviluppo (Santrock, 2017). In breve, l’esperimento consiste nella rappresentazione di una scena con due bambole: “Sally ha un cestino, Anna ha una scatola. Sally ha una biglia e la mette nel suo cestino. Poi esce. Anna tira fuori la biglia di Sally e la mette nella sua scatola mentre Sally è via. Sally torna e vuole giocare con la sua biglia”. Successivamente, il compito dello sperimentatore era di chiedere al bambino dove, secondo lui, Sally sarebbe andata a cercare la biglia e, coerentemente, se il bambino aveva sviluppato una buona ToM ed era in grado di

percepire la differenza tra la propria credenza e quella di Sally, sarebbe anche stato in grado di rispondere correttamente.

Nel 1995, Baron-Cohen riprese gli studi di Premack e Woodruff contribuendo allo studio della teoria della mente negli esseri umani: secondo l'autore, infatti, le interazioni sociali vengono regolate dalle capacità sottostanti alla teoria della mente, in quanto gli scambi interattivi si fondano sulla capacità di comprendere l'altro rispondendogli nelle modalità più adeguate.

Solitamente, un pieno sviluppo delle capacità legate alla teoria della mente avviene intorno ai quattro anni d'età; tuttavia, in determinati disturbi, queste possono subire dei rallentamenti o dei blocchi. I bambini con Autismo, secondo questa teoria, non sviluppano adeguatamente la capacità di concepire le altre persone come portatori di conoscenze, desideri e credenze, diverse dalle proprie (Baron-Cohen et al., 1985). Conseguentemente, non sono in grado di attribuire uno stato mentale diverso dal proprio e, nel "compito della falsa credenza", forniscono la risposta errata basandosi unicamente sul proprio punto di vista.

Secondo Leslie (1987), gli individui con ASD presenterebbero un deficit meta-rappresentazionale che potrebbe avere origine nello sviluppo del gioco simbolico, grazie al quale il bambino impara ad utilizzare gli oggetti "come se" fossero qualcos'altro. I bambini con Autismo, infatti, non sono in grado di comprendere giochi di finzione e, conseguentemente, fanno fatica a prevedere e comprendere i comportamenti degli altri attori.

I precursori di un deficit nella teoria della mente potrebbero essere spiegati da un funzionamento non ottimale di tre meccanismi (Vianello & Mammarella, 2015):

- l'indicatore di intenzionalità;
- l'indicatore di direzione dello sguardo, ossia la tendenza a osservare lo sguardo di una seconda persona per comprendere ciò che sta osservando;
- l'attenzione condivisa, ovvero quel meccanismo che sposta l'interazione da un livello diadico a triadico (il soggetto condivide l'attenzione verso un oggetto con un'altra persona). Baron-Cohen (1995) sostiene che l'attenzione condivisa è il presupposto fondamentale per un buon sviluppo della ToM (Culmine et al., 2005).

Secondo i principali autori che hanno studiato questo costrutto, il modulo della ToM è innato e, nei soggetti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo, il deficit sarebbe connesso ad un danno neurologico non ancora identificato. Tuttavia, nonostante il modello della ToM spieghi numerosi deficit riscontrabili in soggetti con

ASD, sembra che il deficit della teoria della mente possa essere un effetto piuttosto che una causa delle difficoltà sociali presenti fin dalla giovane età (Vianello & Mammarella, 2015).

1.6.2. Il modello delle funzioni esecutive

L'espressione "funzioni esecutive" (FE) venne coniata da Muriel Lezak nel 1983 per riferirsi a quelle abilità cognitive che permettono agli individui di mettere in atto comportamenti adattivi e finalizzati ad uno scopo in maniera totalmente indipendente (Caselli & Vicari, 2017).

Uno dei modelli più riconosciuti e accettati negli ultimi anni per descrivere gli aspetti fondamentali delle funzioni esecutive è quello di Miyake et al. (2000): secondo questi autori le tre componenti principali delle FE sono l'*updating*, ossia il monitoraggio continuo e la rapida aggiunta/cancellazione di contenuti dalla memoria di lavoro; l'inibizione, cioè la capacità di sostituire le risposte elicitate in maniera intensa in una situazione; e la flessibilità cognitiva, che è la capacità di passare da un compito/stato mentale all'altro (Caselli & Vicari, 2017).

Il modello delle funzioni esecutive parte dall'osservazione che alcuni soggetti con Autismo mettevano in atto dei comportamenti (eccessiva perseverazione, inadeguata capacità auto-regolativa durante momenti di cambiamento) riscontrabili anche in pazienti con lesioni della corteccia pre-frontale, ovvero di soggetti con una compromissione significativa delle funzioni esecutive (Ozonoff, 1997).

Le FE sono abilità che consentono di anticipare, organizzare, pianificare ed inibire risposte automatiche e, alcuni studiosi hanno ipotizzato che un loro deficit potrebbe spiegare alcuni aspetti sintomatologici del Disturbo dello Spettro dell'Autismo. Nello specifico, nei soggetti Autistici le funzioni esecutive che sembrano essere più compromesse sono la capacità di pianificazione, la flessibilità cognitiva, la fluenza e la componente di elaborazione della memoria di lavoro. Queste difficoltà potrebbero spiegare due caratteristiche cliniche tipiche dei soggetti con ASD: i comportamenti stereotipati e gli interessi ristretti (Vianello & Mammarella, 2015). Precisamente, una difficoltà nel processo di pianificazione influirebbe nei continui processi di monitoraggio, valutazione e aggiornamento delle azioni in relazione all'ambiente circostante; mentre, una carenza nei processi di flessibilità cognitiva potrebbe essere responsabile dell'inibizione della capacità di regolare le proprie azioni, producendo comportamenti ripetitivi, perseveranti e stereotipati (Tambelli, 2017).

1.6.3. Il modello della coerenza centrale

“Coerenza centrale” è un termine coniato da Uta Frith nel 1989 per descrivere la naturale tendenza degli uomini a formare immagini mentali di un oggetto/situazione nella sua globalità, piuttosto che nella modularità delle singole parti; ovvero la capacità di integrare concetti e informazioni su più livelli, codificandoli in una rappresentazione che consenta di recuperare il significato globale di un’esperienza, piuttosto che limitarsi a memorizzare i singoli elementi in maniera sconnessa (Cumine et al., 2005).

Secondo questo modello, i soggetti con Disturbo dello Spettro dell’Autismo avrebbero la tendenza a focalizzare l’attenzione sui dettagli piuttosto che sull’elaborare le informazioni in maniera globale (Frith, 1989; Happè e Frith, 1996). Uta Frith (2003), una delle più importanti sostenitrici di questa concezione, afferma infatti che le basi di questo disturbo sarebbero rintracciabili nell’attitudine degli individui che ne sono affetti ad elaborare i particolari senza fare riferimento al contesto (Vianello & Mammarella, 2015).

Questa peculiare alterazione deriverebbe da una carente propensione del sistema cognitivo di persone con ASD ad eseguire operazioni di “sintesi” e di “unificazione” delle componenti affettive e cognitive presenti nelle varie informazioni. Dunque, gli individui con Autismo farebbero molta difficoltà a costruire modelli integrati della realtà (Tambelli, 2017). Un deficit in queste abilità porta allo sviluppo di una mente impossibilitata a ricavare significati complessi dal contesto sociale, poiché il cervello elabora e codifica le informazioni in maniera totalmente frammentata e separata, non consentendo un’integrazione coerente delle proprie percezioni.

Il deficit della coerenza centrale consentirebbe di spiegare alcune difficoltà caratteristiche dei soggetti con Disturbo dello Spettro dell’Autismo: in particolare, le scarse abilità negli aspetti pragmatici del linguaggio potrebbero derivare dall’incapacità dei soggetti autistici di inserire informazioni semantiche (come il significato di una frase) all’interno di un contesto; anche i comportamenti ripetitivi e stereotipati potrebbero essere legati ad una debolezza della coerenza centrale, dato che, secondo alcuni autori, la ripetizione ossessiva di determinati comportamenti potrebbe dipendere dal fatto che i soggetti con ASD perdono di vista l’obiettivo principale delle attività che svolgono (Surian, 2005).

Inoltre, questa peculiare modalità di elaborazione potrebbe spiegare l'iper-reattività o l'ipo-reattività di individui autistici a determinati input sensoriali, l'insolito interesse per caratteristiche sensoriali dell'ambiente in cui vivono, e potrebbe contribuire allo sviluppo di capacità eccezionali (abilità savant), frequentemente documentate in soggetti con ASD (Caselli & Vicari, 2017).

Capitolo 2

L'ansia per la matematica nel Disturbo dello Spettro dell'Autismo

Nel presente capitolo verrà descritto il costrutto dell'ansia per la matematica, inizialmente con una breve panoramica sull'ansia generale, per poi analizzare i principali aspetti che la compongono. Successivamente vi saranno dati sulla prevalenza, sull'influenza che può avere sulle prestazioni accademiche e scolastiche e verranno presentati anche i modelli teorici che negli anni hanno studiato questo costrutto e i principali strumenti per la sua valutazione.

Infine, verrà indagato il rapporto esistente tra il Disturbo dello Spettro dell'Autismo, l'ansia per la matematica e più in generale l'ansia scolastica; ponendo il focus anche sulle principali abilità matematiche che, generalmente, caratterizzano i soggetti con Autismo.

2.1 Ansia per la matematica: definizione e descrizione del costrutto

L'ansia per la matematica (*math anxiety*, MA) può essere definita come un sentimento di tensione e ansia in grado di interferire con la risoluzione di problemi matematici o la manipolazione mentale di numeri, sia in contesti accademici che in situazioni di vita ordinaria (Richardson & Suinn, 1972). Luttenberger et al. (2018), invece, la definiscono come un sentimento di apprensione e un incremento della reattività fisiologica di fronte a compiti matematici, a situazioni in cui è richiesto di operare con i numeri o in contesti di valutazione delle prestazioni matematiche.

Tuttavia, prima di entrare nello specifico dell'ansia per la matematica, è fondamentale specificare quella che in letteratura viene denominata ansia generale (*general anxiety*). Si tratta di un costrutto che può essere definito come un senso di apprensione legato all'anticipazione di un evento avversivo da parte dell'individuo, e che si differenzia dalla paura per una questione temporale, in quanto, nel caso di quest'ultima, si tratta di una reazione dovuta ad un pericolo immediato (Kring et al., 2017). Dunque, la paura riguarda una minaccia presente, mentre l'ansia è riferita ad una minaccia futura. Entrambe queste risposte fisiologiche hanno, entro certi limiti, un valore adattivo per la sopravvivenza degli individui: la paura è necessaria a mettere in atto comportamenti utili alla sopravvivenza, grazie all'attivazione del sistema nervoso simpatico che predispone il

corpo alla lotta o alla fuga; l'ansia, invece, aiuta gli individui ad identificare future minacce e, conseguentemente, ad organizzare dei comportamenti di risposta prima ancora che il problema sia presente (Kring et al., 2017).

Lo studio dell'ansia per la matematica fonda le radici nelle prime ricerche di Dreger e Aiken del 1957: questi autori, infatti, per la prima volta hanno parlato di "ansia da numero" come un fattore distinto (almeno parzialmente) dall'ansia generale e non correlato all'intelligenza. Negli ultimi decenni numerosi ricercatori hanno cercato di comprendere quali fossero le basi cognitive ed emotive di questo costrutto e, soprattutto, quanto l'ansia per la matematica potesse invalidare le prestazioni legate all'abilità di calcolo.

Hembree, nel 1990, per studiare l'MA si è focalizzato principalmente su due modelli che derivano dagli studi sull'ansia da test: il modello dell'interferenza e il modello del deficit. Il primo sostiene che l'ansia da esame può interferire negativamente disturbando il ricordo del precedente apprendimento, e questa forte preoccupazione per il test sarebbe tale da distoglierne l'attenzione. Il secondo modello sostiene che le difficoltà di un individuo a un test sono dovute a carenze/deficit nelle sue capacità o a metodi di studio poco efficaci; di conseguenza, in una situazione in cui il soggetto è esposto a valutazione, sarebbe più propenso a ricordare le prestazioni deficitarie svolte precedentemente, generando ansia nel momento presente. Hembree, tuttavia, ha sviluppato il suo pensiero in linea con il primo modello per spiegare gli effetti dell'ansia per la matematica in una situazione di valutazione.

Altri ricercatori hanno cercato di approfondire ulteriori componenti specifiche dell'MA, come quelle cognitive, socioculturale o neurobiologica.

Ad esempio, la teoria dell'efficienza di elaborazione (Eysenck, 1992) ha portato all'interno della psicologia cognitiva al dibattito sulle componenti dell'ansia per la matematica. Secondo questa teoria, infatti, durante una reazione ansiosa, la preoccupazione consuma le risorse di un sistema limitato come la memoria di lavoro (*working memory*). Dunque, secondo Eysenck, un soggetto ansioso, durante un compito che richiede l'utilizzo della *working memory*, mostrerebbe delle interruzioni cognitive più o meno marcate, a seconda di quanto questo sistema di memoria venga sovraccaricato. A dimostrazione di questo concetto, alcuni studi (Ashcraft & Kirk, 2001) hanno dimostrato come soggetti con un livello elevato di ansia per la matematica, rispetto a soggetti meno ansiosi, riportavano maggiori e significative difficoltà in compiti di matematica più

complessi, specialmente quelli che richiedevano di tenere a mente un riporto di cifre, e quindi un sovraccarico della memoria di lavoro.

Sempre Hembree, nella meta-analisi del 1990, ha indagato in che misura determinati fattori socioculturali potessero influenzare lo sviluppo della MA: nello specifico, si è accorto che aspetti come l'affetto nei confronti dell'insegnante, la pratica pedagogica o alcuni tratti ansiosi relativi alla matematica del docente stesso, potessero giocare un ruolo importante nel tramandare aspetti ansiosi legati all'apprendimento matematico in giovani ragazzi (Dowker et al., 2016). Altri autori hanno indagato un'altra possibile fonte di MA nei bambini, ossia i loro genitori: i ricercatori hanno ipotizzato che, trascorrendo molto tempo a casa e aiutando i loro figli nei compiti matematici, anche i *caregivers* possono trasmettere atteggiamenti ansiosi e credenze negative nei confronti della matematica (Maloney et al., 2015). I risultati hanno confermato le ipotesi di ricerca iniziali, mostrando come i bambini di genitori con alti livelli di MA e una frequente cooperazione nello svolgere i compiti per casa, alla fine dell'anno mostravano loro stessi livelli di *math anxiety* più alti rispetto a bambini di genitori che non presentavano alti livelli di MA, o rispetto a bambini di genitori con alti livelli di MA che tuttavia non cooperavano con i figli nello svolgimento dei compiti per casa (Dowker et al., 2016).

Per arrivare ad una comprensione più completa del costrutto dell'ansia per la matematica è impossibile non menzionare il ruolo del genere e dell'influenza socioculturale di quest'ultimo per lo sviluppo della MA: nella letteratura scientifica sono spesso stati rilevati punteggi più alti di *math anxiety* nel genere femminile rispetto a quello maschile (Wigfield & Meece, 1988; Hopko et al., 2003). Questi risultati possono dipendere dal fatto che esiste una tendenza delle femmine a mostrare livelli significativamente più alti di ansia generale, anche a livello clinico (Beidel & Alfano, 2011), oppure dal fatto che le femmine si sentano più libere di poter esprimere e manifestare stati ansiosi rispetto ai maschi (Ashcraft, 2002). Un'ultima possibile spiegazione di questo effetto è che le femmine, con il trascorrere del tempo, abbiano interiorizzato la convinzione stereotipata delle prestazioni matematiche come un dominio principalmente appartenente al genere maschile (Dowker et al., 2016).

Negli ultimi anni si è cercato di capire se esistessero delle basi neurobiologiche, e dunque genetiche, comuni sottostanti al costrutto dell'ansia per la matematica. Tuttavia, sono state condotte ancora relativamente poche ricerche per poter trarre delle inferenze nette. A tal proposito, un interessante studio di Wang et al. (2014) ha cercato di capire quanto i fattori genetici potessero spiegare l'insorgenza della *math anxiety*: hanno

somministrato a gemelli omozigoti ed eterozigoti dello stesso sesso dei test di ansia generale, dei test di ansia per la matematica, un test di risoluzione di problemi matematici e un test di comprensione del testo. I risultati hanno mostrato che circa il 40% della varianza nella MA poteva essere spiegato tramite fattori genetici, mentre il 60% poteva essere attribuito a fattori ambientali. Dunque, secondo i ricercatori l'ansia per la matematica era influenzata sia da fattori di rischio ambientali esterni che genetici. In conclusione, i ricercatori hanno ipotizzato un processo dinamico a spirale verso il basso per spiegare l'eziologia della *math anxiety*: l'influenza genetica legata alle basse abilità nella risoluzione dei compiti matematici, insieme ai fattori ambientali specifici legati all'ansia generale, possono fungere da fattori di rischio per lo sviluppo dell'ansia per la matematica. Questi fattori di rischio possono, in seguito, compromettere ulteriormente le prestazioni matematiche tramite basse valutazioni e una diminuzione del concetto di sé matematico, instaurando un circolo vizioso di peggioramento delle prestazioni accademiche con conseguente incremento degli stati d'ansia (Wang et al., 2014).

Dunque, l'ansia per la matematica può essere definita un costrutto complesso e multifattoriale, su cui agiscono numerose e differenti influenze.

2.1.1 Ansia per la matematica e prestazione accademica

Come riferito in precedenza, la *math anxiety* è formata da diverse componenti che si influenzano tra loro. È necessario identificarle per poter comprendere in che misura la prestazione accademica può essere inficiata. Wigfield e Meece (1988), osservando degli studenti fino ai 16 anni di età, hanno trovato principalmente due dimensioni peculiari della MA: una dimensione cognitiva, che veniva etichettata come “preoccupazione”, la quale fa riferimento ai pensieri legati all'andamento della prestazione e alla paura del fallimento; e una dimensione affettiva, che veniva etichettata come “emotività”, composta dalle emozioni di ansia e tensione (con annesse reazioni fisiologiche associate) che si verificano in corrispondenza di stimoli matematici, senza la presenza di uno stimolo minaccioso di valutazione (Dowker et al., 2016).

L'ansia per la matematica è negativamente correlata con le prestazioni accademiche che implicano la risoluzione di compiti numerici o aritmetici (Hembree, 1990): questo può essere dovuto al fatto che un soggetto ansioso, esposto a un problema matematico, possa iniziare a sperimentare emozioni negative che lo inducono a evitare le attività matematiche e, inevitabilmente, lo portano ad entrare

meno frequentemente in contatto con questa disciplina, diminuendone le occasioni di apprendimento (Ashcraft, 2002). In aggiunta, queste reazioni di evitamento, oltre che scoraggiare la pratica e l'apprendimento, possono avere degli effetti immediatamente negativi anche nei confronti della prestazione: in uno studio del 1994, Ashcraft e Faust hanno scoperto che soggetti con alti livelli di MA risolvevano i quesiti a cui erano sottoposti più velocemente rispetto ai coetanei con bassi livelli d'ansia. Questo, secondo gli autori, va ricondotto al desiderio del primo gruppo di soggetti di allontanarsi e terminare il prima possibile il compito spiacevole, anche a discapito dell'accuratezza. Inoltre, lo stesso studio ha mostrato come i soggetti con elevati livelli di MA si sentissero in dovere di fornire una risposta il più velocemente possibile per via della pressione che percepivano. A dimostrazione di ciò, è stato suggerito che anche l'ansia per la matematica veniva espressa più intensamente nei compiti aritmetici in cui era valutata anche la variabile temporale (Dowker et al., 2016). Un'ulteriore possibile spiegazione degli effetti negativi della MA sulle prestazioni accademiche è che gli livelli elevati di quest'ultima possono favorire una maggiore ruminazione mentale che, conseguentemente, porterebbe ad un sovraccarico della *working memory*, diminuendo le risorse cognitive che invece avrebbero potuto essere destinate all'apprendimento di concetti matematici (Ashcraft & Kirk, 2001; Eysenck & Calvo, 1992).

Nel momento in cui si intende studiare la prestazione di un soggetto in un compito di matematica per comprendere l'impatto della MA, è fondamentale valutare anche tutti i diversi stati emotivi o fisiologici che la persona sperimenta. Sarebbe infatti riduttivo considerare questi altri stati come semplice assenza di ansia (Dowker et al., 2016). I ricercatori si sono interessati anche all'impatto di alcuni atteggiamenti positivi, come la fiducia in sé stessi e il godimento nei confronti della matematica. Pinxten et al. (2014), per esempio, hanno osservato che l'autovalutazione delle proprie abilità numeriche era correlata positivamente con le prestazioni matematiche, mentre Van der Beek et al. (2017) hanno trovato che il rendimento matematico era correlato positivamente con il godimento verso la matematica, e negativamente con la *math anxiety* in un campione di studenti olandesi.

Un ulteriore atteggiamento da prendere in considerazione, in quanto correlato sia alle prestazioni matematiche che alla MA, è l'autoefficacia: si tratta del giudizio

che ciascun soggetto possiede relativamente alla sua capacità di portare a termine con successo determinati compiti (Bandura, 1994). Questa capacità implica il riuscire a considerarsi abili nell'organizzare e produrre comportamenti finalizzati all'apprendimento di strategie e concetti matematici (Dowker et al., 2016). Numerosi studi hanno rilevato una correlazione positiva tra la prestazione matematica e l'autoefficacia in quest'ultimo dominio (Klassen, 2002; Passolunghi, 2011; Skaalvik et al., 2015).

Infine, alcuni ricercatori si sono chiesti se la *math anxiety* possa essere sempre dannosa per la prestazione accademica o se esista un livello ottimale di MA in grado di favorire la risoluzione dei problemi numerici ed aritmetici. Evans (2000) ha suggerito che la relazione tra MA e rendimento nei test matematici possa essere spiegata da una "U" rovesciata: secondo l'autore l'ansia per la matematica non era sempre deleteria per le *performance* dei ragazzi, bensì esisteva un livello ottimale in cui il rendimento nel compito beneficiava degli effetti dell'ansia. Questo risultato è stato ripreso e approfondito da Wang et al. (2015), i quali hanno riscontrato che questo fenomeno si verificava solo in studenti che, nonostante alti livelli di MA, possedevano un'alta motivazione intrinseca ad apprendere la matematica. Dunque, sembrerebbe che livelli ottimali di *math anxiety* possano avere effetti benefici per soggetti intrinsecamente motivati ad imparare la matematica, ma non su soggetti estrinsecamente motivati.

Beilock et al. (2010) hanno evidenziato anche come l'ansia per la matematica degli studenti sia significativamente correlata all'ansia per la matematica degli insegnanti e a quella dei genitori, comprese le loro aspettative.

2.1.2 Modelli teorici di riferimento

Un aspetto che rimane ancora da chiarire è come, a livello temporale, l'ansia per la matematica e la prestazione accademica si influenzino tra loro. Fino ad ora abbiamo sempre dato per assodato che le difficoltà nei compiti matematici e aritmetici vengano determinate dai livelli d'ansia sperimentati dall'individuo; tuttavia, alcuni autori hanno messo in discussione questo assunto (Dowker et al., 2016).

Conoscere il verso della relazione MA-prestazioni matematiche può avere un impatto molto forte per il mondo della ricerca e della clinica: individuare la direzione di questo legame può aiutare i professionisti del settore a capire se sia più

opportuno implementare trattamenti in grado di ridurre l'ansia, o se invece sia più efficace potenziare le abilità numeriche e di calcolo (Carey et al., 2016).

Attualmente le prove sono ancora molto contrastanti e vi è necessità di un numero maggiore di ricerche longitudinali; tuttavia, le due possibili direzioni causali tra ansia e prestazioni sono state estese anche al campo della MA nelle teorie che seguono.

La prima è la *Deficit Theory*, teoria che sostiene che una scarsa prestazione in matematica porta ad una maggiore ansia per la matematica in vista di prestazioni o test futuri (Tobias, 1986). Nello specifico, l'idea alla base è che il deficit in una prestazione matematica precedente faciliti la creazione di un ricordo di questo scarso risultato, generando in tal modo MA (Hembree, 1990). Questa teoria è supportata da alcuni studi longitudinali a lungo termine: tra questi, lo studio di Ma & Xu (2004), ha trovato una correlazione significativa tra il rendimento scolastico di uno studente durante un anno accademico e il suo livello di MA nell'anno successivo, e questa era significativamente maggiore rispetto alla situazione contraria (MA di uno studente in un anno e il suo rendimento nell'anno successivo). Ulteriore supporto è fornito dalle prove che bambini con disabilità di apprendimento matematico o discalculia evolutiva presentano livelli molto più elevati di MA rispetto a bambini con sviluppo tipico (Rubisten & Tannock, 2010). Lo studio di Wang et al. (2014), invece, suggerisce come in alcuni casi l'ansia per la matematica sia causata da una predisposizione genetica a deficit nella cognizione matematica. Dai risultati della loro ricerca emerge che circa il 9% della varianza totale di MA deriva da geni correlati all'ansia generale, mentre il 12% da geni legati alla cognizione matematica.

La seconda teoria, che prende il nome di *Debilitating Anxiety Model*, sostiene che l'ansia per la matematica riduce la futura prestazione in matematica influenzando: la pre-elaborazione delle informazioni, ovvero l'apprendimento, predisponendo gli individui ad evitare situazioni legate alla matematica (Hembree, 1990); la loro successiva elaborazione, tramite interferenza cognitiva (Aschcraft e Kirk, 2001); e infine, il recupero di fatti e metodi matematici in memoria di lavoro (Krinziger et al., 2009). Tra le ricerche a supporto, la meta-analisi di Hembree (1990) includeva prove sull'evitamento di situazioni legate alla matematica da parte di adolescenti con MA, indicando come le opportunità di apprendimento vengano sensibilmente ridotte a causa dell'influenza dell'ansia sulla *performance*. Altri studi mostrano che adulti con elevata ansia per la matematica rispondevano a delle domande inerenti in

modo meno accurato, ma più rapido rispetto a chi aveva livelli più bassi di MA (Ashcraft e Faust, 1994), suggerendo come questi adulti potrebbero arrivare ad evitare del tutto di elaborare problemi matematici con il risultato sia di un ridotto apprendimento degli stessi, sia di performance peggiori a causa della fretta nell'eseguire i compiti. Rispetto all'elaborazione delle informazioni, la *Processing Efficiency Theory* (Eysenck & Calvo, 1992) rappresenta una prova a sostegno della compromissione delle risorse di elaborazione da parte della MA durante una prestazione matematica: secondo la teoria, la preoccupazione inficerebbe questa capacità e l'archiviazione delle informazioni determinando un decremento della performance. Inoltre, è possibile che l'ansia per la matematica porti gli individui a scegliere delle strategie di risoluzione del problema più semplici, e questo implica maggiori difficoltà e pressione nelle prove con un carico di memoria di lavoro elevato (Beilock & DeCaro, 2007). Sembra che il fatto di poter scrivere liberamente le proprie emozioni prima di un compito di matematica (Park & Ramirez, 2014) e che poi questo compito non sia cronometrato (Faust et al., 1996) possano contribuire ad una migliore prestazione. Anche questi fattori, dunque, supportano il *Debilitating Anxiety Model* perché evidenziano i possibili effetti negativi della *math anxiety* sulla prestazione. La seconda teoria è supportata ulteriormente dai dati di *neuroimaging* cerebrale: sembra che alcuni individui con alta MA siano in grado di mitigare il suo effetto sulla *performance* utilizzando funzioni cognitive superiori. Nel dettaglio, gli individui che sono in grado di sopprimere la loro risposta emotiva negativa legata alla matematica hanno una prestazione migliore, sottintendendo che il deficit nella prestazione originale fosse causato proprio da questi pensieri intrusivi.

Come già anticipato in precedenza, le prove tra le due teorie sono tra loro in contrasto e questo conflitto può essere ovviato introducendo una terza teoria che considera la natura reciproca della relazione MA-prestazioni matematiche, le quali si influenzerebbero vicendevolmente in un circolo vizioso. Ciò che avviene è che le scarse prestazioni potrebbero generare ansia per la matematica, ma a sua volta quest'ultima potrebbe ridurre ulteriormente la *performance* (Jansen et al., 2013). La *Reciprocal Theory* (Ashcraft et al., 2007) sembra essere la teoria che meglio può spiegare la relazione tra ansia per la matematica e prestazione ed è valorizzata da alcuni studi non longitudinali, come quello di Luo et al., (2014), in cui i risultati in un test passato hanno influenzato i livelli di MA di uno studente e a loro volta la sua *performance* futura. Nessuna delle due teorie presa singolarmente riesce ad essere

esplicativa a livello teorico, e nonostante la *Reciprocal Theory* sembri essere più valida, gli studi longitudinali risultano essere ancora insufficienti per poter determinare con certezza la direzionalità nel rapporto tra prestazioni e ansia per la matematica.

2.2 Prevalenza

La prevalenza dei disturbi d'ansia nella popolazione generale varia a seconda del disturbo specifico e della popolazione studiata. Una revisione sistematica pubblicata in *Psychological Medicine*, stima che la prevalenza attuale per i disturbi d'ansia è del 7,3%, suggerendo che una persona su 14 in tutto il mondo in un dato momento ha un disturbo d'ansia, e uno su 9 sperimenterà un disturbo d'ansia in un dato anno (Baxter et al., 2013). Per quanto concerne l'ansia per la matematica nello specifico, la ricerca di Hembree (1990) aveva scoperto che circa il 10-15% della popolazione scolastica generale, comprendente bambini e adolescenti, sperimenta alti livelli di ansia per la matematica. Una serie di studi più recenti ha suggerito che questo fenomeno è un problema altamente diffuso tra gli studenti dalle scuole elementari alle università (Ma & Xu, 2004; Rodarte-Luna & Sherry, 2008; Jain & Dowson, 2009; Gunderson et al., 2018); tuttavia, sono pochissimi gli studi che riportano delle percentuali effettive sulla prevalenza dell'ansia per la matematica in una specifica popolazione.

Un interessante studio di Devine et al., (2018) riporta alcuni dati sulla prevalenza della comorbilità tra MA e Discalculia Evolutiva (DD). Questo studio coinvolgeva 1.757 bambini e adolescenti nel sud-est dell'Inghilterra, e l'ansia per la matematica è stata misurata utilizzando il mAMAS (Zirk-Sadowki et al., 2014), ovvero una versione dell'AMAS di Hopko (2003) di soli 9 item e modificato per gli studenti britannici. La percentuale effettiva di bambini con un punteggio abbastanza alto per ottenere un MA significativo (punteggio di 30, ovvero la posizione precisa del 90° percentile) era l'11% del campione totale.

Rispetto l'ansia da test (TA), un'altra possibile forma d'ansia legata al contesto scolastico, in un campione di oltre 2400 studenti (di età compresa tra i 14 e i 16 anni) del Regno Unito è stato osservato che circa il 15% riportava livelli debilitanti di TA (Caviola et al., 2022).

Riguardo le differenze di genere sembra che, indipendentemente dalle effettive prestazioni (con cui non c'è correlazione), le femmine sembrano essere più ansiose e meno sicure di sé rispetto alle loro capacità matematiche (Trankina, 1993) e questo

sembra riguardare tutti i livelli di istruzione. Una possibile spiegazione è che le ragazze possono avere un maggiore potenziale in matematica rispetto ai ragazzi (Devine et al., 2012), ma una minore auto-percezione e fiducia in matematica causa più facilmente in loro maggiore ansia. Questo è stato valutato anche dal Programme for International Student Assessment (PISA, OECD, 2013), che ha coinvolto studenti di 15 anni provenienti da 65 diversi paesi a cui sono state poste delle domande rispetto a quanto si sentissero tesi o nervosi di fronte a compiti matematici. Ciò che è emerso, è che in tutti i paesi dell'OECD, il 33% dei ragazzi riferisce di diventare “molto teso” quando deve eseguire dei compiti matematici, il 31% “molto nervoso” e il 61% si preoccupa di ottenere scarsi risultati in matematica (Caviola et al., 2022). Nella maggior parte dei paesi, inoltre, le ragazze in media riportano una maggiore ansia per la matematica rispetto ai ragazzi.

La ricerca sulla prevalenza dell'ansia nei bambini e negli adolescenti con autismo rimane invece frammentata a causa delle differenze nella valutazione dell'ansia. I sintomi e i disturbi d'ansia sono molto comuni tra i giovani con ASD, tuttavia, vi è moltissima variabilità tra i risultati, che vanno dal 2% ad addirittura l'84% (Mutluer et al., 2022). Nella revisione di Thiele-Swift & Dorstyn (2024) è stato rilevato che i disturbi d'ansia sono presenti fino al 40% dei bambini con ASD, anche se l'esatta prevalenza dell'ansia per la matematica può variare, rispetto al 13,4% dei bambini in tutto il mondo senza autismo (Polanczyk et al., 2015). Nel complesso, mentre i tassi di prevalenza esatti per l'ansia matematica nell'autismo non sono uniformemente stabiliti, è chiaro che questa popolazione sperimenta livelli più elevati di ansia in generale, che include l'ansia legata alla matematica. È necessaria una ricerca più mirata per fornire tassi di prevalenza precisi e per sviluppare interventi efficaci per sostenere questi individui in contesti educativi.

2.3 Strumenti di valutazione

Molto spesso i costrutti psicologici non possono essere misurati direttamente ma è necessario rilevarli indirettamente tramite strumenti di misura specifici, che consentano di stimarli senza l'ausilio di un'esperienza sensoriale diretta. L'ansia per la matematica, ad esempio, è una variabile latente che, a differenza delle variabili osservate, può essere misurata unicamente tramite appropriate variabili, denominate indicatori.

Quando si analizza uno strumento o una batteria testistica è opportuno prendere in considerazione le sue caratteristiche psicometriche: nello specifico, le due proprietà più importanti sono l'affidabilità e la validità. La prima valuta la coerenza delle misurazioni, ossia il grado di concordanza tra le varie misurazioni che vengono

eseguite, indipendentemente da chi e da quando queste vengono effettuate (Barbaranelli & Natali, 2011). La seconda, invece, fa riferimento a quanto uno strumento misuri esattamente ciò che si propone di valutare (Kring et al., 2017). Un aspetto interessante da notare è che una misurazione non affidabile sarà sicuramente anche non valida, mentre, una buona affidabilità non è sufficiente a garantirne anche una buona validità statistica (Kring et al., 2017).

Dreger e Aiken (1957) furono i primi a tentare di costruire uno strumento in grado di misurare l'ansia per la matematica, aggiungendo, ad una scala per l'ansia generale già esistente (Taylor Manifest Anxiety Scale, 1953), tre elementi correlati strettamente alla matematica.

All'interno della discussione sugli strumenti di valutazione della MA è cruciale la distinzione tra ansia di stato e ansia di tratto: apprendere strategie per impedire all'ansia di stato di verificarsi potrebbe essere utile per alleviare gli effetti negativi della MA (Cipora et al., 2022). L'ansia per la matematica di tratto fa riferimento ad una caratteristica di personalità stabile, immodificabile e generalizzata, che è solitamente valutata tramite strumenti *self-report*. L'ansia per la matematica di stato, invece, è legata ad una specifica situazione matematica stressante a cui l'individuo fa fronte tramite delle risposte emotive e cognitive, talvolta disadattive, che possono essere misurate con strumenti in grado di coglierle in tempo reale (Lievore et al., 2024).

Il primo strumento efficace ed innovativo però, è quello sviluppato successivamente, nel 1972, da Richardson e Suinn: la Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS), composta da 98 item. Questo strumento si è dimostrato essere più completo, anche grazie alle sue buone proprietà psicometriche, ed è stato anche adattato per bambini più grandi e adolescenti, come ad esempio il MARS-E, adatto per bambini dalla quarta alla sesta elementare (Suinn et al., 1988), il questionario sull'ansia per la matematica per bambini dai 6 ai 9 anni (MAQ; Thomas & Dowker, 2000) e il MARS adattato a studenti delle scuole medie e superiori (Suinn & Edwards, 1982).

L'efficacia del MARS ha permesso lo sviluppo di numerose versioni più brevi, le quali richiedono un tempo minore di somministrazione e per questo sono molto diffuse. Tra queste la MARS-R (MARS-*Revised*; Plake & Parker, 1982), che comprende solo 24 item pur mantenendo le buone qualità psicometriche; l'sMARS (Alexander & Martray, 1989), una scala di 25 item molto popolare tra i ricercatori e l'*Abbreviated Math Anxiety Scale* (AMAS; Hopko et al., 2003), che origina da una revisione di Hopko della MARS-R ed è la scala più utilizzata tra tutte, la sua somministrazione non richiede più di 5

minuti e ha il vantaggio che può essere sottoposta a numerose fasce d'età. Questo questionario consiste in nove item valutati su scala *Likert* da 1 a 5, in cui i punteggi alti indicano un'ansia per la matematica maggiore. Un'analisi fattoriale confermativa, condotta su un ampio campione rappresentativo, ha raggruppato gli elementi in due sottoscale principali: quella dell'ansia da apprendimento della matematica, relativa quindi al vero e proprio processo di apprendimento, e quella dell'ansia da test di matematica, riferita alle situazioni di valutazione (Dowker et al., 2016).

Rispetto alla struttura dell'ansia per la matematica, solitamente si afferma che comprenda i due fattori sopracitati; tuttavia, diversi studi hanno dimostrato che ne comprende tre: nella scala sMARS (Alexander & Martray, 1989), ad esempio, sembra che la varianza sia meglio spiegata dalle componenti di ansia da test di matematica, ansia da compito numerico e ansia da corso di matematica. Altri studi suggeriscono una struttura ancora più complessa: sulla base di un'analisi fattoriale di conferma della scala MARS30-*Brief Scale* (Pletzer et al., 2016), hanno suggerito la presenza di sei fattori. Questi sono: ansia da valutazione rispetto al sostenere un esame di matematica, ansia da valutazione rispetto al pensare all'esame imminente, apprendere l'ansia per la matematica, ansia numerica quotidiana, ansia da prestazione e ansia da responsabilità sociale.

2.4 Abilità matematiche in soggetti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo

Sappiamo che la ricerca sul rendimento in matematica di ragazzi con Disturbo dello Spettro dell'Autismo è al momento piuttosto limitata (Fleury et al., 2014) e ciò potrebbe rappresentare una criticità se si considera che l'apprendimento di conoscenze matematiche è propedeutico ad altri tipi di apprendimenti scolastici, così come al mondo del lavoro (Jordan et al., 2009). Questo può essere legato alla falsa credenza che gli individui con ASD abbiano delle capacità matematiche eccezionalmente superiori, anche se in realtà solo un numero molto limitato di questi soggetti le mostra (Chiang & Lin, 2007); ciò viene smentito ulteriormente dai dati, che dimostrano che le difficoltà in matematica sono più comuni tra i soggetti con autismo rispetto ai coetanei con sviluppo tipico (Mayes & Calhoun, 2006).

I risultati degli studi nell'ambito delle abilità matematiche nei soggetti con ASD sono spesso tra loro incoerenti: alcuni suggeriscono migliori capacità matematiche negli studenti con ASD rispetto agli studenti con sviluppo tipico, mentre altri il risultato contrario. Una possibile spiegazione può essere legata al dominio matematico

considerato: i bambini con Disturbo dello Spettro dell'Autismo possono, ad esempio, eccellere nei fatti aritmetici più meccanici, ma d'altra parte riscontrare difficoltà nella risoluzione di equazioni o problemi verbali, che rappresentano sicuramente abilità più complesse (Kim & Cameron, 2016). Le procedure logiche sono spesso ritenute più semplici e alla portata degli studenti con ASD, ma in realtà il processo di comprensione del contenuto e poi di scelta della strategia più opportuna per risolvere il compito è molto impegnativo. Alcuni studi recenti, infatti, hanno dimostrato che gli studenti con ASD hanno prestazioni peggiori nei compiti di problem-solving rispetto a quelli di calcolo (Bullen et al., 2020).

È possibile che le prestazioni in matematica di studenti con ASD possano variare a seconda del tipo di stimolo coinvolto: ad esempio, la comprensione orale e la motricità fine svolgono un ruolo fondamentale sulla performance (Peng et al., 2020), ma si tratta di due componenti che possono essere facilmente compromesse in questi soggetti (Fuentes et al., 2009; Mody & Belliveau, 2013), pertanto si avranno risultati totalmente differenti di fronte ad un compito scritto rispetto ad uno orale.

Un altro fattore che può influenzare l'apprendimento di abilità matematiche è la memoria di lavoro (WM), importante, ad esempio, nel tenere a mente i risultati intermedi delle operazioni o per generare rappresentazioni dei problemi (Cragg & Gilmore, 2014). Da recenti meta-analisi è emerso che le persone con ASD possono presentare deficit nella memoria di lavoro (Habib et al., 2019; Wang et al., 2017), e sembra che siano centrali nel predire le prestazioni matematiche di questi soggetti (Bullen et al., 2020), specialmente per quanto riguarda la componente fonologica e l'esecutivo centrale della *working memory*. Wang et al., (2022) suggeriscono anche che in bambini con Autismo in età prescolare, la compromissione della WM potrebbe rappresentare una delle cause principali delle difficoltà matematiche negli anni successivi.

2.5 Ansia per la matematica e Disturbo dello Spettro dell'Autismo

In letteratura esistono ancora troppi pochi dati relativi alle manifestazioni della *math anxiety* in soggetti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo. Tuttavia, è importante sottolineare che l'ansia è uno dei disturbi più frequenti tra gli studenti con ASD (Lopata & Thomeer, 2014; Skokauskas & Gallagher, 2010), e sembra che, oltre a rappresentare una conseguenza delle possibili difficoltà sociali e accademiche legate ai sintomi dell'autismo, sia anche in grado di esacerbarne le caratteristiche cliniche, rendendo in tal modo la sua relazione con l'autismo bidirezionale (White et al., 2014).

Gli ostacoli maggiori nell'analizzare la MA in soggetti ASD potrebbero essere dovuti dalle difficoltà di questi nell'accedere ai propri stati interni e segnalarli correttamente (Lickel et al., 2012). È fondamentale, quindi, implementare delle ricerche che indaghino l'ansia per la matematica focalizzandosi su tutte le componenti di questo costrutto: è per tale ragione che nello studio che verrà presentato nei capitoli seguenti si cercherà di valutare la MA da un punto di vista cognitivo, comportamentale e fisiologico. Come affermato precedentemente, a causa della limitata presenza di studi rispetto l'ansia per la matematica, è opportuno considerare l'ansia nel più ampio sistema scolastico, come proposto dall'articolo di Adams et al., (2018). Gli adolescenti con ASD alle scuole superiori riportano di sperimentare ansia in situazioni sociali e numerose difficoltà nell'affrontare le incertezze legate alla giornata scolastica (Hebron & Humphrey, 2014). Nello studio longitudinale di Adams et al., (2018), sono stati reclutati 92 bambini con ASD di età compresa tra 4 e 5 anni o tra 9 e 10 anni residenti in Australia per partecipare ad uno studio della durata di 6 anni. La percentuale di bambini che hanno riportato livelli clinici di ansia generalizzata all'interno dell'ambiente scolastico era del 27,2%, e questo starebbe ad indicare che circa un bambino su quattro in età scolare primaria sperimenta questi livelli di ansia generalizzata a scuola. Per quanto riguarda il profilo della sintomatologia, i sintomi che sono stati valutati in modo più frequente come “spesso” o “sempre” dai ragazzi erano il fatto di preoccuparsi per le cose (27,2%), di avere paura di commettere errori (27,2%) e di essere esitanti nell'iniziare ad eseguire un compito (32,6%). In percentuali più basse, pochissimi bambini hanno riferito “spesso” o “sempre” di aver paura a fare domande in classe, di parlare in pubblico o in gruppo o di tremare di fronte ad un problema (Adams et al., 2018).

Purtroppo, un limite di questo tipo di studi è che gli informatori sono molto più frequentemente i genitori, quando in realtà, parlando di contesto scolastico, sarebbe più utile una prospettiva multiple-informant, e più nello specifico che coinvolga da vicino soprattutto gli insegnanti (Adams et al., 2018). Di conseguenza, ci sono poche informazioni dettagliate su come l'ansia si manifesti nei bambini autistici in ambito scolastico e su come questa possa differire rispetto alle manifestazioni osservate a casa o nei contesti più quotidiani.

Capitolo 3

La Ricerca

Nei due precedenti capitoli è stata fatta un'analisi della letteratura esistente relativa alle caratteristiche cliniche del Disturbo dello Spettro dell'Autismo e al costrutto dell'ansia per la matematica. In questo terzo capitolo, invece, verranno descritti gli obiettivi e le ipotesi di ricerca, il campione analizzato, il metodo e gli strumenti impiegati e la procedura utilizzata per raccogliere i dati.

3.1. Obiettivi

Il principale obiettivo di questa ricerca è quello di indagare il costrutto dell'ansia per la matematica in ragazzi con Disturbo dello Spettro dell'Autismo (ASD), confrontandoli con un gruppo di controllo, formato da ragazzi a sviluppo tipico senza diagnosi (ND).

Nello specifico, si è cercato di comprendere in che modo la paura del giudizio sociale possa influenzare le prestazioni matematiche e le capacità di controllo emotivo dei partecipanti.

Per fare ciò, è stata considerata l'ansia per la matematica su più livelli proponendo un compito di matematica con due condizioni: una senza pressione sociale e una con pressione sociale. L'ansia per la matematica è stata analizzata da un punto di vista comportamentale, ovvero il grado di accuratezza delle risposte da parte dei partecipanti nel compito di matematica; da un punto di vista emotivo e cognitivo, ossia rispetto alle emozioni, ai pensieri e alle preoccupazioni riportate durante la prova; e infine, su un piano fisiologico, cioè attraverso la misurazione dell'attività cardiaca in risposta alla prova di matematica.

3.2. Ipotesi di ricerca

Partendo dal presupposto che l'autismo è caratterizzato da un'elevata eterogeneità, dovuta dalle differenti manifestazioni sintomatologiche, dalle capacità intellettive e cognitive e dalla possibile comorbidità con altri disturbi (Zeidan et al., 2022), nella presente ricerca si è cercato di indagare il costrutto della *math anxiety* in tutti i suoi livelli in un campione clinico (ASD) e in un gruppo di controllo (ND).

La prima ipotesi di ricerca è che i partecipanti del gruppo clinico dovrebbero mostrare dei livelli di prestazione inferiori rispetto al gruppo di controllo. Questa ipotesi poggia le

sue fondamenta su una recente meta-analisi di Tonizzi & Usai (2023), i quali hanno trovato dei risultati coerenti in questa direzione. Secondo gli autori, le persone con ASD non sono caratterizzate da un deficit matematico in senso assoluto, bensì sembrerebbero mostrare un deficit relativo: alcuni studi che hanno utilizzato compiti matematici standardizzati, hanno suggerito che le prestazioni matematiche dei ragazzi con ASD rientrano generalmente nella media del campione normativo (Chiang & Lin, 2007); tuttavia, le loro capacità matematiche sono comunque significativamente inferiori rispetto a quelle dei loro coetanei a sviluppo tipico. Il deficit relativo mostrato da questo campione clinico sembrerebbe dunque riflettere un ritardo rispetto alla popolazione senza alcuna diagnosi, portando allo sviluppo di capacità matematiche significativamente inferiori (Tonizzi & Usai, 2023). Inoltre, si ipotizza che i partecipanti con ASD potrebbero ottenere un punteggio inferiore nella prova con pressione sociale rispetto a quella senza, a causa della loro elevata ansia sociale e delle loro comprovate difficoltà socio-relazionali.

La seconda ipotesi è che gli studenti con ASD abbiano dei livelli di ansia per la matematica significativamente minori rispetto ai coetanei senza diagnosi (Georgiou et al., 2018); inoltre, rispetto a questo, dovrebbe esserci anche una minore attivazione emotiva e una minore preoccupazione per il compito matematico, anche se ci si aspetta una maggiore apprensione nel contesto sociale (ipotesi esplorativa). Ciò è supportato dallo studio di Georgiou et al. (2018), i cui risultati hanno dimostrato che la MA degli studenti autistici ad alto funzionamento differisce in modo sostanziale da quella dei coetanei a sviluppo tipico, in quanto è di molto inferiore al livello medio. Inoltre, da questo risultato dipende anche il fatto che le emozioni degli studenti ASD, in relazione alla matematica, non sono particolarmente negative e, anzi, sono risultate essere più positive di quelle dei compagni non clinici. Questo potrebbe essere ricondotto al fatto che i soggetti con ASD con buone capacità intellettive sottostimerebbero la gravità dei propri sintomi ansiosi (White et al., 2012); tuttavia, essi sembrano avere in realtà una capacità di comprensione emotiva maggiore rispetto ai soggetti ASD con disabilità intellettiva (Huang et al., 2017), e ciò supporta i risultati ottenuti da Georgiou et al. (2018).

La terza ipotesi di ricerca è che i partecipanti ASD dovrebbero riportare dei sentimenti più positivi relativamente alle proprie abilità e ai propri vissuti emotivi rispetto alla realtà (Huggins et al., 2021). In letteratura si è soliti pensare che le persone autistiche abbiano dei deficit nell'autoconsapevolezza emotiva, ovvero nella capacità di identificare e comprendere i propri stati emotivi. Di riflesso, questo porterebbe anche ad una scarsa consapevolezza delle proprie abilità, dato che l'autovalutazione si basa sul confronto tra

le proprie esperienze/capacità con quelle degli altri (Marchesi et al., 2014). Nei ragazzi autistici, il deficit nella valutazione delle proprie abilità potrebbe derivare dalle difficoltà metacognitive, tipiche di questa popolazione clinica (Palser et al., 2018). Ci si aspetta inoltre, che nella prova senza pressione sociale la percezione di questi vissuti emotivi sia amplificata rispetto alla prova con pressione sociale.

L'ultima ipotesi di ricerca è che, nelle diverse fasi sperimentali, i partecipanti ASD dovrebbero manifestare un'alterata reattività fisiologica (Cheng et al., 2020; Edmiston et al., 2016). Infatti, Daluwatte et al. (2012) hanno trovato una riduzione dell'HRV (*heart rate variability*) durante un compito sperimentale, nel gruppo di ragazzi autistici a differenza dei loro coetanei a sviluppo tipico. Altri autori hanno studiato la reattività HRV di ragazzi autistici in situazioni sociali e hanno evidenziato valori significativamente inferiori rispetto al gruppo di controllo: questo può essere spiegato da un malfunzionamento del ramo vagale dal nucleo ambiguo, che sembra ricoprire un ruolo importante nella regolazione dei comportamenti affiliativi sociali (Harder et al., 2016). A partire da questi studi si può ipotizzare che la reattività fisiologica dell'indice HRV nei ragazzi ASD non differisca tra le due prove, con e senza pressione sociale.

3.3. Partecipanti

Al fine di testare le ipotesi, sono stati reclutati ragazzi di età compresa tra i 10 e i 18 anni e 11 mesi, con un quoziente intellettivo (QI) nella norma (≥ 80), con una diagnosi di Disturbo dello Spettro dell'Autismo (ASD) per il gruppo clinico, e senza nessuna diagnosi (ND) per il gruppo di controllo. Sono stati esclusi soggetti con comorbidità (es. ADHD, DSA), che avrebbero potuto inficiare l'esecuzione delle prove, o con condizioni mediche specifiche.

Il campione è formato da 22 studenti, di cui 9 con ASD (9 maschi, 0 femmine) e 13 a sviluppo tipico (13 maschi, 0 femmine). I gruppi sono stati appaiati per età anagrafica, genere di appartenenza e QI.

Nella tabella 3.1 sono descritte le principali caratteristiche socio-demografiche dei partecipanti che hanno preso parte alla ricerca.

Tabella 3.1 Caratteristiche socio-demografiche dei partecipanti.

	MASCHI	FEMMINE	TOTALE	ETA' IN ANNI (SD)	QI (SD)
ASD	9	0	9	13.115 (2.625)	105 (19.281)
ND	13	0	13	14.550 (2.167)	108.462 (16.541)

3.4. Metodo

La presente ricerca si sviluppa in due fasi principali: una prima fase di *screening*, seguita da una seconda fase comprendente le prove sperimentali. I test somministrati nella prima fase sono necessari per valutare la capacità cognitive dei partecipanti ed escludere una disabilità intellettiva e deficit nei processi di apprendimento nei soggetti ASD. Inoltre, è stato utilizzato l'*Autism Diagnostic Interview-Revised* (ADI-R; Rutter et al., 2005) come strumento per confermare la diagnosi di Autismo nel gruppo clinico. Le prove attinenti alla fase sperimentale, invece, si concentrano prevalentemente sull'ansia per la matematica e sulle sue diverse componenti.

La fase sperimentale è stata strutturata per indagare le variabili comportamentali (accuratezza nel compito di matematica non sociale e sociale), soggettive (arousal, preoccupazioni, percezione di competenza) e fisiologiche (frequenza cardiaca, *Heart Rate Variability*).

3.4.1. Prove di screening

Rispetto alle prove di *screening*, si valutano quattro domini specifici: il quoziente intellettivo (QI) breve, l'indice di memoria di lavoro, la lettura e il calcolo.

Per quanto riguarda i primi due, si somministrano alcune prove della *Wechsler Intelligence Scale for Children Forth Edition* (WISC-IV; Wechsler, 2012). Questo questionario permette di valutare vari aspetti dell'intelligenza in soggetti di età compresa tra i 6 anni e i 16 anni 11 mesi e 30 giorni. Attraverso la somministrazione di 15 subtest, di cui 10 obbligatori, prevede il calcolo di un Quoziente Intellettivo Totale relativo alle capacità cognitive del bambino, che è composto da 4 indici: Indice di Comprensione Verbale (ICV), Indice di Ragionamento Percettivo (IRP), Indice di Memoria di Lavoro (IML) e Indice di Velocità di Elaborazione (IVE). Questi quattro vanno a definire, a loro volta, anche altri due ulteriori indici: l'Indice di Abilità Generale (IAG) che deriva dai punteggi ponderati dei subtest di ICV e IRP, e l'Indice di Competenza Cognitiva (ICC) derivante dai punteggi ponderati dei subtest di IML e IVE.

Al fine della ricerca, le prove selezionate sono quattro: due subtest, ovvero la prova del "Vocabolario" (VC) e quella di "Disegno con i cubi" (DC), che costituiscono quello che viene definito QI breve. Questo indice ha infatti una buona correlazione ($r=.88$) con il QI totale (Mercer & Joyce, 1972), e oltre ad essere meno dispendioso in

termini di tempo rispetto alla somministrazione dell'intero strumento, permette di escludere, come anticipato, una disabilità intellettiva. Le altre due prove selezionate sono quelle che costituiscono l'IML, ovvero la prova "Memoria di cifre" (MC) e quella di "Riordinamento di lettere e numeri" (LN).

La prova "Disegno con i cubi" (DC) consiste nel riprodurre delle forme geometriche bidimensionali, presenti in un libro stimoli, con difficoltà crescente. Il soggetto in esame ha a disposizione un numero sempre maggiore di cubi (prima due, poi quattro e infine nove) identici tra di loro: ciascuno possiede due facce rosse, due facce bianche e due facce mezze rosse e mezze bianche tagliate diagonalmente. Se il bambino non ottiene un punteggio pieno in uno dei primi due item, è necessario somministrare gli item precedenti in ordine inverso, fino a quando non ottiene due punteggi pieni consecutivi (criterio di inversione). La prova termina dopo tre punteggi nulli consecutivi (criterio di interruzione). Le figure presenti nel libro stimoli sono in tutto 14 e, a seconda della complessità della figura da rappresentare, è indicato il tempo massimo entro cui il partecipante deve fornire una risposta. Alla fine della prova, il somministratore somma i punteggi dei singoli item per arrivare alla formulazione di un punteggio grezzo totale, che può essere trasformato in un punteggio ponderato grazie alle apposite tabelle di conversione.



Figura 3.1 Cubi utilizzati per la prova "Disegno con i cubi" della WISC-IV (Wechsler, 2012).

La prova "Vocabolario" (VC), invece, si propone di indagare la conoscenza lessicale dei partecipanti: il compito è composto da 36 item, ognuno dei quali richiede la definizione di alcune parole presenti nella lingua italiana. Le risposte vengono valutate con un punteggio tra 0 e 2, a seconda della precisione della descrizione fornita. L'esaminatore si può avvalere della facoltà di richiedere un supplemento di indagine rispetto alla formulazione lessicale del bambino, nel caso in cui questa risultasse non troppo chiara o vaga. Come per la prova "Disegno con i cubi", è presente il criterio di inversione spiegato precedentemente, mentre, per quanto riguarda il criterio di interruzione, in questa prova è determinato dalla presenza di cinque punteggi nulli

consecutivi. Alla fine della prova vengono sommati i punteggi per arrivare alla formulazione del punteggio grezzo totale, che anche nel caso di questo test può essere convertito in punteggio ponderato.

La prova “Memoria di cifre” (MC) è composta da due parti: la memoria diretta di cifre e la memoria inversa di cifre. Nella prima, il partecipante deve ripetere i numeri nello stesso ordine in cui vengono letti ad alta voce dall’esaminatore; nella seconda, invece, i numeri vanno ripetuti in ordine inverso rispetto a quello di lettura. Ad ogni prova viene assegnato un punteggio di 1 se il partecipante ripete correttamente la sequenza, e di 0 se invece la riporta in maniera errata. Entrambe le parti del subtest sono composte da 8 item, ciascuno di questi formato da due prove. Il criterio di interruzione, per entrambe le parti del subtest, è determinato da un punteggio nullo in entrambe le prove che compongono un item. Alla fine della somministrazione, vengono sommati i punteggi delle varie prove per arrivare a stabilire il punteggio grezzo totale della memoria in avanti (MD) e della memoria all’indietro (MI); questi punteggi, sommati tra loro portano alla formulazione del punteggio grezzo totale del subtest che, successivamente può essere convertito in punteggio ponderato. È inoltre possibile calcolare il numero di cifre richiamate correttamente nell’ultima prova in cui il bambino non ha ottenuto un punteggio nullo, rispettivamente per memoria di cifre diretta (SD) e memoria di cifre indiretta (SI).

Infine, nel subtest “Riordinamento di lettere e numeri” (LN) l’esaminatore legge una sequenza di numeri e lettere al bambino, che deve riordinarla ponendo prima i numeri, in ordine crescente, e poi le lettere, in ordine alfabetico. È composto da dieci item, ognuno formato da tre prove; a ciascuna di esse viene assegnato un punteggio di 1 se la risposta fornita è corretta, o di 0 se invece non lo è. Il subtest termina quando il partecipante ottiene un punteggio nullo in tutte e tre le prove che compongono un item. Come in tutti i test sopracitati, al termine dell’esecuzione è possibile sommare i punteggi dei singoli item per calcolare il punteggio grezzo totale e la sua conversione in punteggio ponderato.

Per quanto riguarda il dominio della lettura sono stati utilizzati due strumenti: la Batteria per la Valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva-2 (DDE-2; Sartori et al., 2007) e la Valutazione delle abilità di lettura, comprensione, scrittura e matematica per il biennio della scuola secondaria di II grado (MT Avanzate-3; Cornoldi et al., 2017). La prima è stata somministrata a bambini dalla quarta primaria alla terza secondaria di I grado, mentre la seconda a ragazzi della scuola secondaria di

Il grado. Di entrambe le batterie sono state selezionate le prove “Lettura di parole” e “Lettura di non parole”. La prima prova prevede la lettura di una lista di parole con diversa frequenza d’uso; mentre la seconda di non parole, ossia stringhe di lettere senza un significato, utilizzate per valutare l’efficienza della modalità indiretta di lettura. Al ragazzo viene chiesto di leggere queste liste il più velocemente e accuratamente possibile; il clinico deve quindi cronometrare i tempi di lettura delle varie liste, annotandosi gli eventuali errori. I due parametri valutati in questa prova sono la rapidità, misurata sommando i tempi parziali delle singole liste, e l’accuratezza sommando i punti delle parole omesse o lette in maniera errata.

Per quanto riguarda il dominio del calcolo, invece, sono state utilizzate la prova “Fatti aritmetici” della MT Avanzate-3 (Cornoldi et al., 2017) e le Prove di fluenza delle abilità di calcolo (AC-FL; Caviola et al., 2016): la prova “Fatti aritmetici”, consiste in un numero variabile di operazioni (12 per gli studenti della scuola primaria, 18 per gli studenti della scuola secondaria di I grado, 27 per gli studenti della scuola secondaria di II grado), di differente grado di difficoltà, a cui il partecipante deve rispondere entro un massimo di tre secondi ciascuna. L’esaminatore assegna il punteggio di 0 se il ragazzo risponde in maniera errata o fuori tempo, o il punteggio di 1 se invece risponde correttamente. Al termine della prova il clinico, sommando i punteggi di tutti gli item, ottiene il punteggio grezzo totale e il corrispondente punteggio ponderato. La prova della fluenza delle abilità di calcolo, invece, può essere definita come un buon indicatore del livello sia del calcolo a mente che del calcolo scritto, in quanto, le operazioni che la compongono, richiedono una conoscenza di alcuni meccanismi del calcolo scritto (prestito e riporto) e una buona automatizzazione dei fatti aritmetici. Questa prova è costituita da tre protocolli (uno per le addizioni, uno per le sottrazioni e uno per le moltiplicazioni) che il ragazzo deve risolvere avendo a disposizione due minuti per ciascuno. Il punteggio è dato dal numero di operazioni risolte correttamente per ciascun protocollo.

Per poter confermare la diagnosi di ASD nel campione clinico, è stato utilizzato l’*Autism Diagnostic Interview-Revised* (ADI-R; Rutter et al., 2005), ossia un’intervista semi-strutturata rivolta ai genitori per bambini a partire dai 2 anni d’età. È composta da 93 item che indagano 3 domini funzionali specifici: linguaggio e comunicazione, interazioni sociali reciproche, comportamenti e interessi ristretti e stereotipati. Per la seguente ricerca, mantenendo fede all’intervista originale, si è scelto di crearne una versione abbreviata, composta da 41 item a scelta multipla, con 3 o 4 opzioni di

risposta. Questa intervista veniva consegnata ai genitori, insieme ad un questionario anamnestico e ad altri questionari nel corso della fase sperimentale del figlio.

3.4.2. Prove sperimentali

Per quanto riguarda la fase sperimentale, abbiamo utilizzato le seguenti prove:

Variabili comportamentali:

- Compito di matematica con e senza pressione sociale (accuratezza totale);

Variabili soggettive:

- Questionario SAM (*Self-Assessment Manikin scale*; Bradley & Lang, 1994);
- Questionario pensieri e preoccupazioni (Lievore et al., 2024; Mammarella et al., 2023);

Variabili fisiologiche:

- Elettrocardiogramma (ECG);

Variabili di tratto:

- Questionario AMAS (*Abbreviated Math Anxiety Scale*; Hopko et al. 2003);
- Questionario SPAI-C (*Social Phobia and Anxiety Inventory for Children*; Beidel et al., 1995; Beidel & Turner, 1998).

La fase sperimentale è stata scomposta in due bilanciamenti, in modo da evitare che l'effetto di presentazione delle prove influenzasse i risultati. Come si può notare in Figura 3.2, i due bilanciamenti contengono le stesse prove e le stesse procedure, cambiando solo l'ordine di presentazione. Durante la fase di *baseline* e di recupero, al partecipante viene mostrato un cortometraggio non verbale, della durata di circa cinque minuti, per portare/riportare i livelli di arousal ad un livello base. Intervallati a queste fasi di recupero si effettua il compito di matematica senza pressione sociale (il partecipante rimane da solo nella stanza), e il compito di matematica con pressione sociale (il partecipante svolge la prova sotto gli occhi di una finta professoressa). Prima e dopo le prove di matematica vengono somministrati al ragazzo dei questionari self-report (SAM e Pensieri e preoccupazioni). È previsto il monitoraggio della frequenza cardiaca tramite elettrocardiogramma (ECG) in 5 diverse occasioni: durante le fasi di *baseline* e di recupero e nelle due prove di matematica.

Durante la fase sperimentale dello studio, nella prova di matematica senza pressione sociale, il partecipante viene lasciato da solo nella stanza ad eseguire il compito riportando le sue soluzioni ad alta voce; lo sperimentatore dalla stanza accanto, che monitora l'andamento attraverso delle telecamere e dei microfoni (di cui

lo studente non è al corrente), si segna le risposte fornite e fa scorrere le operazioni. Nella prova di matematica con pressione sociale, invece, il compito viene eseguito in presenza di una finta professoressa, la quale direttamente annota le risposte del partecipante, sempre fornite ad alta voce, e manualmente manda avanti i quesiti.

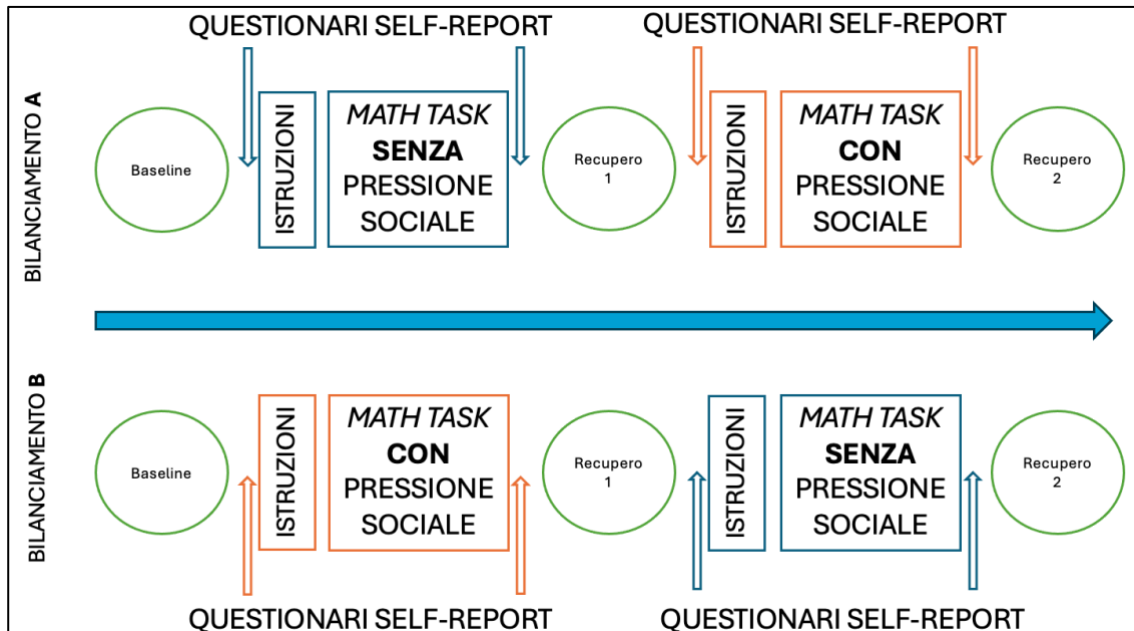


Figura 3.2 I due bilanciamenti della procedura sperimentale.

Variabili comportamentali

Compito di matematica con e senza pressione sociale

Il compito sperimentale creato con il software di programmazione *PsychoPy* (Peirce et al., 2019), è caratterizzato da una serie di addizioni e sottrazioni, presentate in maniera alternata, attraverso il monitor di un computer situato di fronte al partecipante. La prova ha una durata di cinque minuti, durante i quali il soggetto ha l'obiettivo di rispondere a quante più operazioni possibili. Queste vengono presentate in ordine crescente di difficoltà e, al ragazzo viene data l'indicazione di rispondere a voce alta più velocemente e accuratamente possibile.



Figura 3.5 Esempio operazioni compito di matematica

Nella Figura 3.5 è raffigurato un esempio di passaggio di schermata del compito di matematica tra due operazioni: come si può notare, addizioni e sottrazioni venivano

presentate con due colori distinti e intervallate da un punto di fissazione, utile anche al mantenimento dell'attenzione.

Variabili soggettive

Questionario SAM

Il questionario SAM (*Self-Assessment Manikin scale*, Bradley & Lang, 1994) è uno strumento utile a valutare la condizione emotiva di un soggetto attraverso illustrazioni pittoriche non verbali (vedi Figura 3.3). Nella nostra ricerca il partecipante deve attribuire un punteggio da 1 a 9, a seconda di quanto si rispecchiasse nello stato emotivo descritto, in quattro situazioni: pre- e post- compito di matematica, sia nella condizione sociale che nella condizione non sociale.

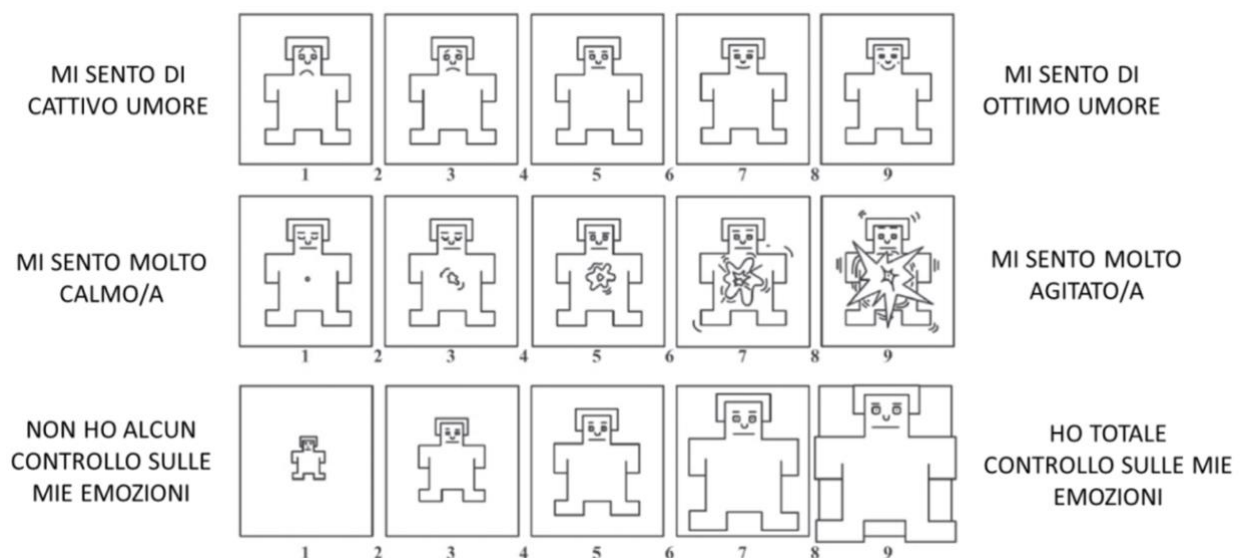


Figura 3.3 Scala della valenza, dell'arousal e della dominanza nel questionario SAM

Il questionario è composto da tre scale, poste una in successione all'altra, che valutano tre aspetti emotivi distinti: la valenza, ossia il grado di positività dell'umore del soggetto in quel dato momento; l'arousal, ovvero al grado di attivazione dell'individuo; e la dominanza, che corrisponde al grado di controllo esercitato dal soggetto sulla situazione.

Nelle versioni che venivano proposte nelle fasi pre- prova di matematica si chiede ai ragazzi di pensare a come si sentono in quel preciso momento, mentre nelle fasi post- prova di matematica l'indicazione fornita è quella di pensare a come si era sentito durante la prova appena svolta.

Questionario Pensieri e Preoccupazioni

Il questionario Pensieri e Preoccupazioni (Lievore et al., 2024; Mammarella et al., 2023) è stato costruito ad hoc per questa ricerca: è formato da 8 item a cui il partecipante deve rispondere mediante una scala *Likert* a 4 punti (1: “per niente”; 2: “poco”; 3: “abbastanza”; 4: “molto”) sulla base di quanto crede che le affermazioni siano corrette. Gli item selezionati per la nostra ricerca sono descritti nella Figura 3.4, e questi, vengono presentati insieme al questionario SAM pre- e post- compito di matematica, sia nella condizione sociale che nella condizione non sociale.

N	Affermazioni	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO
1	Penso che andrò bene in questa prova	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO
2	Penso che otterrò un buon risultato in questa prova	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO
3	Sono preoccupato/a per la prova	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO
4	Sono preoccupato/a di andare male in questa prova	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO
5	Penso di poter svolgere questa prova meglio degli altri ragazzi	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO
6	Penso che sarò migliore di altri nello svolgere questa prova	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO
7	Mi preoccupa il giudizio degli altri in questa prova	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO
8	Mi preoccupa che i miei risultati in questa prova vengano confrontati con quelli di altri ragazzi della mia età	PER NIENTE	POCO	ABBASTA NZA	MOLTO

Figura 3.4 Questionario Pensieri e Preoccupazioni nella sua versione pre- compito di matematica non sociale

Variabili fisiologiche

Elettrocardiogramma

Come affermato in precedenza, al partecipante veniva monitorata l’attività cardiaca tramite ECG in cinque momenti della fase sperimentale.

Secondo Gross (1998), la regolazione emotiva dipende in buona parte dalla capacità dell’individuo di adattare la propria eccitazione fisiologica su base momentanea, permessa dalla presenza di un Sistema Nervoso Autonomo (ANS) flessibile. Nel caso in cui l’ANS fosse caratterizzato da una certa rigidità, vi sarebbe una ridotta capacità di modificare le proprie risposte fisiologiche ed emotive a pari passo con i cambiamenti ambientali.

Questa risposta fisiologica da parte dell’ANS avviene grazie all’interazione dei due principali sistemi che lo compongono: il sistema nervoso simpatico e parasimpatico

(Buijs, 2013), dalle cui influenze reciproche siamo in grado di rilevare la variabilità della frequenza cardiaca (*Heart Rate Variability*, HRV).

Dal momento che l'HRV riflette lo sforzo dell'attività cardiaca nell'adattarsi alle richieste ambientali, esso svolge anche un importante ruolo nella regolazione delle emozioni (Appelhans & Luecken, 2006). Attraverso l'ECG si possono ottenere le misure HRV, derivate stimando la variazione di una serie di intervalli interbattito ordinati temporalmente; in particolare, è sufficiente la configurazione della derivazione II (ovvero quando gli elettrodi sono posti sotto la clavicola destra e nel quarto spazio intercostale sinistro) per una buona analisi HRV. Gli intervalli interbattito corrispondono alla distanza temporale tra gli *R-spike*, ovvero la forma d'onda che rappresenta la contrazione dei ventricoli del cuore (Appelhans & Luecken, 2006).

Per calcolare il controllo cardiaco parasimpatico a partire dagli indici HRV, vengono spesso utilizzati i metodi del dominio del tempo, che permettono di analizzare diversi punti tra gli intervalli di tempo di un ciclo cardiaco (Laborde et al., 2017). Tra questi, quello più frequentemente utilizzato è l'RMSSD (*Root Mean Square of the Successive Differences*), particolarmente utile nel caso di registrazioni ECG brevi, e quindi per misurare l'HRV a breve termine (Berntson et al., 1997). Esso corrisponde alla differenza quadratica media successiva degli intervalli R-R normali in millisecondi (ms).

Variabili di tratto

Questionario AMAS

L'AMAS (*Abbreviated Math Anxiety Scale*, Hopko et al. 2003) è un questionario composto da 9 item utilizzato per misurare l'ansia per la matematica. Il partecipante deve stimare il grado di paura suscitato dagli eventi specificati negli item, attraverso una scala *Likert* a 5 punti (1: "molto poca paura"; 2: "poca paura"; 3: "moderata paura"; 4: "abbastanza paura"; 5: "molta paura"). Il questionario è composto da due sottoscale, che includono i 9 item totali: la prima riguarda l'ansia per l'apprendimento numerico (*math learning anxiety*) e sottende gli item 1, 3, 6, 7 e 9; mentre la seconda fa riferimento all'ansia da valutazione in matematica (*math testing anxiety*) grazie agli item 2, 4, 5 e 8. Gli item dell'AMAS sono i seguenti:

- 1) Usare gli schemi e le tabelline riportate in fondo al libro di matematica.
- 2) Pensare alla verifica scritta di matematica che dovrai fare domani.

- 3) Seguire con attenzione l'insegnante che risolve alla lavagna un'operazione di matematica difficile.
- 4) Fare una verifica scritta di matematica.
- 5) Svolgere per casa molti esercizi difficili di matematica per la prossima lezione.
- 6) Seguire con attenzione la lezione di matematica.
- 7) Seguire un altro studente che risolve un esercizio di matematica.
- 8) Essere interrogato "a sorpresa" in matematica.
- 9) Affrontare un nuovo argomento di matematica.

Questionario SPAI-C

Il questionario SPAI-C (*Social Phobia and Anxiety Inventory for Children*, (Beidel et al., 1995; Beidel & Turner, 1998) è uno strumento utile a valutare i sintomi somatici, cognitivi e comportamentali dell'ansia sociale in soggetti tra gli 8 e i 17 anni. All'interno di 26 item viene descritta una vasta gamma di situazioni potenzialmente ansiogene, e il partecipante deve rispondere sulla base di quante volte "si sente" o "si comporta" in un determinato modo in alcune situazioni sociali. I punteggi vengono attribuiti su scala Likert a 3 punti: 1: "mai o quasi mai", 2: "qualche volta", 3: "spesso, la maggior parte delle volte". In questa ricerca, lo SPAI-C veniva proposto ai partecipanti insieme all'AMAS alla fine della fase sperimentale.

3.5. Procedura

Il progetto di ricerca si è svolto nel corso dell'anno accademico 2023/2024, nello specifico, le varie fasi si sono articolate da Dicembre 2023 fino a Luglio 2024. Ha coinvolto 22 ragazzi tra i 10 e i 18 anni e 11 mesi, di cui 13 a sviluppo tipico e 9 con diagnosi di ASD.

I partecipanti a sviluppo tipico sono stati reclutati grazie a scuole presenti nella Provincia di Padova, società sportive e contatti personali dei ricercatori; mentre i partecipanti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo sono stati coinvolti grazie alla collaborazione con professionisti e centri clinici presenti nel territorio.

A ciascuna famiglia che ha aderito al progetto di ricerca è stato fornito il modulo di consenso informato, da riconsegnare adeguatamente compilato e firmato prima dell'inizio della prima fase.

Per garantirne l'anonimato, a ciascun partecipante è stato affidato un codice alfanumerico formato dall'iniziale del nome e del cognome dello sperimentatore e un numero progressivo (es. MB01).

Al termine della prima fase, sono stati consegnati ulteriori questionari ai genitori, con l'indicazione di riconsegnarli compilati entro la fine della sperimentazione.

Le fasi della ricerca avevano una durata di circa un'ora ciascuna e, sia la fase di screening che la fase sperimentale, sono state condotte in ambienti tranquilli e privi di distrazioni. Nello specifico, la fase sperimentale è stata condotta in laboratori del Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione dell'Università di Padova, grazie al software di programmazione *PsychoPy3* (Peirce et al., 2019), attraverso il quale è stato progettato il compito di matematica. Durante questa seconda fase sperimentale è stato anche monitorato il segnale cardiaco grazie al software *ConsensusBasic* versione 1.6.0.

Al termine della procedura sperimentale, vi è un momento di *debriefing* finale in cui la “finta insegnante” svela il proprio ruolo all'interno dell'esperimento e chiarifica allo studente gli obiettivi della ricerca.

Capitolo 4

I risultati

In questa sezione vengono presentati i risultati delle analisi statistiche effettuate mediante il software R (R Core Team, 2024).

Il campione preso in esame si compone di 22 partecipanti di genere maschile:

- 13 ragazzi a sviluppo tipico;
- 9 ragazzi con Disturbo dello Spettro dell'Autismo.

Relativamente alla fase di screening, tramite il T-Test per campioni indipendenti, che permette di valutare l'esistenza di differenze statisticamente significative tra le medie di due gruppi indipendenti tra loro, è stato verificato il corretto appaiamento per età e QI breve tra il gruppo clinico (ASD) e il gruppo di controllo (ND). Il T-Test per campioni indipendenti è stato utilizzato anche per il questionario *Autism Diagnostic Interview-Revised* (ADI-R; Rutter et al., 2005).

Mentre, per quanto riguarda la fase sperimentale, per analizzare i risultati relativi alle variabili comportamentali (*accuratezza nel compito di matematica non sociale e sociale*), alle variabili soggettive (*arousal, preoccupazioni, percezione di competenza*) e alle variabili fisiologiche (*frequenza cardiaca, HRV*), è stata utilizzata l'ANoVA a misure ripetute. Questo tipo di analisi permette la valutazione di punteggi e valori ripetuti nel tempo, la quale consente l'analisi dei dati in relazione al fattore temporale, all'appartenenza al gruppo, e all'interazione tra questi due, confrontando la varianza delle medie dei gruppi testati in momenti distinti (nel caso delle variabili soggettive pre- e post-compito; nel caso delle variabili comportamentali e fisiologiche, la differenza tra compito non sociale e sociale). Infine, il T-Test per campioni indipendenti è stato utilizzato anche per il questionario *Abbreviated Math Anxiety Scale* (AMAS; Hopko et al., 2003) e per il *Social Phobia and Anxiety Inventory for Children* (SPAI-C; Beidel et al., 1995; Beidel & Turner, 1998) per verificare le eventuali differenze tra gruppi.

4.1. Prove di screening

Per il calcolo del QI breve sono state somministrate ai partecipanti le prove "Disegno con i cubi" (DC) e "Vocabolario" (VC) della WISC-IV (Wechsler, 2012).

Per la valutazione degli apprendimenti sono state somministrate le prove di lettura di parole e non parole, delle batterie DDE-2 (Sartori et al., 2007) o MT Avanzate-3

(Cornoldi et al., 2017) a seconda dell'età del partecipante, la prova "Fatti aritmetici" della MT Avanzate-3 (Cornoldi et al., 2017) e le Prove di fluenza delle abilità di calcolo (AC-FL; Caviola et al., 2016).

Per la conferma della diagnosi di ASD nei partecipanti del gruppo clinico è stato utilizzato l'*Autism Diagnostic Interview-Revised* (ADI-R; Rutter et al., 2005).

4.1.1. Età in anni

Le statistiche descrittive mostrano che la media dell'età in anni del gruppo ASD ($M=13.16$, $ds=2.63$) è leggermente inferiore rispetto al gruppo ND ($M=14.55$, $ds=2.17$); nonostante ciò, tale differenza non è di rilevanza statistica. Infatti, tramite il T-Test per campioni indipendenti non sono state evidenziate differenze statisticamente significative tra i due gruppi ($t= -1.40$, $p= .18$, $d= .61$), confermando il corretto appaiamento dei partecipanti.

4.1.2. Quoziente intellettivo in forma breve

Le statistiche descrittive mostrano una media del QI breve maggiore nel gruppo ND ($M=108.46$, $ds=16.54$), rispetto al gruppo ASD ($M=105.00$, $ds=19.28$), che tuttavia non risulta essere significativa. Infatti, il T-Test per campioni indipendenti non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i due gruppi ($t= -.45$, $p= .66$, $d= .20$), confermando il corretto appaiamento dei partecipanti.

4.1.3. Prove degli apprendimenti

Per quanto concerne le prove di lettura di parole e non parole, i "Fatti aritmetici" e le "Prove di fluenza delle abilità di calcolo" non sono state trovate differenze statisticamente significative tra il gruppo clinico e il gruppo di controllo, confermando l'assenza di eventuali comorbidità con un Disturbo Specifico dell'Apprendimento (DSA). Nello specifico, per quanto riguarda la lettura, il T-Test per campioni indipendenti non ha evidenziato differenze di rilevanza statistica:

- Prova di lettura di parole, parametro errori: ($t= .31$, $p= .76$, $d= .13$), con $M= .26$ e $ds= 1.75$ nel campione ASD e $M= .01$ e $ds= .91$ nel campione ND;
- Prova di lettura di parole, parametro velocità (sill/sec): ($t= -.23$, $p= .82$, $d= .10$), con $M= -.39$ e $ds= 1.45$ nel campione ASD e $M= -.28$ e $ds= .90$ nel campione ND;
- Prova di lettura di non parole, parametro errori: ($t= .65$, $p= .52$, $d= .28$), con $M= -.26$ e $ds= 1.08$ nel campione ASD e $M= -.48$ e $ds= .46$ nel campione ND;

- Prova di lettura di non parole, parametro velocità (sill/sec): ($t = .12$, $p = .91$, $d = .05$), con $M = -.07$ e $ds = 1.16$ nel campione ASD e $M = -.12$ e $ds = .80$ nel campione ND. Per quanto riguarda il calcolo, il T-Test per campioni indipendenti non ha evidenziato differenze di rilevanza statistica:
- Prova fluenze, addizioni: ($t = -.48$, $p = .64$, $d = .21$), con $M = 15.00$ e $ds = 3.81$ nel campione ASD e $M = 15.92$ e $ds = 4.84$ nel campione ND;
- Prova fluenze, sottrazioni: ($t = -1.31$, $p = .21$, $d = .57$), con $M = 12.78$ e $ds = 6.70$ nel campione ASD e $M = 16.08$ e $ds = 5.14$ nel campione ND;
- Prova fluenze, moltiplicazioni: ($t = -1.40$, $p = .18$, $d = .61$), con $M = 7.22$ e $ds = 3.77$ nel campione ASD e $M = 9.54$ e $ds = 3.84$ nel campione ND;
- Prova “Fatti aritmetici”, parametro accuratezza: ($t = -.54$, $p = .60$, $d = .23$), con $M = .02$ e $ds = 1.20$ nel campione ASD e $M = .25$ e $ds = .83$ nel campione ND.

4.1.4. Questionario ADI-R

Relativamente all’ADI-R sono stati valutati e confrontati con i rispettivi *cut-off* i punteggi delle sub-scale ADI-A, ADI-B e ADI-C.

Come è possibile notare dalle statistiche descrittive riportate nella tabella 4.1, i membri del gruppo clinico hanno riportato punteggi superiori sia al gruppo di controllo che ai *cut-off* previsti dallo strumento in tutte e tre le sotto-scale.

A partire dai risultati del T-Test per campioni indipendenti questa differenza risulta significativa da un punto di vista statistico. Nello specifico:

- Per l’area dell’interazione sociale (ADI-A) si osserva: $t = 7.29$, $p < .001$, $d = 3.16$;
- Per l’area delle anomalie nella comunicazione (ADI-B) si osserva: $t = 5.83$, $p < .001$, $d = 2.53$;
- Per l’area dei comportamenti ristretti e ripetitivi (ADI-C) si osserva: $t = 4.30$, $p < .001$, $d = 1.86$.

Complessivamente, i risultati ottenuti in queste prove di *screening* dimostrano che i gruppi sperimentali possono essere confrontati per età e per punteggio di QI breve, a conferma della corretta costruzione e omogeneità degli stessi. Come atteso, la differenza risiede nella presenza della sintomatologia autistica, che appare unicamente nel gruppo ASD, mentre i punteggi del gruppo a sviluppo tipico sono inferiori ai *cut-off* in tutte le aree prese in considerazione.

Tabella 4.1 Statistiche descrittive e confronto tra gruppi nelle variabili di *screening*.

Variabili		ASD=9		ND=13		t di Student	p value	d di Cohen
Genere (M:F)		9:0		13:0				
		M	ds	M	ds			
Età in anni		13.12	2.63	14.55	2.17	-1.40	.18	.61
QI breve		105.00	19.28	108.42	16.54	-.45	.66	.20
Lettura	z parole (errori)	.26	1.75	.09	.91	.31	.76	.13
	z parole (sill/sec)	-.39	1.45	-.28	.90	-.23	.82	.10
	z non parole (errori)	-.26	1.08	-.48	.46	.65	.52	.28
	z non parole (sill/sec)	-.07	1.16	-.12	.80	.12	.91	.05
Calcolo	Fluenze addizioni	15.00	3.81	15.92	4.84	-.48	.64	.21
	Fluenze sottrazioni	12.78	6.70	16.08	5.14	-1.31	.21	.57
	Fluenze moltiplicazioni	7.22	3.77	9.54	3.84	-1.40	.18	.61
	z Fatti (accuratezza)	.02	1.20	.25	.83	-.54	.60	.23
ADI-R	ADI-A	15.56	6.48	2.15	1.41	7.29	<.001	3.16
	ADI-B	12.78	4.97	2.92	2.99	5.83	<.001	2.53
	ADI-C	6.78	4.21	1.46	1.33	4.30	<.001	1.86

LEGENDA:

M=media; ds=deviazione standard; z=punteggio z standardizzato;

ADI-A: sottoscala «interazione sociale»

ADI-B: sottoscala «comunicazione e linguaggio»

ADI-C: sottoscala «comportamenti ristretti»

4.2. Prove sperimentali

Di seguito verranno presentati i risultati presi in analisi mediante l'ANoVA a misure ripetute ed il T-Test per campioni indipendenti. Nello specifico, i dati analizzati tramite la prima procedura derivano: per quanto concerne le variabili soggettive, dal questionario *Self-Assessment Manikin scale* (SAM; Bradley & Lang, 1994), dal quale è stata presa in

considerazione la scala dell'*arousal*; e dal Questionario Pensieri e Preoccupazioni (Lievore et al., 2024; Mammarella et al., 2023), da cui sono state prese in esame le scale “Preoccupazioni” e “Percezione di competenza”; per quanto riguarda, invece, le variabili comportamentali, i dati analizzati tramite ANOVA a misure ripetute derivano dal compito di matematica, nelle sue versioni con e senza pressione sociale; e, infine, le misure fisiologiche sono state ricavate mediante l'elettrocardiogramma. Differentemente, i dati dell'ansia di tratto sono stati analizzati tramite il T-Test per campioni indipendenti: in particolare, quelli relativi all'ansia per la matematica derivano dall'*Abbreviated Math Anxiety Scale* (AMAS; Hopko et al., 2003), e quelli dell'ansia sociale dal *Social Phobia and Anxiety Inventory for Children* (SPAI-C; Beidel et al., 1995; Beidel & Turner, 1998).

4.2.1. Variabili comportamentali

Come si può notare nella Figura 4.1, nel compito di matematica, i ragazzi ASD hanno ottenuto dei punteggi medi pressoché equivalenti nella prova con pressione sociale ($M = .72$, $ds = .26$) e in quella senza ($M = .84$, $ds = .09$). I ragazzi ND invece, hanno totalizzato punteggi mediamente più elevati nella prova senza pressione sociale ($M = .84$, $ds = .09$) rispetto a quella con pressione sociale ($M = .78$, $ds = .17$).

La tabella 4.2 riporta anche le analisi ANOVA in relazione a tre tipi di variabili: l'effetto del compito ($F = 1.31$, $p = .27$), del gruppo ($F = 1.53$, $p = .23$) e dell'interazione tra questi due ($F = 1.22$, $p = .28$). Pertanto, non si evincono differenze significative da un punto di vista statistico tra le prestazioni dei due gruppi.

Tabella 4.2 Statistiche descrittive e ANOVA a misure ripetute riferite al compito di matematica.

Compito di matematica	ASD		ND		ANoVA a misure ripetute	F	p
	NON SOCIALE M(DS)	SOCIALE M(DS)	NON SOCIALE M(DS)	SOCIALE M(DS)			
	.72 (.26)	.72 (.20)	.84 (.09)	.78 (.17)			
				Effetto principale del gruppo	1.53	.23	
				Effetto interazione compito * gruppo	1.22	.28	

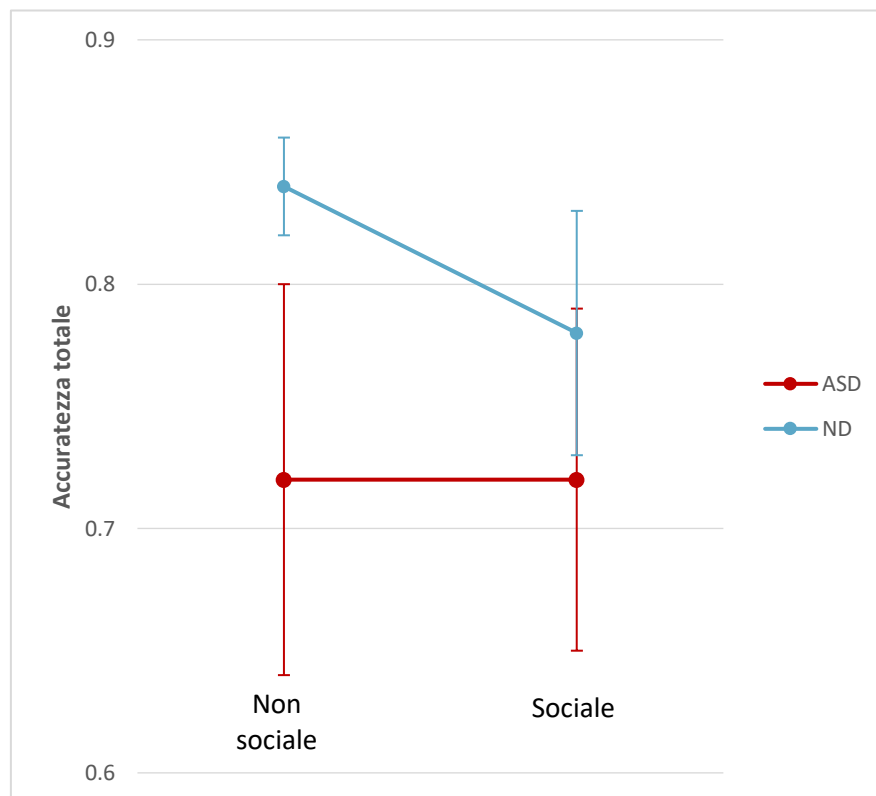


Figura 4.1 Grafico relativo all'accuratezza totale media nel compito di matematica nelle due versioni (con e senza pressione sociale) ottenuta

4.2.2. Variabili soggettive

Dalla Tabella 4.3 è possibile osservare i livelli di arousal, ossia il grado di attivazione del partecipante, nelle fasi pre- e post-compito di matematica. Durante la prova senza pressione sociale, nei ragazzi ASD si verifica un incremento del livello di arousal tra la fase precedente al compito ($M= 2.75$, $ds= 1.67$) e quella successiva ($M= 4.38$, $ds= 2.56$). Per quanto riguarda il gruppo ND si osserva invece un incremento più lieve dalla fase pre- ($M= 3.08$, $ds= 1.61$) alla fase post-compito ($M= 3.31$, $ds= 1.18$). Queste differenze tra i gradi di attivazione possono essere osservate anche attraverso la Figura 4.2.

Mediante l'analisi ANOVA a misure ripetute è emersa una tendenza alla significatività statistica dell'effetto della fase ($F= 3.94$, $p= .06$). L'effetto non emerge per il gruppo ($F= .36$, $p= .56$) e per l'interazione fase * gruppo ($F= 2.23$, $p= .15$).

Tabella 4.3 Statistiche descrittive e ANOVA a misure ripetute riferite al questionario SAM della prova senza pressione sociale.

Arousal	ASD		ND		ANOVA a misure ripetute	F	p
	PRE M(DS)	POST M(DS)	PRE M(DS)	POST M(DS)			
		2.75 (1.67)	4.38 (2.56)	3.08 (1.61)	3.31 (1.18)	Effetto principale della fase	3.94
					Effetto principale del gruppo	.36	.56
					Effetto interazione fase * gruppo	2.23	.15

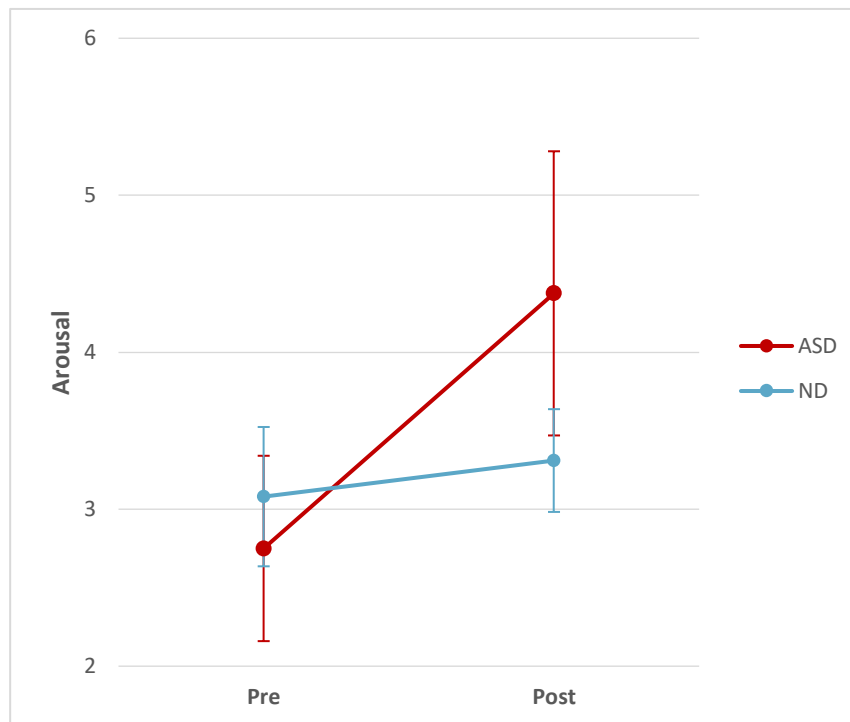


Figura 4.2 Grafico relativo al livello di *arousal* nella prova senza pressione sociale riportato dai due gruppi (ASD, ND).

Nella Tabella 4.4 sono riportati i valori dell'*arousal* nella condizione con pressione sociale. In questo caso, in entrambi i gruppi si verifica un aumento del livello di *arousal*, che, sia nella fase pre- (M= 4.00, ds= 1.87) che in quella post-compito (M= 5.46, ds= 2.03) risulta più elevato nel campione ND, come si può notare dalla Figura 4.3. Nel gruppo ASD risulta essere inferiore, ma rispettando comunque un andamento crescente tra la fase antecedente al compito (M= 3.56, ds= 1.88) e quella seguente (M= 4.89, ds= 2.32).

Tramite l'ANoVA a misure ripetute è emerso che nelle variabili del gruppo ($F= .47$, $p= .50$) e dell'interazione tra quest'ultimo e la fase ($F= .02$, $p= .89$), non è presente un effetto statisticamente rilevante, a differenza della variabile della fase, nella quale il valore del *p-value* ha rilevanza statistica ($F= 9.31$, $p= .01$).

Tabella 4.4 Statistiche descrittive e ANOVA a misure ripetute riferite al questionario SAM della prova con pressione sociale.

Arousal	ASD		ND		ANoVA a misure ripetute	F	p
	PRE M(DS)	POST M(DS)	PRE M(DS)	POST M(DS)			
		3.56 (1.88)	4.89 (2.32)	4.00 (1.87)	5.46 (2.03)	Effetto principale della fase	9.31
					Effetto principale del gruppo	.47	.50
					Effetto interazione fase * gruppo	.02	.89

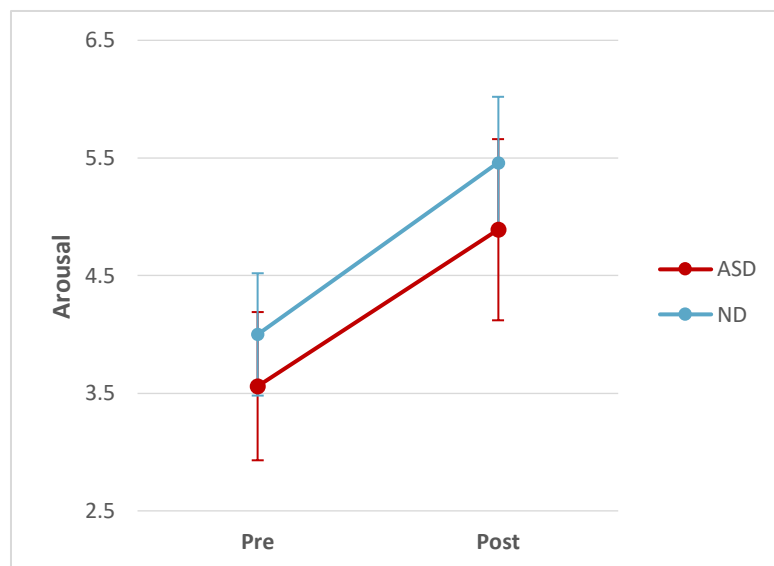


Figura 4.3 Grafico relativo al livello di *arousal* nella prova con pressione sociale riportato dai due gruppi (ASD, ND).

Nel seguente paragrafo vengono riportate le statistiche descrittive e le ANOVA a misure ripetute del questionario “Pensieri e Preoccupazioni”, in particolare delle sue sottoscale “Preoccupazioni” e “Percezione di competenza”.

Preoccupazioni:

Le medie pre-compito si riferiscono alle preoccupazioni manifestate in anticipazione alla prova di matematica, mentre quelle post-compito sono relative a come i partecipanti si sono sentiti nel corso della prova. Nello specifico, come riportato nella Tabella 4.5, i ragazzi ASD hanno mostrato maggiori preoccupazioni prima della prova (M= 9.13, ds= 1.64) rispetto a quelle manifestate nel corso della stessa (M= 8.75, ds= 1.49). Differentemente, i ragazzi ND non hanno mostrato differenze nelle medie tra il pre-prova (M= 7.62, ds= 1.90) e il post-prova (M= 7.62, ds= 2.02), come si può notare dalla Figura 4.4.

Tramite l'ANoVA a misure ripetute è emerso che nelle variabili della fase (F= .74, p= .40), del gruppo (F= 2.80, p= .11), e dell'interazione tra essi (F= .74, p= .40), non sono presenti effetti statisticamente rilevanti.

Tabella 4.5 Statistiche descrittive e ANoVA a misure ripetute riferite alla sottoscala "Preoccupazioni" del questionario Pensieri e Preoccupazioni nella prova senza pressione sociale.

Preoccupazioni	ASD		ND		ANoVA a misure ripetute	F	p
	PRE M(DS)	POST M(DS)	PRE M(DS)	POST M(DS)			
		9.13 (1.64)	8.75 (1.49)	7.62 (1.90)	7.62 (2.02)	Effetto principale della fase	.74
					Effetto principale del gruppo	2.80	.11
					Effetto interazione fase * gruppo	.74	.40

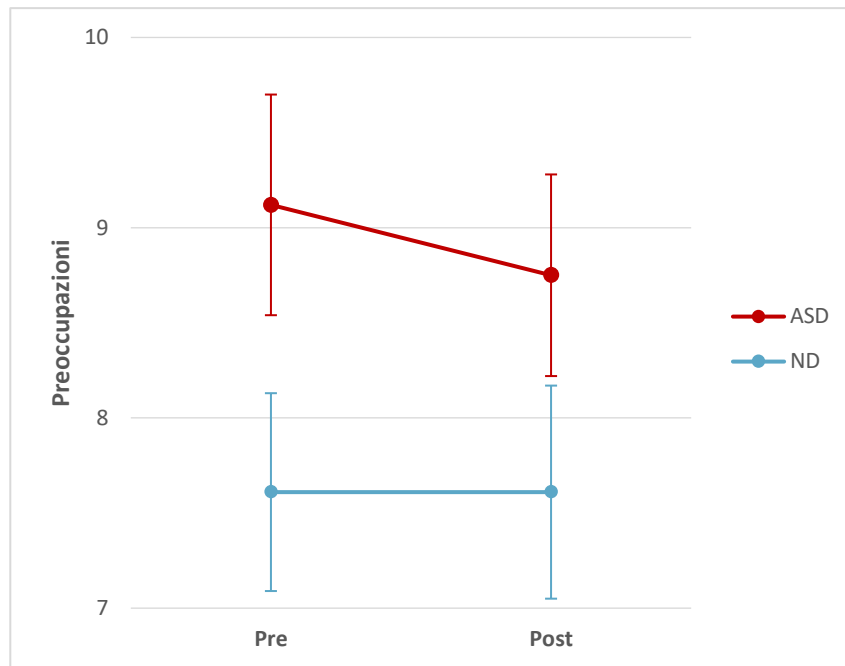


Figura 4.4 Grafico relativo al livello di preoccupazioni nella prova senza pressione sociale riportato dai due gruppi (ASD, ND).

Per quanto concerne la prova con pressione sociale invece, dalla Tabella 4.6 e dalla Figura 4.5 si può osservare che nel gruppo ASD vi è un lieve incremento dei punteggi medi relativi alle preoccupazioni pre-compito ($M= 9.33$, $ds= 2.65$) e quelle post-compito ($M= 9.78$, $ds= 2.17$). Questo incremento si verifica anche nel gruppo ND, seppur con valori più bassi, tra le preoccupazioni prima della prova ($M= 7.08$, $ds= 1.75$) e quelle sperimentate nel corso di essa ($M= 7.23$, $ds= 1.01$).

Tramite l'ANOVA a misure ripetute è emerso che nelle variabili della fase ($F= .95$, $p= .34$) e dell'interazione tra quest'ultima e il gruppo ($F= .23$, $p= .64$), non è presente un effetto statisticamente rilevante, a differenza della variabile del gruppo, nel quale il valore del p -value ha rilevanza statistica ($F= 9.99$, $p= .01$).

Tabella 4.6 Statistiche descrittive e ANOVA a misure ripetute riferite alla sottoscala “Preoccupazioni” del questionario Pensieri e Preoccupazioni nella prova con pressione sociale.

Preoccupazioni	ASD		ND		ANOVA a misure ripetute	F	p
	PRE M(DS)	POST M(DS)	PRE M(DS)	POST M(DS)			
		9.33 (2.65)	9.78 (2.17)	7.08 (1.75)	7.23 (1.01)	Effetto principale della fase	.95
					Effetto principale del gruppo	9.99	.01
					Effetto interazione fase * gruppo	.23	.64

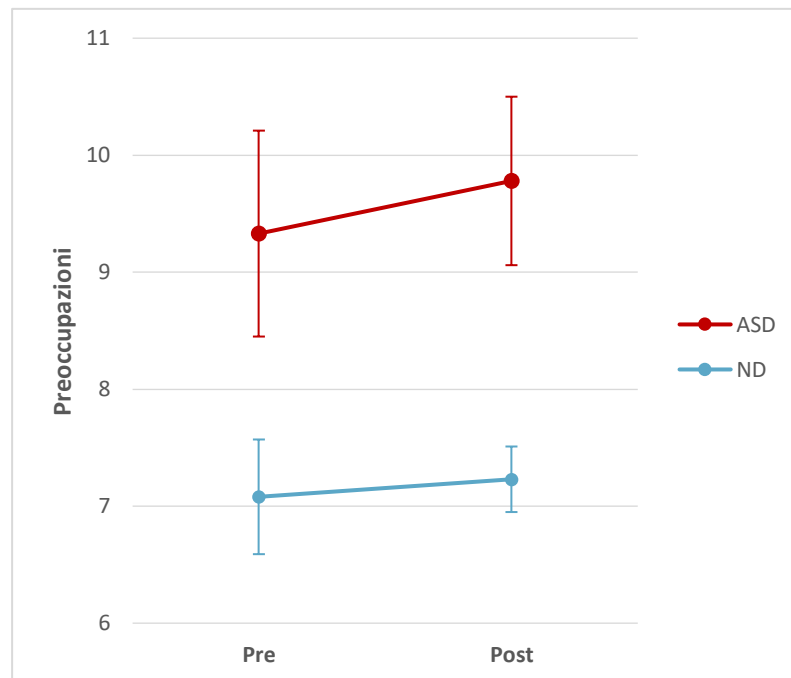


Figura 4.5 Grafico relativo al livello di preoccupazioni nella prova con pressione sociale riportato dai due gruppi (ASD, ND).

Percezione di competenza:

Come si evince dalla Tabella 4.7 e dalla Figura 4.6, il gruppo ASD mostra un lieve incremento delle medie relative alla percezione di competenza tra il pre-prova (M= 10.00, ds= 1.20) e il post-prova (M= 10.38, ds= 1.06). Il gruppo ND, invece, mostra un leggero decremento tra la percezione rilevata prima della somministrazione del compito (M= 8.70, ds= 1.44) e quella relativa alle preoccupazioni sperimentate durante (M= 8.39, ds= 1.26).

Tramite l'ANOVA a misure ripetute è emerso che nelle variabili della fase (F= .02, p= .90) e dell'interazione tra quest'ultima e il gruppo (F= 1.65, p= .22), non è presente un effetto statisticamente rilevante, a differenza della variabile del gruppo, nel quale il valore del *p-value* ha rilevanza statistica (F= 10.57, **p<.01**).

Tabella 4.7 Statistiche descrittive e ANOVA a misure ripetute riferite alla sottoscala “Percezione di competenza” del questionario Pensieri e Preoccupazioni nella prova senza pressione sociale.

Percezione di competenza	ASD		ND		ANOVA a misure ripetute	F	p
	PRE M(DS)	POST M(DS)	PRE M(DS)	POST M(DS)			
	10.00 (1.20)	10.38 (1.06)	8.70 (1.44)	8.39 (1.26)	Effetto principale della fase	.02	.90
				Effetto principale del gruppo	10.57	<.01	
				Effetto interazione fase * gruppo	1.65	.22	

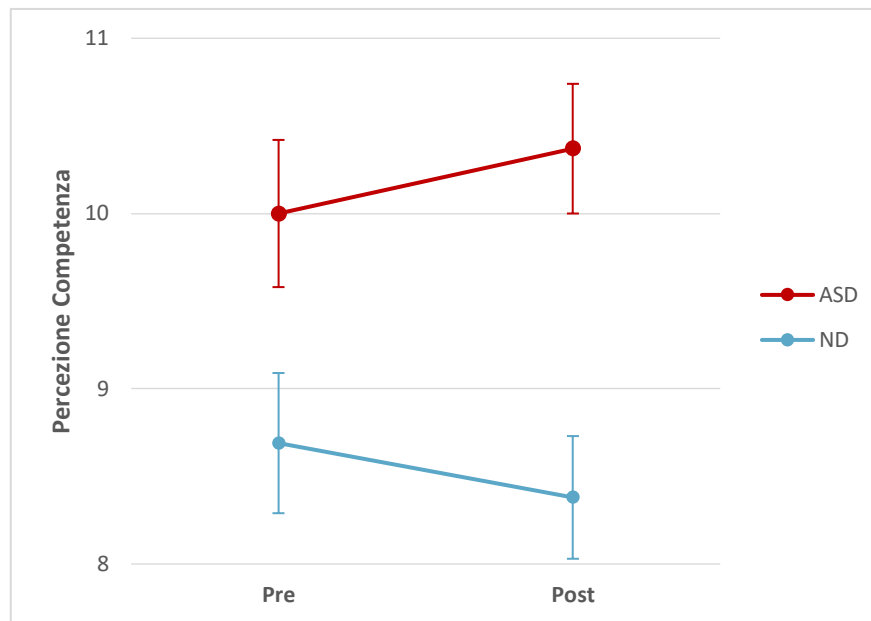


Figura 4.6 Grafico relativo al livello di percezione di competenza nella prova senza pressione sociale riportato dai due gruppi (ASD, ND).

Per quanto riguarda il compito con pressione sociale invece, si riscontra un lieve incremento delle medie dei valori relativi alla percezione di competenza nel gruppo ASD tra la fase pre- (M= 9.89, ds= 1.83) e quella post-compito (M= 10.00, ds= 1.00). A differenza del gruppo clinico, quello ND non mostra sostanziali differenze nei punteggi medi tra la fase pre- (M= 8.92, ds= 1.19) e la fase post-compito (M= 8.92, ds= 1.55). I risultati descritti nella Tabella 4.8 e sono visibili graficamente nella Figura 4.7.

Tramite l'ANOVA a misure ripetute è emerso che nelle variabili della fase ($F= .02$, $p= .88$) e dell'interazione tra fase e gruppo ($F= .02$, $p= .88$), non sono presenti effetti statisticamente rilevanti. Rispetto alla variabile del gruppo, invece, vi è una tendenza alla significatività statistica ($F= 4.16$, $p= .06$).

Tabella 4.8 Statistiche descrittive e ANOVA a misure ripetute riferite alla sottoscala “Percezione di competenza” del questionario Pensieri e Preoccupazioni nella prova con pressione sociale.

Percezione di competenza	ASD		ND		ANoVA a misure ripetute	F	p
	PRE M(DS)	POST M(DS)	PRE M(DS)	POST M(DS)			
		9.89 (1.83)	10.00 (1.00)	8.92 (1.19)	8.92 (1.55)	Effetto principale della fase	.02
					Effetto principale del gruppo	4.16	.06
					Effetto interazione fase * gruppo	.02	.88

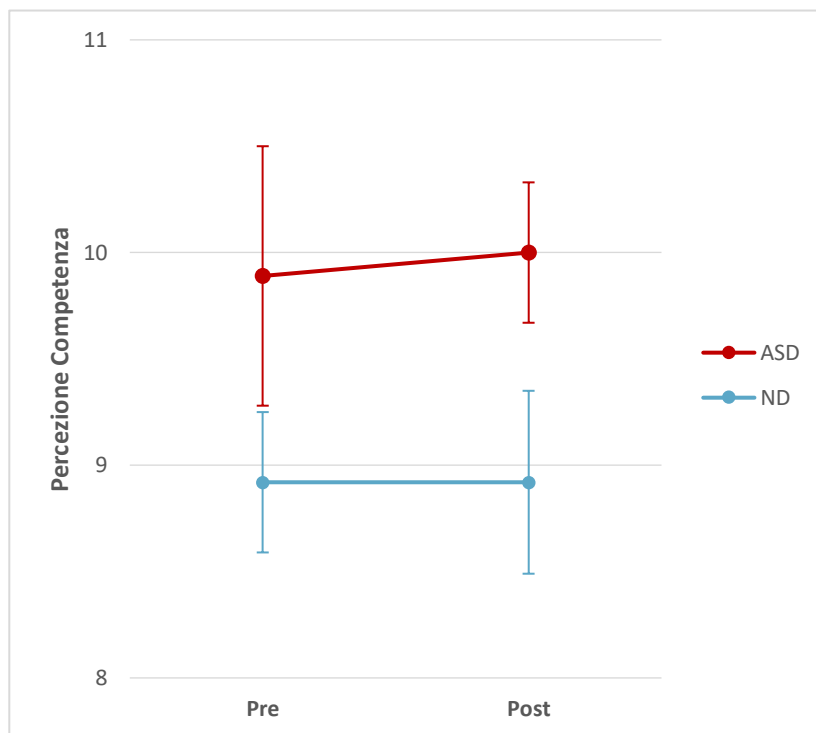


Figura 4.7 Grafico relativo al livello di percezione di competenza nella prova con pressione sociale riportato dai due gruppi (ASD, ND).

4.2.3. Variabili fisiologiche

Tramite ANOVA a misure ripetute, come riportato nella Tabella 4.9, è stato riscontrata una rilevanza statistica nella variabile della fase per quanto riguarda le misure di frequenza cardiaca ($F= 27.98$, $p<.001$). Rispetto alle variabili del gruppo ($F= .25$, $p= .62$) e di interazione tra fase e gruppo ($F= 2.04$, $p= .11$), invece, non si sono evidenziati valori del p-value statisticamente significativi. Come si può notare dalla Figura 4.8, inoltre, sia nel gruppo ASD che in quello ND si osserva un aumento della frequenza cardiaca in corrispondenza dei compiti di matematica rispetto alle fasi di recupero.

Tabella 4.9 ANOVA a misure ripetute relativa alle rilevazioni della frequenza cardiaca.

Variabili	F	p
Fase	27.98	<.001
Gruppo	.25	.62
Fase x Gruppo	2.04	.11

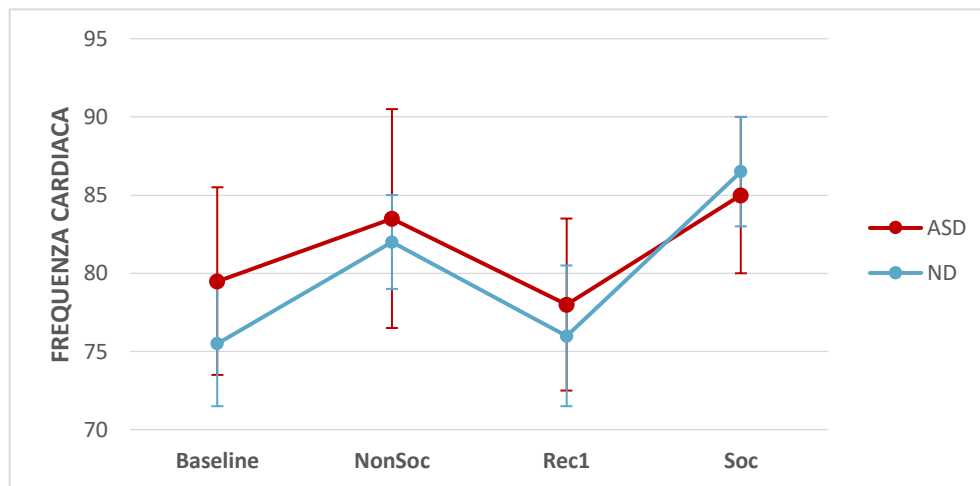


Figura 4.8 Grafico relativo alla modulazione della frequenza cardiaca nel corso della fase sperimentale.

La Tabella 4.10 fa riferimento alla variabilità della frequenza cardiaca analizzata tramite ANOVA a misure ripetute. I dati riportati dimostrano come non ci siano valori statisticamente significativi per le variabili della fase ($F= 1.87$, $p= .13$), del gruppo ($F= .09$, $p= .77$), e dell'interazione tra le due ($F= .60$, $p= .61$).

Tabella 4.10 ANOVA a misure ripetute relativa alla variabilità della frequenza cardiaca (RMSSD).

Variabili	F	p
Fase	1.87	.13
Gruppo	.09	.77
Fase x Gruppo	.60	.61

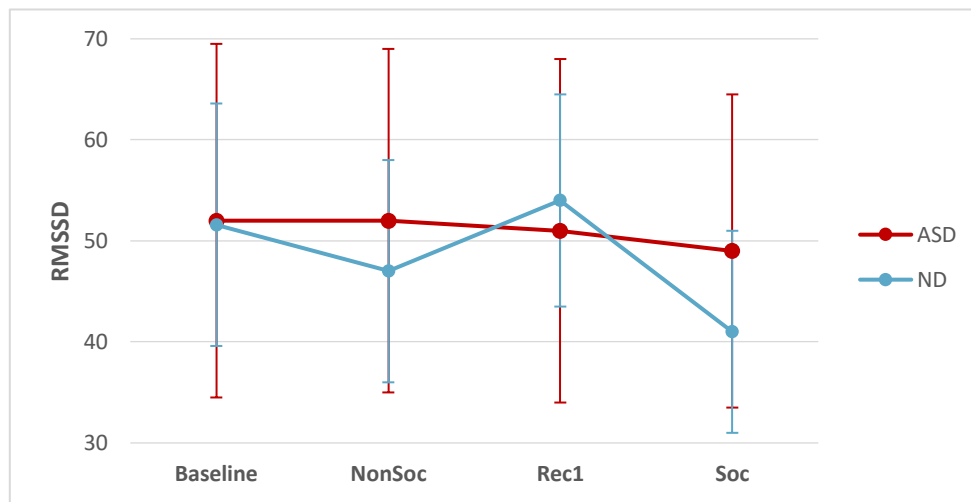


Figura 4.9 Grafico relativo alla variabilità della frequenza cardiaca (RMSSD) nel corso della prova sperimentale.

4.2.4. Questionario sull'ansia per la matematica

Nel seguente paragrafo vengono riportate le statistiche descrittive ed il T-Test per campioni indipendenti relativi al questionario AMAS. Questo è composto da due sottoscale: “ansia da apprendimento”, che misura l’ansia collegata all’apprendimento della matematica, e “ansia da valutazione”, che valuta l’ansia esperita in relazione alla valutazione di un compito matematico.

Dalla Tabella 4.11 si evince che nella scala totale dell’AMAS, i partecipanti ASD hanno mostrato punteggi in media più elevati ($M= 25.78$, $ds= 7.05$) rispetto ai loro coetanei a sviluppo tipico ($M= 22.31$, $ds= 4.94$). Questa differenza tra ragazzi ASD ($M= 12.78$, $ds= 4.06$) e ragazzi ND ($M= 9.23$, $ds= 2.77$) si riscontra anche nella sottoscala “ansia da apprendimento”. Differentemente, nella sottoscala “ansia da valutazione”, i punteggi medi del gruppo clinico ($M= 13.00$, $ds= 4.44$) e del gruppo a sviluppo tipico ($M= 13.08$, $ds= 2.81$) risultano pressoché sovrapponibili.

Attraverso il T-Test per campioni indipendenti è emerso un valore di p-value statisticamente significativo nella sottoscala “ansia da apprendimento”(t= 2.45, p= .02, d= 1.06), mentre i valori della scala totale (t= 1.36, p= .19, d= .59) e della sottoscala “ansia da valutazione”(t= -.05, p= .96, d= .02) non hanno rilevanza da un punto di vista statistico.

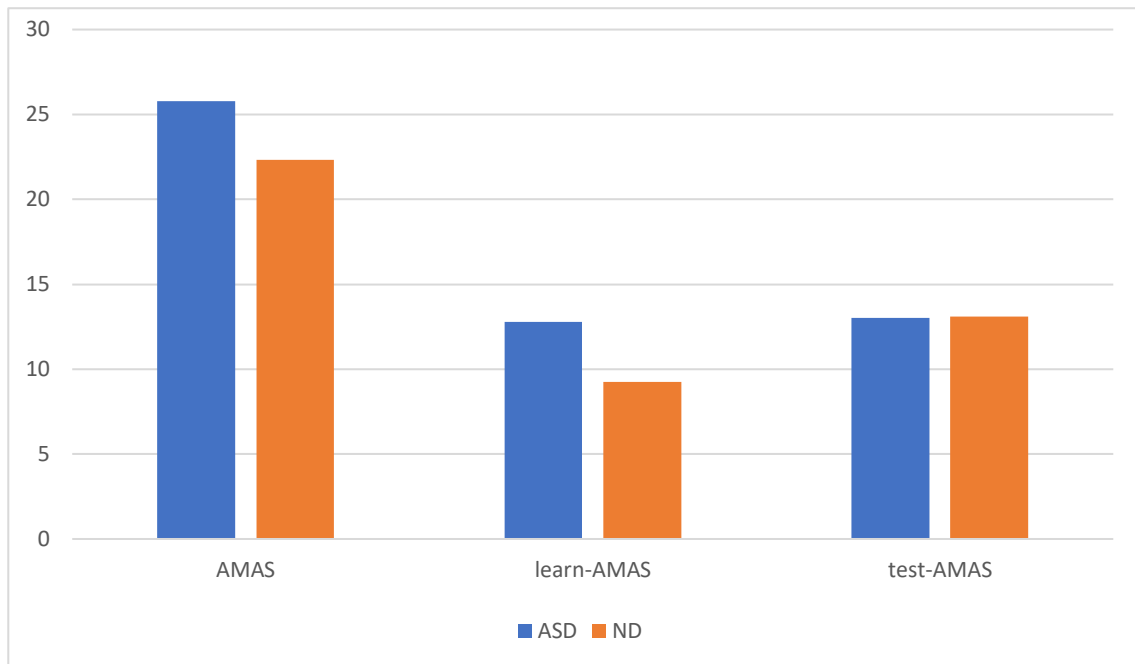


Figura 4.10 Grafico raffigurante le medie ottenute dai due gruppi sperimentali nel questionario AMAS sull’ansia per la matematica.

4.2.5. Questionario sull’ansia sociale

Infine, per quanto riguarda l’ansia sociale, sono risultati punteggi medi più elevati per il gruppo clinico (M= 46.44, ds= 5.64) rispetto al gruppo di controllo (M= 41.46, ds= 5.71).

Il T-Test per campioni indipendenti ha inoltre rilevato una tendenza alla significatività statistica (t= 2.02, p= .06, d= .88) per quanto concerne l’ansia sociale.

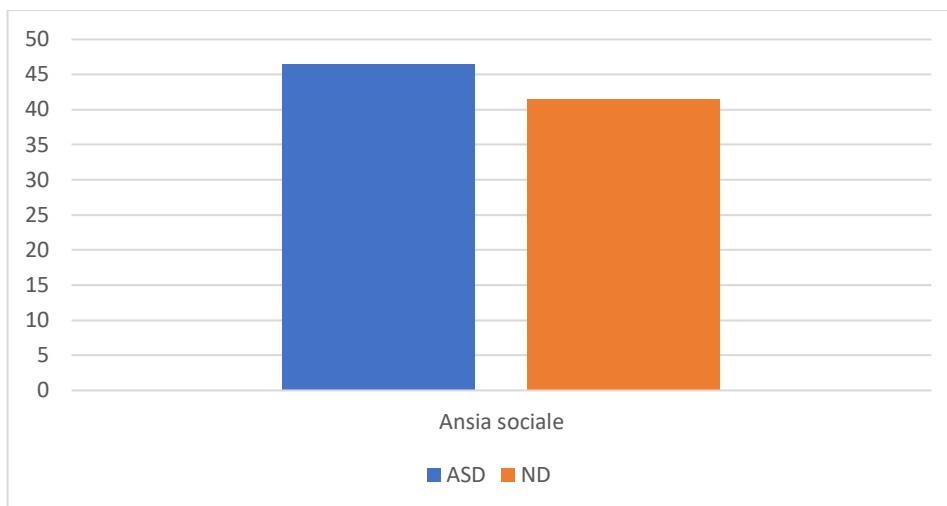


Figura 4.11 Grafico raffigurante le medie ottenute dai due gruppi sperimentali nel questionario SPAI-C sull'ansia sociale.

Tabella 4.11 Statistiche descrittive e T-Test per campioni indipendenti delle variabili di tratto (ansia per la matematica – AMAS - e ansia sociale - SPAI-C).

Variabili		ASD (n=9)		ND=13		t di Student	p value	d di Cohen
Genere (M:F)		9:0		13:0				
		M	DS	M	DS			
ANSIA PER LA MATEMATICA	AMAS	25.78	7.05	22.31	4.94	1.36	.19	.59
	Ansia da apprendimento	12.78	4.06	9.23	2.77	2.45	.02	1.06
	Ansia da valutazione	13.00	4.44	13.08	2.81	-.05	.96	.02
ANSIA SOCIALE	SPAI-C	46.44	5.64	41.46	5.71	2.02	.06	.88

Capitolo 5

Discussione dei risultati

Nel presente capitolo verranno discussi i risultati emersi nello studio, tenendo in considerazione allo stesso tempo le ipotesi di ricerca iniziali e le informazioni presenti in letteratura.

In questo studio, l'obiettivo primario era quello di indagare il costrutto dell'ansia per la matematica (MA) in un campione di ragazzi con Disturbo dello Spettro dell'Autismo senza disabilità intellettiva (ASD) e altri coetanei a sviluppo tipico, inseriti nel gruppo di controllo. L'ansia per la matematica è stata valutata in tutte le sue dimensioni: a livello comportamentale, attraverso una prova di matematica che veniva presentata sia in condizione di pressione sociale che non; a livello cognitivo, mediante la scala dell'*arousal* del *Self-Assessment Manikin scale* (SAM; Bradley & Lang, 1994) e le scale "Preoccupazioni" e "Percezione di competenza" del Questionario Pensieri e Preoccupazioni (Lievore et al., 2024; Mammarella et al., 2023); e a livello fisiologico, attraverso la misurazione della frequenza cardiaca (FC) e dell'*Heart Rate Variability* (HRV).

Riassumendo brevemente le ipotesi di ricerca, presentate nel terzo capitolo, ci aspettavamo che i partecipanti ASD mostrassero livelli di prestazione inferiori nel compito di matematica rispetto ai coetanei del gruppo di controllo (Tonizzi & Usai, 2023), che questi ultimi sperimentassero livelli di MA e preoccupazioni per la prova matematica maggiori rispetto ai partecipanti inseriti nel gruppo clinico (Georgiou et al., 2018), e che i ragazzi ASD mostrassero sentimenti più positivi relativamente alle proprie abilità e ai propri vissuti emotivi rispetto alla realtà (Huggins et al., 2021). Inoltre, ci aspettavamo che i partecipanti del gruppo clinico fossero caratterizzati da un'alterata reattività fisiologica (Cheng et al., 2020; Edmiston et al., 2016).

Nella parte conclusiva del capitolo verranno esaminati i limiti del presente studio, i possibili sviluppi futuri e, infine, le implicazioni cliniche ed educative.

5.1. Prestazione nel compito di matematica

In accordo con l'ipotesi iniziale, la prestazione nella prova di matematica da parte dei ragazzi ASD risulta essere mediamente inferiore rispetto a quella dei coetanei ND. Nonostante questa differenza non risulti essere significativa da un punto di vista statistico,

si presume che possa diventarlo con l'aumentare della numerosità campionaria, dal momento che l'andamento dei dati, visibile dalla Figura 4.1, rispecchia questa tendenza.

Un altro dato interessante che emerge dalle nostre analisi è che nel campione clinico non sembra esserci distinzione nell'accuratezza delle risposte tra la prova con pressione sociale e quella senza, differenza invece più marcata all'interno del campione a sviluppo tipico, che mostra un calo nell'accuratezza in presenza del compito con pressione sociale. Questo risultato potrebbe dipendere dal fatto che i partecipanti ASD, rispetto agli ND, presentano delle comprovate difficoltà socio-relazionali che impediscono loro di risentire del giudizio di una valutazione da parte di una persona esterna e, conseguentemente, di avere un calo nell'accuratezza, indipendentemente dal fatto che ci sia o meno una pressione sociale.

Questi dati sono in linea con la metanalisi di Tonizzi e Usai (2023) secondo cui i ragazzi ASD non mostrerebbero un deficit per la matematica in senso assoluto, bensì relativo, il quale sembrerebbe rallentare i processi di apprendimento matematico, portando allo sviluppo di capacità matematiche significativamente inferiori rispetto alla popolazione a sviluppo tipico. Dalla metanalisi emerge che, in realtà, alcuni studi supportano delle prestazioni in matematica simili tra ASD e ND (Titeca et al., 2014), altri suggeriscono migliori capacità matematiche negli studenti ASD (Iuculano et al., 2014), altri ancora il risultato opposto (Bae et al., 2015). Questa incoerenza può essere spiegata da diversi fattori: il dominio matematico considerato (Kim & Cameron, 2016), la modalità scritta o orale del compito (Fuentes et al., 2009), le capacità di memoria di lavoro (Cragg & Gilmore, 2014), il ruolo dell'età e delle caratteristiche del partecipante ASD, soprattutto in relazione al fatto che dopo la scuola primaria potrebbero rimanere indietro rispetto ai coetanei con l'emergere del ragionamento matematico più astratto (Kim & Cameron, 2016). È importante, perciò, tenere a mente i fattori che possono svolgere un ruolo significativo di moderazione (Tonizzi & Usai, 2023).

5.2 Livelli di arousal e preoccupazioni legate al compito di matematica

La terza ipotesi, ovvero che i ragazzi ASD dovrebbero sperimentare sentimenti più positivi circa le proprie abilità matematiche e le proprie sensazioni rispetto ai ragazzi senza diagnosi, non è stata confermata dai risultati ottenuti. Infatti, riguardo i livelli medi di preoccupazione, in entrambe le prove, con e senza pressione sociale, i partecipanti ASD hanno mostrato maggiore preoccupazione sia nel pre- che nel post-compito rispetto ai

partecipanti ND. L'appartenenza al gruppo ASD si è rivelata essere statisticamente significativa nell'esperire livelli di preoccupazione più elevati.

Per quanto riguarda i livelli di arousal, risultano essere mediamente più alti negli ND, tranne nella valutazione successiva al compito nel caso della prova senza pressione sociale, dove sono più elevati per i soggetti ASD. Nelle due diverse prove però, sembra essere più significativo l'effetto della fase rispetto a quello del gruppo, evidenziando come per entrambi i gruppi partecipanti si verifica un aumento importante dei livelli di arousal nel corso della prova sperimentale.

Questi risultati pertanto dimostrano come i ragazzi ASD coinvolti nello studio non hanno mostrato sentimenti più positivi circa le proprie abilità, al di là dell'effettiva prestazione in matematica, e questo potrebbe essere spiegato dal fatto che l'ansia ha uno stretto rapporto con il Disturbo dello Spettro dell'Autismo, tale da essere definito bidirezionale: oltre a rappresentare una conseguenza delle difficoltà sociali e accademiche di tale disturbo, è stato osservato come l'ansia possa anche esacerbarne le caratteristiche cliniche (White et al., 2014). Vi sono delle prove emergenti che suggeriscono come alcune risposte neurobiologiche potrebbero essere alterate in relazione allo stress negli individui autistici ansiosi, e quindi differenti dalle risposte osservate negli individui a sviluppo tipico (Rodgers & Ofield, 2018). Quando monitoriamo i nostri stati affettivi prestiamo attenzione ai segni del nostro corpo per comprendere in modo più rapido se siamo agitati o eccitati. Dal momento che i soggetti ASD non avrebbero la stessa facilità nello sperimentare e cogliere questi stimoli enterocettivi, allora, di conseguenza, ci sarebbero implicazioni sulla capacità di riconoscere e monitorare i propri stati affettivi, e quindi anche di impegnarsi in comportamenti volti a ridurre l'ansia (Rodgers & Ofield, 2018). A supporto di ciò, è stato evidenziato come l'alessitimia (ovvero la capacità di riconoscere e comprendere le proprie emozioni), sia stata osservata in circa il 40-65% degli individui ASD nello studio di Griffin et al., (2015).

5.3 Percezione di competenza legata al compito di matematica

La percezione di competenza dei partecipanti è risultata essere maggiore nei soggetti ASD sia nella prova con pressione sociale sia in quella senza pressione: nel gruppo clinico, infatti, sia pre- che post-compito, i valori medi della percezione di competenza sono più elevati di quelli del gruppo di controllo, nonostante però questo non rispecchi la loro effettiva prestazione nella prova di matematica. In entrambe le condizioni sperimentali (con e senza pressione sociale), appartenere al gruppo clinico ha rilevanza

statistica per quanto riguarda la percezione di competenza dei soggetti: nel compito senza pressione sociale questo effetto è statisticamente significativo, mentre nel compito con pressione sociale vi è solo una tendenza alla significatività statistica, che si presume possa aumentare con l'aumento della numerosità campionaria.

È noto come il Disturbo dello Spettro dell'Autismo sia caratterizzato da un deficit nella teoria della mente (ToM), ovvero la capacità di comprendere i propri e gli altrui stati mentali (Santrock, 2017). Attraverso la teoria della mente siamo in grado di fare inferenze, oltre che su pensieri, credenze, emozioni, anche sulle nostre conoscenze, e sulla base di ciò pianifichiamo e strutturiamo i nostri comportamenti (Williams, 2010). Per questo motivo, alla base della scarsa percezione di competenza dei ragazzi ASD potrebbe esserci proprio un deficit nella ToM rispetto alle proprie abilità in matematica.

5.4 Livelli fisiologici riportati durante il compito di matematica

I risultati relativi alla modulazione della frequenza cardiaca (HR) hanno mostrato un effetto significativo della fase: infatti, per entrambi i gruppi partecipanti, ASD e ND, e ugualmente nelle due prove, con e senza pressione sociale, nei momenti di svolgimento della prova si osserva un incremento della frequenza cardiaca, a cui segue una flessione nelle fasi di recupero che riportano le misure al valore di *baseline*. Indipendentemente dall'appartenenza al gruppo, quindi, è evidente che durante i compiti di matematica i partecipanti mostrano un'attivazione fisiologica significativa confermando una corretta strutturazione della prova sperimentale.

Rispetto all'*Heart Rate Variability* (HRV), ossia l'indice di variabilità della frequenza cardiaca, che riflette il modo in cui l'attività cardiaca riesce ad adattarsi alle richieste ambientali (Appelhans & Luecken, 2006), nel campione clinico si osserva un'alterazione della reattività fisiologica, che non si osserva invece nel gruppo di controllo. Questo indice, infatti, rimane costante nel corso di tutta la fase sperimentale, come dimostrato dagli studi di Cheng et al., (2020) e di Edmiston et al., (2016) e potrebbe indicare una scarsa capacità di adattamento e di regolazione delle emozioni in risposta alle richieste ambientali da parte di questi soggetti. La metanalisi di Cheng et al., (2020), inoltre, ha anche evidenziato come, sia nello stato di riposo che in quello stressante, gli individui ASD presentano una HRV ridotta, il che potrebbe rendere questo indice fisiologico un importante biomarcatore indicativo del Disturbo dello Spettro dell'Autismo, soprattutto nelle condizioni di stress sociale.

In queste condizioni sperimentali, che coinvolgono lo stress in condizioni di valutazione sociale, lo studio degli indici fisiologici di HR e HRV è importante nel campo dell'Autismo proprio a causa dei caratteristici livelli elevati di ansia sociale e di disregolazione emotiva relativi a questa condizione clinica (Mazefsky et al., 2013; Spain et al., 2018).

5.5 Livelli di ansia per la matematica

L'ipotesi secondo cui l'ansia per la matematica sarebbe dovuta risultare più elevata nel gruppo di controllo rispetto a quello clinico non è stata verificata: i risultati della prima sottoscala dell'AMAS (*Abbreviated Math Anxiety Scale*, Hopko et al. 2003), relativa all'ansia da apprendimento, che valuta tutte le situazioni riguardanti l'apprendimento effettivo della matematica, hanno evidenziato in media punteggi più elevati nel gruppo ASD rispetto a quello ND, differenza che è risultata essere statisticamente significativa. La seconda sottoscala legata all'ansia da valutazione, ovvero quella che si sperimenta nelle situazioni in cui si viene valutati in matematica, riporta invece dei valori pressoché identici tra i due gruppi, anche se minimamente più elevati per il gruppo a sviluppo tipico. Nella scala totale dell'AMAS le medie rispecchiano la tendenza della prima sottoscala, rivelando valori più alti per il gruppo clinico e andando quindi a contrastare l'ipotesi di partenza.

Secondo Ashcraft e Krause (2007), livelli elevati di ansia per la matematica possono impattare negativamente sulla prestazione in quanto comportano una riduzione della concentrazione e della memoria di lavoro; allo stesso tempo però, è anche stato dimostrato che una scarsa prestazione in un compito di matematica a sua volta comporta livelli di ansia per la stessa più elevati (Carey et al., 2016). Una possibile spiegazione dei risultati ottenuti potrebbe far riferimento al valore dell'autoefficacia: si tratta del giudizio che ognuno di noi ha rispetto la propria capacità di portare a termine un compito (Bandura, 1994), e sembra che sia correlata sia alla prestazione matematica che all'ansia per la matematica (Klassen, 2002; Passolunghi, 2011; Skaalvik et al., 2015). I dati analizzati in precedenza, relativi ai sentimenti positivi dei partecipanti ASD circa le proprie abilità matematiche, potrebbero essere indicativi di un maggior senso di autoefficacia percepita, che, essendo correlata alla MA, spiegherebbe i livelli di ansia per la matematica riportati dai ragazzi ASD come inferiori rispetto alle attese.

5.6 Livelli di ansia sociale

Per quanto concerne l'ansia sociale (SA), le differenze tra i livelli medi riportati dal gruppo ASD rispetto a quelli del gruppo ND sono risultate essere tendenti alla significatività statistica. Questi dati sono indicativi del fatto che i partecipanti del gruppo clinico percepiscono dei vissuti di ansia sociale più intensi rispetto ai loro coetanei a sviluppo tipico.

L'ansia sociale include sintomi ansiosi che si manifestano nelle situazioni sociali, e comprendono l'evitamento di questi stimoli e la paura di valutazioni e giudizi negativi (APA, 2023). Essa ha una prevalenza nel Disturbo dello Spettro dell'Autismo che si aggira intorno al 50% (Bellini, 2004; Maddox & White, 2015; Spain et al., 2016), contro il 7-13% di prevalenza nella popolazione a sviluppo tipico (*National Collaborating Centre for Mental Health*, 2013). È possibile che alcune caratteristiche principali dell'ASD contribuiscano ad aumentare i livelli di ansia sociale in coloro che presentano questa diagnosi (Spain et al., 2018). Le compromissioni socio-comunicative, il linguaggio stereotipato e circoscritto a ristretti ambiti di interesse e i comportamenti ripetitivi, sono tutte caratteristiche che possono rendere i ragazzi con Disturbo dello Spettro dell'Autismo più suscettibili alle avversità sociali, come ad esempio il rifiuto, le prese in giro, l'isolamento sociale e di conseguenza contribuiscono al peggioramento dei sintomi di ansia sociale (Schroeder et al., 2014). Potrebbe esserci inoltre una relazione bidirezionale tra ASD e SA: quest'ultima ha il potenziale per portare l'individuo a ritirarsi socialmente e, di conseguenza, ad avere meno possibilità di osservare e fare esperienza delle norme e dei comportamenti sociali (Spain et al., 2018).

5.7 Limiti dello studio e sviluppi futuri

Nonostante il presente studio sia stato progettato attentamente con lo scopo di indagare il costrutto dell'ansia per la matematica in ragazzi con Disturbo dello Spettro dell'Autismo, esso presenta comunque diversi limiti che andrebbero presi in considerazione nell'interpretazione dei risultati e nella progettazione di ricerche future.

In primo luogo, sia il campione clinico che quello di controllo presi in esame hanno una numerosità limitata e non sufficiente. Sarebbe quindi opportuno incrementare questo valore per arrivare a risultati con una significatività statistica più marcata.

Un secondo limite è la presenza di un campione unicamente di genere maschile: anche in questo caso, ci si auspica che ricerche future riescano a coinvolgere maggiormente partecipanti di genere femminile. Questa difficoltà nel reclutamento di ragazze con

Disturbo dello Spettro dell'Autismo senza disabilità intellettiva rispecchia i dati della prevalenza di questo disturbo descritti nel primo capitolo, e ciò si ripercuote anche nella possibilità di generalizzare i risultati ottenuti, portando a chiedersi se si sarebbero potuti avere esiti diversi con un campione più omogeneo.

Un'ulteriore limitazione riscontrata nella presente ricerca è relativa alla valutazione delle variabili di tratto e della componente cognitiva dell'ansia per la matematica, avvenuta unicamente tramite questionari self-report. In futuro si potrebbe condurre un progetto di ricerca più vasto che includa anche gli insegnanti e i genitori: queste figure, infatti, hanno la possibilità di osservare il ragazzo anche in altri contesti di apprendimento e fornirci informazioni utili che possono non emergere da un questionario self-report.

Infine, in letteratura esistono ancora oggi pochissimi dati relativi al costrutto dell'ansia per la matematica in ragazzi con ASD; è auspicabile pensare che le ricerche future possano fondarsi su una mole di dati più consistenti, in modo da orientare con più precisione le ipotesi di ricerca.

5.8 Implicazioni cliniche e educative

Ciò che è emerso da questo lavoro può essere di particolare rilevanza sia sul piano clinico che educativo per bambini e ragazzi con Disturbo dello Spettro dell'Autismo. Il costrutto dell'ansia per la matematica indagato ha, infatti, importanti ripercussioni su questi soggetti in quanto incide in modo significativo sul loro benessere scolastico e psicosociale e, conseguentemente, anche sul benessere generale.

I risultati di questa ricerca possono rappresentare un punto di partenza per i docenti nella strutturazione di attività di insegnamento personalizzate per i ragazzi ASD: modellare l'ambiente classe per facilitare l'apprendimento della matematica, può essere infatti funzionale per questi ragazzi. Per esempio, riuscire a creare un contesto di valutazione calibrato accuratamente sul loro funzionamento e soprattutto attento ai loro vissuti ansiosi, può facilitare in loro l'apprendimento della matematica. Ritengo importante che nelle classi in cui sono presenti studenti ASD si possa sensibilizzare maggiormente sul tema dell'ansia per la matematica, favorendo, anche tra i compagni, l'idea che l'assimilazione di concetti matematici possa essere influenzata anche da autovalutazioni cognitive errate che possono portare a sviluppare vissuti ansiosi collegati all'insegnamento di questa disciplina. La riduzione dello stigma, associata a un contesto di supporto emotivo, può favorire la creazione di un ambiente non giudicante e sereno, e può rappresentare un fattore positivo per l'apprendimento matematico.

Infine, i risultati ottenuti in questo studio dovrebbero indirizzare anche la pratica clinica dei professionisti della salute mentale: soprattutto nei momenti di valutazione degli apprendimenti, è importante tenere a mente la possibile influenza degli stati emotivi sulla prestazione, che può essere condizionata notevolmente. Inoltre, potrebbe essere utile ideare interventi psicoterapeutici o di supporto psicologico specifici per questo costrutto, possibilmente associati a tecniche cognitivo-comportamentali di rilassamento per favorire la regolazione e la gestione dell'ansia in queste situazioni specifiche. Può anche essere positivo insegnare parallelamente a questi ragazzi delle abilità di autoregolazione emotiva. Inoltre, i professionisti dovrebbero essere in grado di ideare programmi di intervento che considerino e favoriscano l'integrazione tra i vari livelli dell'ansia: come è stato descritto in questo contributo, l'ansia è un costrutto multifattoriale complesso che ha importanti ricadute nel benessere psicosociale degli individui; lavorare su più livelli in maniera coordinata può facilitare nella comprensione e nell'intervento della sintomatologia ansiosa. Proprio a causa della natura multidimensionale dell'ansia, è anche importante tenere a mente che la MA non è un costrutto a sé stante, ma su cui agiscono e hanno influenza anche le altre forme d'ansia. Il clinico, nel suo lavoro, dev'essere pertanto attento nell'identificare e analizzare precocemente i sintomi specifici riportati da un paziente, in modo da poter fin da subito strutturare un intervento mirato a lavorare sulle caratteristiche cliniche di maggior interesse.

5.9 Conclusioni

Il presente progetto di ricerca si è interessato al costrutto dell'ansia per la matematica in soggetti con Disturbo dello Spettro dell'Autismo, esaminandolo in tutte le sue componenti principali: comportamentale, cognitiva e fisiologica.

I risultati ottenuti, al netto dei limiti metodologici riscontrati, hanno evidenziato come: a livello comportamentale, i ragazzi ASD mostrano punteggi relativi all'accuratezza delle risposte nella prova di matematica inferiori in confronto ai ragazzi ND; sul piano cognitivo, presentano livelli di preoccupazione maggiori rispetto ai dati attesi, ma una percezione di competenza altrettanto alta, pur non combaciando con la loro effettiva prestazione nel compito di matematica; a livello fisiologico, invece, il gruppo clinico ha mostrato un'alterata reattività dell'indice HRV portando ad ipotizzare in questi ragazzi una ridotta capacità di adattamento e di regolazione emotiva in risposta alle richieste ambientali.

Una riflessione rispetto a ciò che è emerso da questo studio riguarda proprio la discrepanza tra i livelli di MA ottenuti: è evidente come da un punto di vista comportamentale i partecipanti ASD abbiano avuto prestazioni inferiori nel compito di matematica rispetto ai coetanei a sviluppo tipico, e, coerentemente, a livello fisiologico è stata osservata un'alterata variabilità della frequenza cardiaca; tutto ciò però si scontra con il vissuto di questi ragazzi a livello cognitivo, per cui, pur sperimentando molta preoccupazione, sentono di avere dei sentimenti positivi, un senso di autoefficacia e una percezione di competenza alti nonostante la loro effettiva prestazione.

Bibliografia

Adams, D., Simpson, K., & Keen, D. (2018). School-related anxiety symptomatology in a community sample of primary-school-aged children on the autism spectrum. *Journal of school psychology, 70*, 64-73.

Alexander, L., & Martray, C. (1989). The development of an abbreviated version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. *Measurement and Evaluation in counseling and development, 22*(3), 143-150.

Anney, R., Klei, L., Pinto, D., Regan, R., Conroy, J., Magalhaes, T. R., & Gill, M. (2010). A genome-wide scan for common alleles affecting risk for autism. *Human molecular genetics, 19*(20), 4072-4082.

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.

Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current directions in psychological science, 11*(5), 181-185.

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.

Bacchelli, E., & Maestrini, E. (2006, February). Autism spectrum disorders: molecular genetic advances. In *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics* (Vol. 142, No. 1, pp. 13-23). Hoboken: Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company.

Bae, Y. S., Chiang, H. M., & Hickson, L. (2015). Mathematical word problem solving ability of children with autism spectrum disorder and their typically developing peers. *Journal of autism and developmental disorders*, 45, 2200-2208.

Barbaranelli, C., & Natali, E. (2011). *I test Psicologici: teorie e modelli psicometrici*. Roma: Carocci editore.

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, 21(1), 37-46.

Baxter, A. J., Scott, K. M., Vos, T., & Whiteford, H. A. (2013). Global prevalence of anxiety disorders: a systematic review and meta-regression. *Psychological medicine*, 43(5), 897-910.

Beidel, D. C., & Alfano, C. A. (2011). *Child anxiety disorders: A guide to research and treatment*. London: Routledge.

Beidel, D. C., Turner, S. M., & Morris, T. L. (1995). A new inventory to assess childhood social anxiety and phobia: The Social Phobia and Anxiety Inventory for Children. *Psychological assessment*, 7(1), 73.

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.

Bellini, S. (2004). Social skill deficits and anxiety in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders. *Focus on autism and other developmental disabilities*, 19(2), 78-86.

Berntson, G. G., Thomas Bigger Jr., J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, J. P., Stone, P. H., & Van Der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats.

Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59.

Buijs, R. M. (2013). Chapter 1 - The autonomic nervous system: A balancing act. In R. M. Buijs & D. F. Swaab (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 117, pp. 1–11). Elsevier.

Bullen, J. C., Swain Lerro, L., Zajic, M., McIntyre, N., & Mundy, P. (2020). A developmental study of mathematics in children with autism spectrum disorder, symptoms of attention deficit hyperactivity disorder, or typical development. *Journal of autism and developmental disorders*, 50, 4463-4476.

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.

Caselli, M. C., & Vicari, S. (2017). *Neuropsicologia dell'età evolutiva: prospettive teoriche e cliniche*. Bologna: il Mulino.

Caviola, S., Gerotto, G., Lucangeli, D., & Mammarella, I. C. (2016). AC-FL. *Prove di Fluenza Nelle Abilità di Calcolo per il Secondo Ciclo Della Scuola Primaria [AC-FL. Fluency in Calculation test for the Second Cycle of Primary School]*. Trento: Erickson.

Caviola, S., Primi, C., Chiesi, F., & Mammarella, I. C. (2017). Psychometric properties of the Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS) in Italian primary school children. *Learning and Individual Differences*, 55, 174-182.

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.

Cheng, Y. C., Huang, Y. C., & Huang, W. L. (2020). Heart rate variability in individuals with autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *118*, 463-471.

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*(1), 10–20.

Cornoldi, C., Pra Baldi, A. e Giofrè, D. (2017). *Prove MT avanzate-3-clinica*, Firenze, Giunti-Edu.

Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in neuroscience and education*, *3*(2), 63-68.

Cumine, V., Leach, J., Stevenson, G. (2005). *Bambini autistici a scuola: una guida operativa per educatrici di asilo nido, di scuola dell'infanzia e dei primi anni della scuola primaria*. Parma: Edizioni Junior.

Currenti, S. A. (2010). Understanding and determining the etiology of autism. *Cellular and molecular neurobiology*, *30*, 161-171.

Deisinger, J. A. (2011). History of autism spectrum disorders. In *History of special education* (Vol. 21, pp. 237-267). Emerald Group Publishing Limited.

Deth, R., Muratore, C., Benzecry, J., Power-Charnitsky, V. A., & Waly, M. (2008). How environmental and genetic factors combine to cause autism: A redox/methylation hypothesis. *Neurotoxicology*, *29*(1), 190-201.

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.

DiCicco-Bloom, E., Lord, C., Zwaigenbaum, L., Courchesne, E., Dager, S. R., Schmitz, C., & Young, L. J. (2006). The developmental neurobiology of autism spectrum disorder. *Journal of Neuroscience*, 26(26), 6897-6906.

Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in psychology*, 7, 164557.

Dreger, R. M., & Aiken Jr, L. R. (1957). The identification of number anxiety in a college population. *Journal of Educational psychology*, 48(6), 344.

Edmiston, E. K., Jones, R. M., & Corbett, B. A. (2016). Physiological response to social evaluative threat in adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 46, 2992-3005.

Evans, J. (2000). Adults' mathematical thinking and emotions: A study of numerate practice. London: Routledge.

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

Fombonne, E. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorders: an update. *Journal of autism and developmental disorders*, 33, 365-382.

Frith, U. (1989). Autism and "theory of mind". In *Diagnosis and treatment of autism* (pp. 33-52). Boston, MA: Springer US.

Fuentes, C. T., Mostofsky, S. H., & Bastian, A. J. (2009). Children with autism show specific handwriting impairments. *Neurology*, 73(19), 1532-1537.

Georgiou, A., Soulis, S. G., Rapti, D., & Papanikolaou, K. (2018). Math anxiety of students with high functioning autism spectrum disorder. *American International Journal of Social Science*, 7(4), 112-122.

Goldstein, S., & Ozonoff, S. (2009). Historical perspective and overview. In S. Goldstein, J. A. Naglieri, & S. Ozonoff (Eds.), *Assessment of autism spectrum disorders* (pp. 1–17). The Guilford Press.

Griffin, C., Lombardo, M. V., & Auyeung, B. (2016). Alexithymia in children with and without autism spectrum disorders. *Autism research*, 9(7), 773-780.

Gross, J. J. (1998). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of general psychology*, 2(3), 271-299.

Happe, F., & Frith, U. (1996). The neuropsychology of autism. *Brain*, 119(4), 1377-1400.

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

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

Howlin, P., Goode, S., Hutton, J., & Rutter, M. (2004). Adult outcome for children with autism. *Journal of child psychology and psychiatry*, 45(2), 212-229.

Huggins, C. F., Donnan, G., Cameron, I. M., & Williams, J. H. (2021). Emotional self-awareness in autism: A meta-analysis of group differences and developmental effects. *Autism*, 25(2), 307-321.

Istituto Superiore di Sanità (2020). *Fragilità neurocognitiva e psichica nelle diverse fasi della vita*. Istituto Superiore di Sanità. https://www.iss.it/fragilit%C3%A0-neurocognitiva-e-psichica-nelle-diverse-fasi-della-vita/-/asset_publisher/ELpEJ3XxdLIQ/content/id/3480796.

Iuculano, T., Rosenberg-Lee, M., Supekar, K., Lynch, C. J., Khouzam, A., Phillips, J., ... & Menon, V. (2014). Brain organization underlying superior mathematical abilities in children with autism. *Biological psychiatry*, 75(3), 223-230.

Kim, H., & Cameron, C. E. (2016). Implications of visuospatial skills and executive functions for learning mathematics: Evidence from children with autism and Williams syndrome. *AERA open*, 2(4).

Klassen, R. (2002). A question of calibration: A review of the self-efficacy beliefs of students with learning disabilities. *Learning disability quarterly*, 25(2), 88-102.

Klin, A., McPartland, J., & Volkmar, F. R. (2005). Asperger syndrome. *Handbook of autism and pervasive developmental disorders*, 1, 88-125. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Kring, A. M., Conti, D., Johnson, S. L., Davison, G. C., & Neale, J. (2017). *Psicologia clinica* (5. ed. italiana condotta sulla 13 ed. americana). Bologna: Zanichelli.

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.

Lainhart, J. E., Bigler, E. D., Bocian, M., Coon, H., Dinh, E., Dawson, G., & Volkmar, F. (2006). Head circumference and height in autism: a study by the Collaborative Program of Excellence in Autism. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 140(21), 2257-2274.

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.

Maddox, B. B., & White, S. W. (2015). Comorbid social anxiety disorder in adults with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45, 3949-3960.

Maloney, E. A., Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015). Intergenerational effects of parents' math anxiety on children's math achievement and anxiety. *Psychological science*, 26(9), 1480-1488.

Mammarella, I. C., Caviola, S., & Dowker, A. (2019). *Mathematics anxiety*. London: 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.

Mazefsky, C. A., Herrington, J., Siegel, M., Scarpa, A., Maddox, B. B., Scahill, L., & White, S. W. (2013). The role of emotion regulation in autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 52(7), 679-688.

Mercer, J. R., & Smith, J. M. (1972). *Subtest estimates of the WISC full scale IQ's for children*. (ED068494). ERIC, <https://eric.ed.gov/?id=ED068494>

Muratori, F., Bizzari, V. (2020). Alle origini dell'autismo: George Frankl tra Asperger e Kanner. *Autismo e disturbi del neurosviluppo*, 18, 81-88. Trento: Erickson.

Nan, X., Ng, H. H., Johnson, C. A., Laherty, C. D., Turner, B. M., Eisenman, R. N., & Bird, A. (1998). Transcriptional repression by the methyl-CpG-binding protein MeCP2 involves a histone deacetylase complex. *Nature*, 393(6683), 386-389.

National Collaborating Centre for Mental Health (UK). (2013). *Social anxiety disorder: recognition, assessment and treatment*.

Ozonoff, S. (1997). Components of executive function in autism and other disorders. In J. Russell (Ed.), *Autism as an executive disorder* (pp. 179–211). Oxford University Press.

Ozonoff, S. (2012). Editorial Perspective: Autism Spectrum Disorders in DSM-5—An historical perspective and the need for change. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(10), 1092-1094.

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.

Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior research methods*, 51, 195-203.

Pinxten, M., Marsh, H. W., De Fraine, B., Van Den Noortgate, W., & Van Damme, J. (2014). Enjoying mathematics or feeling competent in mathematics? Reciprocal effects on mathematics achievement and perceived math effort expenditure. *British Journal of Educational Psychology*, 84(1), 152-174.

Piven, J., Simon, J., Chase, G. A., Wzorek, M., Landa, R., Gayle, J., & Folstein, S. (1993). The Etiology of Autism: Pre-, Peri- and Neonatal Factors. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 32(6), 1256–1263.

Plake, B. S., & Parker, C. S. (1982). The development and validation of a revised version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. *Educational and psychological measurement*, 42(2), 551-557.

Pletzer, B., Wood, G., Scherndl, T., Kerschbaum, H. H., & Nuerk, H. C. (2016). Components of mathematics anxiety: Factor modeling of the MARS30-Brief. *Frontiers in psychology*, 7, 91.

Pompili, E., Biondi, M., Nicolò, G. (2023). DSM-5-TR: manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali (quinta edizione, text revision). Raffaello Cortina.
Psychophysiology, 34(6), 623–648.

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

Rodgers, J., & Ofield, A. (2018). Understanding, recognising and treating co-occurring anxiety in autism. *Current developmental disorders reports*, 5, 58-64.

Rutter, M., Le Couteur, A., & Lord, C. (2005). ADI-R, Autism diagnostic interview revised (a cura di R. Faggioli, M. Sacconi, AM Persico et al.). Firenze, *Giunti OS*.

Santrock, J. W., Rollo, D. (2017). *Psicologia dello sviluppo* (3. ed). McGraw-Hill Education.

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

Schroeder, J. H., Cappadocia, M. C., Bebko, J. M., Pepler, D. J., & Weiss, J. A. (2014). Shedding light on a pervasive problem: A review of research on bullying experiences among children with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 44, 1520-1534.

Skaalvik, E. M., Federici, R. A., & Klassen, R. M. (2015). Mathematics achievement and self-efficacy: Relations with motivation for mathematics. *International Journal of Educational Research*, 72, 129-136.

Spain, D., Happé, F., Johnston, P., Campbell, M., Sin, J., Daly, E., ... & MRC Aims Consortium. (2016). Social anxiety in adult males with autism spectrum disorders. *Research in autism spectrum disorders*, 32, 13-23.

Spain, D., Sin, J., Linder, K. B., McMahon, J., & Happé, F. (2018). Social anxiety in autism spectrum disorder: A systematic review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 52, 51-68.

Suinn, R. M., & Edwards, R. (1982). The measurement of mathematics anxiety: The mathematics anxiety rating scale for adolescents—MARS-A. *Journal of Clinical Psychology*, 38(3), 576-580.

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.

Tambelli, R. (2017). *Manuale di psicopatologia dell'infanzia*. Il mulino.

Thomas, G., & Dowker, A. (2000). *Mathematics anxiety and related factors in young children*. Paper presented at British Psychological Society Developmental Section Conference, Bristol, UK.

Titeca, D., Roeyers, H., Josephy, H., Ceulemans, A., & Desoete, A. (2014). Preschool predictors of mathematics in first grade children with autism spectrum disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 35(11), 2714-2727.

Tonizzi, I., & Usai, M. C. (2023). Math abilities in autism spectrum disorder: A meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities*, 139, 104559.

Van der Beek, J. P., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. (2017). Self-concept mediates the relation between achievement and emotions in mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 87(3), 478-495.

Vianello, R.; Mammarella, I. C. (2015). *Psicologia delle disabilità: una prospettiva Life Span*. Edizioni Junior.

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(9), 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.

Wechsler, D. [2003], Wechsler Intelligence Scale for Children. Fourth Edition (WISC-IV): Administration and scoring manual. San Antonio, TX, *The Psychological Corporation* (adattamento italiano a cura di V. Orsini e L. Picone, Firenze, Giunti OS, 2012).

White, S. W., Mazefsky, C. A., Dichter, G. S., Chiu, P. H., Richey, J. A., & Ollendick, T. H. (2014). Social-cognitive, physiological, and neural mechanisms underlying emotion regulation impairments: Understanding anxiety in autism spectrum disorder. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 39, 22-36.

Wigfield, A., & Meece, J. L. (1988). Math anxiety in elementary and secondary school students. *Journal of educational Psychology*, 80(2), 210.

Williams, D. (2010). Theory of own mind in autism: Evidence of a specific deficit in self-awareness?. *Autism*, 14(5), 474-494.

Wolff, S. (2004). The history of autism. *European child & adolescent psychiatry*, 13, 201-208.

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

Yirmiya, N., & Charman, T. (2010). The prodrome of autism: Early behavioral and biological signs, regression, peri-and post-natal development and genetics. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(4), 432-458.