



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione

Corso di laurea Magistrale in Psicologia Clinica dello Sviluppo

Tesi di Laurea Magistrale

**L'INFLUENZA DELLA VOLATILITÀ AMBIENTALE
SULL'APPRENDIMENTO ASSOCIATIVO IMPLICITO
NEI BAMBINI CON ADHD E DSA**

**The influence of environmental volatility on implicit associative learning in
children with ADHD and DSA**

Relatore

Prof. Giovanni Mento

Correlatore esterno

Dott.ssa Giulia Stefanelli

Laureanda: Baldassi Elena

Matricola: 2089038

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

INTRODUZIONE	pag. 3
---------------------	--------

CAPITOLO 1: APPRENDIMENTO ASSOCIATIVO IMPLICITO

1.1 Definizione	pag. 4
1.2 Traiettorie evolutive di sviluppo dell'apprendimento implicito	pag. 6
1.2.1 Statistical learning	pag. 7
1.2.2 Rule learning	pag. 9
1.3 Metodi di indagine	pag. 9
1.4 Volatilità ambientale	pag. 11

CAPITOLO 2: ADHD E DSA

2.1 ADHD	pag. 13
2.1.1 Definizione e manifestazioni cliniche	pag. 13
2.1.2 Prevalenza, comorbidità e traiettoria evolutiva	pag. 15
2.2 DSA	pag. 16
2.2.1 Definizione e manifestazioni cliniche	pag. 16
2.2.2 Prevalenza, comorbidità e fattori di rischio	pag. 18
2.3 Apprendimento implicito e disturbi del neurosviluppo	pag. 20

CAPITOLO 3: RICERCA

3.1 Obiettivi	pag. 22
3.2 Metodo	pag. 22
3.2.1 Partecipanti	pag. 22
3.2.2 Conformità etica	pag. 23
3.3 Stimoli e procedure	pag. 24
3.3.1 Procedura sperimentale	pag. 24
3.3.2 Materiali	pag. 25
3.3.2.1 Test neuropsicologici	pag. 25

3.3.2.2 Questionari	pag. 27
3.3.3 Mario task	pag. 28
3.4 Ipotesi sperimentali	pag. 34
3.5 Analisi dei dati	pag. 35
3.5.1 Analisi dei dati comportamentali	pag. 35
3.5.2 Analisi dei questionari	pag. 35
3.5.3 Analisi del compito di flessibilità cognitiva (WCST)	pag. 36
 CAPITOLO 4: RISULTATI	
4.1 Risultati comportamentali	pag. 38
4.1.1 Accuratezza	pag. 38
4.1.2 Velocità	pag. 42
4.2 Risultati dei questionari	pag. 45
4.2.1 IUS	pag. 45
4.2.2 Conners	pag. 46
4.2.3 WCST	pag. 47
 CAPITOLO 5: DISCUSSIONE	
5.1 Limiti dello studio	pag. 51
 BIBLIOGRAFIA	 pag. 52

INTRODUZIONE

Il presente elaborato è un'indagine esplorativa, inserita all'interno di un progetto multicentrico, che ha coinvolto un ampio campione di bambini con disturbi del neurosviluppo di età compresa tra i 4 e i 14 anni. In particolare, questo elaborato si è focalizzato sull'indagine di un sotto-campione composto da: 34 bambini con disturbo da deficit dell'attenzione e iperattività (ADHD), 10 bambini con disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) e 21 bambini che presentavano entrambi i disturbi in comorbidità (ADHD e DSA). Il campione finale ($N = 65$) è composto da 15 femmine e 50 maschi. Nello specifico è stato somministrato un compito di apprendimento associativo implicito ("Mario task" versione modificata da Lawson et al., 2017), che prevede una manipolazione pseudo-randomizzata dell'associazione cue-target. Questa manipolazione ha permesso di introdurre diversi livelli di predicibilità ambientale ($P = 0.80$, $P = 0.20$, $P = 0.5$). L'obiettivo dello studio era quello di indagare l'effetto di questi livelli di predicibilità ambientale nell'apprendimento associativo.

Al fine di indagare le prestazioni, in termini di accuratezza e velocità, abbiamo utilizzato dei *linear mixed effects models* (LMER) per indagare l'effetto dei diversi livelli di predicibilità ambientale nei diversi gruppi tenendo conto della variabilità individuale. Nel complesso i risultati hanno rilevato, sia per l'accuratezza che per la velocità, un effetto principale dell'età e della predicibilità, ma nessun effetto del gruppo.

Nel complesso, i risultati suggeriscono che il compito ha indotto gli effetti attesi, confermando l'efficacia di questo compito sperimentale nell'indurre apprendimento associativo probabilistico in un campione di bambini con disturbi del neurosviluppo. Tuttavia, non è possibile trarre conclusioni definitive circa la prestazione per l'assenza del gruppo di controllo. Si ipotizza che l'apprendimento associativo implicito non differisca tra i bambini con ADHD e DSA, e che quindi questo meccanismo non rappresenti un possibile marker diagnostico, nonostante a livello descrittivo emergano delle differenze.

CAPITOLO 1: APPRENDIMENTO ASSOCIATIVO

IMPLICITO

1.1 Definizione

Il termine “funzioni esecutive” è stato coniato per la prima volta da Lezak nel 1983, la quale lo definisce come “[...] le abilità cognitive che rendono un individuo capace di comportarsi in maniera indipendente, finalizzata e adattiva”. Molti autori, ad esempio Diamond, considerano il termine “funzioni esecutive” come sovrapponibile al termine “controllo cognitivo”: il primo si differenzia per un uso prevalente nell’ambito clinico, mentre il secondo viene principalmente utilizzato nell’ambito sperimentale e delle neuroscienze. Successivamente, nel 1991, Welsh sostenne che le funzioni esecutive si riferiscono all’insieme di “abilità che permettono di controllare e regolare volontariamente le altre funzioni cognitive e il comportamento al fine di raggiungere un obiettivo”. Si tratta quindi di un “termine ombrello” che include al suo interno l’insieme di molteplici abilità cognitive. Infatti, Lezak, sempre nel 1983, individua quattro diversi domini che si riferiscono alle funzioni esecutive: la formulazione di uno scopo (*goal formulation*), la pianificazione (*planning*), l’azione finalizzata (*purposive action*) e infine la prestazione effettiva (*effective performance*).

Miyake, in un suo noto lavoro del 2000, sostenne che queste abilità siano principalmente suddivise in tre componenti: la flessibilità cognitiva, l’inibizione e la memoria di lavoro. Tradizionalmente le funzioni esecutive (o controllo cognitivo) sono state considerate processi di tipo top-down, consapevoli e primariamente usate per superare automatismi indotti da semplici meccanismi di apprendimento implicito (Diamond, 2013). Più recentemente, alcuni autori (Braem & Egner, 2018) hanno dimostrato che, al contrario di quanto tradizionalmente ipotizzato, il controllo cognitivo può essere condizionato bottom-up da aspetti contestuali, sfruttando meccanismi impliciti come ad esempio l’apprendimento associativo.

L’apprendimento associativo viene definito come l’apprendimento dell’associazione tra due stimoli o tra uno stimolo e una risposta. In quest’ultimo caso ogni volta in cui viene presentato uno stimolo, questo produrrà una risposta conseguente (Lafontaine et al.,

2020). Tradizionalmente l'apprendimento classico, teorizzato da Pavlov (1903) e quello operante, proposto da Skinner (1940), fanno parte di questa forma di apprendimento.

Tuttavia, studi più recenti hanno suggerito che questa tipologia di apprendimento si può verificare anche per rappresentazioni più astratte in grado di modellare i processi di controllo cognitivo (Abrahamse et al., 2016). Infatti, le rappresentazioni percettive, motorie e quelle legate all'obiettivo vengono attivate assieme durante un compito e creano una rete associativa. Quest'ultima permette il controllo cognitivo proprio grazie alle connessioni contemporanee tra le diverse rappresentazioni che attivano il controllo appropriato al contesto.

Questo modello teorico prende il nome di *associative learning perspective of cognitive control* (Abrahamse et al., 2016) e sostiene che il controllo cognitivo deriverebbe, almeno in parte, dalla formazione di associazioni che si basano sulle contingenze tra le rappresentazioni percettive, quelle motorie e gli obiettivi come rappresentato nella *Figura 1*.

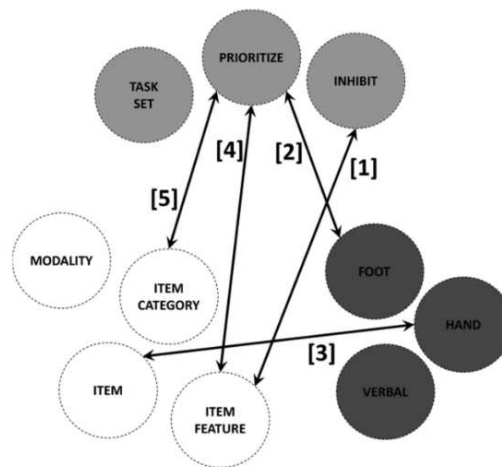


Figura 1. Illustrazione dell'*associative learning of cognitive control*. Dall'immagine emergono le diverse associazioni tra le rappresentazioni percettive, motorie e gli obiettivi raffigurate rispettivamente in bianco, grigio scuro e grigio chiaro: il controllo cognitivo deriverebbe quindi dalla formazione di queste associazioni (Abrahamse et al., 2016).

Un esempio di apprendimento implicito molto studiato è lo *statistical learning*: si tratta di un'abilità automatica presente fin dalle primissime fasi di vita che consente all'individuo di estrarre delle regolarità statistiche dall'ambiente fondamentali per saper gestire l'immensa mole di informazioni che è presente nel contesto e permette di costruire modelli interni in grado di predire ciò che succederà sulla base delle regolarità precedenti

(Saffran et al., 1997; Fiser & Aslin, 2001-2002). Infatti, sulla base di ciò che è successo in precedenza, l'individuo è in grado di comprendere il modo migliore per comportarsi ed agire anche in futuro nel caso in cui si trovasse in una situazione simile che ha già vissuto. L'interiorizzazione delle regolarità statistiche permette quindi di costruire un modello interno della realtà esterna che orienta l'attenzione verso gli stimoli più salienti nell'ambiente e, in questo modo, permette di esercitare una maggiore regolazione comportamentale.

Secondo una delle principali ipotesi avanzate in letteratura, l'abilità dello *statistical learning* risulterebbe essere alterata nei disturbi del neurosviluppo. Nello specifico, in queste condizioni cliniche, questa abilità non permetterebbe di guidare correttamente l'attenzione nei confronti delle informazioni ambientali rilevanti e neanche di estrarre delle regolarità statistiche (Saffran et al., 2018). Di conseguenza, i bambini che presentano questi disturbi hanno maggiori difficoltà nei compiti che indagano l'abilità dello *statistical learning* rispetto a bambini a sviluppo tipico.

Recentemente è aumentato notevolmente l'interesse per questo ampio e crescente tema e ciò è motivato dal fatto che il controllo cognitivo e le varie forme di apprendimento sia implicite che esplicite riguardano delle abilità e competenze che vengono utilizzate dagli individui nella vita di tutti i giorni (Vaidya et al., 2005).

Inoltre, è stato dimostrato che deficit presenti a livello di questi aspetti sono dei tratti caratteristici di molti disturbi del neurosviluppo, tra cui l'ADHD (Disturbo da deficit di attenzione e iperattività) e i DSA (Disturbi Specifici dell'Apprendimento) (Domuta et al., 2003). Questi due disturbi sono le due condizioni cliniche che si prenderanno in esame in questo progetto di tesi.

1.2 Traiettorie evolutive di sviluppo dell'apprendimento implicito

L'apprendimento implicito è la capacità di acquisire le informazioni nuove senza consapevolezza (Cleeremans et al., 2019; Reber, 1967); un esempio di questa forma di apprendimento è l'acquisizione del linguaggio che avviene senza istruzioni esplicite. Alla base di questo tipo di conoscenza si trova lo *statistical learning* che permette l'estrazione prima e la generalizzazione poi delle regole sintattiche linguistiche che portano l'individuo a costruirsi un modello di rappresentazione interna della realtà utile per ottimizzare la risposta comportamentale (Mento & Toffoli, 2023). In questo modo i

bambini sono in grado di apprendere implicitamente e senza consapevolezza le regole presenti alla base del linguaggio. Infatti, è noto come lo *statistical learning* sia un importante e precoce fattore che contribuisce alla dimensione e all'ampiezza del vocabolario (Frost et al., 2015; Saffran, 2009; Smith et al., 2018).

Oltre allo *statistical learning* ci sono altri meccanismi che emergono nelle prime fasi dello sviluppo, come l'apprendimento associativo, già esaminato in precedenza, e il *rule learning*. Tutte queste forme di apprendimento si sono dimostrate degli ottimi precursori per il successivo apprendimento di abilità complesse, come il linguaggio.

1.2.1 Statistical learning

Come già precisato in precedenza, forme diverse di apprendimento implicito sono presenti in periodi molto precoci dello sviluppo e un esempio di queste è lo *statistical learning*. Quest'ultimo consente al bambino di comprendere le informazioni presenti nel contesto e di estrarre delle regolarità per poi generalizzarle e quindi utilizzarle in ambiti successivi diversi (Saffran et al., 2018). È stato suggerito che lo *statistical learning* è alla base della comprensione del linguaggio e delle emozioni: infatti, attraverso il volto, che è uno stimolo saliente, i bambini possono osservare l'espressione facciale delle persone e, di conseguenza, associare implicitamente il significato di ciò che stanno comunicando alle emozioni che stanno esprimendo; questo aspetto è evolutivamente adattivo per una sempre maggiore e più raffinata comprensione degli input ambientali (Ekman, 1994).

Come mostrato nella *Figura 2*, lo *statistical learning* è presente già in epoca neonatale (Bulf, Johnson & Valenza, 2012) e nell'arco dei primi otto mesi di vita diventa sempre più raffinato. Alcuni studi hanno indagato quali sono i meccanismi specifici osservando che intorno al secondo mese questa abilità è presente con gli elementi percettivi semplici, come l'uso di colori diversi (Kirkham, Slemmer, Johnson, 2002). Successivamente, a cinque mesi, funziona con delle informazioni spaziali più complesse (Kirkham, Slemmer, Richardson, Johnson, 2007) e, infine, a otto mesi, rimuovendo il *cue* che favorisce la forma e il colore, i bambini sono in grado di ricordare, sulla base dello *statistical learning*, una sequenza che varia nella posizione e nel tempo (Kirkham, Slemmer, Richardson, Johnson, 2007).

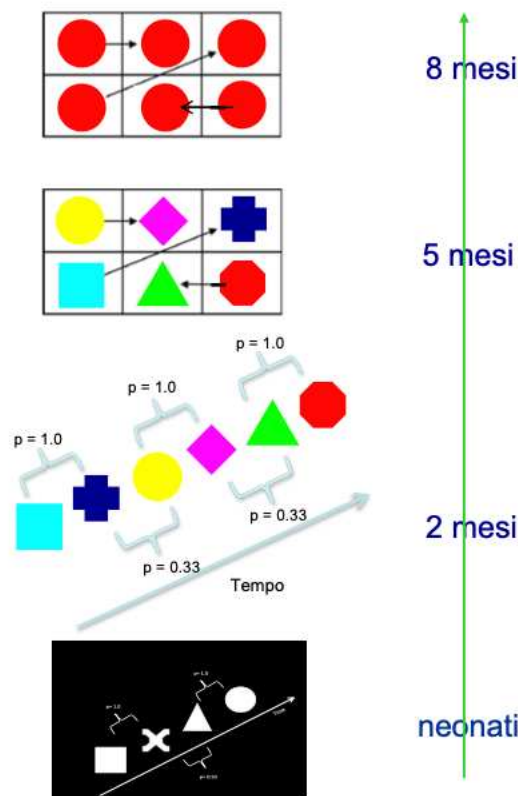


Figura 2. Evoluzione dello *statistical learning*. Presente in epoca neonatale (Bulf, Johnson & Valenza, 2012), ma solo in modo basilare; intorno ai 2 mesi i neonati sono in grado di discriminare colori diversi (Kirkham, Slemmer, Johnson, 2002); intorno al quinto mese è presente con informazioni spaziali più complesse, come forme geometriche diverse e all'ottavo mese funziona con le variazioni della posizione e del tempo (Kirkham, Slemmer, Richardson, Johnson, 2007).

Le traiettorie di sviluppo delle varie forme di apprendimento implicito sono evidenti anche nello sviluppo dell'attivazione delle strutture cerebrali. È stato dimostrato, infatti, che è presente una relazione tra il volume dell'ippocampo e la prestazione in due compiti cognitivi che fanno riferimento allo *statistical learning* e all'inferenza associativa (Schlichting et al. 2017). È stata evidenziata una relazione non lineare tra l'età dei partecipanti e il volume anteriore dell'ippocampo: si manifesta un aumento di volume all'età di sei anni, seguito da una diminuzione dello stesso durante l'età adulta. Questa scoperta è in linea con le evidenze precedenti di *neuroimaging* secondo cui le prestazioni migliori si riscontrano durante la potatura sinaptica selettiva che avviene durante l'adolescenza (Chechik et al. 1998). Invece, l'area posteriore dell'ippocampo ha una traiettoria a forma di "U" con una diminuzione iniziale corrispondente all'età di sei anni, seguita da un aumento durante l'età adulta (Schlichting et al. 2017).

1.2.2 Rule learning

Il *rule learning* è una forma di apprendimento associativo che si basa su *pattern* di stimoli e risposte comportamentali che permettono di comprendere la relazione tra di essi. Nello specifico, gli individui sviluppano dei modelli interni di apprendimento in grado di guidare i loro comportamenti futuri (Feng et al., 2020). In particolare, il *rule learning* consiste nella capacità di generalizzare l'apprendimento di una determinata regola (es. pattern di sequenze di triplete di tipo ABA) trasferendolo da un set di stimoli ad un altro (es. da nero-rosso-nero a verde-bianco-verde, ecc.) o da un dominio percettivo ad un altro (es. da verde-bianco-verde a cane-gatto-cane, ecc.). Per quanto riguarda questa forma di apprendimento, è stato dimostrato che i bambini già all'età di sette mesi sono in grado di apprendere implicitamente la presenza di sequenze ripetute di stimoli visivi sulla base di triplette del tipo "ABB"; questa capacità di astrazione di regole astratte è presente anche per sequenze di stimoli non linguistici, come i volti (Saffran et al, 2007).

A livello longitudinale uno studio ha voluto indagare se bambini in età scolare (sette anni) e adulti differivano nella capacità del *rule learning*: lo scopo dello studio consisteva nell'indagare se i bambini e gli adulti fossero in grado di apprendere delle sequenze visive caratterizzate da regole complesse e se fossero in grado di generalizzarle a stimoli nuovi. È stato dimostrato che entrambi i gruppi sono in grado di generalizzare le regole acquisite ad un nuovo insieme di stimoli e mantenere la conoscenza delle stesse per la durata di un anno: quindi sono in grado di apprendere implicitamente nuove regole e generalizzarle in altri contesti. Tuttavia, gli adulti, a differenza dei bambini, hanno mostrato una prestazione più rapida e migliore nell'apprendimento visivo (Schönberger et al., 2024) e questo può essere spiegato dal fatto che questa forma di apprendimento diventa sempre più raffinata con lo sviluppo.

1.3 Metodi di indagine

Le varie tipologie di apprendimento implicito sono presenti fin dalle primissime fasi dell'infanzia e infatti studi hanno dimostrato che lo *statistical learning* è evidente già nei neonati (Bulf, Johnson & Valenza, 2012). Di conseguenza, per riuscire a indagare metodicamente questa abilità precoce, gli autori hanno utilizzato una tecnica di abituação in cui nella prima fase (chiamata fase di abituação) vengono presentate delle coppie di forme geometriche; in una fase successiva vengono presentate in maniera

casuale le coppie della prima fase e altre coppie mai viste in precedenza. I risultati hanno dimostrato che i neonati tra uno e tre giorni di vita osservano più a lungo gli stimoli nuovi rispetto a quelli familiari: questa è considerata una misura di apprendimento implicito della sequenza visiva.

Oltre alla tecnica di abituazione utilizzata con bambini più piccoli, sono stati messi a punto altri metodi per indagare le forme di apprendimento implicito. Nello studio menzionato in precedenza di Schönberger e colleghi (2024) i partecipanti erano bambini di sette anni e giovani adulti che hanno svolto un compito visivo basato sul compito di *Artificial Grammar Language* (AGL), composto da più sessioni e volto all'apprendimento delle regole grammaticali linguistiche. Nell'AGL *task* i partecipanti vengono esposti, in una fase di apprendimento a sequenze di elementi grammaticali basati su una determinata regola sequenziale; successivamente, nella fase di test, essi devono discriminare le sequenze grammaticali coerenti da quelle che violano la regola sequenziale. Attraverso questo metodo è stato possibile scoprire che sia i bambini di sette anni sia i giovani adulti sono in grado di apprendere implicitamente le regole e a generalizzarle ad altri stimoli, ma gli adulti riescono ad apprendere in modo più veloce e migliore.

Un'altra tecnica utile per studiare l'apprendimento implicito è il compito di *serial reaction time* (SRT): si tratta di un compito nel quale i soggetti devono produrre risposte motorie il più velocemente possibile a stimoli presentati in sequenza oppure in blocchi ordinati randomizzati. Si osserva un effetto di apprendimento quando i partecipanti risultano essere più veloci nella condizione in cui appaiono ripetizioni consecutive della stessa sequenza e/o quando hanno tempi di reazione maggiori alla presentazione di stimoli randomici preceduti da blocchi precedentemente appresi (Wójcik et al., 2024).

Altre tecniche utilizzate per indagare e comprendere meglio le forme di apprendimento implicito fanno riferimento a compiti di riconoscimento in cui i partecipanti, dopo una prima fase di familiarizzazione degli stimoli, dovevano dire se delle sequenze che venivano loro mostrate erano nuove o familiari: in questo modo si riesce a comprendere se l'apprendimento avveniva oppure no. Dai risultati di uno studio emerge una forma implicita di apprendimento: i partecipanti, infatti, ricordano le sequenze viste nella fase di familiarizzazione rispetto a quelle nuove (Vaquero et al., 2006).

1.4 Volatilità ambientale

Con il termine volatilità ambientale si intende il livello di incertezza predittiva dovuta alla presenza di una struttura probabilistica variabile nel tempo all'interno di una sequenza di eventi (Lawson, 2014). La presenza di *pattern* di regolarità sensoriale permette, infatti, l'estrazione di regole, la formazione di modelli predittivi interni e, di conseguenza, la possibilità di usare questi modelli in maniera anticipatoria. Un ambiente che presenta alti livelli di volatilità implica tuttavia non solo la capacità di estrarre regolarità statistiche, ma anche la necessità di aggiornarle frequentemente. Ciò è infatti alla base della possibilità di raggiungere un equilibrio ottimale tra la capacità predittiva guidata da modelli interni e la capacità adattiva indotta da violazioni di questi modelli dovute a cambiamenti esterni.

Quando si verifica un cambiamento inaspettato a livello ambientale all'interno di una sequenza di eventi, l'individuo deve infatti aggiornare il modello predittivo appreso sulla base del cambiamento avvenuto. A tal fine è necessario un coordinamento complesso tra le dinamiche di apprendimento, i sistemi sensoriali centrali e gli stati fisiologici periferici per permettere di modellare i meccanismi di apprendimento al fine di adattare il proprio comportamento di fronte all'incertezza (Lawson et al. 2021).

In un lavoro di Rebecca Lawson del 2017, l'autrice ha posto l'accento sugli effetti che un elevato livello di volatilità ambientale ha sui comportamenti delle persone adulte con ASD (Disturbo dello Spettro dell'Autismo). Infatti, dai risultati di questo studio è emerso che gli adulti con ASD tendono a sovrastimare la volatilità ambientale sensoriale rispetto a persone senza deficit; in altre parole, gli adulti con questa condizione clinica sono meno sorpresi quando le loro aspettative vengono violate (Lawson, 2017).

Altri autori hanno trovato delle correlazioni tra livelli elevati di volatilità ambientale e l'ansia sociale. Lo studio di Beltzer et al. del 2019 ha voluto indagare in che modo gli individui socialmente ansiosi sono in grado di aggiornare le probabilità di ricompensa e di punizione sociale all'interno delle interazioni sociali in contesti caratterizzati da elevati livelli di incertezza. I risultati hanno dimostrato che individui maggiormente ansiosi presentano maggior difficoltà nell'aggiornare le probabilità sociali: infatti, fanno fatica ad apprendere che una situazione sociale punitiva può con il tempo non rappresentare più una minaccia e questo è dovuto proprio a una difficoltà nell'aggiornamento delle probabilità in un contesto più incerto.

Inoltre, teorie recenti hanno proposto che il disturbo dello spettro dell'autismo è connesso con una compromissione nella velocità di apprendimento in contesti maggiormente volatili (Lawson et al., 2014; Palmer et al., 2017; Van de Cruys et al., 2014 - 2017). In particolare, lo studio di Goris et al. del 2021 ha rivelato che la prestazione dei soggetti con più tratti autistici è inferiore negli ambienti volatili, ovvero maggiormente incerti; tuttavia, questa differenza non può essere attribuita soltanto a una compromissione del tasso di apprendimento.

Tutti questi risultati mostrano che la presenza di un contesto ambientale maggiormente instabile e poco prevedibile, quindi volatile, risulta essere un fattore che può ulteriormente mettere in difficoltà gli individui e, in particolar modo, i soggetti che presentano delle specifiche problematiche come, ad esempio, le persone con i disturbi del neurosviluppo come il disturbo dello spettro dell'autismo, il disturbo da deficit di attenzione e iperattività e persone con elevati livelli di ansia sociale.

CAPITOLO 2: ADHD E DSA

Con “disturbi del neurosviluppo” si intende quell’insieme di condizioni cliniche molto diversificate tra di loro, accomunate però da caratteristiche comuni. Tutti i disturbi appartenenti a questa categoria insorgono infatti nelle prime fasi dello sviluppo. Oltre all’età di insorgenza, queste condizioni non sono riconducibili a cause note e documentate. È stato dimostrato che alla base dei disturbi del neurosviluppo è presente un’interazione tra fattori genetici (come, ad esempio, mutazioni cromosomiche) ed ambientali (esposizione durante la gravidanza ad alcol, infezioni perinatali, ecc.) (Vuong et al., 2017). All’interno della categoria dei disturbi del neurosviluppo sono presenti sei diverse categorie diagnostiche: il disturbo dello sviluppo intellettivo o disabilità intellettiva, il disturbo della comunicazione, il disturbo dello spettro dell’autismo (ASD, *Autism Spectrum Disorder*), i disturbi del movimento, i disturbi specifici dell’apprendimento (DSA) e il disturbo da deficit di attenzione e iperattività (ADHD, *Attention Deficit Hyperactivity Disorder*).

In questo elaborato di tesi verranno presi in considerazione due disturbi del neurosviluppo: l’ADHD e i DSA.

2.1 ADHD

2.1.1 Definizione e manifestazioni cliniche

L’ADHD (Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività) è un disturbo del neurosviluppo caratterizzato da un livello di disattenzione e/o di iperattività e impulsività più elevato e più frequente rispetto a quanto si osserva nei soggetti di pari età e livello di sviluppo. Esso consiste in un’alterazione dello sviluppo neurocognitivo del bambino, caratterizzato da iperattività, impulsività e incapacità nella concentrazione. Si tratta di un disturbo pervasivo in quanto è presente in più contesti di vita del soggetto (familiare, scolastico, sportivo, ecc.) e compromette in modo significativo il funzionamento nei diversi ambiti di vita (DSM-5, 2013).

L’ADHD si suddivide in tre sottogruppi: il primo è il sottogruppo disattento in cui sono prevalenti i sintomi legati a livelli elevati di disattenzione, come ad esempio la difficoltà nel focalizzare e nel sostenere l’attenzione nel tempo. Il secondo è il sottogruppo

iperattivo-impulsivo caratterizzato da alti livelli di dinamicità motoria e impulsività: i comportamenti maggiormente riscontrabili in questo sottogruppo sono caratterizzati da un'attività motoria eccessiva, un'estrema irrequietezza, la presenza di azioni precipitose, non pianificate e con potenziali conseguenze dannose. L'ultimo sottogruppo è quello combinato in cui sono presenti livelli elevati sia di disattenzione sia di iperattività e impulsività.

Secondo il DSM-5 (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*) per poter porre una diagnosi di ADHD è necessario che i sintomi siano emersi prima dei dodici anni; invece, al contrario delle versioni precedenti, non è più necessaria un'età minima di insorgenza. Infatti, nel DSM-4 i sintomi dovevano essere presenti prima dei sette anni di età, mentre nella versione più recente del manuale non c'è più un limite inferiore di età ma solo superiore, ovvero prima dei dodici anni. Inoltre, il disturbo deve essere presente in almeno due contesti di vita del bambino, trattandosi appunto di disturbo pervasivo, e i sintomi devono interferire con il normale funzionamento sociale, scolastico o lavorativo. La diagnosi dell'ADHD deve essere clinica: non ci si può infatti basare solo sui punteggi ottenuti a test o questionari, ma deve basarsi sull'osservazione diretta del comportamento del bambino e sulle informazioni ottenute nei diversi contesti di vita dalle persone più vicine al soggetto come i genitori, gli insegnanti, gli educatori e gli altri adulti significativi.

Il DSM-5 identifica nove sintomi relativi al sottotipo disattento come ad esempio “il bambino ha difficoltà a stare attento durante i compiti a scuola o durante il gioco”; di conseguenza se il soggetto presenta almeno sei dei sintomi si può porre diagnosi del sottotipo disattento. Altrettanti sono i sintomi per definire il sottotipo impulsivo-iperattivo come ad esempio “il bambino si alza in classe o in situazioni in cui ci si aspetta che rimanga seduto”; anche in questo caso se il soggetto presenta almeno sei dei sintomi si può porre diagnosi del tipo impulsivo-iperattivo; se, infine, il soggetto presenta almeno sei sintomi di entrambi i tipi, la diagnosi sarà di tipo combinato.

Per poter eseguire un corretto iter diagnostico è necessario effettuare la diagnosi differenziale con altre condizioni che presentano caratteristiche simili: infatti, i sintomi riconducibili all'ADHD si possono evincere anche in altri disturbi del neurosviluppo, soprattutto nell'ASD, in altri disturbi internalizzanti come ansia e/o depressione oppure nei disturbi maggiormente esternalizzanti come quelli della condotta.

2.1.2 Prevalenza, comorbidità e traiettoria evolutiva

A livello mondiale la prevalenza dell'ADHD nei bambini e negli adolescenti si aggira intorno al 5% (Drechsler et al., 2020), anche se questa percentuale tende a variare molto in base alle aree geografiche che si prendono in considerazione. In Italia, infatti, questa percentuale si abbassa intorno al 3%; è maggiormente frequente nei maschi rispetto alle femmine in un rapporto di 3:1 nei bambini e di 1,6:1 negli adulti; statisticamente le femmine presentano maggiormente sintomi di disattenzione, mentre nei maschi sono più comuni i sintomi legati all'iperattività-impulsività (rapporti ISTISAN dal 2007 al 2016, registro nazionale ADHD a cura di Germinario, Arcieri, Marzi, Panei & Vella, 2016).

L'ADHD è un disturbo che presenta elevati livelli di comorbidità con altre condizioni cliniche: infatti, circa il 50% dei bambini con questa diagnosi presenta anche sintomi legati al DOC (Disturbo Oppositivo-Provocatorio) o al DC (Disturbo della Condotta), Disturbi dell'Umore, Disturbi d'Ansia, Disturbi di Apprendimento, Disturbo della Coordinazione Motoria e la Sindrome di Tourette (Danckaerts et al., 2010).

Nonostante si tratti di un disturbo che compare nei primi anni di vita, nella maggior parte dei casi i sintomi vengono riconosciuti con l'ingresso alla scuola elementare: le richieste imposte dalla scolarizzazione fanno emergere gli elevati livelli di disattenzione e di iperattività. In seguito, i sintomi rimangono stabili fino all'adolescenza, dove gli aspetti legati all'iperattività motoria diventano meno evidenti, ma persistono aspetti di irrequietezza, disattenzione e impulsività. Inoltre, con l'aumento delle richieste scolastiche aumentano anche le difficoltà che questi soggetti possono riscontrare a livello di pianificazione e di organizzazione. Nell'adolescenza e nell'età adulta le persone che hanno questa diagnosi tendono ad avere una personalità impulsiva e possono essere più a rischio di incorrere in condotte pericolose (Marzocchi, 2021).

Il trattamento dell'ADHD deve essere multifocale prendendo in considerazioni sia il bambino con la sua famiglia, specialmente i genitori, sia la scuola, essendo il luogo in cui il bambino passa la maggior parte del tempo. Il "*parent training*" è un intervento rivolto ai genitori per permettere loro di aumentare le abilità nel gestire le difficoltà riguardanti l'educazione dei figli puntando l'attenzione principalmente verso uno stile educativo più riflessivo ed organizzato (Vio, Marzocchi e Offredi, 1999). Il "*teacher training*" è un

intervento per gli insegnanti caratterizzato da incontri di consulenza per spiegare le tecniche migliori da adottare in questi casi.

Per quanto riguarda il bambino, invece, è stato effettuato uno studio condotto negli Stati Uniti (*MTA Cooperative Group*, 1999) per confrontare l'efficacia dei diversi trattamenti: quello farmacologico, quello psicologico-comportamentale e la combinazione dei due.

All'interno dei trattamenti psicologico-comportamentali, quelli che hanno avuto un maggior riscontro empirico sono le tecniche cognitivo-comportamentali: di queste alcuni esempi sono le auto-istruzioni verbali, il *problem solving* e lo *stress inoculation training*, ovvero il controllo e la consapevolezza delle emozioni in situazioni di stress. In aggiunta sono previsti anche dei colloqui e delle riflessioni per permettere al bambino di avere uno stile attribuzionale interno per comprendere che i propri comportamenti hanno un impatto sui pensieri e comportamenti altrui. A questo approccio cognitivo si affiancano le tecniche comportamentali, come l'utilizzo dei gettoni per i rinforzi e la perdita dei privilegi nel caso in cui si commettano azioni negative.

Per ciò che concerne il trattamento farmacologico, in Italia viene prescritto il metilfenidato (MPH) che agisce sulla modulazione della ricaptazione della dopamina e si è dimostrato efficace in circa il 70% dei pazienti con ADHD, riducendo soprattutto i sintomi di disattenzione e di iperattività.

I risultati dello studio condotto negli Stati Uniti nel 1999 hanno dimostrato che la combinazione dei due trattamenti dava risultati migliori e maggiormente duraturi nel tempo. Questo dimostra che, nonostante all'inizio il trattamento farmacologico era quello che dava i risultati più evidenti, è indispensabile combinarlo con tecniche comportamentali e autoregolative che permettano al bambino di comprendersi meglio e di mettere in atto delle strategie per gestire i suoi comportamenti e le sue emozioni.

2.2 DSA

2.2.1 Definizione e manifestazioni cliniche

I DSA (Disturbi Specifici dell'Apprendimento) sono un insieme di condizioni cliniche caratterizzate da difficoltà nella lettura, nella scrittura e/o nel calcolo e, in generale, nelle abilità scolastiche (DSM-5, 2013). Così come per l'ADHD, anche i DSA sono considerati dei disturbi del neurosviluppo in quanto emergono nelle prime fasi dello sviluppo, non

sono direttamente riconducibili a cause note, hanno una base neurobiologica e presentano un'eziologia epigenetica.

Uno dei massimi esperti del settore, C. Cornoldi, in merito ai DSA sostiene che le difficoltà scolastiche sono di tanti tipi diversi e spesso non sono la conseguenza di una causa specifica ma sono dovute al concorso di molti fattori che riguardano sia il paziente in età scolare sia il contesto in cui egli viene a trovarsi (Cornoldi, 1999).

Nello specifico, con il termine “dislessia” si intende il disturbo specifico della lettura che si manifesta appunto con una difficoltà nella lettura che risulta essere lenta, deficitaria e con numerosi errori. La disortografia è il disturbo specifico della scrittura che consiste nella difficoltà nello scrivere correttamente. La disgrafia, invece, è una difficoltà che riguarda la componente motoria della scrittura che risulta difficoltosa e lenta. Infine, la discalculia è il disturbo specifico che riguarda il calcolo, la manipolazione del numero e il recupero dei risultati di operazioni aritmetiche.

Per poter porre la diagnosi è necessaria la presenza di quattro criteri specifici. Secondo il primo criterio la lettura, la scrittura e il calcolo devono risultare particolarmente deficitari con una maggiore lentezza e minore accuratezza; il secondo criterio viene soddisfatto se le abilità scolastiche risultano significativamente inferiori rispetto all'età anagrafica dell'individuo. Il terzo criterio fa riferimento al fatto che le difficoltà possano emergere anche successivamente nello sviluppo, ovvero quando le richieste scolastiche risultano essere più elevate. Infine, l'ultimo criterio si riferisce alla specificità delle difficoltà legate all'apprendimento in quanto la diagnosi deve essere fatta nel momento in cui si escludono altri fattori, ovvero il quoziente intellettivo (Q. I.), perché deve risultare essere nella norma, disturbi a livello sensoriale (visivi, uditivi), a livello motorio o neurologico. Solo se tutti questi quattro criteri diagnostici vengono soddisfatti è possibile effettuare la diagnosi.

A differenza dell'ADHD, nel caso dei DSA è presente un'età minima per poter porre la diagnosi: infatti, è necessario che il bambino abbia finito il secondo anno della scuola elementare, periodo in cui normalmente sono avviati gli apprendimenti. Inoltre, è possibile specificare anche la gravità del disturbo: si parla di difficoltà lieve nel momento in cui si riesce a compensare con l'ausilio di strumenti compensativi e/o dispensativi; se la difficoltà riguarda più ambiti ed è necessario un intervento specializzato la gravità è

media, mentre se la difficoltà è notevole e, nonostante l'insegnamento specializzato, le problematiche permangono, si parla di un livello grave.

Anche nel caso dei DSA è importante effettuare una corretta diagnosi differenziale con altri disturbi che presentano delle caratteristiche sintomatologiche simili come, ad esempio, la disabilità intellettiva di tipo lieve, i disturbi dello spettro dell'autismo, aspetti depressivi, reazioni psichiche a maltrattamenti o *neglect* e l'ADHD (Camarota, 2013).

2.2.2 Prevalenza, comorbidità e fattori di rischio

I DSA sono disturbi relativamente frequenti e hanno una prevalenza pari al 4,9% del totale della popolazione studentesca italiana (MIUR, 2018/2019) con delle differenze territoriali a livello nazionale; dai dati MIUR dell'anno scolastico 2018/19 emerge anche che tra i DSA quello più frequente è la dislessia (39,6%), seguito dalla disortografia (21,5%), la discalculia (20,3%) e infine la disgrafia (18,6%). Di norma si tratta di disturbi che sono maggiormente frequenti nei maschi rispetto alle femmine con un rapporto di 3:1.

Possono manifestarsi isolatamente, ma, più frequentemente, si presentano in associazione tra di loro, ovvero in comorbidità; oltre a questi sono presenti altri disturbi che possono essere presenti in associazione come l'ADHD, l'ASD, i disturbi del linguaggio, i disturbi della coordinazione motoria, i disturbi emotivi internalizzanti (come disturbi depressivi o quelli d'ansia) e i disturbi del comportamento.

Come già accennato in precedenza, non è possibile fare la diagnosi per DSA prima della fine del secondo anno della scuola elementare: soltanto dopo questo periodo infatti è possibile cogliere le differenze individuali presenti all'interno della popolazione normotipica; inoltre, dopo il secondo anno della scuola elementare i bambini di norma hanno acquisito le basi dell'alfabetizzazione e del calcolo. In età prescolare, nonostante l'individuazione precoce sia difficile, sono presenti dei fattori di rischio che possono aumentare la probabilità di insorgenza. Tra questi fattori c'è la comparsa di disturbi (ADHD, disturbi del linguaggio, disturbi della coordinazione motoria) che si manifestano in epoca precedente e che sono spesso in comorbidità con i DSA (Tallal, 2004). In altre parole, nessun elemento può essere considerato un tratto distintivo per proporre una diagnosi precoce. Un ulteriore fattore di rischio per l'insorgenza di DSA è la familiarità: infatti, questi disturbi hanno una forte componente di ereditabilità dimostrata dagli studi effettuati sui gemelli omozigoti. Questi fattori di rischio in generale sono fattori che sono

validi per tutti i disturbi del neurosviluppo. Oltre ai fattori genetici, noti sono i molteplici fattori di rischio a livello ambientale che possono alterare lo sviluppo cerebrale come l'esposizione prenatale alla nicotina. Di conseguenza, da diversi studi emerge come un approccio integrato che consideri sia l'influenza dei geni sia gli aspetti ambientali risulti essere il metodo migliore per l'individuazione dei fattori che sono alla base dei DSA.

Tra i trattamenti per i DSA quelli che hanno avuto un maggior successo sono quelli di tipo "correttivo", che permettono di migliorare l'accuratezza e la velocità nella scrittura, nella lettura e nel calcolo (Alexander e Slinger-Constant, 2004). Inoltre, è utile ricordare che i trattamenti hanno una maggiore efficacia se vengono effettuati su bambini più piccoli e con difficoltà più lievi rispetto a bambini più grandi e con maggiori difficoltà (Torgesen et al., 2001).

In generale i trattamenti maggiormente utilizzati sono di tipo cognitivo-educativo, mentre non ci sono evidenze che i trattamenti farmacologici possano produrre dei risultati. Sono presenti dei fattori che possono influenzare l'efficacia dei trattamenti come il livello di intensità, la durata del trattamento e il contesto in cui questo avviene; la dislessia è il disturbo che presenta maggiori evidenze e prove a sostegno dei trattamenti (Alexander e Slinger-Constant, 2004; McArthur et al. 2012).

Ci sono due classi di interventi: i primi sono di tipo fonologico-linguistico, i secondi sono non-linguistici.

I primi agiscono principalmente su cinque domini fondamentali: la consapevolezza fonologica, ovvero comprendere la struttura sonora del linguaggio parlato e dei fonemi, la conoscenza fonemica, cioè dei rapporti tra lettere e suoni e le corrispondenze ortografiche, l'automaticità della lettura, il vocabolario che potenzia la fluidità della lettura e, infine, l'elaborazione e la comprensione del testo che viene inevitabilmente compromessa. In uno studio di Torgesen et al., 2001 è stato dimostrato che i metodi che implicano delle istruzioni esplicite riguardo alla consapevolezza fonologica e fonemica si sono rilevati migliori in termini di risultati nella lettura rispetto a quelli che si avvalgono di indicazioni semantiche o sintattiche più complesse. Purtroppo, però, questi risultati non si mantenevano dopo un anno dalla fine del trattamento: si ritiene infatti che le variabili che maggiormente incidono sul mantenimento dei miglioramenti a lungo termine siano l'attenzione, la capacità di linguaggio in comprensione e lo status socioeconomico.

Gli interventi non linguistici, al contrario, si concentrano su due aspetti in particolare: l'elaborazione uditiva e il sistema visivo. Nel caso dell'elaborazione visiva, i risultati di alcune ricerche mostrano che i miglioramenti presenti a livello visivo non sempre sono accompagnati da altrettanti miglioramenti nelle abilità di lettura e di ortografia. Per quanto concerne gli interventi che si focalizzano sugli aspetti visivi, è stato dimostrato che se si riesce a migliorare deficit visivi, di conseguenza, si riesce ad apportare dei miglioramenti anche nella lettura (Franceschini e colleghi, 2013).

2.3 Apprendimento implicito e disturbi del neurosviluppo

Lo studio di Saffran (2018) ha evidenziato che l'abilità dello *statistical learning*, una particolare forma di apprendimento implicito, è preservata nei soggetti con disturbi del neurosviluppo quando l'ambiente è costante e prevedibile, al pari dei soggetti a sviluppo tipico. I bambini con queste condizioni cliniche mostrano maggiori difficoltà ad integrare le nuove informazioni ambientali con le esperienze precedenti quando avvengono cambiamenti nel contesto, come accade spesso nella quotidianità.

In riferimento all'ADHD, dai risultati dello studio di Domuta et al. (2003) è emerso che già in epoca prescolare sono evidenti delle differenze significative tra un gruppo di bambini a sviluppo tipico e un gruppo di bambini con ADHD. In particolare, quest'ultimo mostra una prestazione significativamente peggiore rispetto al gruppo di controllo nei compiti di apprendimento implicito che indagano aspetti visivi.

Tra i DSA, la dislessia, essendo il disturbo più comune, è anche quello che maggiormente ha prodotto più ricerche e studi. Il gruppo di ricerca di Wojcik nel 2024 si è interrogato sulla relazione che intercorre tra i deficit nell'apprendimento implicito e la dislessia. In questo studio sono stati messi a confronto tre gruppi di bambini di età compresa tra gli otto e i dodici anni: un gruppo di controllo senza deficit, un gruppo di bambini con dislessia e l'ultimo che presenta deficit di ortografia con lo scopo di verificare se emergevano delle differenze; tutti i partecipanti sono stati poi suddivisi in due gruppi: studenti e non studenti. Il compito consisteva in un *serial reaction time task* in cui i bambini dovevano premere dei pulsanti in corrispondenza di stimoli presentati in una sequenza ripetuta di cui, però, i partecipanti non ne erano consapevoli. I risultati dei tempi di risposta non hanno rivelato nessuna differenza significativa nell'apprendimento implicito; inoltre, gli autori hanno utilizzato anche l'fMRI (Risonanza Magnetica

Funzionale) per verificare se emergono delle differenze nell'attivazione cerebrale e i risultati dimostrano che è presente l'attivazione del giro frontale inferiore sinistro e dell'insula sinistra maggiormente nel gruppo di controllo di studenti e nel gruppo di bambini con dislessia non studenti. Questi risultati dimostrano che l'apprendimento implicito è più frequentemente interrotto nei bambini con dislessia rispetto ai bambini a sviluppo tipico e l'attivazione delle suddette aree cerebrali contribuisce all'apprendimento efficace nel gruppo dei bambini di controllo, ma non nei bambini con dislessia (Wojcik et al. 2024).

Sempre in riferimento alla dislessia, uno studio del 2022 di Lee e colleghi ha dimostrato che i bambini che hanno una diagnosi di dislessia mostrano una debolezza anche nello *statistical learning* rispetto ai bambini con sviluppo tipico. Questo può essere spiegato dall'ipotesi del deficit procedurale presente nella dislessia, teorizzato da Nicolson e Fawcett nel 2007, che sostiene che i circuiti anormali di apprendimento linguistico-procedurale siano responsabili della menomazione primaria nelle persone con dislessia. Un'altra scoperta importante del gruppo di ricerca di Lee è che la dimensione dell'effetto del QI verbale era inversamente correlata con la dimensione dell'effetto dell'apprendimento statistico: le persone con dislessia che avevano un QI verbale più elevato avevano un apprendimento statistico più debole. Di conseguenza, questo dimostra l'interdipendenza tra la memoria procedurale implicita e quella dichiarativa esplicita (Lee et al. 2022).

CAPITOLO 3: RICERCA

3.1 Obiettivi

Questo elaborato fa parte del progetto “Keep CALM and take control: un lavoro multicentrico (CALM-2)”, il cui responsabile scientifico è il Professore Giovanni Mento. Si tratta del proseguimento del precedente progetto “Sviluppo del controllo cognitivo adattivo: un lavoro multicentrico (CALM-1)” che ha indagato il controllo cognitivo adattivo nell’ADHD. Nello specifico, CALM-1 aveva come obiettivo quello di indagare come il controllo cognitivo si adatta in funzione del contesto e come questa capacità possa potenzialmente differire nello sviluppo atipico. I risultati suggeriscono che in contesti più complessi i bambini con ADHD mostrano una minore ottimizzazione del controllo cognitivo in funzione del contesto. Tuttavia, non è chiaro se queste difficoltà dipendono da deficit nel controllo cognitivo oppure nel sottostante apprendimento implicito. Inoltre, dal momento che studi precedenti (Lawson et al., 2017) mostrano che nei disturbi del neurosviluppo è possibile riscontrare alterazioni a livello di controllo cognitivo quando la predicibilità dell’ambiente cambia in maniera volatile, CALM-2 vuole disambiguare la capacità di adattamento del controllo cognitivo dall’apprendimento implicito in contesti volatili (in cui la prevedibilità degli eventi cambia frequentemente). Nel presente elaborato si è pertanto indagato l’apprendimento implicito in un contesto ad alta volatilità in un gruppo di bambini con ADHD, DSA e con comorbidità.

3.2 Metodo

3.2.1 Partecipanti

Al presente studio hanno partecipato 110 bambini di età compresa tra i 4 e i 14 anni con diagnosi di disturbo del neurosviluppo, che poteva includere le seguenti categorie: DSA, ADHD, ASD.

I criteri di esclusione utilizzati in questa ricerca sono:

- Comorbidità con Disabilità Intellettiva (DI) o Funzionamento Intellettivo Limite (FIL);
- Quadri sindromici genetici o malattie neurologiche (ad esempio epilessia).

Nel corso della ricerca sono stati inoltre esclusi: 1 bambino perché non ha completato il *task* a causa di problemi tecnici, 15 bambini perché hanno mostrato un’accuratezza totale

inferiore al 65% nel *task*, 6 bambini per un punteggio al test delle Matrici Progressive di Raven di 2 deviazioni standard al di sotto della media della popolazione.

Sul totale del campione raccolto e al netto dei casi esclusi, il presente elaborato si è concentrato esclusivamente su un sotto-campione di bambini con diagnosi di disturbi del neurosviluppo ADHD (N = 34), DSA (N = 10) e ADHD e DSA in comorbidità (N = 21). Il campione finale (N = 65) è di 15 femmine e 50 maschi. I partecipanti sono stati reclutati e testati presso vari centri clinici del territorio italiano, inclusi l'IRCCS "E. Medea – La Nostra Famiglia" (sedi di Conegliano (TV), Padova (PD), San Donà di Piave (VE), Treviso (TV)), "Centro Italiano ADHD" di Milano (MI), "Punto Tondo" di Conegliano (TV), "Piccolo Principe" di Ferrara (FE), Studio logopedico psicologico "Il Timone" di La Spezia (SP), "Studio Cagnin Benetti" di Fiesse d'Artico (VE).

Di seguito è illustrato un grafico che raccoglie le caratteristiche demografiche del campione:

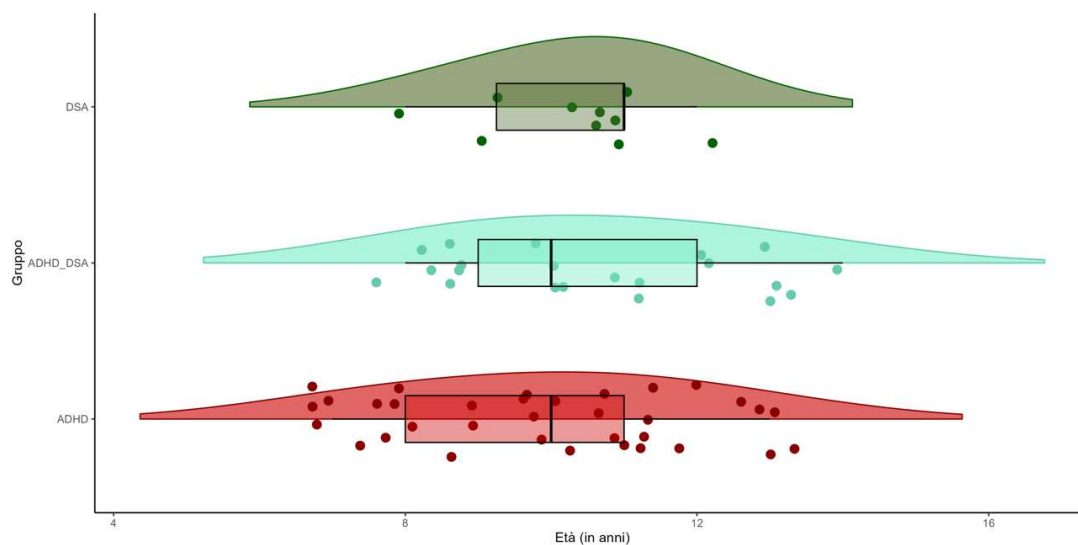


Figura 3. Caratteristiche demografiche del campione. In ascissa l'età in anni dei soggetti, in ordinata il gruppo ADHD (in rosso), il gruppo ADHD_DSA (in verde acqua) e il gruppo DSA (in verde militare).

3.2.2 Conformità etica

I genitori dei bambini che hanno preso parte alla ricerca hanno fornito il loro consenso scritto, mentre i bambini hanno fornito il loro assenso orale alla partecipazione. Tutte le procedure sperimentali sono state approvate dal Comitato Etico della Scuola di Psicologia

dell'Università di Padova (protocollo n. 387-a) e sono state condotte secondo i principi espressi dalla Dichiarazione di Helsinki.

3.3 Stimoli e procedure

3.3.1 Procedura sperimentale

All'inizio della procedura sperimentale, ogni famiglia veniva contattata telefonicamente per informarla della ricerca e per chiedere il loro iniziale consenso alla partecipazione. Alcune di queste famiglie avevano già partecipato in precedenza alla ricerca CALM-1 e quindi sono state invitate a proseguire con la seconda fase. Successivamente, le famiglie si sono presentate presso la struttura. La raccolta dati si è svolta in due sessioni di 45 minuti, al fine di permettere sia la raccolta dei dati clinici (*assessment* neuropsicologico) che sperimentale (prova computerizzata). La ricerca si è svolta nel periodo compreso tra Aprile e Luglio 2024.

Come primo passaggio è stato letto, compreso e firmato dai genitori il consenso informato alla partecipazione e al trattamento dei dati relativo alla somministrazione delle varie prove da parte del figlio e dei questionari da parte dei genitori. In seguito, il bambino veniva accompagnato in una stanza fornita dalla struttura, adeguatamente illuminata e senza distrazioni, in cui veniva posto di fronte a un computer portatile.

Mentre il bambino svolgeva la prima parte della prova, ovvero il primo incontro di 45 minuti, i genitori sono stati invitati ad accedere con un *QR code* (come mostrato dalla *Figura 4*) per compilare una serie di questionari online attraverso la piattaforma *Qualtrics* (Qualtrics, 2019) per raccogliere delle informazioni anamnestiche sul bambino e sulla famiglia, in particolare in riferimento al suo sviluppo, al rendimento scolastico e alle attività extrascolastiche, in aggiunta a informazioni relative ad aspetti comportamentali, emotivi e sociali.

Cari genitori, per rispondere ai nostri questionari vi serviranno queste informazioni!

Non perdetele e grazie per il vostro contributo!

ID: _____

Codice: _____



Figura 4. Documento consegnato ai genitori in cui viene presentato il QR Code per accedere al questionario.

3.3.2 Materiali

L'incontro iniziava con la somministrazione delle Matrici Progressive di Raven (Raven, 1941; Raven, 2008) attraverso il software Opensesame (versione 3.314; Mathôt, Schreij & Theeuwes, 2012) al fine di verificare l'intelligenza fluida. Esse consistono nella presentazione di 36 figure a cui manca una parte: il soggetto deve scegliere tra diverse alternative quella che secondo lui completa la figura. Hanno un livello di complessità crescente e si suddividono in tre tipologie in base all'età: nel caso del presente progetto sono state utilizzate le matrici progressive colorate che sono indicate per bambini dai 5 agli 11 anni.

3.3.2.1 Test neuropsicologici

Il protocollo di *assessment* neuropsicologico prevedeva la somministrazione dei seguenti test:

- *Wisconsin card sorting test* (WCST): valuta le abilità di ragionamento astratto e di cambiamento nelle strategie cognitive in base alle condizioni ambientali. Sono presenti 64 carte divise in quattro mazzi che raffigurano rispettivamente un triangolo rosso, due stelle verdi, tre croci gialle e quattro cerchi blu; il bambino deve scegliere secondo che regola mettere le carte in uno dei quattro mazzi. Durante il compito, inoltre, le regole secondo cui mettere le carte cambiano e il bambino deve essere in grado di comprendere quando cambiano e agire di conseguenza cercando di capire quale regola viene utilizzata (Heaton & Par, 2000) – versione computerizzata a 64 carte somministrata attraverso il software Pebl (Mueller & Piper, 2014).

- *Backward digit span* relativo alla WISC-IV: valuta la capacità della memoria di lavoro. Il bambino deve ripetere dei numeri nell'ordine inverso in cui gli vengono presentati e si valuta qual è il suo livello di memorizzazione.
- *Stroop numerico* della BIA (Batteria Italiana per l'ADHD): valuta il controllo dell'inibizione della risposta automatica. Questo test prevede la presentazione di stimoli che portano a due risposte incompatibili; nella condizione *baseline* viene chiesto al bambino di contare il numero di asterischi presenti in ogni casella, mentre nella condizione *Stroop* viene chiesto di contare quanti numeri sono presenti in ogni cella. Di questo test si considera sia il numero di errori sia il tempo impiegato nello svolgimento.
- *Completamento alternativo di frasi* della BIA, derivato dal test Junior Hayling (Shallice et al., 2002): valuta le capacità inibitorie, ovvero quanto il soggetto è in grado di bloccare la risposta automatica, e la capacità di flessibilità cognitiva, ovvero la capacità di generare una risposta diversa rispetto a quella indotta dalla frase. Questo test si compone di venti frasi che vengono lette al bambino, il quale deve completarle con la parola finale; per la metà delle frasi deve completare con la risposta giusta, mentre per l'altra metà deve fornire una parola che non sia semanticamente connessa con la frase.
- *Inibizione* della Nepsy-II: come per i test precedenti, anche in questo caso si valuta la capacità di inibizione delle risposte automatiche in favore di quelle nuove. Esso è costituito da due parti: nella prima il bambino deve guardare una serie di figure (cerchio e quadrato) e deve denominare la forma opposta rispetto a quella presentata; nella seconda parte vengono presentate delle frecce e il soggetto deve denominare la direzione opposta rispetto a quella che osserva.
- *Fluenze fonemiche* della BVN (Batteria di Valutazione Neuropsicologica): valuta la velocità di accesso al lessico. Al bambino vengono presentate, una alla volta, tre lettere e in un minuto deve dire tutte le parole che gli vengono in mente che iniziano con quelle lettere.

Dopo aver dato una panoramica generale, nel presente elaborato è stato preso in esame ed analizzato solo il test del *Wisconsin card sorting test*.

3.3.2.2 Questionari

Per quanto riguarda i genitori, oltre alle domande anamnestiche relative al bambino, veniva chiesto loro di rispondere a dei questionari, in particolare:

- *IUS (Intolerance of Uncertainty Scale)*: consiste in una scala che valuta il livello di tolleranza all'incertezza percepita dalle persone; in particolare, è stata sviluppata per misurare una tendenza disposizionale a reagire negativamente ad eventi con un grado elevato di incertezza. A livello di struttura è costituita da 27 item diversi (Gioia et al., 2000; Italian adaptation Marano, et al., 2016).
- *CPRS-R (Conners' Rating Scales Revised Parent version)*: si tratta di un test che valuta gli aspetti comportamentali maggiormente problematici connessi ai sintomi prevalenti legati all'ADHD e ai disturbi che possono verificarsi in comorbidità. Questo test consiste in una *checklist* completa per avere dei resoconti da parte dei genitori sui problemi che il bambino presenta in modo più evidente (Conners et al., 2001; Italian adaptation by Nobile et al., 2007).
- *Brief-2 (Behavior Rating Inventory of Executive Function, Second Edition)*: consiste in un test che valuta le funzioni esecutive e consente di valutare i diversi comportamenti messi in atto dal bambino in contesti diversi, come nell'ambiente scolastico e in quello familiare (Roth, Isquith, Gioia, 2017).
- *SRS (Social Responsiveness Scale)*: si tratta di un test che misura il grado di compromissione sociale associata ai disturbi dello spettro autistico facendo particolare riferimento ai comportamenti sociali reciproci, alla comunicazione e ai comportamenti ripetitivi e stereotipati tipici di questa condizione clinica (Constantino, Gruber, 2010; Italian adaptation by D'Ardia et al., 2021).

In particolare, nel presente elaborato sono stati considerati soltanto il questionario dello IUS e le scale delle Conners.

Dopo questi test veniva somministrato ai bambini il task centrale della ricerca, ovvero il Mario task.

3.3.3 Mario Task

Il compito sperimentare Mario Task è un *task* comportamentale computerizzato creato e somministrato attraverso il software Opensesame (versione 3.314; Mathôt, Schreij, & Theeuwes, 2012); si tratta di una prova di apprendimento associativo implicito, specificatamente costruito per indurre e misurare la volatilità ambientale (Lawson et al., 2017). Questo paradigma permette di comprendere in che modo la predicibilità del contesto è in grado di modulare la selezione della risposta appropriata; in secondo luogo, permette di comprendere anche come diversi gradi di volatilità ambientale possano influenzare l'apprendimento e il risultato a livello comportamentale.

In questo compito è stata utilizzata una manipolazione a livello di lista, chiamata *list-wide proportion manipulation* (Braem & Egner, 2018). Nel contesto del presente disegno sperimentale questa manipolazione consente di valutare come l'apprendimento associativo cambia in funzione della predicibilità del contesto (Lawson et al., 2017).

Il bambino è stato istruito durante il compito a cercare di essere il più veloce e accurato possibile nelle risposte.

La manipolazione probabilistica relativa all'associazione tra *cue* e *target* non viene mai resa esplicita al bambino. Sono state inserite pause di 30 secondi ogni circa 6/7 minuti e una pausa più lunga di un minuto a metà del compito.

Il compito ha inizio con la presentazione di una schermata iniziale della durata di 1000 ms, seguita dalla comparsa di un'immagine (*cue*) che raffigura due personaggi del videogioco della Nintendo © “Super Mario”, *Yoshi* e *Toad* per una durata di 500 ms. Dopo un intervallo di 1000 ms compare un secondo stimolo (*target*) che può essere una stella o un fiore. I bambini devono premere più velocemente e più accuratamente possibile un tasto della tastiera: in particolare, devono premere un tasto a sinistra (ad esempio “A”) se compare il fiore, mentre devono premere un tasto a destra (ad esempio “L”) se compare la stella o viceversa e ciò avviene in modo controbilanciato; il *target* resta al centro dello schermo per un tempo massimo di 2000 ms. Ogni trial ha una durata massima di 4500 ms. Tutte queste istruzioni vengono date al bambino come mostrato nella *Figura 5*.



Figura 5. È rappresentata la modalità in cui vengono date le istruzioni al bambino.

Per ogni risposta corretta da parte del bambino il numero di monetine che raccoglie aumenta (il numero di monete era visibile in un riquadro in basso a sinistra della schermata): questo è un aspetto saliente del compito perché fornisce al bambino un *feedback* indiretto della sua prestazione.

Prima dell'effettivo inizio del compito viene fatta svolgere da ogni bambino una prova per verificare che le istruzioni siano state comprese al meglio: durante la prova il bambino, oltre a poter monitorare il numero di monete come avviene durante il compito, riceve un *feedback* diretto della prestazione (compare al centro dello schermo la scritta "Super!" ogni volta in cui il soggetto risponde in modo corretto, "Riprova!" se sbaglia o "Risposta non data!" se non risponde in tempo), come mostrato nella *Figura 6*.

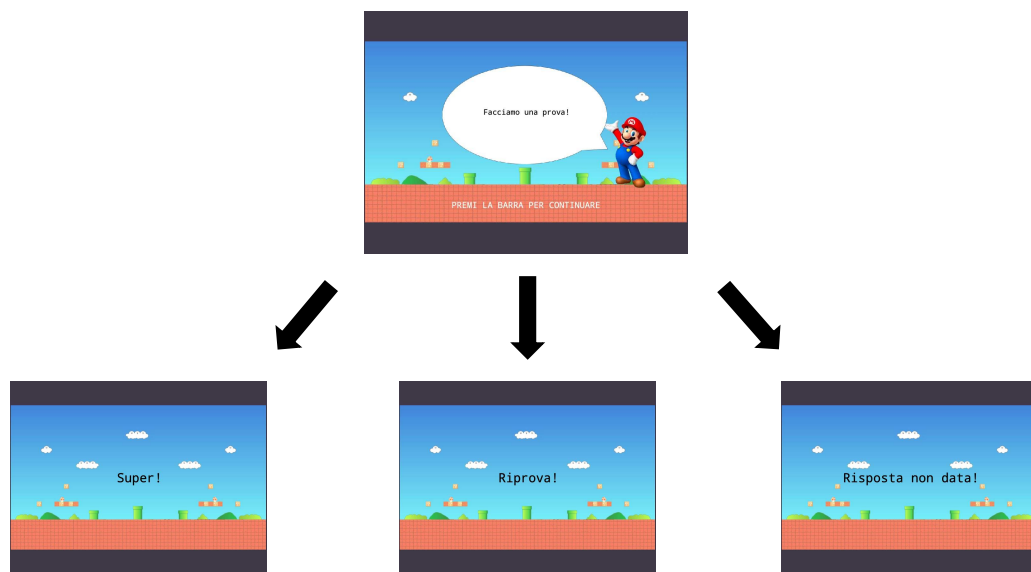


Figura 6. La schermata superiore mostra l'inizio della prova. In basso sono presenti le schermate che appaiono rispettivamente quando il bambino risponde correttamente ("Super!"), quando sbaglia risposta ("Riprova!") e quando non dà nessuna risposta ("Risposta non data!").

Al termine della prova, se il bambino ha completato correttamente almeno 10 risposte su 12, ovvero l'83%, potrà procedere con il compito effettivo, altrimenti dovrà ripetere la prova: questo cut-off elevato è stato pensato per garantire una migliore comprensione delle istruzioni.

Inoltre, non viene fornita nessuna informazione riguardo al numero massimo di monetine che devono essere raccolte oppure su quante monetine si devono raccogliere prima che ci sia una pausa.

La struttura del trial viene raffigurata nella *Figura 7*.

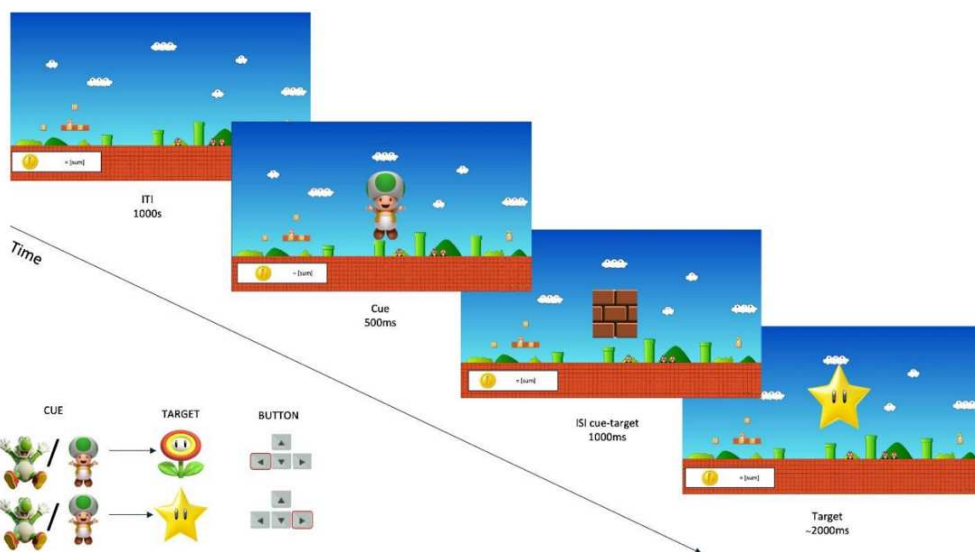


Figura 7. Rappresentazione grafica della struttura di un trial del Mario task, in cui il cue è il personaggio Toad e il target la stella.

I trial (N totale = 200) sono organizzati in tre tipologie di blocchi caratterizzati da diverse distribuzioni di manipolazione probabilistica relativa all'associazione tra *cue* e *target*.

Sono stati creati due tipi diversi di blocchi predittivi:

- Nel primo tipo nell'80% dei casi è presente l'associazione tra una coppia *cue-target*;
- Nel secondo tipo la stessa associazione è presente soltanto nel 20% dei casi.

Essendo presenti due diverse coppie di associazioni *cue-target* (avendo cioè due diversi *cue* e *target*) ed essendo queste equamente distribuite all'interno dei blocchi (ogni *cue* è stato associato a un *target* in maniera bilanciata), la stessa manipolazione probabilistica è stata applicata ad entrambe le coppie di associazioni.

Infine, un terzo tipo di blocco, definito "non predittivo", presentava associazioni fisse tra *cue* e *target*, mantenute sempre al 50%. Questi tre tipi di blocchi sono stati organizzati per esaminare come le differenti probabilità di associazione influenzano l'apprendimento e le prestazioni dei partecipanti al compito.

La struttura del compito è raffigurata nelle *Figure 8, 9 e 10*.

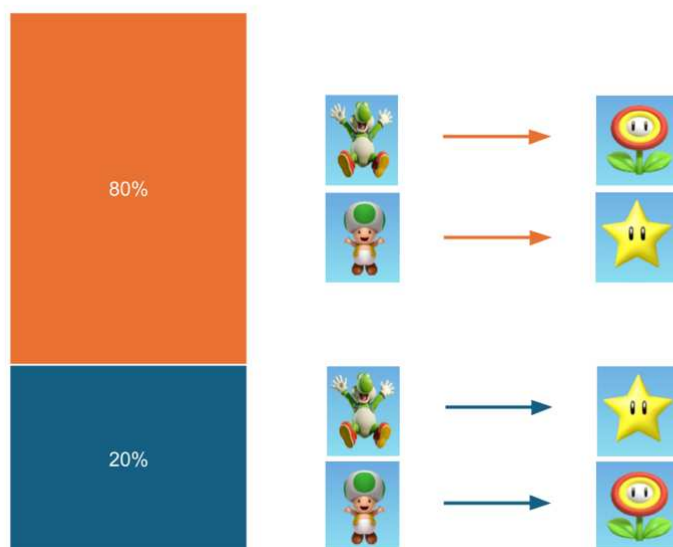


Figura 8. Rappresentazione grafica della struttura di un primo tipo di blocchi predittivi del Mario task: in questi blocchi nell'80% dei casi è presente l'associazione tra Yoshi e il fiore e Toad e la stella, mentre nel 20% dei casi è presente l'associazione opposta.

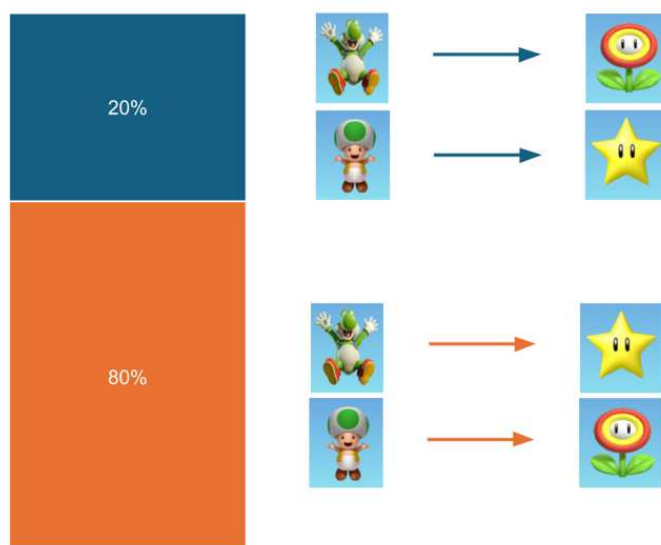


Figura 9. Rappresentazione grafica della struttura del secondo tipo di blocchi predittivi del Mario task: in questi blocchi nel 20% dei casi è presente l'associazione tra Yoshi e il fiore e Toad e la stella, mentre nell'80% dei casi è presente l'associazione opposta.

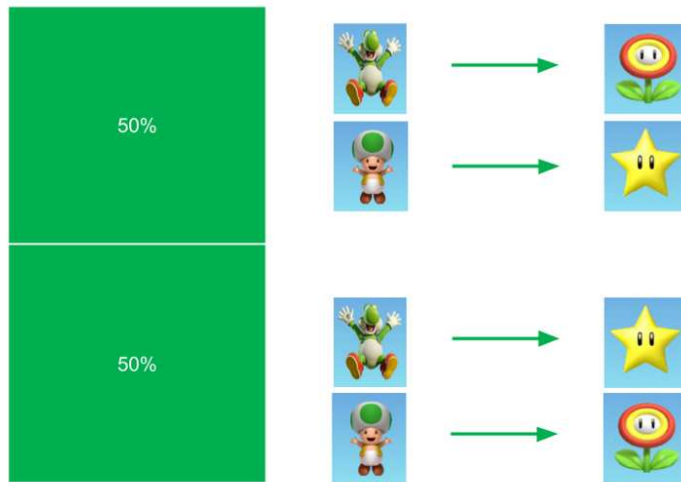


Figura 10. Rappresentazione grafica della struttura del terzo tipo di blocchi non predittivo del Mario task: in questi blocchi l'associazione tra i due cue (Toad e Yoshi) e i due target (stella o fiore) è presente nel 50% dei casi.

I blocchi vengono presentati in ordine fisso lungo il compito. Inizialmente vengono presentati i due blocchi predittivi (1° tipo, 2° tipo), poi il blocco non predittivo, nuovamente i due blocchi predittivi (2° tipo, 1° tipo) e infine il blocco non predittivo.

Il compito è composto dunque da 6 blocchi formati a loro volta da 40 trials nei casi dei due blocchi predittivi (come raffigurati nella *Figura 8* e *9*) e 20 trials nei blocchi non predittivi (come raffigurato nella *Figura 10*). Questa struttura ha permesso così di creare diversi livelli di volatilità ambientale, come rappresentato graficamente nella *Figura 11*. Inoltre, i blocchi vengono presentati e somministrati con un ordine fisso per tutti i partecipanti.

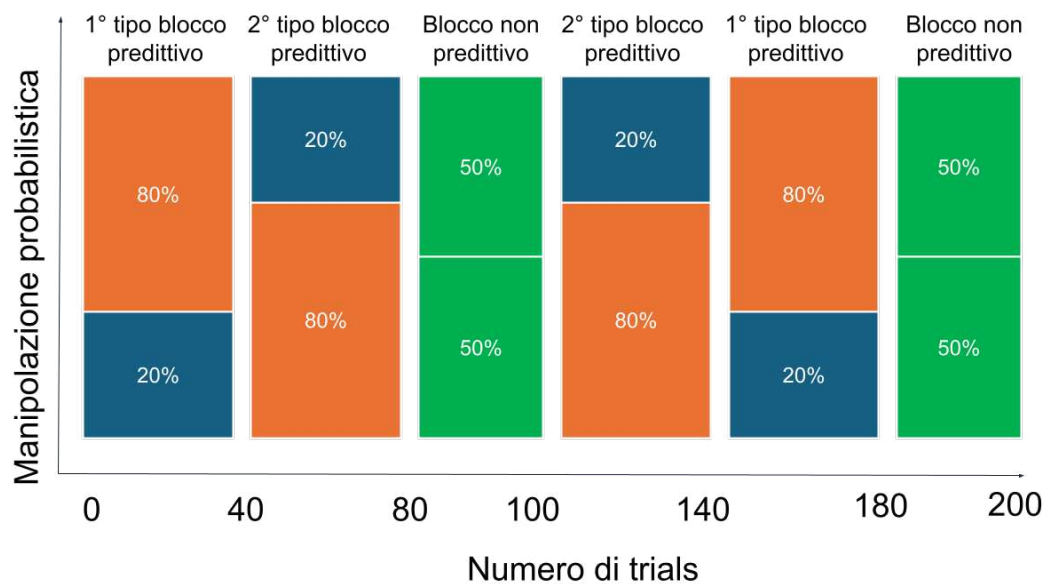


Figura 11. Rappresentazione grafica della struttura dei blocchi.

3.4 Ipotesi sperimentali

Un primo obiettivo del presente elaborato è stato quello di comprendere se la diagnosi di tipo nosografico (ADHD, DSA e la comorbidità) possa predire la prestazione al compito. In particolare, si ipotizza che i bambini che soddisfano i criteri diagnostici sia dell'ADHD sia dei DSA mostrino una prestazione inferiore in termini di flessibilità cognitiva rispetto ai bambini che presentano una diagnosi singola, ovvero solo ADHD oppure solo DSA. Questa ipotesi è valida per entrambe le variabili prese in considerazione, ovvero sia per l'accuratezza (data dal tasso di errori), sia per la velocità (data dai tempi di reazione). Inoltre, è stata indagata la possibile relazione tra la prestazione al compito e fattori individuali, come possibili tratti dimensionali, indipendentemente dall'appartenenza ad una specifica categoria diagnostica. In particolare, tra i test neuropsicologici somministrati si è scelto di considerare il WCST, che fornisce una misura di flessibilità cognitiva su istruzione esplicita ai partecipanti. Inoltre, sono stati presi in considerazione anche i questionari CPRS e IUS al fine di verificare se la capacità di apprendimento associativo probabilistico è predetta da dimensione individuali quali, rispettivamente, il funzionamento attentivo/esecutivo e l'intolleranza all'incertezza.

3.5 Analisi dei dati

3.5.1 Analisi dei dati comportamentali

Le variabili indipendenti considerate sono le seguenti: *Gruppo*, *Aspettativa* e *Tempo*.

La variabile *Gruppo* descritta precedentemente ha considerato le diverse categorie diagnostiche. La variabile *Aspettativa* si riferisce all'attesa delle associazioni *cue-target* manipolata a livello di blocco. Complessivamente sono state presentate 64 associazioni *cue-target* attese sulla base del tipo di blocco predittivo, 16 associazioni *cue-target* inattese e 40 neutrali presenti nel blocco non predittivo. La variabile *Tempo* è stata considerata al fine di indagare le traiettorie di apprendimento durante il compito. In particolare, i primi tre blocchi sono stati raggruppati come appartenenti alla fase *early* e gli ultimi tre alla fase *late*. L'interazione tra le tre variabili indipendenti considerate ha definito il seguente disegno sperimentale: 3 *between-subject* (*Gruppo*: ADHD, DSA e ADHD_DSA) x 3 *within-subject* (*Aspettativa*: atteso, inatteso, neutro) x 2 *within-subject* (*Tempo*: *early*, *late*).

Sia la velocità (tempo di reazione) che l'accuratezza (percentuale di errori) della risposta motoria alla comparsa dello stimolo *target* sono stati considerati come variabili dipendenti. In particolare, prima di inserire i tempi di reazione nel modello statistico, i dati sono stati log-trasformati e le risposte anticipate e sbagliate rimosse (tutte le risposte con un tempo di reazione inferiore ai 150 ms). Inoltre, l'età dei bambini è stata scalata.

Per testare la nostra ipotesi, abbiamo utilizzato un *linear mixed effects model* (LMER) che tenesse conto sia delle variabili indipendenti di cui sopra (predittori) che di fattori random legati alla variabilità individuale. L'età è stata inserita come covariata al fine di controllare eventuali effetti.

$$\log(\text{ErrRate}) \sim 1 + \text{Aspettativa} * \text{Tempo} * \text{Gruppo} + \text{Età} + (1|\text{soggetto})$$

$$\log(\text{RT}) \sim 1 + \text{Aspettativa} * \text{Tempo} * \text{Gruppo} + \text{Età} + (1|\text{soggetto})$$

3.5.2 Analisi dei questionari

Per quanto riguarda i questionari somministrati ai genitori, nel presente elaborato sono stati presi in considerazione solamente due: il questionario dello IUS (Gioia et al., 2000; Italian adaptation by Marano et al., 2016) e quello delle Conners (Conners et al., 2001;

Italian adaptation by Nobile et al., 2007). Per quanto riguarda il primo, è stata considerata solo la scala del punteggio globale, mentre per le Conners sono state considerate le seguenti scale: Conners K CGI (*Conners' Global Index*), ovvero l'indice totale delle Conners, Conners L DSM-IV Disattenzione, Conners M DSM-IV Iperattività/Impulsività, Conners N DSM-IV Totale.

Sul totale del campione originariamente reclutato sono stati raccolti 107 questionari. Di questi sono stati eliminati quelli che hanno risposto a meno del 90%. Inoltre, sono state escluse le repliche, ovvero i questionari che sono stati compilati due volte dai genitori. In totale sono stati compilati 87 questionari: di questi, quelli che fanno parte del nostro sotto-campione, che hanno compilato i questionari di nostro interesse e i cui figli sono stati inclusi nella parte comportamentale sono complessivamente 40.

Al fine di individuare una misura semplificata che fosse indicativa della prestazione individuale al compito in termini di aggiornamento dell'apprendimento tra un blocco e l'altro sono state create due variabili Delta. Una variabile Delta (deltaER) corrisponde alla differenza tra il tasso di errore nella condizione di atteso vs inatteso, ovvero l'accuratezza; la seconda variabile Delta (deltaRT) invece corrisponde alla differenza tra i tempi di reazione nella condizione di atteso e inatteso, ovvero la velocità. I punteggi Delta sono stati correlati con i punteggi ai questionari e ai test neuropsicologici.

Per indagare la possibile relazione tra la prestazione al compito e il funzionamento attentivo/esecutivo relativa alle Conners, abbiamo usato un modello lm:

$$\text{lm}(\text{'Conners K CGI Totale'}) \sim 1 + \text{deltaRT} + \text{deltaER}$$

Per indagare la possibile relazione tra la prestazione al compito e l'intolleranza all'incertezza relativa al questionario IUS, è stato usato il seguente modello:

$$\text{lm IUS} \sim 1 + \text{deltaRT} + \text{deltaER}$$

3.5.3 Analisi del compito di flessibilità cognitiva (WCST)

Il campione iniziale di bambini che hanno compilato il test del WCST è formato da 118 questionari; di questi, quelli che fanno parte del nostro sotto-campione e che sono stati inclusi nella parte comportamentale sono in totale 38.

Per indagare la possibile relazione tra la prestazione al compito e flessibilità cognitiva relativa al test del WCST, sono stati considerati gli errori di perseverazione all'interno del seguente modello:

lm errori perseveranti ~ 1 + deltaRT + delta ER

CAPITOLO 4: RISULTATI

4.1 Risultati comportamentali

4.1.1 Accuratezza

Dalla analisi è emerso un effetto significativo dell'*Aspettativa* ($X^2(2) = 7.8716, p = 0.0195$), un effetto significativo del *Gruppo* ($X^2(2) = 7.8286, p = 0.0199$), un effetto significativo dell'*Età* ($X^2(1) = 21.2869, p < 0.001$). Invece non è emerso alcun effetto significativo del *Tempo* ($X^2(1) = 2.2876, p = 0.1304$) e neanche effetti di interazione: né tra *Aspettativa* e *Gruppo* ($X^2(4) = 5.0720, p = 0.2800$), né tra *Aspettativa* e *Tempo* ($X^2(2) = 4.5028, p = 0.1053$), né tra *Gruppo* e *Tempo* ($X^2(2) = 2.7468, p = 0.2533$) e neanche tra *Aspettativa*, *Gruppo* e *Tempo* ($X^2(4) = 0.1689, p = 0.9966$).

L'interazione tra la variabile *Aspettativa* e la variabile *Gruppo* relativa al tasso di errore è raffigurata nel *Grafico 1*.

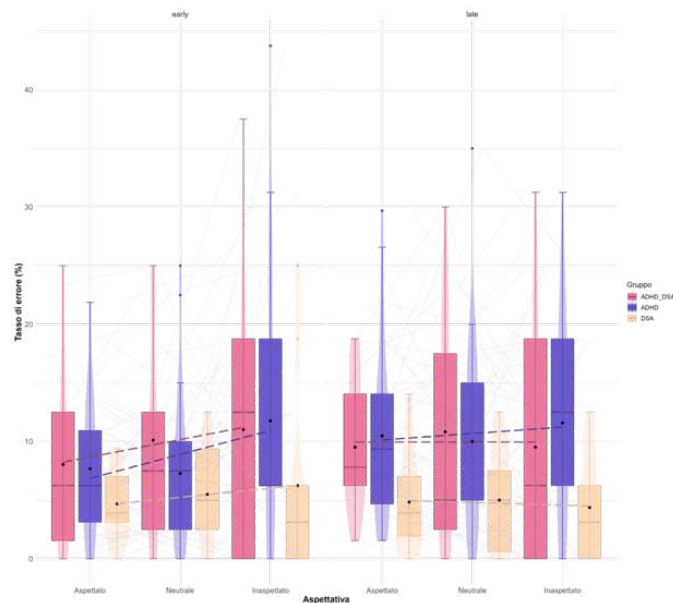


Grafico 1. Grafico che mette in relazione *Aspettativa* (in ascissa) con il tasso di errore (in ordinata) per i tre gruppi (ADHD, DSA ADHD_DSA). La prima metà del grafico (sinistra) mostra la condizione *early* (i primi tre blocchi di risposta), mentre la seconda parte rappresenta la condizione *late* (gli ultimi tre blocchi).

Per quanto riguarda i risultati dei contrasti relativi al tasso di errore, nella *Tabella 1* vengono analizzati i contrasti nella condizione *early*, ovvero nei primi tre blocchi,

mettendo in relazione i diversi gruppi sperimentali (ADHD, DSA e ADHD_DSA) nella condizione attesa (E – *Expected*) e in quella non attesa (UE – *Unexpected*).

Dalla tabella emerge che solo il contrasto tra atteso e inatteso nei soggetti con DSA risulta essere significativo considerando che presenta un p-value con un valore inferiore a 0.005, che rappresenta la soglia che determina che il risultato è statisticamente significativo. Ciò significa che il tasso di errore è significativamente minore nella condizione attesa rispetto a quella non attesa nei soggetti con DSA: questo suggerisce che i bambini con DSA commettono in percentuale un numero di errori più alto quando l'evento risulta essere non atteso rispetto a quando è atteso.

Contrasto	Stimatore	ES	GdL	T-ratio	P-value
E ADHD – UE ADHD	-2.98	1.8	310	-1.652	0.0996
E ADHD_DSA – UE ADHD_DSA	-3.81e-05	1.8	310	0.000	1.0000
E DSA – UE DSA	-4.09	1.42	310	-2.889	0.0041
E ADHD – E DSA	1.37	2.03	221	0.676	0.4996
E ADHD – E ADHD_DSA	-1.49	1.8	310	-0.826	0.4095
E DSA – E ADHD_DSA	-2.86	2.03	221	-1.409	0.1602
UE ADHD – UE DSA	0.259	2.03	221	0.128	0.8987
UE ADHD – UE ADHD_DSA	1.49	1.8	310	0.826	0.4095
UE DSA – UE ADHD_DSA	1.23	2.03	221	0.606	0.5454

Tabella 1. La tabella rappresenta i risultati dei contrasti post-hoc relativi al tasso di errore che emergono confrontando i gruppi sperimentali e le condizioni attese e non attese nella condizione temporale early.

Nella *Tabella 2* vengono analizzati i contrasti nella condizione *late*, ovvero negli ultimi tre blocchi, mettendo in relazione i tre gruppi sperimentali nelle due condizioni (E ed UE).

Dalla tabella emerge che solo due contrasti risultano significativi: quello tra il gruppo ADHD e la comorbidità nella condizione attesa e quello tra i gruppi ADHD e DSA nella condizione non attesa. Nel caso del primo contrasto emerso, questo indica che il gruppo ADHD mostra un maggior tasso di errore rispetto al gruppo in comorbidità (ADHD_DSA) all'interno della condizione attesa: un soggetto che presenta entrambe le diagnosi commette in percentuale meno errori rispetto a un soggetto con ADHD quando l'evento è atteso.

Per quanto riguarda il secondo contrasto invece, quando ci si trova in una situazione inattesa, il gruppo ADHD commette in media significativamente più errori rispetto al gruppo DSA.

Contrasto	Stimatore	ES	GdL	T-ratio	P-value
E ADHD – UE ADHD	-1.1	1.42	310	-0.779	0.4366
E ADHD_DSA – UE ADHD_DSA	-1.56	2.61	310	-0.598	0.5500
E DSA – UE DSA	0.469	2.61	310	0.180	0.8576
E ADHD – E DSA	5.12	2.62	225	1.956	0.0517
E ADHD – E ADHD_DSA	5.28	2.62	225	2.015	0.0451
E DSA – E ADHD_DSA	0.156	2.61	310	0.060	0.9523
UE ADHD – UE DSA	6.69	2.62	225	2.556	0.0112
UE ADHD – UE ADHD_DSA	4.82	2.62	225	1.840	0.0671

UE DSA – UE ADHD_DSA	-1.88	2.61	310	-0.718	0.4732
-------------------------	-------	------	-----	--------	--------

Tabella 2. La tabella rappresenta i risultati dei contrasti post-hoc relativi al tasso di errori che emergono confrontando i gruppi sperimentali e le condizioni attesa e inattesa nella condizione temporale late.

Nella *Tabella 3* i contrasti vengono analizzati relativamente alla variabile *Tempo*, indipendentemente che il blocco sia *early* oppure *late*.

L'unico contrasto che è risultato significativo è quello all'interno del gruppo DSA tra la condizione inattesa nei blocchi *late* e nei blocchi *early*. Questo mostra che i soggetti con DSA quando l'evento è non atteso mostrano una differenza significativa nel passaggio dalla condizione *early* a quella *late*.

Contrasto	Stimatore	ES	GdL	T-ratio	P-value
E late ADHD – E early ADHD	1.43	2.03	221	0.705	0.4817
UE late ADHD – UE early ADHD	-0.443	2.03	221	-0.218	0.8276
E late ADHD_DSA – E early ADHD_DSA	-5.33	2.8	225	-1.908	0.0577
UE late ADHD_DSA – UE early ADHD_DSA	-3.77	2.8	225	-1.349	0.1787
E late DSA – E early DSA	-2.32	2.62	225	-0.885	0.3771
UE late DSA – UE early DSA	-6.88	2.62	225	-2.626	0.0092

Tabella 3. La tabella rappresenta i risultati dei contrasti post-hoc relativi alla variabile *Tempo* che emergono confrontando i gruppi sperimentali e le condizioni attesa e inattesa nelle condizioni temporali *early* e *late*.

Complessivamente notiamo che i soggetti con DSA sono particolarmente vulnerabili agli errori quando gli stimoli sono inattesi e questa vulnerabilità aumenta anche nel tempo in quanto c'è una differenza tra i primi blocchi e gli ultimi (*early* e *late*).

I soggetti con ADHD in entrambe le condizioni, ovvero sia quando l'evento è atteso sia quando non è atteso, commettono un numero maggiore di errori sia rispetto ai soggetti con la comorbidità sia rispetto a chi appartiene al gruppo DSA.

4.1.2 Velocità

Rispetto ai tempi di reazione, dalle analisi è emerso un effetto significativo dell'*Aspettativa* ($X^2(2) = 15.7889, p < 0.001$), un effetto significativo del *Tempo* ($X^2(1) = 92.2121, p < 0.001$), un effetto significativo dell'*Età* ($X^2(1) = 40.3236, p < 0.001$). Inoltre, i risultati evidenziano due effetti di interazione significativi: il primo riguarda la relazione tra *Aspettativa* e *Tempo* ($X^2(2) = 8.1631, p = 0.0169$), il secondo effetto riguarda la relazione tra *Gruppo* e *Tempo* ($X^2(2) = 8.9602, p = 0.0113$). Al contrario, non risulta essere significativa la variabile *Gruppo* ($X^2(2) = 2.6287, p = 0.2686$) e neanche gli effetti di interazione tra *Aspettativa* e *Gruppo* ($X^2(4) = 3.4282, p = 0.4889$) e tra *Aspettativa*, *Gruppo* e *Tempo* ($X^2(4) = 0.6549, p = 0.9568$).

L'interazione tra la variabile *Aspettativa* e la variabile *Gruppo* relativa ai tempi di reazione è raffigurata nel *Grafico 2*.

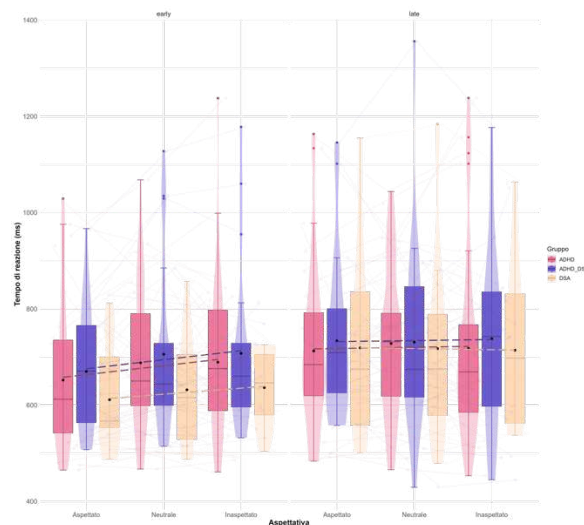


Grafico 2. Grafico che mette in relazione *Aspettativa* (in ascissa) con i tempi di reazione (in ordinata) per i tre gruppi (ADHD, DSA, ADHD_DSA).

Per quanto riguarda i risultati dei contrasti relativi ai tempi di reazione, nella *Tabella 4* sono stati analizzati i confronti rispetto alla condizione *early*, ovvero i primi tre blocchi del compito, considerando, come in precedenza, la relazione che intercorre tra i tre gruppi sperimentali e le due condizioni (E ed UE).

Nella tabella risulta essere significativo il contrasto tra la condizione attesa e quella non attesa nei soggetti con ADHD e anche quello tra i soggetti con ADHD e coloro che presentano la comorbidità nella condizione attesa. Il primo contrasto mostra che i soggetti con ADHD presentano tempi di reazione maggiori nella condizione inattesa rispetto a quella attesa: bambini con ADHD impiegano più tempo quando l'evento risulta essere inatteso.

Rispetto al secondo contrasto, il gruppo in comorbidità mostra dei tempi di reazione significativamente superiori rispetto al gruppo ADHD in una situazione attesa.

Contrasto	Stimatore	ES	GdL	T-ratio	P-value
E ADHD – UE ADHD	-0.07	0.0217	6999	-3.228	0.0013
E ADHD_DSA – UE ADHD_DSA	-0.0082	0.0216	6999	-0.380	0.7037
E DSA – UE DSA	-0.0484	0.0275	6999	-1.760	0.0785
E ADHD – E DSA	-0.0736	0.0433	74.3	-1.701	0.0931
E ADHD – E ADHD_DSA	-0.0803	0.0136	6999	-5.919	<.0001
E DSA – E ADHD_DSA	-0.00671	0.0433	74.3	-0.155	0.8773
UE ADHD – UE DSA	-0.052	0.0512	145	-1.016	0.3114
UE ADHD – UE ADHD_DSA	-0.0185	0.0274	7000	-0.674	0.5001
UE DSA – UE ADHD_DSA	0.0335	0.0511	144	0.655	0.5133

Tabella 4. La tabella rappresenta i risultati dei contrasti post-hoc relativi al tempo di reazione che emergono confrontando i gruppi sperimentali e le condizioni attesa e inattesa nella condizione temporale early.

Nella *Tabella 5* vengono presentati i confronti tra i tre gruppi e le due condizioni considerando solo gli ultimi tre blocchi, ovvero la condizione *late*.

Sono risultati significativi i confronti tra le singole diagnosi, ovvero ADHD e DSA, e la comorbidità. Questo significa che i bambini che presentano diagnosi singole, solo ADHD o solo DSA, mostrano dei tempi di reazione significativamente maggiori rispetto a chi ha la comorbidità.

Contrasto	Stimatore	ES	GdL	T-ratio	P-value
E ADHD – UE ADHD	-0.009	0.0275	6999	-0.328	0.7432
E ADHD_DSA – UE ADHD_DSA	-0.0496	0.0388	6999	-1.278	0.2012
E DSA – UE DSA	-0.00752	0.0387	6999	-0.194	0.8458
E ADHD – E DSA	0.0471	0.0592	74	0.796	0.4288
E ADHD – E ADHD_DSA	0.177	0.0593	74.3	2.994	0.0037
E DSA – E ADHD_DSA	0.13	0.0244	6999	5.334	<.0001
UE ADHD – UE DSA	0.0486	0.0698	142	0.696	0.4875
UE ADHD – UE ADHD_DSA	0.137	0.0698	142	1.962	0.0517
UE DSA – UE ADHD_DSA	0.0883	0.049	6999	1.801	0.0717

Tabella 5. La tabella rappresenta i risultati dei contrasti post-hoc relativi al tempo di reazione che emergono confrontando i gruppi sperimentali e le condizioni attesa e inattesa nella condizione temporale late.

Nella *Tabella 6* i contrasti vengono analizzati sulla base della variabile *Tempo*, indipendentemente che il blocco sia *early* o *late*.

L'unico contrasto risultato significativo è quello tra la condizione *late* e quella *early* all'interno del gruppo ADHD e nella condizione attesa. Questo mostra che i soggetti con ADHD nella condizione attesa presentano una differenza statisticamente significativa tra la condizione *late* e quella *early*.

Confronto	Stimatore	ES	GdL	T-ratio	P-value
E late ADHD – E early ADHD	0.15	0.0433	74.5	3.470	0.0009
UE late ADHD – UE early ADHD	0.0892	0.0512	145	1.744	0.0832
E late ADHD_DSA – E early ADHD_DSA	-0.1.0	0.0555	74.2	-1.937	0.0565
UE late ADHD_DSA – UE early ADHD_DSA	-0.0661	0.0652	142	-1.013	0.3127
E late DSA – E early DSA	0.0296	0.0592	73.9	0.500	0.6186
UE late DSA – UE early DSA	-0.0113	0.0698	143	-0.162	0.8714

Tabella 3. La tabella rappresenta i risultati dei contrasti post-hoc relativi alla variabile Tempo che emergono confrontando i gruppi sperimentali e le condizioni attesa e inattesa nelle condizioni temporali early e late.

Complessivamente emerge che i soggetti con ADHD mostrano dei tempi di reazione maggiori se lo stimolo è inatteso; quando invece la condizione è attesa impiegano in media più tempo rispetto a chi presenta sia ADHD sia DSA in comorbidità. Questo è evidente anche nel corso del tempo in quando la differenza tra i primi blocchi e gli ultimi è significativa.

I soggetti con DSA, invece, appaiono più lenti nella risposta nella condizione attesa rispetto al gruppo in comorbidità.

4.2 Risultati dei questionari

4.2.1 IUS

In riferimento al questionario dello IUS, dalle analisi non è emerso nessun effetto principale significativo: questo è vero sia per la variabile DeltaER ($X^2(2) = 46.4$, $p = 0.489$), ovvero la differenza nel tasso di errore tra la condizione attesa e inattesa, come mostrano nella *Figura 12*, sia per la variabile DeltaRT ($X^2(2) = 86.3$, $p = 0.346$), ovvero la differenza nei tempi di reazione tra la condizione aspettata e inaspettata, mostrata nel *Grafico 3*.

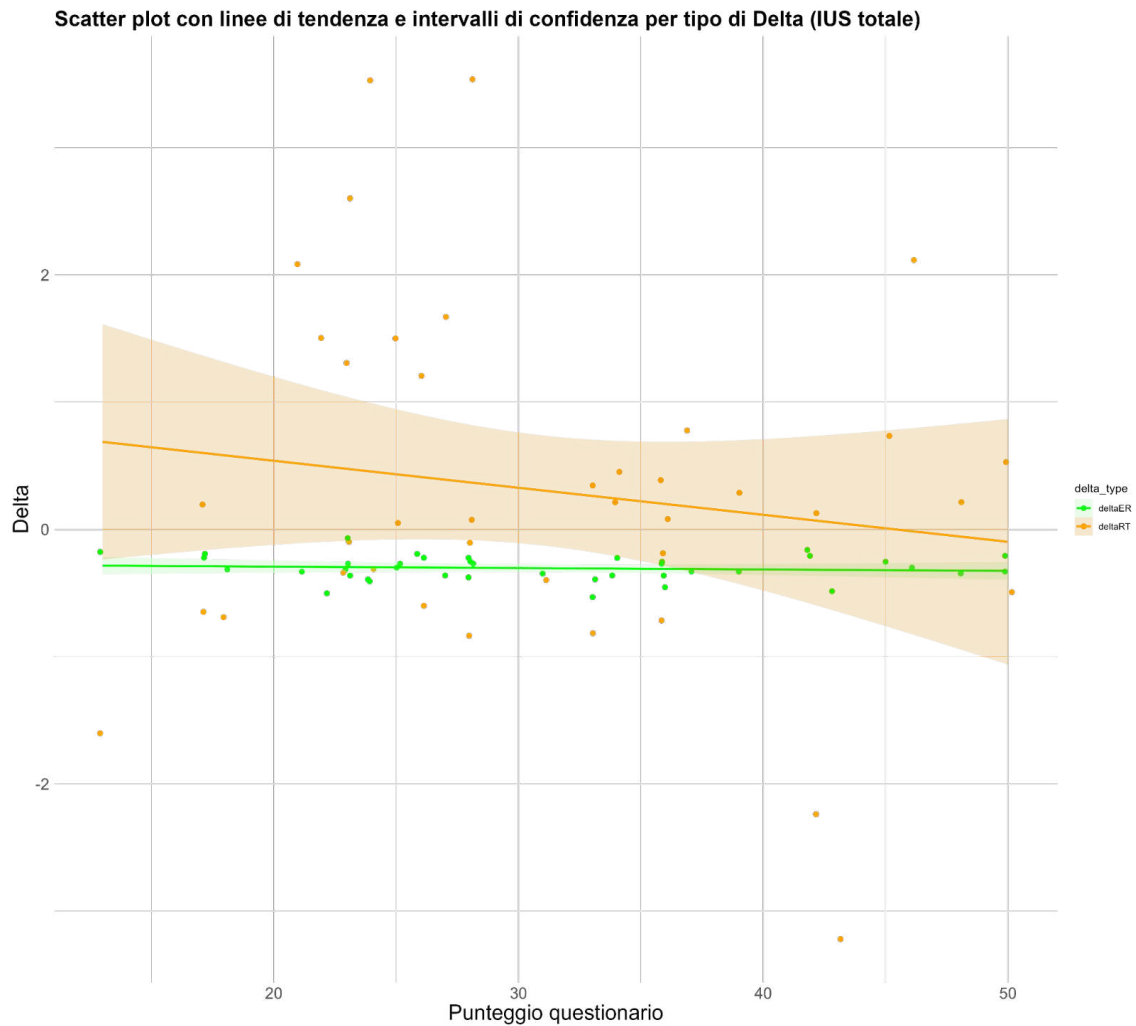


Grafico 3. Grafico di dispersione che rappresenta la distribuzione dei due Delta (asse y): Delta RT (arancione) e DeltaER (verde) in funzione del punteggio Totale al questionario IUS (asse x) con linee di tendenza e intervalli di confidenza. I punti dei dati indicano i singoli partecipanti.

4.2.2 Conners

Per quanto riguarda le scale Conners, le analisi non hanno mostrato nessun risultato significativo rispetto alla variabile DeltaER ($X^2(2) = 11.26, p = 0.607$); neanche rispetto alla variabile DeltaRT, non è presente nessun risultato significativo ($X^2(2) = 1.48, p = 0.852$), come mostrato nel *Grafico 4*.

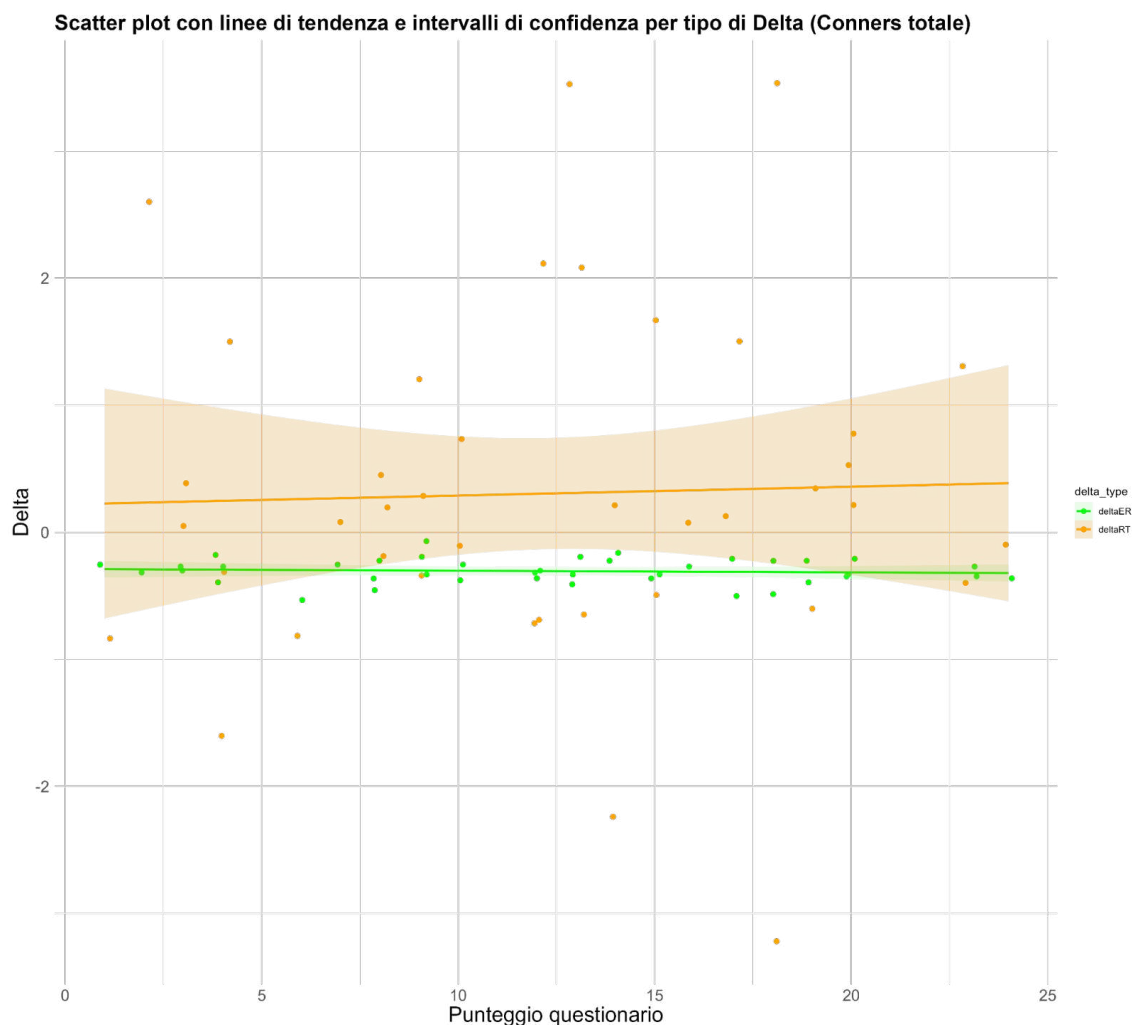


Grafico 4. Grafico di dispersione che rappresenta la distribuzione dei due Delta (asse y): DeltaRT (arancione) e Delta ER (verde) in funzione del punteggio CGI Totale al questionario Conners (asse x) con linee di tendenza e intervalli di confidenza. I punti dei dati indicano i singoli partecipanti.

4.2.3 WCST

Le analisi relative al questionario del WCST non hanno indicato nessun risultato significativo sia in riferimento al DeltaER ($X^2(2) = 15.12, p = 0.575$), sia in riferimento al DeltaRT ($X^2(2) = 96.15, p = 0.162$), come mostrato nel *Grafico 5*.

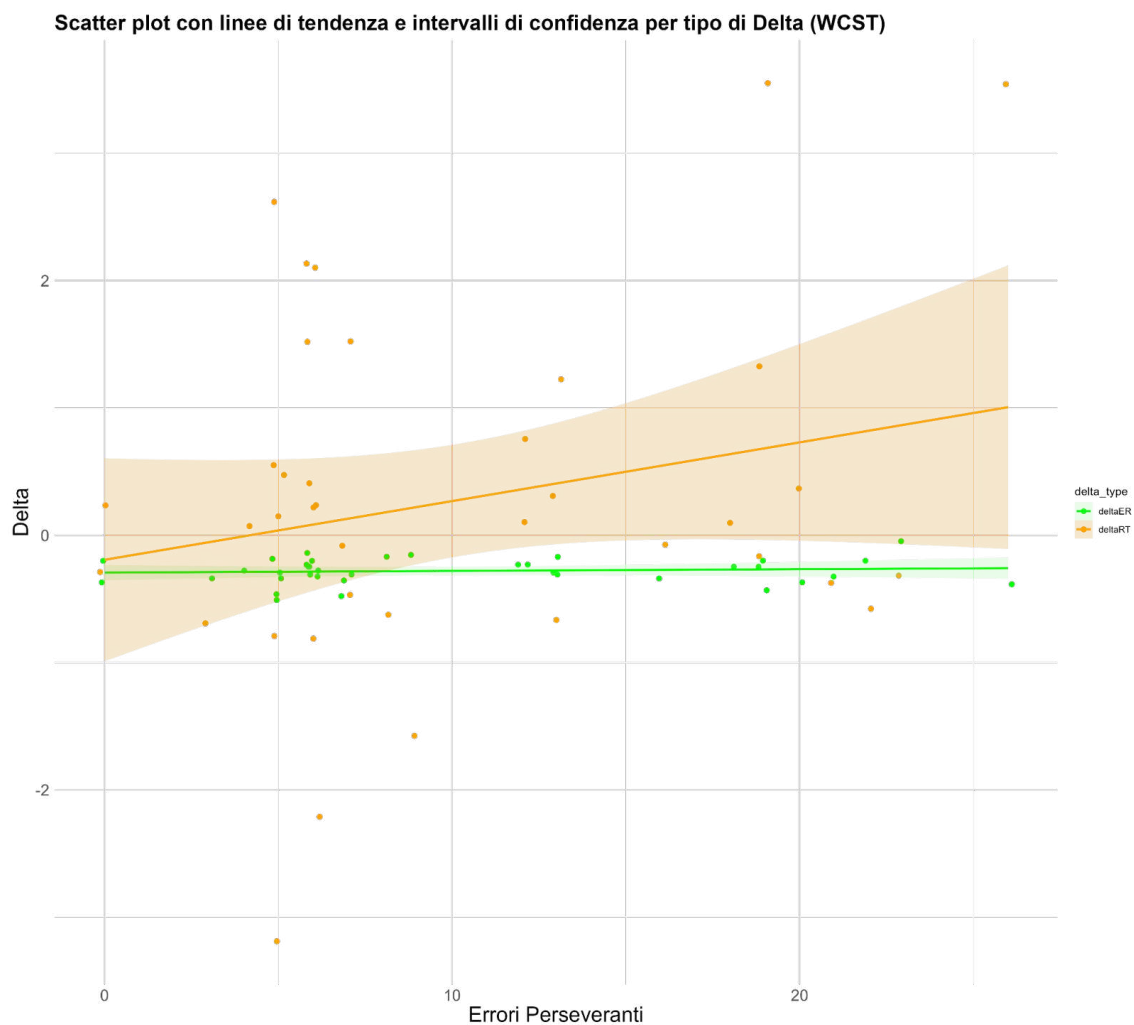


Grafico 5. Grafico di dispersione che rappresenta la distribuzione dei due Delta (asse y): DeltaRT (arancione) e Delta ER (verde) in funzione del punteggio "Errori perseveranti" al WCST (asse x) con linee di tendenza e intervalli di confidenza. I punti dei dati indicano i singoli partecipanti.

In tutti i casi, quindi, sembra che la prestazione al compito non predica l'andamento ai questionari e al test neuropsicologico in quanto nessuna analisi ha prodotto dei risultati significativi.

CAPITOLO 5: DISCUSSIONE

Nel presente elaborato è stata presentata ed esposta una piccola parte del progetto multicentrico CALM-2. Lo scopo principale del progetto consiste nella comprensione dei meccanismi di apprendimento associativo di tipo probabilistico nei disturbi del neurosviluppo. Nello specifico, un campione di 65 partecipanti con diagnosi di disturbo del neurosviluppo ha preso parte allo studio, svolgendo un compito sperimentale computerizzato (Mario Task) specificatamente creato per indurre e misurare la capacità di aggiornare un apprendimento implicito su base associativa in un contesto di volatilità. A tal fine sono stati creati tre tipi di blocchi sperimentali: nel primo blocco nell'80% dei casi è presente l'associazione tra un *cue* (personaggi del videogioco della Nintendo © "Super Mario") e un oggetto (Yoshi-fiore o Toad-stella), mentre nel 20% dei casi è presente l'associazione opposta (Yoshi-stella o Toad-fiore). Nel secondo blocco la situazione è invertita in quanto nel 20% dei casi è presente l'associazione tra Yoshi-fiore o Toad-stella, mentre, come prima, nell'80% dei casi è presente l'associazione opposta. Infine, nel terzo blocco (neutro) l'associazione tra il personaggio e l'oggetto è stata mantenuta al 50%, rendendo di fatto imprevedibile la risposta da dare alla presentazione dell'oggetto. In particolare, sono stati confrontati bambini con ADHD (N = 34), altri con DSA (N = 10) e l'ultimo gruppo era formato da bambini che presentano la comorbidità (ADHD_DSA) (N = 21) e lo scopo consiste nel valutare se ci fossero delle differenze significative tra questi tre gruppi sperimentali.

In questo elaborato sono stati presi in esame due obiettivi: il primo consiste nel comprendere se la diagnosi nosografica possa predire la prestazione al compito. A tal riguardo, nei casi di comorbidità (ADHD e DSA) si ipotizza una prestazione inferiore sia in termini di accuratezza sia in termini di velocità rispetto ai casi di diagnosi singola.

A conferma di questa ipotesi alcuni studi hanno dimostrato che bambini e adulti con queste diagnosi presentano delle difficoltà sugli aspetti legati a delle forme di apprendimento implicito (Huang-Pollock et al., 2014; Laasonen et al., 2014).

Un secondo obiettivo consiste nell'indagare la possibile relazione tra la prestazione al compito e la presenza di fattori individuali come possibili tratti dimensionali, al netto delle singole categorie diagnostiche. A tal riguardo sono stati presi in esame tre strumenti:

il WCST, come misura di flessibilità cognitiva, il CPRS e lo IUS, come misure dimensionali sul funzionamento attentivo/esecutivo e l'intolleranza all'incertezza.

In riferimento a quest'ultimo obiettivo uno studio di Hale e colleghi del 2001 ha dimostrato che i punteggi emersi dalle Conners (CPRS) sono in grado di discriminare i diversi sottotipi di ADHD. Nello specifico, questi risultati hanno messo in evidenza che, nonostante ci sia la relazione tra i punteggi nelle Conners e le caratteristiche dei sottotipi di ADHD, ci sono numerosi altri fattori che influenzano i connotati fenotipici individuali dei soggetti con ADHD come caratteristiche psicologiche e/o psichiatriche, etniche-culturali, ecc. (Hale et al., 2001).

Rispetto al test dello IUS, considerando il collegamento tra i livelli di intolleranza all'incertezza e i sintomi caratteristici dell'ADHD, in uno studio di Gramszlo e colleghi del 2018 è stata osservata un'interazione significativa tra l'ADHD e la scala IU con livelli significativamente più elevati in questo gruppo clinico rispetto al gruppo di controllo (Gramszlo et al., 2018).

In questo elaborato sono emersi alcuni risultati rilevanti.

In primo luogo, il gruppo di persone con DSA mostra una performance caratterizzata da una minore accuratezza in termini di errori soprattutto nella condizione in cui un evento risulta essere inatteso e ciò che emerge è che questo pattern peggiora nel tempo, ovvero tra la condizione *early* e quella *late*. In ogni caso questa performance è migliore, sempre in termini di errori, rispetto al gruppo di partecipanti con ADHD (vedi *Tabella 1-3*).

Quest'ultimo gruppo, invece, ha una prestazione che varia molto rispetto alla variabile *Aspettativa*: infatti presenta un tempo di risposta migliore se lo stimolo risulta essere atteso rispetto a quando è inatteso e quest'ultima condizione è evidente anche rispetto al gruppo in comorbidità (vedi *Tabella 4*).

In aggiunta, il gruppo ADHD mostra una performance peggiore sia rispetto alla variabile velocità (impiega un tempo maggiore) sia rispetto alla variabile accuratezza (commette un numero di errori maggiore) nella condizione attesa rispetto al gruppo in comorbidità e questo quadro peggiora nel tempo (ovvero tra la condizione *early* e la condizione *late*) (vedi *Tabella 2-6*). (Seidman et al., 1995, 2001; Willcutt et al., 2013; Horowitz-Kraus, 2015). Il risultato emerso nel presente studio potrebbe essere spiegato dall'incapacità,

presente in persone con diagnosi di ADHD, di regolare il proprio stato di attivazione (Kuntsi & Klein, 2011).

Rispetto all'indagine su variabili dimensionali, non è presente alcun risultato significativo: per quanto riguarda le scale Conners, il questionario dello IUS e quello del WCST i valori delle variabili DeltaER e DeltaRT non risultano significativi, dal momento che i punteggi del Mario task non predicono i punteggi ai questionari e al compito WCST. In conclusione, dai risultati è emerso che non sono presenti delle differenze significative tra i diversi gruppi clinici considerati sia in termini di accuratezza sia in termini di velocità rispetto alla prestazione al compito. Di conseguenza, si può affermare che la prestazione rispetto al compito di apprendimento associativo non è in grado di discriminare i tre gruppi. Una possibile spiegazione di questo risultato è che l'apprendimento associativo rimane preservato nei bambini con disturbi del neurosviluppo. In alternativa, i meccanismi di apprendimento associativo potrebbero essere ugualmente compromessi in tutti i gruppi considerati, costituendo un tratto dimensionale che accomuna più disturbi del neurosviluppo. In assenza di un gruppo di controllo non è tuttavia possibile trarre conclusioni definitive.

5.1 Limiti dello studio

Questo studio non è esente da alcuni limiti importanti.

Il limite principale consiste nella mancanza di un gruppo di controllo, ovvero un gruppo di bambini della stessa età e stesso livello di scolarità dei tre gruppi sperimentali ma senza diagnosi di disturbi del neurosviluppo.

Sempre in ambito di campionamento, il campione reclutato presenta una numerosità limitata e risulta essere disomogeneo tra i diversi gruppi clinici. In aggiunta, la limitata numerosità del campione non ha consentito di indagare la presenza di un'eventuale relazione tra l'apprendimento associativo probabilistico e il profilo individuale, come rilevato dai questionari Conners Parent Rating Scale - Revised (Conners et al., 2001; Italian adaptation by Nobile et al., 2007), dallo IUS (Gioia et al., 2000; Italian adaptation Marano, et al., 2016) e dal WCST (Mueller & Piper, 2014).

BIBLIOGRAFIA

- Abrahamse, E., Braem, S., Notebaert, W., & Verguts, T. (2016). Grounding cognitive control in associative learning. *Psychological Bulletin*, 142(7), 693–728. <https://doi.org/10.1037/bul0000047>
- Alexander, A. W., & Slinger-Constant, A.-M. (2004). Current Status of Treatments for Dyslexia: Critical Review. *Journal of Child Neurology*, 19(10), 744–758.
- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: A meta-analytic review. *Neuropsychology Review*, 16(1), 17–42. <https://doi.org/10.1007/s11065-006-9002-x>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Associazione Italiana Dislessia | AID Associazione Italiana Dislessia. (s.d.). <https://www.aiditalia.org/>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In G. H. Bower (A c. Di), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 8, pp. 47–89). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Barbosa, T., Rodrigues, C. C., Mello, C. B. de, Silva, M. C. de S. E., & Bueno, O. F. A. (2019). Executive functions in children with dyslexia. *Arquivos De Neuro-Psiquiatria*, 77(4), 254–259. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190033>
- Beltzer, M. L., Adams, S., Beling, P. A., & Teachman, B. A. (2019). Social anxiety and dynamic social reinforcement learning in a volatile environment. *Clinical Psychological Science: A Journal of the Association for Psychological Science*, 7(6), 1372–1388. <https://doi.org/10.1177/2167702619858425>

- Berg, E. A. (1948). A Simple Objective Technique for Measuring Flexibility in Thinking. *The Journal of General Psychology*, 39(1), 15–22.
<https://doi.org/10.1080/00221309.1948.9918159>
- BIA-R - Batteria italiana per l'ADHD - Revised. (s.d.). Erickson.
<https://www.erickson.it/it/bia-batteria-italiana-per-l-adhd>
- Both reactive and proactive control are deficient in children with ADHD and predictive of clinical symptoms | *Translational Psychiatry*. (s.d.).
<https://www.nature.com/articles/s41398-023-02471-w>
- Braem, S., Bugg, J. M., Schmidt, J. R., Crump, M. J. C., Weissman, D. H., Notebaert, W., & Egner, T. (2019). Measuring Adaptive Control in Conflict Tasks. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(9), 769–783. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.07.002>
- Braem, S., & Egner, T. (2018). Getting a grip on cognitive flexibility. *Current Directions in Psychological Science*, 27(6), 470–476.
<https://doi.org/10.1177/0963721418787475>
- Braver, T. S., Kizhner, A., Tang, R., Freund, M. C., & Etzel, J. A. (2021). The Dual Mechanisms of Cognitive Control Project. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1–26. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01768
- Buhr, K., & Dugas, M. J. (2002). The Intolerance of Uncertainty Scale: Psychometric properties of the English version. *Behaviour Research and Therapy*, 40(8), 931–945. [https://doi.org/10.1016/s0005-7967\(01\)00092-4](https://doi.org/10.1016/s0005-7967(01)00092-4)
- Bulf, H., Johnson, S. P., & Valenza, E. (2011). Visual statistical learning in the newborn infant. *Cognition*, 121(1), 127–132.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.06.010>

- Bunge, S. A., & Zelazo, P. D. (2006). A Brain-Based Account of the Development of Rule Use in Childhood. *Current Directions in Psychological Science*, 15(3), 118–121. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2006.00419.x>
- Cammarota, F. (2013). *La comorbidità dei disturbi specifici dell'apprendimento con i disturbi del comportamento, ansia e depressione*.
- Chai, W. J., Abd Hamid, A. I., & Abdullah, J. M. (2018). Working Memory From the Psychological and Neurosciences Perspectives: A Review. *Frontiers in Psychology*, 9, 401. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00401>
- Chechik, G., Meilijson, I., & Ruppín, E. (1998). Synaptic Pruning in Development: A Computational Account. *Neural computation*, 10, 1759–1777. <https://doi.org/10.1162/089976698300017124>
- Chevalier, N., Meaney, J. A., Traut, H. J., & Munakata, Y. (2020). Adaptiveness in proactive control engagement in children and adults. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 46, 100870. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100870>
- Cleeremans, A., Allakhverdov, V., & Kuvaldina, M. (2019). *Implicit Learning: 50 Years On*. Routledge.
- Conners, C. K., Epstein, J. N., March, J. S., Angold, A., Wells, K. C., Klaric, J., Swanson, J. M., Arnold, L. E., Abikoff, H. B., Elliott, G. R., Greenhill, L. L., Hechtman, L., Hinshaw, S. P., Hoza, B., Jensen, P. S., Kraemer, H. C., Newcorn, J. H., Pelham, W. E., Severe, J. B., ... Wigal, T. (2001). Multimodal treatment of ADHD in the MTA: An alternative outcome analysis. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 40(2), 159–167. <https://doi.org/10.1097/00004583-200102000-00010>

Conners C.K. *Conners' Rating Scales—Revised*. Giunti OS—Organizzazioni Speciali; Firenze, Italy: 2007. Adattamento italiano a cura di Maria Nobile, Barbara Alberti e Alessandro Zuddas.

Constantino, J. N., Gruber, C. P., Davis, S., Hayes, S., Passanante, N., & Przybeck, T. (2004). The factor structure of autistic traits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 45(4), 719–726. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00266.x>

D'Ardia et al., (2021). *SRS-2—Social Responsiveness Scale*. (s.d.). <https://www.hogrefe.it/catalogo/test/bambini-e-adolescenti/autismo/srs-2-social-responsiveness-scale-second-edition/>

Danckaerts, M., Sonuga-Barke, E. J. S., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Döpfner, M., Hollis, C., Santosh, P., Rothenberger, A., Sergeant, J., Steinhausen, H.-C., Taylor, E., Zuddas, A., & Coghill, D. (2010). The quality of life of children with attention deficit/hyperactivity disorder: A systematic review. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 19(2), 83–105. <https://doi.org/10.1007/s00787-009-0046-3>

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64 (Volume 64, 2013), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

Disturbi del neurosviluppo e sistemi di classificazione—Una prospettiva psicoeducativa della neuropsichiatria infantile—Deborah Piccolo —
<https://www.google.com/search?q=Disturbi+del+neurosviluppo+e+sistemi+di+classificazione+-+una+prospettiva+psicoeducativa+della+neuropsichiatria+infantile+-+Deborah+Piccolo&oq=Disturbi+del+neurosviluppo+e+sistemi+di+classificazione+-+una+prospettiva+psicoeducativa+della+neuropsichiatria+infantile+->

[+Deborah+Piccolo&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzMyOWowaje
oAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](#)

Domuta, A., & Pentek, I. (2003). *Implicit Learning in ADHD Preschool Children*.

Drechsler, R., Brem, S., Brandeis, D., Grünblatt, E., Berger, G., & Walitza, S. (2020).

ADHD: Current Concepts and Treatments in Children and Adolescents.
Neuropediatrics, 51(5), 315–335. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701658>

Erhart, M., Döpfner, M., Ravens-Sieberger, U., & The BELLA study group. (2008).

Psychometric properties of two ADHD questionnaires: Comparing the Conners' scale and the FBB-HKS in the general population of German children and adolescents – results of the BELLA study. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 17(1), 106–115. <https://doi.org/10.1007/s00787-008-1012-1>

Ekman P. (1994) *Strong evidence for universals in facial expressions: A reply to Russell's*

mistaken critique | <https://www2.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0028390852&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=445a08a30386ccb994deb8e4062df08d&sot=a&sdt=cl&cluster=scopubyr%2C%221994%22%2Ct%2Bscosubjabbr%2C%22PSYC%22%2Ct&s=AUTH%28ekman%29&sl=15&sessionSearchId=445a08a30386ccb994deb8e4062df08d&relpos=3kirk>

Evidencing the developmental shift from reactive to proactive control in early childhood

and its relationship to working memory.

<https://www.google.com/search?q=Evidencing+the+developmental+shift+from+reactive+to+proactive+control+in+early+childhood+and+its+relationship+to+working+memory&oq=Evidencing+the+developmental+shift+from+reactive+to+proactive+control+in+early+childhood+and+its+relationship+to+working+mem>

[ory&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzI0MWowajeoAgCwAgA&s
ourceid=chrome&ie=UTF-8](#)

Feng, X., Perceval, G. J., Feng, W., & Feng, C. (2020). High Cognitive Flexibility Learners Perform Better in Probabilistic Rule Learning. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00415>

Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Viola, S., Molteni, M., & Facoetti, A. (2013). Action video games make dyslexic children read better. *Current Biology: CB*, 23(6), 462–466. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.01.044>

Freeston, M. H., Rhéaume, J., Letarte, H., Dugas, M. J., & Ladouceur, R. (1994). Why do people worry? *Personality and Individual Differences*, 17(6), 791–802. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(94\)90048-5](https://doi.org/10.1016/0191-8869(94)90048-5)

Frontiers | Executive Functions in Neurodevelopmental Disorders: Comorbidity Overlaps Between Attention Deficit and Hyperactivity Disorder and Specific Learning Disorders. <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2021.594234/full>

Frost, R., Armstrong, B. C., Siegelman, N., & Christiansen, M. H. (2015). Domain generality versus modality specificity: The paradox of statistical learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(3), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.12.010>

Gerbrand, A., Gredebäck, G., Hedenius, M., Forsman, L., & Lindskog, M. (2022). Statistical learning in infancy predicts vocabulary size in toddlerhood. *Infancy: The Official Journal of the International Society on Infant Studies*, 27(4), 700–719. <https://doi.org/10.1111/infa.12471>

- Germinario, Arcieri, Marzi, Panei e Vella (2016). Registro nazionale ADHD dal 2007 al 2016. https://www.iss.it/documents/20126/45616/16_37_web.pdf/c8e4e341-238f-ad08-545b-928b0255aded?t=1581095636154
- Gioia, G., Isquith, P., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). Behavior rating inventory of executive function. *Child Neuropsychology*, 6, 235–238.
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., & Roth, R. M. (2018). Behavior Rating Inventory for Executive Function. In J. Kreutzer, J. DeLuca, & B. Caplan (A c. Di), *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology* (pp. 1–7). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56782-2_1881-2
- Gonthier, C., & Blaye, A. (2022). Preschoolers can be instructed to use proactive control. *Cognitive Development*, 62, 101175. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2022.101175>
- Gonthier, C., Zira, M., Colé, P., & Blaye, A. (2019). Evidencing the developmental shift from reactive to proactive control in early childhood and its relationship to working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 177, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.07.001>
- Goris, J., Silvetti, M., Verguts, T., Wiersema, J. R., Brass, M., & Braem, S. (2021). Autistic traits are related to worse performance in a volatile reward learning task despite adaptive learning rates. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 25(2), 440–451. <https://doi.org/10.1177/1362361320962237>
- Gramszlo, C., Fogleman, N. D., Rosen, P. J., & Woodruff-Borden, J. (2018). Intolerance of uncertainty in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 10(3), 189–197. <https://doi.org/10.1007/s12402-017-0244-7>

- Hale, J., How, S., Dewitt, M., & Coury, D. (2001). Discriminant validity of the Conners' Scales for ADHD subtypes. *Current psychology (New Brunswick, N.J.)*, 20, 231–249. <https://doi.org/10.1007/s12144-001-1009-0>
- Hong, R. Y., & Lee, S. S. M. (2015). Further clarifying prospective and inhibitory intolerance of uncertainty: Factorial and construct validity of test scores from the Intolerance of Uncertainty Scale. *Psychological Assessment*, 27(2), 605–620. <https://doi.org/10.1037/pas0000074>
- Horowitz-Kraus, T. (2015). Effetto differenziale dell'allenamento cognitivo sulle funzioni esecutive e sulle capacità di lettura nei bambini con ADHD e nei bambini con ADHD comorbidità con difficoltà di lettura. *J. Attent. Disord.* 19, 515–526. doi: 10.1177/1087054713502079
- Huang-Pollock, C. L., Maddox, W. T., & Tam, H. (2014). Rule-based and information-integration perceptual category learning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychology*, 28(4), 594–604. <https://doi.org/10.1037/neu0000075>
- Incidental Language Learning: Listening (and Learning) Out of the Corner of Your Ear—*
Jenny R. Saffran, Elissa L. Newport, Richard N. Aslin, Rachel A. Tunick, Sandra Barrueco, 1997. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00690.x>
- Intolerance of Uncertainty Scale (IUS)*. (s.d.). Addiction Research Center. <https://arc.psych.wisc.edu/self-report/intolerance-of-uncertainty-scale-ius/>
- Lee, S., Cui, Y., & Tong, S. X. (2022). Toward a Model of Statistical Learning and Reading: Evidence From a Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 92, 003465432110731. <https://doi.org/10.3102/00346543211073188>

- Khawaja, N. G., & Yu, L. N. H. (2010). A comparison of the 27-item and 12-item intolerance of uncertainty scales. *Clinical Psychologist*, 14(3), 97–106. <https://doi.org/10.1080/13284207.2010.502542>
- Kirkham, N. Z., Slemmer, J. A., & Johnson, S. P. (2002). Visual statistical learning in infancy: Evidence for a domain general learning mechanism. *Cognition*, 83(2), B35-42. [https://doi.org/10.1016/s0010-0277\(02\)00004-5](https://doi.org/10.1016/s0010-0277(02)00004-5)
- Kirkham, N. Z., Slemmer, J. A., Richardson, D. C., & Johnson, S. P. (2007). Location, location, location: Development of spatiotemporal sequence learning in infancy. *Child Development*, 78(5), 1559–1571. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01083.x>
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2012). *NEPSY - Second Edition* [Dataset]. <https://doi.org/10.1037/t15125-000>
- Kuntsi, J., & Klein, C. (2011). "Variabilità intraindividuale nell'ADHD e le sue implicazioni per la ricerca di nessi causali", in *Behavioral Neuroscience of Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Its Treatment*, a cura di C. Stanford e R. Tannock (Berlino, Heidelberg: Springer), 67–91.
- Laasonen, M., Väre, J., Oksanen-Hennah, H., Leppämäki, S., Tani, P., Harno, H., Hokkanen, L., Pothos, E., & Cleeremans, A. (2014). Project DyAdd: Implicit learning in adult dyslexia and ADHD. *Annals of Dyslexia*, 64(1), 1–33. <https://doi.org/10.1007/s11881-013-0083-y>
- Lafontaine, M. P., Knoth, I. S., & Lippé, S. (2020). Chapter 20—Learning abilities. In A. Gallagher, C. Bulteau, D. Cohen, & J. L. Michaud (A c. Di), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 173, pp. 241–254). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00021-6>

- Lawson, R. P., Bisby, J., Nord, C. L., Burgess, N., & Rees, G. (2021). The Computational, Pharmacological, and Physiological Determinants of Sensory Learning under Uncertainty. *Current Biology*, 31(1), 163-172.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.10.043>
- Lawson, R. P., Mathys, C., & Rees, G. (2017). Adults with autism overestimate the volatility of the sensory environment. *Nature Neuroscience*, 20(9), 1293–1299. <https://doi.org/10.1038/nn.4615>
- Lawson, R. P., Rees, G., & Friston, K. J. (2014). An aberrant precision account of autism. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 302. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00302>
- Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press.
- Marano, A., Innocenzi, M., Devescovi, A., & D'Amico, S. (2016). *BRIEF 2: Behavior rating inventory of executive function. Adattamento italiano*. ITA. <https://iris.uniroma1.it/handle/11573/975915>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314–324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- Matrici di Raven*. (s.d.). Giunti Psychometrics. <https://www.giuntipsy.it/matrici-di-raven/>
- McArthur, G., Eve, P. M., Jones, K., Banales, E., Kohnen, S., Anandakumar, T., Larsen, L., Marinus, E., Wang, H.-C., & Castles, A. (2012). Phonics training for English-speaking poor readers. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD009115. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009115.pub2>

- Mento, G., & Toffoli, L. (2023). *Chi controlla i controllori? Una rivisitazione del concetto di «top-down» nelle funzioni esecutive e relative implicazioni per lo sviluppo cognitivo tipico e atipico*. <https://doi.org/10.1449/107022>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- MIUR. I principali dati relative agli alunni con DSA – anno scolastico 2018/19. https://www.miur.gov.it/documents/20182/0/Gli+alunni+con+DSA+-+a.s.+2018_2019.pdf/a2f114e9-b59a-1c5d-730c-e4aecb5aad7e?version=1.0&t=1605006783113
- Mueller, S. T., & Piper, B. J. (2014). The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. *Journal of Neuroscience Methods*, 222, 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2013.10.024>
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2007). Procedural learning difficulties: Reuniting the developmental disorders? *Trends in Neurosciences*, 30(4), 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.02.003>
- Palmer, C. J., Lawson, R. P., & Hohwy, J. (2017). Bayesian approaches to autism: Towards volatility, action, and behavior. *Psychological Bulletin*, 143(5), 521–542. <https://doi.org/10.1037/bul0000097>

- Pani, P., Menghini, D., Napolitano, C., Calcagni, M., Armando, M., Sergeant, J. A., & Vicari, S. (2013). Proactive and reactive control of movement are differently affected in Attention Deficit Hyperactivity Disorder children. *Research in Developmental Disabilities*, 34(10), 3104–3111. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.06.032>
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 37(1), 51–87. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x>
- Piccolo, D. (2018). *Disturbi del neurosviluppo e sistemi di classificazione. Una prospettiva psicoeducativa della neuropsichiatria infantile*. Youcanprint.
- S. VICARI, M. C. CASELLI (a cura di), *Neuropsicologia dell'età evolutiva. Prospettive teoriche e cliniche*. (2017).
- Raven, J.C. (1941) Standardization of Progressive Matrices, 1938. *British Journal of Medical Psychology*, 19, 137-150. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8341.1941.tb00316.x>
- Raven, B. H. (2008). The Bases of Power and the Power/Interaction Model of Interpersonal Influence. *Analyses of Social Issues and Public Policy*, 8, 1-22. <https://doi.org/10.1111/j.1530-2415.2008.00159.x>
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6(6), 855–863. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(67\)80149-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(67)80149-X)
- Saffran, J. R., Pollak, S. D., Seibel, R. L., & Shkolnik, A. (2007). Dog is a dog is a dog: Infant rule learning is not specific to language. *Cognition*, 105(3), 669–680. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.11.004>

- Saffran, J. R. (2009). *The New Science of Cognitive Development*. Oxford University Press.
- Saffran, J. R. (2018). Statistical learning as a window into developmental disabilities. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 10(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s11689-018-9252-y>
- Sandhu, T. R., Xiao, B., & Lawson, R. P. (2023). Transdiagnostic computations of uncertainty: Towards a new lens on intolerance of uncertainty. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 148, 105123. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105123>
- Schlichting, M. L., Guarino, K. F., Schapiro, A. C., Turk-Browne, N. B., & Preston, A. R. (2017). Hippocampal Structure Predicts Statistical Learning and Associative Inference Abilities during Development. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(1), 37–51. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01028
- Schönberger, D. K., Bruns, P., & Röder, B. (2024). Visual artificial grammar learning across 1 year in 7-year-olds and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 241, 105864. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2024.105864>
- Seidman, LJ, Biederman, J., Faraone, SV, Milberger, S., Norman, D., Seiverd, K., et al. (1995). Effetti della storia familiare e della comorbidità sulla performance neuropsicologica dei bambini con ADHD: risultati preliminari. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* 34, 1015–1024. doi: 10.1097/00004583-199508000-00011
- Seidman, LJ, Biederman, J., Monuteaux, MC, Doyle, AE, e Faraone, SV (2001). Disturbi dell'apprendimento e disfunzione esecutiva nei ragazzi con disturbo da deficit di attenzione/iperattività. *Neuropsychology* 15:544. doi: 10.1037/0894-4105.15.4.544

- Sexton, K. A., & Dugas, M. J. (2009). Defining distinct negative beliefs about uncertainty: Validating the factor structure of the Intolerance of Uncertainty Scale. *Psychological Assessment*, 21(2), 176–186.
<https://doi.org/10.1037/a0015827>
- Shallice, T., Marzocchi, G. M., Coser, S., Del Savio, M., Meuter, R. F., & Rumati, R. I. (2002). Executive function profile of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Developmental Neuropsychology*, 21(1), 43–71.
https://doi.org/10.1207/S15326942DN2101_3
- Smith, L. B., Jayaraman, S., Clerkin, E., & Yu, C. (2018). The Developing Infant Creates a Curriculum for Statistical Learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(4), 325–336. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.02.004>
- Suarez, I., De Los Reyes Aragón, C., Grandjean, A., Barceló, E., Mebarak, M., Lewis, S., Pineda-Alhucema, W., & Casini, L. (2021). Two sides of the same coin: ADHD affects reactive but not proactive inhibition in children. *Cognitive Neuropsychology*, 38(5), 349–363.
<https://doi.org/10.1080/02643294.2022.2031944>
- Tallal, P. (2004). Improving language and literacy is a matter of time. *Nature Reviews. Neuroscience*, 5(9), 721–728. <https://doi.org/10.1038/nrn1499>
- The Trusted Provider of Medical Information since 1899.* (s.d.). MSD Manuals. Recuperato 23 agosto 2024, da <https://www.msdmanuals.com/>
- Torgesen, J. K., Alexander, A. W., Wagner, R. K., Rashotte, C. A., Voeller, K. K., & Conway, T. (2001). Intensive remedial instruction for children with severe reading disabilities: Immediate and long-term outcomes from two instructional

- approaches. *Journal of Learning Disabilities*, 34(1), 33–58, 78.
<https://doi.org/10.1177/002221940103400104>
- Unsupervised Statistical Learning of Higher-Order Spatial Structures from Visual Scenes*—József Fiser, Richard N. Aslin, 2001.
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1111/1467-9280.00392>
- Vaidya, C. J., Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Zalecki, C. A., Elliott, G. R., & Gabrieli, J. D. E. (2005). Altered Neural Substrates of Cognitive Control in Childhood ADHD: Evidence From Functional Magnetic Resonance Imaging. *American Journal of Psychiatry*, 162(9), 1605–1613.
<https://doi.org/10.1176/appi.ajp.162.9.1605>
- Van de Cruys, S., Evers, K., Van der Hallen, R., Van Eylen, L., Boets, B., de-Wit, L., & Wagemans, J. (2014). Precise minds in uncertain worlds: Predictive coding in autism. *Psychological Review*, 121(4), 649–675.
<https://doi.org/10.1037/a0037665>
- Van De Cruys, S., Vanmarcke, S., Van De Put, I., & Wagemans, J. (2018). The Use of Prior Knowledge for Perceptual Inference Is Preserved in ASD. *Clinical Psychological Science*, 6(3), 382–393.
<https://doi.org/10.1177/2167702617740955>
- van Hulst, B. M., de Zeeuw, P., Vlaskamp, C., Rijks, Y., Zandbelt, B. B., & Durston, S. (2018). Children with ADHD symptoms show deficits in reactive but not proactive inhibition, irrespective of their formal diagnosis. *Psychological Medicine*, 48(15), 2515–2521. <https://doi.org/10.1017/S0033291718000107>
- Vaquero, J., Jiménez, L., & Lupiáñez, J. (2006). The problem of reversals in assessing implicit sequence learning with serial reaction time tasks. *Experimental brain*

- research. *Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale*, 175, 97–109. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0523-6>
- Vuong, H. E., & Hsiao, E. Y. (2017). Emerging Roles for the Gut Microbiome in Autism Spectrum Disorder. *Biological Psychiatry*, 81(5), 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2016.08.024>
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(2), 131–149. <https://doi.org/10.1080/87565649109540483>
- Willcutt, EG, Petrill, SA, Wu, S., Boada, R., DeFries, JC, Olson, RK, et al. (2013). Comorbidity tra disabilità di lettura e disabilità matematica: psicopatologia concomitante, compromissione funzionale e funzionamento neuropsicologico. *J. Learn. Disabil.* 46, 500–516. doi: 10.1177/0022219413477476
- Wójcik, M., Beck, J., Chyl, K., Dynak, A., Dzięciel-Fivet, G., Łuniewska, M., Grabowska, A., Jednoróg, K., & Dębska, A. (s.d.). Do Implicit Learning Deficit and Dyslexia Go Together? An fMRI and Behavioral Study. *Language Learning*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/lang.12652>
- Zdorovtsova, N., Jones, J., Akarca, D., Benhamou, E., The CALM Team, & Astle, D. E. (2023). Exploring neural heterogeneity in inattention and hyperactivity. *Cortex*, 164, 90–111. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.04.001>