

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA**  
**Dipartimento di Scienze della Formazione**



*Dottorato di Ricerca in "Scienze Sociali"*  
*Curriculum: "Psicologia e Scienze Cognitive"*  
*Tutor: Prof.ssa Maria Carmen Usai*

*XXXV ciclo*

**RELAZIONE SUL PROGETTO DI RICERCA**  
**A.A. 2020/2021**

**INIBIZIONE DELLA RISPOSTA E CONTROLLO DELL'INTERFERENZA**  
**NEI DISTURBI DELLO SPETTRO AUTISTICO**

## **Stato dell'arte**

### **Il controllo inibitorio**

Il controllo inibitorio rappresenta una componente del costrutto più ampio delle Funzioni Esecutive e corrisponde all'abilità di controllare le risposte automatiche e di filtrare le informazioni irrilevanti che possono interferire con il comportamento finalizzato, soprattutto in situazioni nuove o che richiedono un controllo volontario per adattarsi alle contingenze ambientali (Diamond, 2013); rappresenta una capacità che si sviluppa precocemente, già a partire dal primo anno di vita, e che in età evolutiva subisce cambiamenti significativi (Garon, Bryson, & Smith, 2008). Gli studi in letteratura dimostrano come, già a partire dai quattro anni di età, sia possibile distinguere due componenti del controllo inibitorio: l'inibizione della risposta, ovvero la capacità di controllare comportamenti automatici per metterne in atto altri meno predominanti ma necessari al raggiungimento dei propri obiettivi, e la gestione dell'interferenza, ovvero la capacità di filtrare le informazioni in conflitto (Friedman & Miyake, 2004; Gandolfi, Viterbori, Traverso, & Usai, 2014; Traverso, Fontana, Usai, & Passolunghi, 2018). L'acquisizione di queste capacità consente, ad esempio, di non farsi distrarre da stimoli irrilevanti, di pensare prima di agire o di sapersi autoregolare nei diversi contesti di vita (Oeri, Voelke, & Roebbers, 2018; Clark, Pritchard, & Woodward, 2010).

### **Il controllo inibitorio nell'autismo**

Il controllo inibitorio è considerato un aspetto rilevante sia nello studio delle differenze individuali nelle popolazioni a sviluppo tipico, sia nella comprensione delle difficoltà riscontrate in specifiche popolazioni cliniche (e.g., disturbi della condotta, disturbo da deficit di attenzione e iperattività). Mentre le ricerche confermano la presenza di un deficit inibitorio nel disturbo da deficit di attenzione e iperattività, risultati più contrastanti emergono dagli studi con persone con disturbo dello spettro autistico (Autism Spectrum Disorder, ASD), un disturbo del neurosviluppo caratterizzato da un funzionamento atipico nelle aree dell'interazione sociale e della comunicazione e da interessi ristretti e comportamenti ripetitivi. A partire dai lavori condotti negli anni '90 da Ozonoff, Russell e colleghi (Hughes & Russell, 1993; Ozonoff, Pennington, & Rogers, 1991), i quali suggerivano la presenza di

un deficit esecutivo nell'autismo, numerose ricerche si sono interessate allo studio del controllo inibitorio in questa popolazione. Una meta-analisi (Geurts et al., 2014) ha individuato una migliore performance dei campioni a sviluppo tipico rispetto a quelli con autismo nelle prove inibitorie (con una dimensione dell'effetto media  $g = 0.55$  per la componente di inibizione della risposta e di una dimensione dell'effetto piccola  $g = 0.31$  per il controllo dell'interferenza). Tuttavia, i risultati degli studi, anche più recenti, continuano a essere contrastanti: sebbene un buon numero di ricerche abbia confermato le difficoltà inibitorie (e.g. Biscaldi et al., 2016; Gardiner & Iarocci, 2018; Johnson et al., 2007; Pastor-Cerezuela, Fernández-Andrés, Sanz-Cervera, & Marín-Suelves, 2020), altre non hanno riscontrato differenze significative tra il campione a sviluppo tipico e quello con autismo (e.g. Chan et al., 2009; Gonzalez-Gadea et al., 2015; Magnuson et al., 2019; Wichers et al., 2019; Xiao et al., 2012). Come si vedrà nei paragrafi successivi, esistono numerose fonti di variabilità che possono spiegare l'eterogeneità dei risultati degli studi precedenti e che riguardano, in particolare, il tipo di dimensione inibitoria valutata, le caratteristiche dei campioni coinvolti e delle prove utilizzate.

### **Fonti di variabilità tra gli studi**

#### *Struttura multidimensionale del controllo inibitorio*

I risultati contrastanti in letteratura potrebbero derivare dalla mancanza di un modello teorico che riguardi il costrutto del controllo inibitorio: nella maggior parte delle ricerche nell'ambito dell'autismo, infatti, l'inibizione viene considerata semplicemente come una dimensione unitaria. Se nelle popolazioni a sviluppo tipico gli studi individuano almeno due componenti distinte del controllo inibitorio (Friedman & Miyake, 2004; Rey-Mermet, Gade, & Oberauer, 2018; Stahl et al., 2014), un numero limitato di studi ha tenuto conto di questa differenza nelle persone con ASD, confrontando direttamente prove di inibizione della risposta con prove di gestione dell'interferenza (Christ, Holt, White, & Green, 2007; Faja et al., 2016; Sanderson & Allen, 2013). Una valutazione più approfondita delle due componenti inibitorie permetterebbe di comprendere meglio se il deficit di inibizione sia generalizzato o riguardi in modo specifico alcune sue componenti.

#### *Caratteristiche dei partecipanti*

Le caratteristiche dei partecipanti coinvolti nei diversi studi potrebbero rappresentare delle rilevanti fonti di eterogeneità. In particolare, i risultati potrebbero essere influenzati dall'appaiamento dei gruppi in base all'età o al funzionamento intellettivo: infatti, se si considera che le misure di controllo inibitorio sono sensibili all'età cronologica e al funzionamento intellettivo dei partecipanti, confrontare gruppi con età o funzionamento differente potrebbe portare a risultati fuorvianti (Garon et al., 2018). Il funzionamento intellettivo dei partecipanti con ASD, inoltre, potrebbe rappresentare un moderatore significativo (Geurts et al., 2014), con prestazioni migliori alle prove inibitorie per coloro che presentano un funzionamento intellettivo migliore. Tuttavia, rimane ancora da indagare se questo si verifichi sia per la dimensione dell'inibizione della risposta sia per la gestione dell'interferenza. Per quanto riguarda il ruolo dell'età, gli studi precedenti hanno individuato delle difficoltà nell'inibizione sia in campioni di bambini sia in campioni di adulti (Agam et al., 2010; Mosconi et al., 2009); la mancanza di studi longitudinali, però, non consente di comprendere se vi siano cambiamenti evolutivi importanti (Demetriou et al., 2018). Alcuni studi suggeriscono che il deficit inibitorio nell'autismo sia maggiore nell'adolescenza e nell'età adulta (Adams & Jarrold, 2012), ma al contrario uno studio condotto da Christ e colleghi (2011) e la meta-analisi citata (Geurts et al., 2014) mostrano come, all'aumentare dell'età, si assista a una diminuzione delle differenze tra il gruppo con ASD e il gruppo di controllo nelle prove inibitorie.

Un ulteriore aspetto riguarda la presenza di comorbidità con ADHD nei partecipanti con diagnosi di ASD (Wallace et al., 2016). Infatti, tra il 28 % e il 44 % dei bambini con ASD presenta una comorbidità con l'ADHD (Failla et al., 2021). Poiché l'ADHD è un disturbo del neurosviluppo caratterizzato da compromissioni a carico delle funzioni esecutive, e in particolare del controllo inibitorio, è ipotizzabile che la presenza di sintomi di disattenzione e iperattività nei partecipanti con ASD possa spiegare in parte il deficit inibitorio (Wallace et al., 2016). Tuttavia, questo aspetto è stato affrontato solo a livello teorico dalla meta-analisi citata che non lo ha incluso nelle analisi di moderazione (Geurts et al., 2014).

### *Caratteristiche delle prove*

I risultati potrebbero variare anche in base ad alcune caratteristiche delle prove, quali la modalità di somministrazione (computer vs. carta-matita), al tipo di risposta richiesta dal compito (verbale vs. motoria) o in base a tipo di indice considerato (accuratezza vs. tempi di reazione).

Inoltre, il controllo inibitorio viene solitamente valutato sia mediante misure dirette, come test neuropsicologici o sperimentali, sia mediante misure indirette, come i questionari (Gardiner & Iarocci, 2018). Gli studi in letteratura hanno messo in luce come le due misure si differenzino in diversi aspetti (Gomez-Perez et al., 2016; Gonzalez-Barrero & Nadig, 2019; Toplak, 2013). Sono, infatti, differenti per la modalità di somministrazione: rispetto alle misure dirette, i questionari hanno tempi di somministrazione più rapidi e per questo sono solitamente utilizzati come strumento di screening (Toplak et al., 2013); tuttavia, possono essere più sensibili a eventuali bias da parte di chi li compila (e.g., Sachse & Von Suchodoletz, 2008). Inoltre, le due misure si differenziano per il contesto in cui vengono applicate: gli strumenti indiretti, infatti, sono pensati per offrire una misura ecologica del comportamento, in situazioni di vita quotidiana; al contrario, le misure dirette sono utilizzate in contesti clinici o sperimentali, e quindi in situazione più controllate. Sebbene misure dirette e indirette non si possano considerare sovrapponibili (Gross et al., 2014), le possibili differenze nella valutazione del controllo inibitorio nelle persone con ASD rimangono ancora inesplorate.

### **Controllo inibitorio, memoria di lavoro e competenze matematiche nell'autismo**

Il controllo inibitorio e la memoria di lavoro giocano un ruolo importante negli apprendimenti scolastici, in particolare nelle competenze matematiche. Gli studi specifici sulle competenze matematiche nell'autismo sono ancora relativamente pochi e con risultati non sempre congruenti. Una revisione sistematica condotta da Chiang e Lin (2007) ha mostrato come la maggior parte delle persone con autismo possieda abilità matematiche nella media e alcuni mostrano delle competenze eccellenti nell'ambito; tuttavia, vi sono specifiche aree matematiche che rappresentano dei punti di debolezza per la maggior parte delle persone con ASD. Nello specifico, i bambini con ASD sembrano avere buone capacità nel recupero di fatti aritmetici, ma mostrano difficoltà nel risolvere problemi, operazioni complesse o equazioni (Bullen et al., 2020; Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara, &

Simpson, 2002; Kim & Cameron, 2016; Wei et al., 2014). Inoltre, in età prescolare i bambini con autismo ad alto funzionamento mostrano frequentemente abilità pre-matematiche simili ai coetanei; tuttavia, negli anni successivi iniziano ad ottenere prestazioni inferiori, soprattutto nel momento in cui l'apprendimento della matematica diventa più complesso e sempre più basato sulla comprensione di concetti, e meno su procedure da automatizzare (Titeca, Roeyers, Josephy, Ceulemans, & Desoete, 2014). La presenza di relative aree di forza e di debolezza nelle competenze matematiche dei bambini con ASD potrebbe essere connessa a deficit nei processi cognitivi, come il controllo inibitorio e la memoria di lavoro (Whitby & Mancil, 2009). Tuttavia, a differenza dei numerosi studi con bambini a sviluppo tipico (Cragg et al., 2017; Friso-van den Bos et al., 2013; Usai et al., 2018), poche ricerche hanno fino a oggi indagato la connessione tra competenze matematiche e processi cognitivi nell'autismo. Come suggerito da Pellizzoni e Passolunghi (2017), la mancanza di studi sul tema potrebbe essere dovuta a diversi fattori, tra cui i risultati contrastanti degli studi sulla memoria di lavoro e il controllo inibitorio nell'autismo (Kercood et al., 2014; Meyer and Minshew, 2002; Mayes & Calhoun, 2006; Iuculano et al., 2014) e una limitata conoscenza sulle specifiche capacità matematiche delle persone con ASD (Titeca et al., 2014). Per quanto riguarda lo sviluppo tipico, si è visto che il contributo di inibizione e memoria di lavoro potrebbe variare in base alle specifiche componenti matematiche considerate. In particolare, il modello proposto da Cragg e colleghi (2017) suggerisce come il controllo inibitorio possa contribuire maggiormente alla conoscenza matematiche di tipo fattuale (i.e., saper recuperare i fatti aritmetici dalla memoria a lungo termine) e procedurale (i.e., saper selezionare la strategia più adatta alla risoluzione di un compito e applicarla seguendo i passaggi corretti), mentre la memoria di lavoro sia associata a tutti e tre i tipi di conoscenza matematica, ovvero fattuale, procedurale e concettuale (i.e., comprendere le relazioni tra i concetti matematici e conoscerne le proprietà) (Cragg et al., 2017). Questo modello potrebbe rivelarsi utile anche per indagare la relazione tra inibizione e memoria di lavoro e competenze matematiche nell'autismo: infatti, basandosi sulla letteratura recente (Cox et al., 2020), è ipotizzabile che i bambini con ASD incontrino minori difficoltà in compiti matematici che si basano su strategie automatizzate

e sul recupero di fatti aritmetici, ma maggiori difficoltà nei compiti matematici che richiedono una comprensione concettuale e procedure più complesse, dove la memoria di lavoro e l'inibizione potrebbero avere un peso significativo.

### **Gestione dell'interferenza cognitiva e metodologia eye tracking**

Un numero limitato di ricerche ha preso in esame la componente inibitoria di gestione dell'interferenza e ad oggi appare necessaria una comprensione più approfondita delle eventuali difficoltà nel processamento di informazioni in conflitto, che consenta di andare oltre all'individuazione o meno di un deficit. La gestione dell'interferenza rappresenta un particolare meccanismo dell'attenzione selettiva e corrisponde a un processo di controllo top-down che consente di ignorare gli stimoli distraenti in situazioni con un alto carico cognitivo e con una minore salienza percettiva degli stimoli bersaglio (Lavie, 1995, 2005; Pashler et al., 2001). I risultati sulla gestione dell'interferenza nell'autismo sono contrastanti, con alcuni studi (e.g. Suzuki et al., 2017; Tye et al., 2014) che trovano una performance simile tra il gruppo con autismo e il gruppo di controllo ed altri che individuano una differenza significativa nell'accuratezza ai compiti (e.g. Christ et al., 2007; Faja et al., 2016). La tendenza delle persone con autismo ad avere un focus attentivo limitato ad alcuni stimoli del compito (Dakin & Frith, 2005; Samson, Mottron, Jemel, Belin, & Ciocca, 2006) potrebbe facilitare la loro prestazione nel momento in cui si focalizzano sullo stimolo target; alternativamente, è ipotizzabile che, come suggerito da alcuni autori (Burack, 1994; Keehn, Müllerc, & Townsend, 2013), vi possa essere una difficoltà ad adattare il focus attentivo che comporti una difficoltà a filtrare gli stimoli distraenti e ad allocare le risorse attentive sullo stimolo rilevante. Tuttavia, le misure utilizzate generalmente per la valutazione di questi compiti non permettono di giungere a una comprensione più profonda dei meccanismi alla base della gestione dell'interferenza e delle eventuali difficoltà che le persone con autismo possono incontrare. Una possibile risposta potrebbe essere invece individuata mediante l'utilizzo dell'eye tracking, che consentirebbe di aggiungere importanti informazioni alle misure di accuratezza e ai tempi di reazione. Nonostante diversi studi mettano in risalto le opportunità che l'analisi dei movimenti oculari offre nello studio dei processi cognitivi

(Eckstein et al., 2017), un numero molto limitato di ricerche l'ha adottata nello studio delle funzioni esecutive e, in particolare, nel controllo inibitorio (si veda appendice la Tabella A1 che riporta una sintesi degli studi). Per quanto riguarda la popolazione a sviluppo tipico, uno studio di Olk (2013) ha mostrato che, in un particolare compito di Stroop numerico, le saccadi erano dirette più frequentemente verso lo stimolo rilevante per il compito; tuttavia, nella condizione incongruente, dove era necessaria la risoluzione di un conflitto, è stato evidenziato un numero maggiore di saccadi verso lo stimolo irrilevante e un maggior tempo di fissazione per entrambi gli stimoli rispetto alla condizione congruente. Attualmente, inoltre, sembra che nessuno studio abbia ancora esaminato i movimenti oculari in una prova di controllo inibitorio in partecipanti con autismo. Uno studio di Yi e colleghi (2012) analizza i movimenti oculari di bambini con autismo durante lo svolgimento del *Dimensional Change Card Sorting Test*, un compito che richiede sia capacità di inibizione sia di flessibilità cognitiva (la capacità di spostare in modo flessibile l'attenzione da un set mentale all'altro). I risultati mostrano come i bambini con autismo, rispetto al gruppo normativo, abbiano pattern di scansione visiva differente: per esempio, osservano per un tempo minore la carta corretta nella fase in cui viene richiesto il cambio di regola, e fissano più a lungo la parte bianca, e quindi non informativa, della carta. Questi primi risultati che emergono dall'applicazione dell'eye tracking allo studio delle FE sembrano suggerire che la performance a compiti esecutivi da parte di persone con autismo possa essere qualitativamente diversa e influenzata da particolari caratteristiche di attenzione selettiva e processamento degli stimoli note nell'ambito dell'autismo. Tuttavia, sia nello sviluppo tipico sia nella popolazione con autismo l'applicazione dei movimenti oculari allo studio del controllo inibitorio rimane un campo ancora poco esplorato.

## **Obiettivi e ipotesi**

### **1. Condurre una meta-analisi sulla letteratura inerente al controllo inibitorio nell'autismo.**

Dati i risultati contrastanti delle ricerche sul controllo inibitorio nell'autismo, il primo obiettivo è stato quello di condurre una meta-analisi sugli studi che hanno confrontato la performance a misure inibitorie nell'autismo e in campioni normativi. Rispetto alla meta-analisi precedente

(Geurts et al., 2014) sono stati inclusi un numero più ampio di studi e sono state approfondite alcune domande di ricerca non affrontate in precedenza. In particolare, rispetto alla meta-analisi di Geurts, sono stati inclusi anche gli articoli dal 2012 al 2020, comprendendo quindi un periodo che va dal 1990 al 2020. È stata ampliata la selezione delle prove inibitorie considerate e sono stati codificati separatamente anche gli studi che hanno valutato l'inibizione mediante questionari per comprenderne le differenze con le misure dirette. Negli studi in cui venivano adottate più misure di inibizione si è scelto di includerle tutte per poi tenere conto della dipendenza degli *effect size* nelle analisi statistiche; nei casi in cui venivano riportati sia indici di tempo sia di accuratezza sono stati codificati entrambi per essere analizzati separatamente. Inoltre, sono state codificate e analizzate come moderatori le seguenti variabili: la dimensione inibitoria considerata (inibizione della risposta vs. gestione dell'interferenza), le caratteristiche dei partecipanti quali l'età, il funzionamento intellettivo, e la presenza di comorbidità con ADHD e le caratteristiche delle prove quali la modalità di somministrazione (computer vs. carta-matita), il tipo di risposta richiesta (verbale vs. manuale), tipo di indice considerato (TR vs. accuratezza).

- 2. Analizzare l'inibizione della risposta e la gestione dell'interferenza nei disturbi dello spettro autistico.** Si confronteranno le due componenti di gestione dell'interferenza e di inibizione della risposta in un gruppo di partecipanti con autismo senza disabilità intellettiva e un gruppo di controllo. In base alla meta-analisi precedente, è ipotizzabile che si riscontrino deficit inibitori in entrambe le dimensioni. Tuttavia, a differenza degli studi precedenti, si utilizzeranno prove multiple per ogni componente.
- 3. Comprendere come il controllo inibitorio e la memoria di lavoro siano in relazione alle competenze matematiche.** Questa relazione nei disturbi dello spettro autistico non è stata ancora esplorata. Basandosi sul modello individuato da Cragg e colleghi (2017), è però possibile ipotizzare che i bambini con ASD presentino minori difficoltà in quei compiti matematici che si basano su strategie automatizzate e sul recupero di fatti aritmetici, ma difficoltà più significative nei compiti matematici più complessi a livello concettuale e procedurale e che coinvolgerebbero

in misura maggiore processi cognitivi quali la memoria di lavoro e l'inibizione. In particolare, l'inibizione potrebbe giocare un ruolo rilevante nei compiti che richiedono procedure più complesse, come i problemi matematici, mentre la memoria di lavoro potrebbe contribuire sia a compiti di conoscenza concettuale sia di conoscenza procedurale (Cragg et al., 2017; Viterbori et al., 2017).

**4. Analizzare i movimenti oculari in un compito di controllo dell'interferenza.** Si ipotizza la presenza di pattern di movimenti oculari atipici nelle persone con autismo. Per esempio, se si considerano i dati delle ricerche sull'attenzione nell'autismo (Bryson, Wainwright-Sharp, & Smith, 1990; Rincover & Ducharme, 1987; Keehn et al., 2013), un focus più ristretto potrebbe facilitare la prestazione nel momento in cui l'attenzione viene concentrata sullo stimolo rilevante; alternativamente, in caso di difficoltà nel compito si potrebbe osservare un maggiore focus sugli stimoli distraenti o su parti non informative del compito, come lo sfondo. Inoltre, tenendo presente le ricerche (Mutreja, Craig, & Boyle, 2016; Posner & Rothbart, 2007; Townsend, Harris, & Courchesne, 1996) che evidenziano come l'orientamento dell'attenzione possa richiedere tempi più lunghi nella popolazione con autismo, si potrebbe ipotizzare una durata maggiore dei tempi di fissazione sugli stimoli.

## Programmazione temporale del progetto

	1° anno	2° anno	3° anno
<b>Studio 1</b> Meta-analisi: il controllo inibitorio nell'autismo	Selezione della letteratura e codifica degli studi inclusi nella meta-analisi	Analisi dei dati della meta- analisi e stesura di due manoscritti	-
<b>Studio 2</b> Inibizione della risposta e gestione dell'interferenza nell'autismo	Analisi della letteratura e definizione dello studio	Raccolta dati e analisi preliminari	Raccolta e analisi dei dati
<b>Studio 3</b> Controllo inibitorio, memoria di lavoro e matematica nell'autismo	-	Analisi della letteratura e definizione dello studio	Raccolta e analisi dei dati
<b>Studio 4</b> Eye tracking e gestione dell'interferenza	-	Analisi della letteratura e definizione dello studio	Raccolta e analisi dei dati

### Studio 1. Meta-analisi: il controllo inibitorio nei disturbi dello spettro autistico

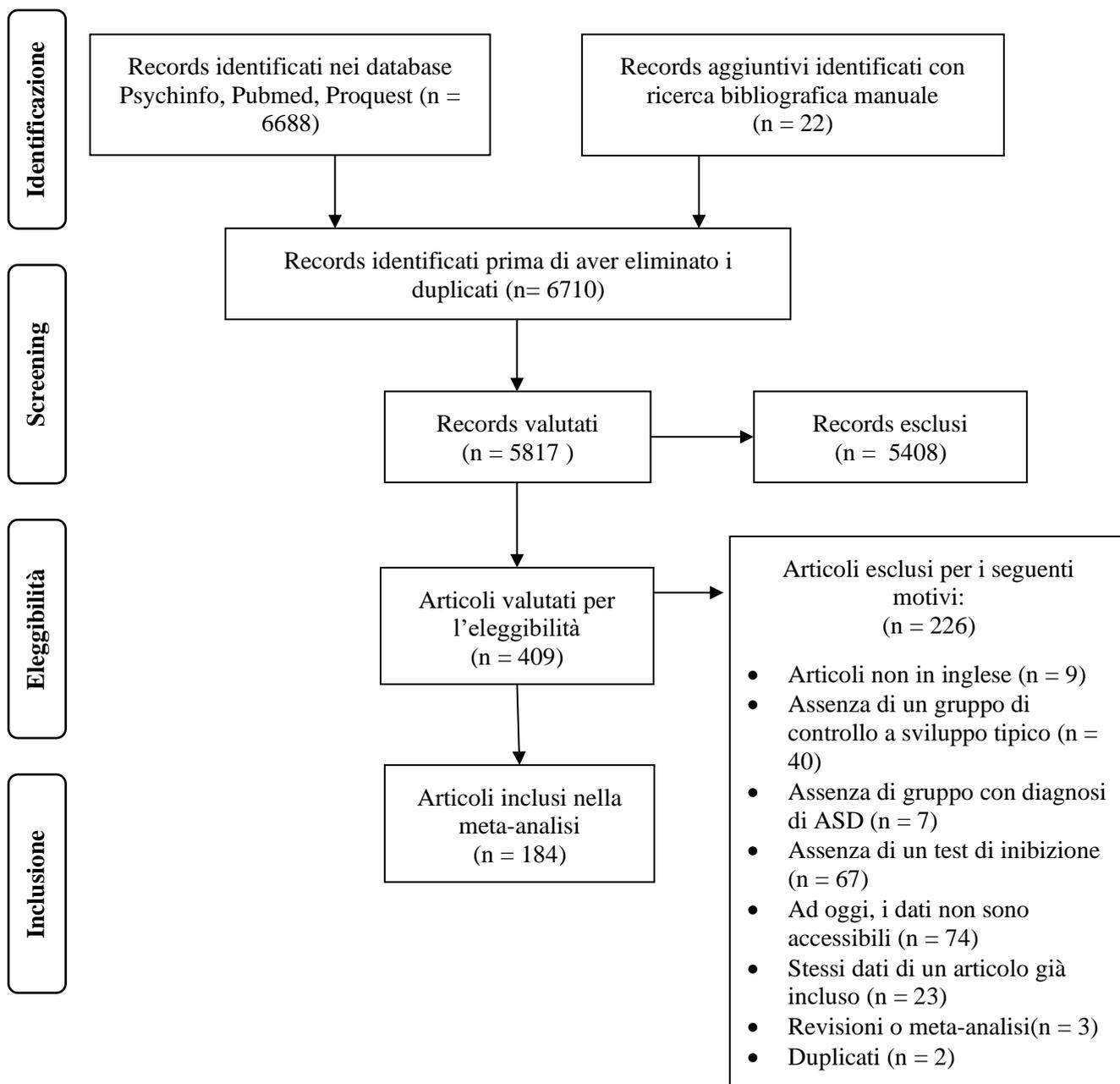
#### Metodo

Come mostrato in Figura 1, il processo di selezione della letteratura (dal 1990 a oggi) è stato effettuato secondo le indicazioni del Prisma Statement (Moher, 2009) ed è stato strutturato in tre fasi:

- ricerca degli abstract nei database PsycInfo, PubMed e ProQuest: sono stati individuati 6710 abstract di cui, dopo aver eliminato i duplicati, ne sono rimasti 5819.
- selezione degli abstract: gli abstract sono stati selezionati in base a cinque criteri di inclusione (studi dal 1990 a oggi, pubblicati in lingua inglese, che includevano un campione con ASD, un campione a sviluppo tipico (TD) e che utilizzavano almeno una misura di funzionamento esecutivo). Sono stati selezionati 409 abstract (indice di accordo della valutazione in cieco del 25% degli abstract: 96.29%)
- selezione degli articoli: è stato analizzato il testo degli articoli ed è stato aggiunto un quinto criterio di inclusione, ovvero l'utilizzo di una misura di controllo inibitorio. Dalla selezione

sono stati inclusi 184 studi (indice di accordo della valutazione in cieco del 25% degli articoli: 95.10%).

Figura 1. Diagramma che illustra il processo di ricerca e identificazione degli studi inclusi



### Strategia di analisi

Le analisi sono state condotte secondo le linee guida proposte da Borenstein, Hedges, Higgins e Rothstein (2011), utilizzando il software R (versione 4.0.3) con il pacchetto Metafor (Viechtbauer, 2010). Per comparare le prestazioni tra i gruppi per ogni prova inibitoria, è stata calcolata la g di Hedges che fornisce una dimensione dell'effetto (Borenstein et al., 2009) (con la funzione escalc nel pacchetto Metafor); questa è simile alla d di Cohen, con il vantaggio che rimuove la maggior parte

del bias contenuto nella stima di  $d$ . In particolare, la  $g$  di Hedges aggiunge un fattore di correzione per i campioni più piccoli, risultando quindi più precisa con basse numerosità. Una dimensione dell'effetto positiva indica una prestazione migliore del gruppo di controllo rispetto al gruppo con ASD, mentre una dimensione dell'effetto negativa indica una prestazione peggiore nel gruppo a sviluppo tipico. È stato scelto di adottare un modello a effetti random per rendere conto della variabilità attesa tra gli studi; infatti, il modello a effetti casuali, a differenza del modello a effetti fissi, assume che la reale dimensione dell'effetto vari da uno studio all'altro, a seconda dei moderatori riguardanti, per esempio, il metodo e le caratteristiche del campione. L'utilizzo dei modelli ad effetti casuali viene incoraggiato dal momento che essi operano meglio in una serie di circostanze, poiché gli effetti sono maggiormente generalizzabili e le stime sono influenzate in misura minore dagli studi con valori estremi (Borenstein et al., 2009).

L'eterogeneità attraverso le dimensioni dell'effetto è stata misurata valutando i seguenti indici:  $Q$  e  $I^2$  (Borenstein et al., 2009). La statistica  $Q$  rappresenta un test di eterogeneità, la cui ipotesi nulla sostiene che l'intervallo osservato delle dimensioni dell'effetto non si discosti da quanto atteso se si fosse considerata solo la varianza entro gli studi. Per quanto riguarda  $I^2$ , esso viene comunemente utilizzato per misurare la quantità di dispersione (eterogeneità), con valori di 25%, 50% e 75% che vengono tradizionalmente interpretati, rispettivamente, come bassi, moderati e alti livelli di eterogeneità (Deeks, Higgins e Altman, 2008). La significatività dei moderatori è stata testata utilizzando meta-regressioni con effetti casuali (Borenstein et al., 2009).

Per valutare la presenza di un bias di pubblicazione, è stato investigato il *funnel plot* e utilizzato il metodo trim and fill (Borenstein et al., 2009; Duval, 2005). Per quanto riguarda il *funnel plot*, una precisione minore degli studi è riflessa da una maggiore dispersione dei valori alla base del grafico. La distribuzione simmetrica degli studi attorno alla media della dimensione dell'effetto indica l'assenza di un bias di pubblicazione. Al contrario, la presenza di tale bias può essere identificata nel caso in cui la simmetria sia evidente solo nella parte superiore del grafico, con una quantità maggiore di studi mancanti nella parte inferiore; inoltre, la direzione dell'effetto verso destra, con un vuoto di

studi nella parte sinistra del grafico, potrebbe indicare la presenza di studi mancanti non significativi (Sterne, Becker, & Egger, 2005). Il metodo “*trim-and-fill*” (Duval, 2005) è stato utilizzato per imputare gli studi potenzialmente mancanti e per stimare la dimensione dell’effetto totale corretta per l’asimmetria osservata nel *funnel plot*.

## Risultati

### Effetto generale delle meta-analisi

La prima meta-analisi, condotta su 164 studi con misure dirette di controllo inibitorio, ha mostrato un deficit dei partecipanti con ASD ( $n=5,140$ ) rispetto al gruppo di controllo ( $n=6,075$ ), con una dimensione dell’effetto piccola-media ( $k = 274$ ,  $g = 0.484 [0.419, 0.549]$ ,  $p < .001$ ,  $\sigma_1^2 = .008$ ,  $\sigma_2^2 = .143$ ). La seconda meta-analisi, con 24 studi con misure indirette, ha identificato un ampio deficit inibitorio ( $g=1.334$ ) del gruppo con ASD ( $n=985$ ) rispetto al gruppo di controllo ( $n=1,300$ ) ( $k = 27$ ,  $g = 1.407 [1.186, 1.628]$ ,  $p < .001$ ,  $\sigma_1^2 = .024$ ,  $\sigma_2^2 = .227$ ).

### Analisi di moderazione

Come mostrato in Tabella 1, la modalità di presentazione delle prove (computer vs. carta-matita), il QI e l’età si sono rivelati moderatori significativi: la differenza tra i due gruppi è significativamente maggiore per le prove carta-matite e, per quanto riguarda l’inibizione della risposta, diminuisce con l’incremento dell’età e del funzionamento intellettivo dei partecipanti. La comorbidità con l’ADHD non ha un effetto statisticamente significativo.

Tabella 1. *Risultati delle analisi di moderazione*

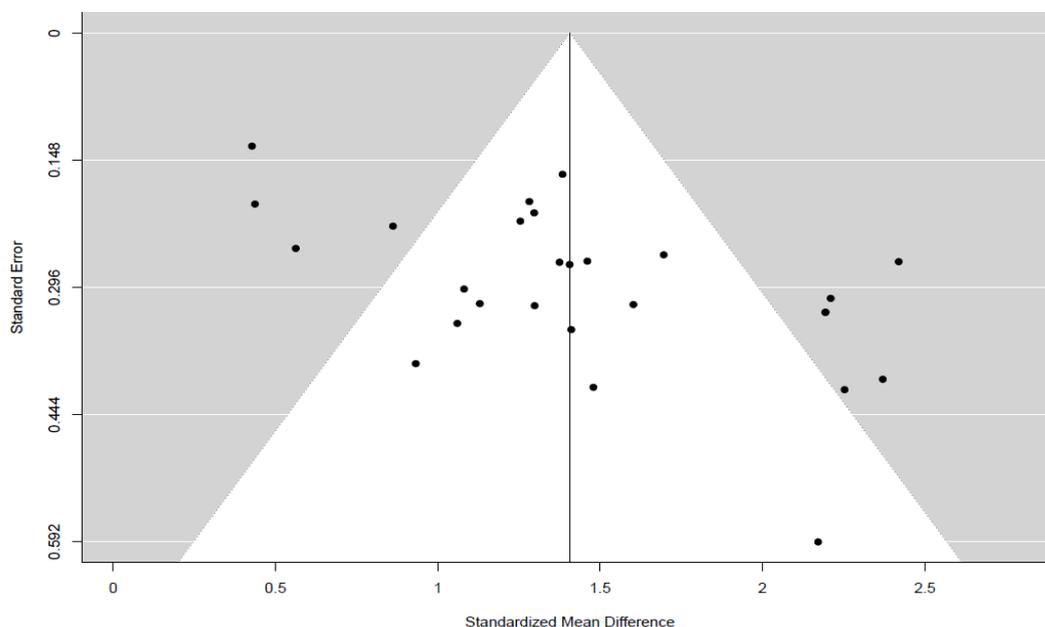
Moderatori	
Dimensione inibitoria	La dimensione dell’effetto è simile per inibizione della risposta e gestione dell’interferenza ( $k = 272$ , $Q_M = 0.009$ , $B = -0.011$ , $p = .923$ )
Caratteristiche del campione	
Età	Per le prove dirette il moderatore è significativo: un’età maggiore è associata a una minore differenza tra gruppo con ASD e TD ( $k = 271$ , $Q_M = 6.900$ , $B = -0.009$ , $p = .008$ ). Il moderatore rimane significativo solo per l’inibizione della risposta ( $k = 244$ , $Q_M = 6.649$ , $B = -0.009$ , $p = .010$ ) Per le prove indirette la dimensione dell’effetto non è moderata dall’età ( $k = 26$ , $Q_M = 0.886$ , $B = -0.036$ , $p = .347$ )

<i>QI</i>	<p>Per le prove dirette il moderatore è significativo: un QI maggiore è associato a una diminuzione nella differenza tra gruppo con ASD e TD (<math>k = 173, Q_M = 10.598, B = -0.013, p &lt; .001</math>).</p> <p>Il moderatore rimane significativo solo per l'inibizione della risposta (<math>k = 157, Q_M = 8.518, B = -0.012, p = .004</math>).</p> <p>La dimensione dell'effetto non è moderata dal QI per le prove indirette (<math>k = 16, Q_M = 0.035, B = 0.003, p = .852</math>)</p>
<i>Comorbidità con ADHD</i>	<p>La dimensione dell'effetto è simile per gli studi con partecipanti con comorbidità ASD + ADHD e senza comorbidità con ADHD (<math>k = 50, Q_M = 0.190, B = 0.108, p = .663</math>)</p>
Caratteristiche della prova	
<i>Computer vs. carta-matita</i>	<p>La differenza tra ASD e TD è maggiore per le prove carta-matita (<math>k = 270, Q_M = 8.582, B = -0.185, p = .003</math>)</p>
<i>Risposta verbale vs. motoria</i>	<p>La dimensione dell'effetto è simile per prove con risposta verbale e motoria (<math>k = 273, Q_M = 0.335, B = 0.038, p = .563</math>)</p>
<i>Indice RT vs. accuratezza</i>	<p>La dimensione dell'effetto è simile per accuratezza e RT (<math>k = 269, Q_M = 1.724, B = -0.080, p = .189</math>)</p>

## Bias di pubblicazione

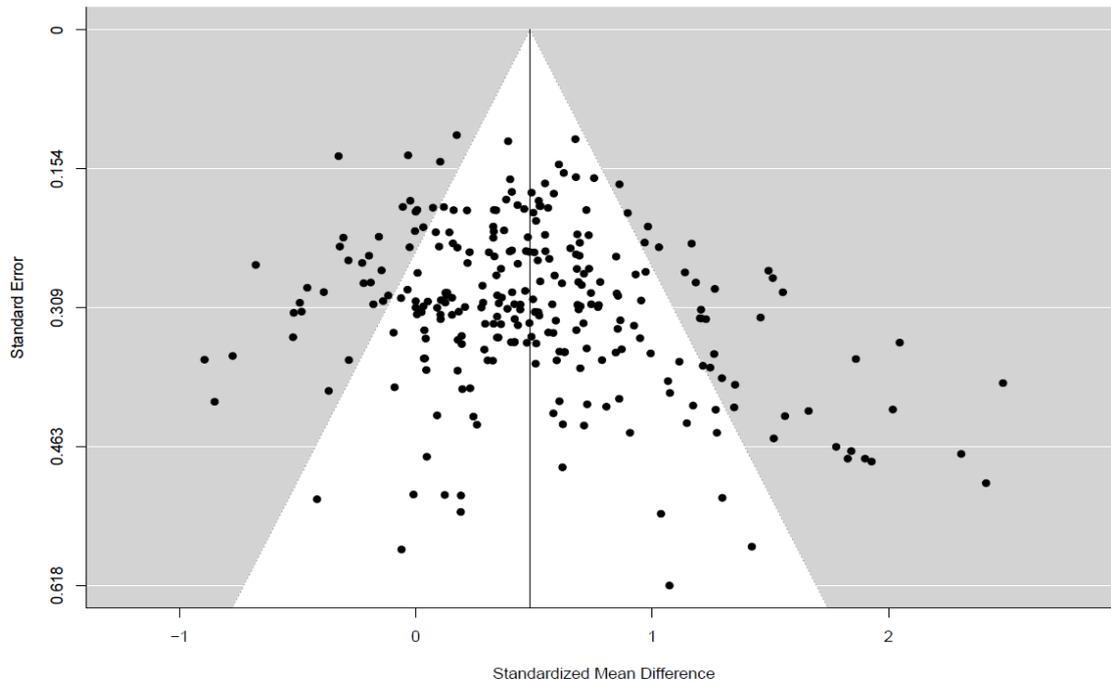
Come mostrato nelle Figure 2 e 3, non si sono evidenziati bias di pubblicazione né per le misure indirette né per le misure dirette del controllo inibitorio. Ciò è stato confermato dall'utilizzo del metodo *trimm-and-fill* che non ha evidenziato studi mancanti sulla parte sinistra ed esclude l'ipotesi di asimmetria nel grafico.

Figura 2. *Funnel plot per misure indirette di controllo inibitorio.*



Nel grafico, sono rappresentati l'errore standard (asse y) e la *g* di Hedges (asse x) di ciascun effetto. Il triangolo bianco indica la regione in cui il 95% dei punti dovrebbe rientrare in assenza di un bias di pubblicazione. La linea verticale rappresenta la dimensione dell'effetto generale stimata con la meta-analisi.

Figura 3. *Funnel plot per misure dirette di controllo inibitorio.*



Le meta-analisi hanno mostrato un deficit inibitorio nell'autismo, valutato sia attraverso misure dirette sia indirette. Tuttavia, in quest'ultime la dimensione dell'effetto è significativamente maggiore, suggerendo l'importanza di adottare una valutazione multidimensionale che includa anche misure ecologiche; inoltre, è consigliabile adottare sia prove computerizzate sia carta-matita, date le prestazioni migliori delle persone con ASD alle prove computerizzate, in cui probabilmente le richieste a livello sociale sono minori. Infine, sebbene si sia visto che le difficoltà sono presenti sia nell'inibizione della risposta sia nella gestione dell'interferenza, le analisi di moderazione mostrano che solo l'inibizione della risposta è moderata dalle caratteristiche dei partecipanti, suggerendo come le due dimensioni inibitorie si possano considerare due meccanismi differenti del controllo inibitorio.

## **Studio 2. Inibizione della risposta e gestione dell'interferenza nei disturbi dello spettro autistico**

### **Metodo**

#### **Partecipanti**

Il progetto ha coinvolto bambini, adolescenti e giovani adulti con ASD e sviluppo tipico, a partire dall'età di sei anni. La scelta di utilizzare un campione con un'età maggiore di sei anni risiede nel fatto che questa corrisponde alla fase in cui le due componenti di inibizione dovrebbero essere già differenziate, seppur ancora in fase di maturazione. I due gruppi sono stati appaiati per età cronologica e punteggio alla prova di Ragionamento con Matrici, utilizzata per la valutazione del ragionamento visuo-percettivo.

Sono stati inclusi i partecipanti che hanno ottenuto un punteggio nella media o superiore alla media (Punteggio Ponderato  $\geq 7$ ) alla prova di Ragionamento con Matrici; per il gruppo con ASD sono stati inclusi solo i partecipanti che avevano una diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico e per il gruppo di controllo solo coloro che non presentavano alcuna diagnosi. Per quanto riguarda il gruppo con ASD, hanno aderito al progetto 29 partecipanti; tuttavia, di questi, sono stati inclusi 20 partecipanti. Infatti, sei di loro non sono stati inclusi poiché non soddisfacevano i criteri di inclusione (n=2 esclusi per la mancanza di diagnosi; n=4 esclusi per un punteggio ponderato alla prova di Ragionamento con le Matrici inferiore a 7) e tre non sono stati ancora inclusi nelle analisi poiché al momento hanno partecipato solo alla prima sessione. Per quanto riguarda il gruppo di controllo, hanno aderito al progetto 43 partecipanti; tra questi, dopo la somministrazione della prima sessione, abbiamo selezionato 20 partecipanti che potessero essere appaiati per genere, età e ragionamento visuo-percettivo con i partecipanti del gruppo con ASD.

I due gruppi presentano la stessa distribuzione di genere (F=4; M=16), e risultano appaiati per età e ragionamento visuo-percettivo; Non risultano invece appaiati per il punteggio ottenuto alla prova di vocabolario. Le caratteristiche dei gruppi sono riportate nella Tabella 2.

Tabella 2. *Caratteristiche del campione.*

	<b>Gruppo di controllo</b> (n=20) M (DS)	<b>Gruppo con ASD</b> (n=20) M (DS)	<b>Statistiche</b>	<b>Dimensione dell'effetto</b>
Età in anni	12.87 (4.34)	12.84 (4.47)	t (38) = .026; p=.980	d = 0.007
Ragionamento con matrici	11.85 (2.32)	11.60 (2.78)	t (38) = .309; p =.759	d = 0.098
Vocabolario	11.55 (2.48)	9.05 (3.90)	t (38) = 2.419; p = .020	d = 0.765

## Strumenti e Procedura

La ricerca ha ricevuto l'approvazione del Comitato Etico per la Ricerca di Ateneo (CERA). Ai genitori che hanno aderito al progetto è stato richiesto di compilare e firmare il consenso informato. Inoltre, è stato chiesto loro di compilare la scala *Social Responsivness Scale-2* (SRS-2; Constantino & Gruber, 2012) che consente di ottenere una valutazione dei sintomi che caratterizzano l'autismo e di escludere tratti di autismo nei partecipanti del controllo. Inoltre, per ogni partecipante del gruppo con ASD, lo sperimentatore ha compilato la *scala Childhood Autism Rating Scale-2* (CARS-2; Schopler et al. 2010), per confermare la diagnosi di ASD; ai genitori è stato chiesto di compilare il questionario associato alla scala CARS-2 (*Questionnaire for Parents or Caregivers*).

I partecipanti sono stati valutati nel corso di tre sessioni da circa 45 minuti ciascuna. Le prove avevano l'obiettivo di valutare principalmente le due dimensioni del controllo inibitorio; inoltre, si è valutata la memoria di lavoro, verbale e visuo-spaziale, poiché correlata ai processi inibitori (Im-Bolter et al., 2006; Traverso et al., 2020). Data la situazione dovuta alla pandemia COVID-19, le prove sono state somministrate a distanza, in videochiamata al computer. In particolare, per i test computerizzati (i.e., *Go/no-g, Flanker, Navon, Mr. Peanut*) veniva inviato al partecipante il link alla prova che si svolgeva in condivisione schermo. Per le restanti prove l'esaminatore condivideva un file con gli stimoli dove necessario utilizzate sono descritte di seguito (i.e., *Ragionamento con Matrici, Vocabolario, Matching Familiar Figure Test*). Le prove utilizzate sono descritte di seguito.

## Prove per il funzionamento intellettuale

*Ragionamento con Matrici* (WISC-IV, Wechsler et al., 2005; WAIS-IV; Wechsler et al., 2008). La prova richiede al partecipante di completare una sequenza visiva con il pezzo mancante, scegliendolo

tra le alternative sottostanti. Per i partecipanti con un'età compresa tra i 6 e i 16 anni e 11 mesi è stata utilizzata la prova della WISC-IV (Wechsler 2005). Per i partecipanti con un'età maggiore è stata invece utilizzata la versione della WAIS-IV (Wechsler, 2008). Il punteggio grezzo è calcolato sulla base del numero di item corretti (1 punto per ogni item corretto e 0 per gli item errati). Come variabile dipendente si è calcolato il punteggio ponderato per età; come specificato in precedenza, sono stati inclusi solo partecipanti con un punteggio ponderato maggiore o uguale a 7, che corrisponde al limite inferiore della media (Ragionamento con Matrici, Range atteso 7-19).

*Vocabolario* (Wechsler et al., 2005, 2008). La prova richiede al partecipante di fornire una definizione della parola pronunciata dallo sperimentatore. In base all'appropriatezza della definizione è possibile assegnare un punteggio di 0, 1 o 2. Anche in questo caso, è stata utilizzata la prova della WISC-IV per partecipanti dai 6 ai 16 anni e 11 mesi, e la WAIS-IV per partecipanti con età superiore; la variabile considerata è stata quella del punteggio ponderato per età (*Vocabolario*, range atteso 1-19).

### **Prove per l'inibizione della risposta**

*Matching Familiar Figure Test* (MFFT; versione adattata da Marzocchi, Re, & Cornoldi, 2010). Questa prova è considerata una misura di inibizione della risposta in quanto richiede ai partecipanti di non fornire risposte impulsive nello scegliere la figura corretta (Traverso et al., 2016; Marzocchi et al., 2010). In particolare, viene mostrata una figura bersaglio con cinque figure alternative. Tutte le figure alternative sono in realtà molto simili alla figura bersaglio ma solo una è identica ed è quella che il partecipante deve identificare. In questa versione, somministrata a distanza, al partecipante viene richiesto di nominare il numero sottostante all'alternativa selezionata. Il compito prevede due item di prova e 20 item sperimentali; per ognuno di essi, viene registrato il numero di errori (le volte che il partecipante nomina una figura sbagliata) (*MFFT errori*, range atteso 0–100). Inoltre, viene registrato il tempo alla prima risposta fornita per ogni item (*MFFT TR*).

*Go/no-go* (Donders, 1969; Malagoli & Usai, 2018). Il go/no-go rappresenta uno dei paradigmi più utilizzati per valutare la capacità di inibire una risposta automatica. In questa versione computerizzata, al partecipante è richiesto di premere la barra spaziatrice, il più velocemente possibile, solo quando

viene mostrata la figura bersaglio (o “stimolo Go”), ovvero un rettangolo blu (80% degli item). Per le altre figure (“stimoli No-go”), invece, è necessario inibire la risposta automatizzata, non premendo il tasto. Il compito prevede 20 item di prova e 100 item sperimentali; la durata dello stimolo è di 2000 ms. Viene registrata l’accuratezza agli stimoli No-go (ovvero la proporzione di item no-go in cui il partecipante riesce a inibire la propria risposta) e il tempo di reazione agli stimoli a cui viene data una risposta corretta (*Go/no-go accuratezza*, range atteso 0–1.00; *Go/no-go TR corretti*, range atteso 0–2000 ms).

### **Prove per la gestione dell’interferenza**

*Flanker*. Questo compito è considerato una misura per il controllo dell’interferenza. La prova computerizzata è simile per stimoli e procedura a quella utilizzata in studi precedenti (Christ et al., 2011; Rueda et al., 2004). I partecipanti completano una serie di prove in cui vengono loro mostrati cinque pesci disposti orizzontalmente, invitandoli a prestare attenzione solo a quello centrale, indicandone la direzione il più velocemente possibile (premendo un tasto a sinistra o a destra nella tastiera, a seconda della direzione dello sguardo del pesce). I pesci fiancheggiatori possono guardare nella stessa direzione del pesce centrale (item congruenti) o in direzione opposta (item incongruenti). Per ogni item, gli stimoli vengono presentati fino al momento in cui il partecipante fornisce la risposta e, in ogni caso, dopo che sono trascorsi 3000 ms. Inizialmente, ai partecipanti viene richiesto di completare due blocchi di prova con 20 item ciascuno e dopo vengono mostrati 120 item sperimentali (60 congruenti e 60 incongruenti), in ordine casuale. Ogni 40 item viene inserito un minuto di pausa. Si assegna un punto per ogni item corretto (*Flanker errori*, range atteso 0-120; *Flanker TR*, range atteso 0-3000 ms).

*Navon* (adattato da Navon, 1977). Abbiamo utilizzato una versione modificata del Test Navon dove gli stimoli non sono composti da lettere ma da figure (cuore o stella). Nella condizione definita “globale”, il partecipante deve premere il tasto corrispondente alla figura grande, che può essere composta da figure piccole uguali a quella grande (item congruente) o differenti (item incongruente). Nella condizione definita “locale”, al contrario, il partecipante deve premere il tasto corrispondente

alla figura piccola che compone la figura grande, che può essere uguale (item congruente) o differente (item incongruente). La figura viene presentata al centro dello schermo e rimane fino a che non viene fornita una risposta. Il test si compone di 32 item (di cui il 50% incongruenti) ed è suddiviso in quattro blocchi con otto item ciascuno: nel primo e nel terzo blocco viene richiesto di identificare la figura globale, mentre nei restanti due blocchi viene richiesto di identificare la figura locale. Le variabili dipendenti per misurare la gestione dell'interferenza sono la proporzione di item incongruenti corretti (*Navon accuratezza*, range attesi 0-1.00) e i tempi di risposta agli item incongruenti corretti.

### **Prove per la memoria di lavoro.**

*Span indietro* (Wechsler et al., 2005, 2008). La prova rappresenta una misura di memoria di lavoro verbale, in quanto richiede ai partecipanti di ripetere, in ordine inverso, i numeri pronunciati dallo sperimentatore. Non vi è un limite di tempo per ricordare i numeri, ma lo sperimentatore deve pronunciarli uno al secondo. Il compito è composto da otto livelli con due item ciascuno; il numero delle cifre da ricordare aumenta progressivamente da due a otto cifre. Viene assegnato un punto per ogni item corretto (*Span indietro*, range atteso 0-16).

*Mr. Peanut*. Questo compito (Case, 1985) è utilizzato per valutare la memoria di lavoro visuo-spaziale (Morra, 1994). Nella prova computerizzata, ai partecipanti viene mostrato un personaggio, Mr. Peanut, con alcuni pallini colorati, posizionati in diverse parti del corpo. Dopo cinque secondi, Mr. Peanut scompare, per riapparire senza pallini; a quel punto i partecipanti devono ricordare la posizione e il colore dei pallini che il personaggio presentava in precedenza (selezionando il pallino colorato da una barra laterale e cliccando sulla posizione corretta). La prova è composta da sette livelli, con tre item ciascuno; per ogni livello, aumenta progressivamente il numero di pallini da ricordare (da due a otto pallini). Si può passare al livello successivo se almeno un item per livello viene svolto correttamente. Il punteggio totale viene calcolato in base alle regole fornite da Morra (1994): per ogni livello si assegna un punto se il partecipante indica almeno due item corretti, e un terzo di punto (0.33) per ogni livello successivo in cui è stato svolto correttamente solo un item su tre (*Mr. Peanut*, range atteso 0-7).

## Risultati

### Statistiche Descrittive e correlazioni.

Di seguito sono riportate le statistiche descrittive (Tabella 3) e le correlazioni (Tabella 4) delle prove utilizzate.

Tabella 3. *Statistiche descrittive dell'età e delle prove per l'intero campione.*

	N	Min	Max	M	DS
Età	40	6.12	21.35	12.86	4.35
Ragionamento con Matrici	40	7	16	11.73	2.53
Vocabolario	40	1	15	10.30	3.47
MFFT errori	39	0	26	6.51	6.29
MFFT TR	35	12.16	58.83	27.32	11.98
Go/No-go acc. (No-go)	32	0.64	1.00	0.88	0.12
Go/No-go TR (corrette)	32	59.4	731.4	440.55	135.92
Flanker errori (incongruenti)	35	0.00	40.00	4.57	7.18
Flanker TR (incongruenti)	35	513.96	1661.69	940.97	336.57
Navon acc. (incongruenti)	35	0.00	1.00	0.81	0.26
Navon TR (incongruenti)	34	630.21	7181.94	1857.04	1364.20
Span indietro	40	0	14	7.30	2.75
Mr. Peanut	36	1.00	5.00	2.62	1.04

Tabella 4. *Correlazioni di ordine zero (triangolo superiore) e correlazioni parzializzate per età (triangolo inferiore) tra le prove utilizzate.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Età	1	-.047	.170	-.515*	.119	.262	-.551**	-.384**	-.566**	.229	-.427**	.600**	.659**
2 Ragionamento	-	1	.315*	-.226	.188	.142	-.115	-.282	-.345*	-.020	-.048	.254*	.255
3 Vocabolario	-	.532**	1	-.175	-.060	.011	-.304*	-.254	-.188	.214	-.190	.567**	.125
4 MFFT errori	-	-.501**	-.164	1	-.194	-.244	.590**	.452**	.417**	-.313*	.467**	-.525**	-.597**
5 MFFT TR	-	.269	.117	-.501**	1	.027	.056	-.156	.183	-.104	.075	.097	-.220
6 Go/No-go acc.	-	.113	-.188	.062	.056	1	-.230	-.295	-.069	-.048	-.274	.380**	.332
7 Go/No-go TR	-	.165	.041	.274	-.025	.011	1	.469**	.781**	-.054	.603**	-.618**	-.621**
8 Flanker errori	-	-.036	-.086	.468*	-.377*	-.163	.298	1	.363*	-.180	.009	-.444**	-.423**
9 Flanker TR	-	-.196	-.181	.388*	.009	.238	.674**	.084	1	.003	.592**	-.424**	-.635**
10 Navon acc.	-	.143	.150	-.426*	.025	-.116	.234	-.202	.095	1	-.061	.299*	.201
11 Navon TR	-	.016	.109	.012	.237	-.168	.366	-.153	.470*	.228	1	-.556**	-.479**
12 Span indietro	-	.374	.336	-.311	.024	-.059	-.107	-.214	-.001	.262	-.141	1	.584**
13 Mr. Peanut	-	.417*	.280	-.465*	.081	.103	-.293	-.227	-.386*	.112	-.168	.292	1

Note. \*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$

## Confronto tra gruppi alle prove di inibizione della risposta, gestione dell'interferenza e memoria di lavoro.

Come mostrato in Tabella 5, è stata condotta un'Analisi della Covarianza (ANCOVA), inserendo come criterio il punteggio alle prove di controllo inibitorio e di memoria di lavoro, come fattore il gruppo e come covariata il punteggio alla prova di vocabolario.

Tabella 5. *Confronto tra gruppi alle misure di inibizione della risposta, gestione dell'interferenza e memoria di lavoro.*

	Gruppo di controllo		Gruppo con ASD		ANCOVA Effetto del gruppo	Dimensione dell'effetto
	N	M (DS)	N	M (DS)		
MFFT errori	20	4.15 (3.53)	19	9.00 (7.58)	F(1,36)= 4.147; p=.049	$\eta^2_p = 0.103$
MFFT TR	19	26.32 (11.82)	16	28.53 (12.45)	F (1,32)= 0.985; p=.328	$\eta^2_p = 0.030$
Go/No-go acc. (No-go)	19	0.87 (0.12)	13	0.90 (0.12)	F (1,29)=0.560; p=.460	$\eta^2_p =0.019$
Go/No-go TR (corrette)	19	396.97 (111.84)	13	504.24 (111.83)	F (1, 29)=5.778; p=.023	$\eta^2_p =0.166$
Flanker errori (incongruenti)	20	2.50 (2.04)	15	7.33 (9.34)	F (1,32)=4.607; p=.040	$\eta^2_p =0.126$
Flanker TR (incongruenti)	20	883.65 (263.88)	15	1017.40 (411.03)	F (1,32)=2.000; p=.167	$\eta^2_p =0.59$
Navon acc. (incongruenti)	20	0.91 (0.18)	15	0.66 (0.29)	F (1,32)=6.871; p=.013	$\eta^2_p =0.177$
Navon TR (incongruenti)	20	1547.86 (738.65)	14	2298.72 (1889.35)	F (1,31)=2.284; p=.141	$\eta^2_p =0.69$
Span indietro	20	8.25 (2.17)	20	6.35 (2.98)	F (1,37)=2.620; p=.114	$\eta^2_p = 0.066$
Mr. Peanut	20	2.83 (1.02)	16	2.37 (1.04)	F (1,36)=1.610; p=.213	$\eta^2_p =0.047$

I risultati mostrano alcune differenze nei compiti inibitori tra il gruppo con ASD e il gruppo di controllo e suggeriscono che il deficit non sia specifico per una singola dimensione del controllo inibitorio (Geurts et al., 2014). In particolare, i partecipanti con ASD incontrano più difficoltà in entrambe le prove di controllo dell'interferenza. Per quanto riguarda, invece, l'inibizione della risposta, è possibile osservare come i partecipanti con ASD ottengano un punteggio significativamente più basso in una delle due prove utilizzate, il MFFT, ma non al Go/No-go. Questo ci suggerisce come sia importante utilizzare più prove per valutare una dimensione perché spesso le prove inibitorie possono variare nel livello di complessità e nelle altre abilità richieste: il gruppo con

ASD compie più errori alla prova MFFT, che richiede un'inibizione della risposta in un compito complesso, dove è necessario utilizzare strategie di ricerca visive e mantenere in memoria la rappresentazione dello stimolo bersaglio mentre si esplorano le diverse alternative. Sembra, invece, che bambini e ragazzi con ASD riescano quando è richiesta un'inibizione della risposta più semplice, come nel caso del Go/No-go. A questo proposito, si può notare come per riuscire a inibire con successo la propria risposta agli item No-go, i partecipanti con ASD rallentino i loro tempi di risposta durante il compito, mentre ciò non avviene nella prova MFFT dove i tempi di risposta non si differenziano da quelli del gruppo di controllo. Inoltre, il test MFFT, seppur somministrato in modalità a distanza, è una prova che richiede l'interazione con lo sperimentatore, a differenza del Go/No-go che è invece un test computerizzato; in linea con quanto riscontrato dalla meta-analisi che abbiamo condotto, è possibile che le prove computerizzate, rispetto a quelle somministrate dallo sperimentatore, siano più semplici per le persone con ASD poiché si tratta di compiti ancora più standardizzati, e dove l'interazione sociale è ridotta al minimo.

Le differenze tra i gruppi appena descritte si mantengono anche controllando per il punteggio al vocabolario; ciò non accade, invece, per la prova di memoria di lavoro verbale (Span indietro), dove l'effetto del gruppo non è più staticamente significativo nel momento in cui non si controlla per l'effetto del vocabolario.

La ricerca presenta alcuni limiti, tra cui la ridotta numerosità dei due campioni, dovuta sia alle difficoltà nel trovare partecipanti con diagnosi di ASD che soddisfacessero i criteri di inclusione, sia alla situazione socio-sanitaria che ha fatto sì che le prove potessero essere somministrate solo in modalità a distanza. In particolare, la modalità a distanza ha comportato alcune difficoltà dovute alla mancanza di strumenti tecnologici adeguati da parte dei partecipanti, o all'incompatibilità dei computer dei partecipanti con la versione web del software E-prime utilizzato per due prove computerizzate (Go/No-go e Navon). Per cercare comunque di rendere le sessioni di valutazione il più controllate possibile, tutte le prove, anche quelle computerizzate, sono state svolte in condivisione schermo. Nei mesi successivi si cercherà di aumentare la numerosità campionaria. Inoltre, va

ricordato che, al momento, il test Navon è stato utilizzato come indicatore della gestione dell'interferenza (considerando l'accuratezza e i tempi agli item incongruenti); tuttavia in futuro, si potranno condurre analisi che valutino le eventuali differenze tra la condizione globale e la condizione locale.

Infine, un altro limite della ricerca è dato dall'utilizzo di una sola prova per le due aree indagate del funzionamento intellettuale (ragionamento visuo-percettivo e vocabolario); data la lunga durata delle sessioni, infatti, abbiamo preferito non sovraccaricare i partecipanti con altre prove e abbiamo selezionato i due compiti più rappresentativi dei due domini considerati.

### **Studio 3. Controllo inibitorio, memoria di lavoro e specifiche competenze matematiche nei disturbi dello spettro autistico**

#### **Metodo**

##### **Partecipanti**

Saranno coinvolti i partecipanti dello studio precedente, in particolare coloro che frequentano la scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado.

##### **Strumenti e procedura**

La valutazione degli apprendimenti matematici si svolgerà in un incontro successivo alle sessioni dello studio precedente. Le prove sono state scelte tra quelle standardizzate per la popolazione italiana e serviranno a indagare le aree identificate dal modello di Cragg (2017):

- **Conoscenza fattuale:** Per valutare la conoscenza fattuale sarà somministrata la prova *Fatti aritmetici (AC-MT-3; Cornoldi, Mammarella, & Caviola, 2020)*. Questa prova valuta la capacità di memorizzazione e recupero dei fatti aritmetici, ovvero se il bambino/ragazzo ha già a disposizione il dato in memoria ed è in grado di accedervi senza eseguire procedure di calcolo. Per ogni item, che può essere ripetuto solo una volta, vengono concessi un massimo di tre secondi.
- **Conoscenza procedurale:** per valutare la conoscenza procedurale verrà somministrata la prova *Calcolo a Mente (AC-MT-3, 6-14 anni; Cornoldi et al., 2020)*: questa prova valuta la capacità del bambino di applicare le strategie proprie del calcolo a mente per giungere al risultato corretto di un'operazione. Ai bambini e ai ragazzi è, infatti, richiesto di risolvere a mente delle operazioni presentate oralmente. Durante la somministrazione, lo sperimentatore annota le strategie utilizzate dal bambino nell'apposito spazio, registra i tempi di risposta e concede per ogni calcolo un tempo massimo di 30 secondi. Oltre alla prova di Calcolo a Mente, verrà somministrata la prova di *Problemi Matematici (AC-MT, 6-11 anni e AC-MT, 11-14 anni)*

che, com'è noto in letteratura, richiedono abilità procedurali più complesse (Passolunghi & Siegel, 2001).

- **Conoscenza concettuale.** Per valutare la conoscenza concettuale è stata selezionata una prova simile a quella utilizzata da Cragg e colleghi (2017), ovvero la prova di *Inferenze matematiche* (AC-MT-3; Cornoldi et al., 2020): questa prova indaga la capacità di compiere ragionamenti matematici di tipo inferenziale, la comprensione dei simboli matematici e dei principi fondamentali dell'aritmetica. In alcuni item di questa prova, viene richiesto di completare le operazioni presentate in formato arabo con il segno mancante; in altri item, invece, ai bambini e ai ragazzi è richiesto di risolvere un'operazione incompleta, non svolgendo i calcoli, ma aiutandosi con una seconda operazione già svolta dalla quale, applicando le proprietà delle operazioni, è possibile risalire al risultato della prima. La prova ha un tempo massimo di un minuto e mezzo per le prime tre classi della scuola primaria, e di un minuto per le classi dalla quarta primaria alla terza secondaria di primo grado.

#### **Studio 4. Gestione dell'interferenza cognitiva e metodologia eye tracking**

##### **Metodo**

Anche in questo caso, si confronteranno un gruppo con ASD e un gruppo di controllo, a una prova di gestione dell'interferenza a cui sarà applicata l'analisi dei movimenti oculari. In particolare, il compito utilizzato sarà quello del Flanker, così come descritto nello Studio 2 e, oltre all'accuratezza e ai tempi di reazione, si analizzeranno sia le aree di interesse (*areas of interest*, AOIs) per comprendere quali aree vengono osservate di più (target/distrattori/sfondo) sia il numero, la direzione e la latenza delle saccadi prima e al momento della risposta.

Appendice

Tabella A1. Sintesi degli studi che hanno applicato l'analisi dei movimenti oculari a compiti che richiedono capacità di controllo inibitorio.

Authors	Participants	Task	Indices	Results
<i>Olk, 2013</i>	N=15 TD Age: 18-27 (M = 21)	<i>Numerical Stroop Task</i> (The relevant stimulus was the array with more items, while the irrelevant one was the array with the numbers of higher value E.g. Where is more? Congruent condition: 5555 222 Incongruent: 2222 555)	Manual RT and accuracy measurements	RT was longer and accuracy lower in the incongruent condition
			Saccadic reaction time (SRT) of the first saccade after display onset	The difference was not significant: SRT congruent = SRT incongruent
			The direction of the first saccade after stimulus onset	In both conditions more first saccades were directed to the relevant stimulus The percentage of first saccades to the relevant stimulus was higher in the congruent than in the incongruent condition
			The duration of the first and second fixation after the first saccade	Participants spent more time fixating the relevant stimulus in both conditions  With their second fixation, participants spent more time fixating in the incongruent condition
			Fixation duration on stimulus arrays during the trial	Participants spent more time fixating the relevant array in both conditions When all fixations of a trial were considered participants spent more time fixating in the incongruent condition
		The fixation location and its duration at response	Participants spent more time on the relevant array irrespective of condition	
<i>Vakil et al., 2019</i>	AHDH: 30 Age: 18-31 (M: 24.4)  TD: 30 Age: 18-31 (M=23.7)	<i>Stroop Test</i> The participants were instructed to name the color in the rectangle by pressing the key on the keyboard, bearing the corresponding color, while ignoring the word that appeared.	Accuracy and reaction time in incongruent and congruent trials	Accuracy: TD>ADHD; no significant difference between incongruent vs congruent trials Reaction time: TD faster than ADHD RT congruent < RT incongruent
			Fixation duration on target (color) and distracter (word).	Overall fixation time: AHDH > TD Fixation time incongruent trials > fixation time congruent trials in both groups Fixation time on target > Fixation time on distracter; the difference was more pronounced in the ADHD group Fixation time on target in incongruent trials > congruent trials; it was more pronounced in ADHD group
			Number of shifts between target and distracter	More shifts between stimuli in the ADHD than in the control group. Number of shifts in the congruent condition was smaller than in the incongruent condition in both groups
			Number of fixations on the target (color) and the distracter (word)	The number of fixations in the ADHD group was higher than the control group More fixations on the target in the incongruent condition than in the congruent condition, although the number of fixations on the distracter was similar in both conditions.

				<p>The number of fixations in the congruent condition was lower than in the incongruent condition.</p> <p>The participants fixated on the target more times than on the distracter.</p> <p>The difference between the number fixations on the target and the distracter in the ADHD group was greater than the difference in the control group.</p>
			Number of trials the target (color) and the distracter (word) fixated on first	<p>Overall Group with ADHD displayed more fixations</p> <p>More fixations were made on the target than on the distracter</p>
			Average duration of the first fixation on the word distracter	None of the effects reached significance: group, condition, and the interaction between groups x condition
			Time to first fixation on the target	More time elapsed before the group with ADHD first fixated on the target
<b>Yi et al., 2012</b>	<p>N=18 ASD Age: 3.75-9.58 (<i>M</i>=6,61)</p> <p>N=31 TD Age: 3.00-6.92 (<i>M</i>=4,37)</p>	<p><i>Dimensional Change Card Sorting task</i> (DCCS):</p> <p>-demonstration and preswitch phases (e.g., sort by shape for 6 trials)</p> <p>- postswitch phase (e.g., sort by color for 6 trials)</p> <p>-border version (12 trials)</p>	<p>N of correct trials</p> <p>Two approaches to analyze the eye movement data:</p> <p>1)The traditional AOI approach, which predefined aois including the test card and the two target cards → the <i>proportional fixation duration</i> was calculated by dividing the total fixation time on each AOI by the total fixation time on the whole picture</p> <p>2) The <i>analysis of saccade paths</i>, which counted the frequencies of a participant's gaze shifts from one AOI to another.</p>	<p>TD children got significantly higher DCCS scores than ASD children</p> <p><u>Proportional Fixation Duration:</u></p> <p><u>Postswitch phase</u></p> <p>No longer looking time in the irrelevant information in ASD children than TD children. Instead, the proportional duration in the relevant information was shorter for ASD than TD children</p> <p>TD children looked longer at the correct card than the incorrect card, whereas ASD children spent similar amount of time at the correct and the incorrect card.</p> <p>ASD children spent more time on blank areas of the screen (i.e., areas other than the three cards) than TD children.</p> <p>Both ASD and TD children who passed the postswitch task looked longer at the correct than the incorrect cards, but those who failed spent similar amount of time looking at the correct and the incorrect cards.</p> <p>TD children following the shape rule spent longer looking time at the incorrect card than those TD children following the color rule.</p> <p><u>Analysis of saccade paths</u></p> <p><u>Postswitch phase:</u></p> <p>TD children scanned between the correct and the test cards more often than between the incorrect and the test cards. ASD children showed no differences between the frequencies of these two paths.</p> <p>ASD children who failed in the postswitch phase scanned between the incorrect card and the test card more often than ASD children who passed</p>

## Bibliografia

- Adams, N. C., & Jarrold, C. (2012). Inhibition in autism: Children with autism have difficulty inhibiting irrelevant distractors but not prepotent responses. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(6), 1052-1063.
- Agam, Y., Joseph, R. M., Barton, J. J., di& Manoach, D. S. (2010). Reduced cognitive control of response inhibition by the anterior cingulate cortex in autism spectrum disorders. *Neuroimage*, 52(1), 336-347.
- Biscaldi, M., Bednorz, N., Weissbrodt, K., Saville, C. W. N., Feige, B., Bender, S., & Klein, C. (2016). Cognitive endophenotypes of attention deficit/hyperactivity disorder and intra-subject variability in patients with autism spectrum disorder. *Biological Psychology*, 118, 25-34.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to Meta-analysis*. John Wiley & Sons.
- Bryson, S. E., Wainwright-Sharp, J. A., & Smith, I. M. (1990). Autism: A developmental spatial neglect syndrome. The development of attention: Research and theory, 405-427.
- Bullen, J. C., Lerro, L. S., Zajic, M., McIntyre, N., & Mundy, P. (2020). A Developmental Study of Mathematics in Children with Autism Spectrum Disorder, Symptoms of Attention Deficit Hyperactivity Disorder, or Typical Development. *Journal of autism and developmental disorders*, 50(12), 4463-4476.
- Burack, J. A. (1994). Selective attention deficits in persons with autism: preliminary evidence of an inefficient attentional lens. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(3), 535.
- Carretti, B., Cornoldi, C., De Beni, R., & Palladino, P. (2004). What happens to information to be suppressed in working-Memory tasks? Short and long term effects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 57(6), 1059-1084.
- Case, R. (1985). Intellectual Development from birth to adulthood. *Orlando, Academy Press*.
- Chan, A. S., Cheung, M. C., Han, Y. M., Sze, S. L., Leung, W. W., Man, H. S., & To, C. Y. (2009). Executive function deficits and neural discordance in children with autism spectrum disorders. *Clinical Neurophysiology*, 120(6), 1107-1115.
- Chiang, H. M., & Lin, Y. H. (2007). Mathematical ability of students with Asperger syndrome and high-functioning autism: A review of literature. *Autism*, 11(6), 547-556.
- Christ, S. E., Holt, D. D., White, D. A., & Green, L. (2007). Inhibitory control in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(6), 1155-1165.
- Christ, S. E., Kester, L. E., Bodner, K. E., & Miles, J. H. (2011). Evidence for selective inhibitory impairment in individuals with autism spectrum disorder. *Neuropsychology*, 25(6), 690-701.
- Clark, C. A., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176.
- Constantino, J. N., & Gruber, C. P. (2012). *Social responsiveness scale: SRS-2*. Torrance, CA: Western Psychological Services.
- Cox, S. K., & Root, J. R. (2020). Modified schema-based instruction to develop flexible mathematics problem-solving strategies for students with autism spectrum disorder. *Remedial and Special Education*, 41(3), 139-151.
- Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H. E., & Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition*, 162, 12-26.
- Dakin, S., & Frith, U. (2005). Vagaries of visual perception in autism. *Neuron*, 48(3), 497-507.
- Deeks, J. J., Higgins, J. P. T., & Altman, D. G. (2008). Chapter 9: analysing data and undertaking meta-analyses. In Higgins JPT, Green S (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Chichester (UK): John Wiley & Sons,.
- Demetriou, E. A., Lampit, A., Quintana, D. S., Naismith, S. L., Song, Y. J. C., Pye, J. E., ... & Guastella, A. J. (2018). Autism spectrum disorders: A meta-analysis of executive function. *Molecular Psychiatry*, 23(5), 1198-1204.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Duval, S. (2005). The trim and fill method. In Rothstein, H. R., Sutton, A. J. & Borenstein, M. *Publication Bias in Meta-Analysis: Prevention, Assessment and Adjustments*, 127-144.

- Eckstein, M. K., Guerra-Carrillo, B., Singley, A. T. M., & Bunge, S. A. (2017). Beyond eye gaze: What else can eye tracking reveal about cognition and cognitive development?. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 25, 69-91.
- Failla, M. D., Schwartz, K. L., Chaganti, S., Cutting, L. E., Landman, B. A., & Cascio, C. J. (2021). Using phecode analysis to characterize co-occurring medical conditions in autism spectrum disorder. *Autism*, 25(3), 800-811.
- Faja, S., Dawson, G., Sullivan, K., Meltzoff, A. N., Estes, A., & Bernier, R. (2016). Executive function predicts the development of play skills for verbal preschoolers with autism spectrum disorders. *Autism Research*, 9(12), 1274-1284.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 101.
- Friso-Van den Bos, I., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational research review*, 10, 29-44.
- Gandolfi, E., Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M. C. (2014). Inhibitory processes in toddlers: A latent-variable approach. *Frontiers in Psychology*, 5, 381.
- Gardiner, E., & Iarocci, G. (2018). Everyday executive function predicts adaptive and internalizing behavior among children with and without autism spectrum disorder. *Autism Research*, 11(2), 284-295.
- Griswold, D. E., Barnhill, G. P., Myles, B. S., Hagiwara, T., & Simpson, R. L. (2002). Asperger syndrome and academic achievement. *Focus on autism and other developmental disabilities*, 17(2), 94-102.
- Gómez-Pérez, M. M., Calero, M. D., Mata, S., & Molinero, C. (2016). Discrepancies between direct and indirect measures of interpersonal and neurocognitive skills in autism spectrum disorder children. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 38(8), 875-886.
- Gonzalez-Barrero, A. M., & Nadig, A. S. (2019). Can bilingualism mitigate set-shifting difficulties in children with autism spectrum disorders?. *Child Development*, 90(4), 1043-1060.
- Gross, A. C., Deling, L. A., Wozniak, J. R., & Boys, C. J. (2015). Objective measures of executive functioning are highly discrepant with parent-report in fetal alcohol spectrum disorders. *Child Neuropsychology*, 21(4), 531-538.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31.
- Garon, N., Smith, I. M., & Bryson, S. E. (2018). Early executive dysfunction in ASD: Simple versus complex skills. *Autism Research*, 11(2), 318-330.
- Geurts, H. M., van den Bergh, S. F., & Ruzzano, L. (2014). Prepotent response inhibition and interference control in autism spectrum disorders: Two meta-analyses. *Autism Research*, 7(4), 407-420.
- Gonzalez-Gadea, M. L., Chennu, S., Bekinschtein, T. A., Rattazzi, A., Beraudi, A., Tripicchio, P., ... & Sigman, M. (2015). Predictive coding in autism spectrum disorder and attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Neurophysiology*.
- Hughes, C., & Russell, J. (1993). Autistic children's difficulty with mental disengagement from an object: Its implications for theories of autism. *Developmental Psychology*, 29(3), 498.
- Iuculano, T., Rosenberg-Lee, M., Supekar, K., Lynch, C. J., Khouzam, A., Phillips, J., ... & Menon, V. (2014). Brain organization underlying superior mathematical abilities in children with autism. *Biological psychiatry*, 75(3), 223-230.
- Johnson, K. A., Robertson, I. H., Kelly, S. P., Silk, T. J., Barry, E., Dáibhis, A., ... & Gill, M. (2007). Dissociation in performance of children with ADHD and high-functioning autism on a task of sustained attention. *Neuropsychologia*, 45(10), 2234-2245.
- Keehn, B., Müller, R. A., & Townsend, J. (2013). Atypical attentional networks and the emergence of autism. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(2), 164-183.
- Kercood, S., Grskovic, J. A., Banda, D., & Begeeske, J. (2014). Working memory and autism: A review of literature. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(10), 1316-1332.
- Kim, H., & Cameron, C. E. (2016). Implications of visuospatial skills and executive functions for learning mathematics: Evidence from children with autism and Williams syndrome. *AERA open*, 2(4), 2332858416675124.
- Im-Bolter, N., Johnson, J., & Pascual-Leone, J. (2006). Processing limitations in children with specific language impairment: The role of executive function. *Child development*, 77(6), 1822-1841.

- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 21(3), 451.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(2), 75-82.
- Malagoli, C., & Usai, M. C. (2018). The effects of gender and age on inhibition and working memory organization in 14-to 19-year-old adolescents and young adults. *Cognitive Development*, 45, 10-23.
- Magnuson, J. R., Peatfield, N. A., Fickling, S. D., Nunes, A. S., Christie, G., Vakorin, V., ... & Doesburg, S. M. (2019). Electrophysiology of inhibitory control in the context of emotion processing in children with autism spectrum disorder. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 78.
- Marzocchi, G. M., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2010). *BIA. Batteria italiana per l'ADHD per la valutazione dei bambini con deficit di attenzione-iperattività*. Con DVD e CD-ROM. Edizioni Erickson.
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2006). Frequency of reading, math, and writing disabilities in children with clinical disorders. *Learning and Individual Differences*, 16(2), 145-157.
- Meyer, J. A., & Minshew, N. J. (2002). An update on neurocognitive profiles in Asperger syndrome and high-functioning autism. *Focus on autism and other developmental disabilities*, 17(3), 152-160.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097.
- Morra, S. (1994). Issues in working memory measurement: Testing for M capacity. *International Journal of Behavioral Development*, 17(1), 143-159.
- Mosconi, M. W., Kay, M., D'cruz, A. M., Seidenfeld, A., Guter, S., Stanford, L. D., & Sweeney, J. A. (2009). Impaired inhibitory control is associated with higher-order repetitive behaviors in autism spectrum disorders. *Psychological Medicine*, 39(9), 1559-1566.
- Mutreja, R., Craig, C., & O'Boyle, M. W. (2016). Attentional network deficits in children with autism spectrum disorder. *Developmental Neurorehabilitation*, 19(6), 389-397.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive psychology*, 9(3), 353-383.
- Oeri, N., Voelke, A. E., & Roebbers, C. M. (2018). Inhibition and behavioral self-regulation: An inextricably linked couple in preschool years. *Cognitive Development*, 47, 1-7.
- Olk, B. (2013). Measuring the allocation of attention in the Stroop task: evidence from eye movement patterns. *Psychological Research*, 77(2), 106-115.
- Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals: relationship to theory of mind. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 32(7), 1081-1105.
- Pashler, H., Johnston, J. C., & Ruthruff, E. (2001). Attention and performance. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 629-651.
- Pastor-Cerezuela, G., Fernández-Andrés, M. I., Sanz-Cervera, P., & Marín-Suelves, D. (2020). The impact of sensory processing on executive and cognitive functions in children with autism spectrum disorder in the school context. *Research in Developmental Disabilities*, 96, 103540.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(1), 44-57.
- Pellizzoni, S., & Passolunghi, M. C. (2017). Convergent evaluation of working memory and arithmetic ability in a child with autism spectrum disorder without intellectual impairment. *Frontiers in psychology*, 8, 1278.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*, 58, 1-23.
- Rey-Mermet, A., Gade, M., & Oberauer, K. (2018). Should we stop thinking about inhibition? Searching for individual and age differences in inhibition ability. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 44(4), 501.
- Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42(8), 1029-1040.
- Sachse, S., & Von Suchodoletz, W. (2008). Early identification of language delay by direct language assessment or parent report?. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 29(1), 34-41.

- Samson, F., Mottron, L., Jemel, B., Belin, P., & Ciocca, V. (2006). Can spectro-temporal complexity explain the autistic pattern of performance on auditory tasks?. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 65-76.
- Sanderson, C., & Allen, M. L. (2013). The specificity of inhibitory impairments in autism and their relation to ADHD-type symptoms. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(5), 1065-1079.
- Schopler, E., Reichler, R. J., & Renner, B. R. (2010). *The childhood autism rating scale (CARS)*. Los Angeles, CA, USA:: WPS.
- Solomon, M., Yoon, J. H., Ragland, J. D., Niendam, T. A., Lesh, T. A., Fairbrother, W., & Carter, C. S. (2014). The development of the neural substrates of cognitive control in adolescents with autism spectrum disorders. *Biological Psychiatry*, 76(5), 412-421.
- Stahl, C., Voss, A., Schmitz, F., Nuszbaum, M., Tüscher, O., Lieb, K., & Klauer, K. C. (2014). Behavioral components of impulsivity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(2), 850.
- Sterne, J. A., Becker, B. J., & Egger, M. (2005). The funnel plot. In Rothstein, H. R., Sutton, A. J. & Borenstein, M. *Publication Bias in Meta-Analysis: Prevention, Assessment and Adjustments*, 75-98.
- Suzuki, K., Kita, Y., Sakihara, K., Hirata, S., Sakuma, R., Okuzumi, H., & Inagaki, M. (2017). Uniqueness of action monitoring in children with autism spectrum disorder: Response types and temporal aspects. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 39(8), 803-816.
- Titeca, D., Roeyers, H., Josephy, H., Ceulemans, A., & Desoete, A. (2014). Preschool predictors of mathematics in first grade children with autism spectrum disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 35(11), 2714-2727.
- Toplak, M. E., West, R. F., & Stanovich, K. E. (2013). Practitioner review: Do performance-based measures and ratings of executive function assess the same construct?. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(2), 131-143.
- Townsend, J., Harris, N. S., & Courchesne, E. (1996). Visual attention abnormalities in autism: Delayed orienting to location. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2(6), 541-550.
- Traverso, L., Mantini, C., Usai, M. C., & Viterbori, P. (2016). Valutare le capacità di regolazione in età prescolare: il preschool matching familiar figure task. *Psicologia clinica dello sviluppo*, 20(2), 189-210.
- Traverso, L., Fontana, M., Usai, M. C., & Passolunghi, M. C. (2018). Response inhibition and interference suppression in individuals with down syndrome compared to typically developing children. *Frontiers in Psychology*, 9, 660.
- Traverso, L., Viterbori, P., Malagoli, C., & Usai, M. C. (2020). Distinct inhibition dimensions differentially account for working memory performance in 5-year-old children. *Cognitive Development*, 55, 100909.
- Tye, C., Asherson, P., Ashwood, K. L., Azadi, B., Bolton, P., & McLoughlin, G. (2014). Attention and inhibition in children with ASD, ADHD and co-morbid ASD+ ADHD: An event-related potential study. *Psychological Medicine*, 44(5), 1101-1116.
- Usai, M. C., Viterbori, P., & Traverso, L. (2018). Preschool executive function profiles: implications for math achievement in grades 1 and 3. *Journal of Research in Childhood Education*, 32(4), 404-418.
- Vakil, E., Mass, M., & Schiff, R. (2019). Eye movement performance on the Stroop test in adults with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 23(10), 1160-1169.
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1-48.
- Viechtbauer, W. (2015). *Metafor: Meta-analysis package for R* (version 1.9-8). Computer software.
- Wallace, G. L., Yerys, B. E., Peng, C., Dlugi, E., Anthony, L. G., & Kenworthy, L. (2016). Assessment and treatment of executive function impairments in autism spectrum disorder: An update. In *International Review of Research in Developmental Disabilities* (Vol. 51, pp. 85-122). Academic Press.
- Wei, X., Christiano, E. R., Jennifer, W. Y., Blackorby, J., Shattuck, P., & Newman, L. A. (2014). Postsecondary pathways and persistence for STEM versus non-STEM majors: Among college students with an autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(5), 1159-1167.
- Whitby, P. J. S., & Mancil, G. R. (2009). Academic achievement profiles of children with high functioning autism and Asperger syndrome: A review of the literature. *Education and Training in Developmental Disabilities*, 551-560.

- Wichers, R. H., Findon, J. L., Jelsma, A., Giampietro, V., Stoencheva, V., Robertson, D. M., ... & Murphy, D. G. (2019). Modulation of brain activation during executive functioning in autism with citalopram. *Translational Psychiatry*, 9(1), 1-11.
- Xiao, T., Xiao, Z., Ke, X., Hong, S., Yang, H., Su, Y., ... & Liu, Y. (2012). Response inhibition impairment in high functioning autism and attention deficit hyperactivity disorder: evidence from near-infrared spectroscopy data. *PloS one*, 7(10), e46569.
- Yi, L., Liu, Y., Li, Y., Fan, Y., Huang, D., & Gao, D. (2012). Visual scanning patterns during the dimensional change card sorting task in children with autism spectrum disorder. *Autism Research and Treatment*, 2012.