

La versione finale di questo articolo è pubblicata sulla rivista Psicologia Clinica dello Sviluppo, disponibile online: <https://www.rivisteweb.it/doi/10.1449/103811>

Si segnala che questa versione del manoscritto potrebbe non replicare esattamente la versione definitiva pubblicata sulla rivista Psicologia Clinica dello Sviluppo.

**La soppressione dell'interferenza nei disturbi dello spettro autistico: una meta-analisi sugli studi che utilizzano il *Flanker test***

**Authors:** Irene Tonizzi, Corrado Repetto, David Giofrè, Maria Carmen Usai

**Affiliazione:**

Dipartimento di Scienze Sociale, Università degli studi di Genova, Corso Podestà 2, 16128 Genova, Italia

**Manoscritto accettato: 2 Febbraio 2022**

## **Interference suppression in autism spectrum disorders: a meta-analysis of studies using the Flanker test**

### **Abstract**

Interference suppression is an inhibitory process that allows us to filter out irrelevant information, in situations with high cognitive demands and with target stimuli of low perceptual salience. Although inhibitory difficulties seemed to be associated with core features of autism spectrum disorders (ASD), to date it is still unclear if interference suppression is impaired in people with ASD.

This meta-analysis, conducted on 15 studies, including peer-reviewed journal articles and dissertations, using the *Flanker test*, aimed to investigate interference suppression in ASD, as compared with a typically developing control group. Results reveal a small deficit of group with ASD (Hedges'  $g = 0,311$ ), compared with controls; in addition, moderator analyses suggest that the deficit did not vary with age and intellectual functioning of the participants.

### **La soppressione dell'interferenza nei disturbi dello spettro autistico: una meta-analisi sugli studi che utilizzano il *Flanker test***

### **Abstract**

La soppressione dell'interferenza è una componente dell'inibizione che permette di ignorare gli stimoli distraenti in situazioni con un alto carico cognitivo e con una minore salienza percettiva degli stimoli bersaglio. Deficit di inibizione sembrano essere associati ai comportamenti tipici delle persone con disturbo dello spettro autistico (Autism Spectrum Disorder, ASD), ma in letteratura non vi è ancora chiarezza sul fatto che le persone con ASD mostrino un deficit inibitorio, e in particolare nella soppressione dell'interferenza. La presente meta-analisi ha lo scopo di indagare se esista effettivamente una differenza tra persone con ASD e a sviluppo tipico nella soppressione dell'interferenza, prendendo in considerazione 15 lavori, tra articoli pubblicati e dissertazioni, che hanno utilizzato il *Flanker test*. I risultati suggeriscono che le persone con ASD presentano un deficit, seppur di lieve entità ( $g$  di Hedges = 0,311), nella soppressione dell'interferenza rispetto alle persone a sviluppo tipico, che non sembra dipendere dall'età o dal funzionamento intellettuale dei partecipanti.

Parole chiave: *autism, interference suppression, inhibition, Flanker test, meta-analysis.*

## Introduzione

L'inibizione rappresenta un costrutto multidimensionale e, già a partire dai quattro anni di età, è possibile distinguere due componenti principali: 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'inibizione è considerata un aspetto rilevante sia nello studio delle differenze individuali nelle popolazioni a sviluppo tipico, sia nella comprensione delle difficoltà riscontrate in specifici disturbi del neurosviluppo, come il deficit di attenzione e iperattività (Attention-deficit/hyperactivity disorder, ADHD) e i disturbi dello spettro autistico (ASD). Tuttavia, mentre le ricerche confermano la presenza di un deficit inibitorio nell'ADHD, risultati più contrastanti emergono dagli studi con persone con 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. Sebbene sia riconosciuta la multidimensionalità dell'inibizione, la maggior parte delle ricerche con persone con ASD si focalizza sull'inibizione della risposta, mentre a oggi è ancora poco studiata la dimensione di gestione dell'interferenza per la quale si evidenziano risultati contrastanti. Quest'ultima però potrebbe giocare un ruolo fondamentale, in quanto l'abilità di sopprimere l'interferenza derivante da distrattori risulta cruciale per un buon funzionamento nella vita di tutti i giorni. Si pensi per esempio all'ambito scolastico, dove i materiali di apprendimento sono spesso presentati in maniera condensata, in modo che una pagina contenga molti elementi, e dove l'alunno deve concentrarsi su quello che dice l'insegnante ignorando il rumore provocato dai compagni. Inoltre, negli adulti, l'abilità di ignorare gli stimoli irrilevanti risulta essere critica per una guida sicura (Boland, Stichter, Beversdorf e Christ, 2019; van den Bergh, Scheeren, Begeer, e Geurts, 2014). Proprio per comprendere meglio se i processi di soppressione dell'interferenza siano compromessi nelle persone con autismo, abbiamo compiuto una meta-analisi su studi che hanno misurato la soppressione dell'interferenza attraverso il *Flanker test*, in un campione di persone con ASD e a sviluppo tipico.

## **L'inibizione come costrutto multidimensionale**

Negli anni sono stati proposti diversi modelli di inibizione che hanno messo in evidenza la struttura multidimensionale di tale capacità (Rey-Mermet, Gade e Oberauer, 2018). Nigg (2000), fra i primi, ha messo in evidenza come l'inibizione che richiede un controllo volontario includa al proprio interno diverse dimensioni: il controllo dell'interferenza, l'inibizione cognitiva, l'inibizione comportamentale e l'inibizione oculomotoria. Il controllo dell'interferenza, definito come l'abilità di resistere all'interferenza proveniente da informazioni irrilevanti per il compito, è una capacità richiesta, ad esempio, quando bisogna ascoltare una persona che ci sta dicendo qualcosa in un luogo affollato dove altre persone stanno parlando. L'inibizione cognitiva, ovvero la soppressione di pensieri o informazioni non appropriati per preservare altri processi cognitivi, come la memoria di lavoro, è un'abilità richiesta, ad esempio, a uno studente mentre sta svolgendo un compito scritto, situazione in cui è necessario sopprimere pensieri negativi e intrusivi che possono affiorare a causa dell'ansia per il compito. L'inibizione comportamentale, ovvero l'abilità di controllare volontariamente i comportamenti dominanti o automatici, ma inappropriati, è una capacità richiesta in situazioni quotidiane, come quando inseguendo qualcosa ci dobbiamo fermare prima di attraversare la strada per controllare l'eventuale sopraggiungere di veicoli. L'inibizione oculomotoria che riguarda la soppressione dei movimenti saccadici riflessi.

Dal punto di vista dell'organizzazione dei processi inibitori, la distinzione tra inibizione comportamentale e soppressione delle informazioni distraenti viene suggerita anche da uno studio di Bunge e collaboratori (Bunge, Dudukovic, Thomason, Vaidya e Gabrieli, 2002), che mostra come i due aspetti inibitori coinvolgano l'attivazione di aree cerebrali differenti. L'esistenza di dimensioni inibitorie distinte è stata successivamente confermata, seppur con qualche eccezione (Friedman e Miyake, 2004), da studi sulla popolazione adulta che indicano come la soppressione dell'interferenza e l'inibizione della risposta possano essere due componenti distinte dell'inibizione, anche se strettamente correlate (Stahl, Voss, Schmitz, Nuszbaum, Tüscher, Lieb e Klauer, 2014). Anche gli studi sull'organizzazione dell'inibizione nel corso dello sviluppo suggeriscono una distinzione precoce delle due abilità inibitorie. In particolare, Gandolfi, Viterbori, Traverso e Usai (2014) compiono uno studio trasversale nel quale utilizzano un'analisi fattoriale confermativa per investigare la struttura latente dei processi inibitori in bambini

prescolari. I risultati suggeriscono come i processi inibitori non siano ancora differenziati prima dei 36 mesi di età e che solo in seguito emerga una distinzione, confermata anche da studi successivi con bambini di 5 anni (Traverso, Fontana, Usai e Passolunghi, 2018; Traverso, Viterbori, Malagoli e Usai, 2020). In accordo con quanto precedentemente proposto da altri autori (Welsh, Pennington e Groisser, 1991; Espy, 1997; Espy, Kaufmann, Glisky e McDiarmid, 2001; Senn, Espy e Kaufmann, 2004), le autrici ipotizzano uno sviluppo sequenziale dei processi inibitori, con un'iniziale presenza dei processi collegati all'abilità di inibire una risposta dominante o impulsiva, ovvero dell'inibizione della risposta e una successiva comparsa di forme di inibizione cognitiva che consentirebbe di sopprimere le informazioni interferenti o le rappresentazioni mentali prepotenti, ovvero la soppressione dell'interferenza. Quest'ultima dimensione è strettamente connessa all'attenzione, ma come evidenziato dagli studi degli anni '90 (Houghton, Tipper, Weaver e Shore, 1996; Lavie, 1995), questi costrutti sono solo parzialmente sovrapponibili: la gestione dell'interferenza, infatti, 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, Johnston e Ruthruff, 2001).

### **L'inibizione nel disturbo dello spettro autistico**

Alcune ricerche indicano la presenza di un deficit nello sviluppo dei processi inibitori nell'ASD (Ozonoff, Pennington e Rogers, 1991; Robinson, Goddard, Dritschel, Wisley e Howlin, 2009). Le difficoltà inibitorie potrebbero contribuire, ad esempio, alla tendenza delle persone con autismo a interpretare in modo letterale il linguaggio, o ai problemi nella regolazione del comportamento (Geurts, van den Bergh e Ruzzano 2014; Shiri, Hoseyni, Pishyareh, Nejati, Emami e Shiri, 2018; Geurts, van den Bergh e Ruzzano 2014).

Deficit nell'inibizione sembrano essere associati anche a un'altra caratteristica centrale dell'autismo, ovvero i comportamenti e interessi ristretti e ripetitivi (*restricted and repetitive behaviors and interests - RRBI*), che comprendono interessi circoscritti e preoccupazioni, pensieri intrusivi o disadattivi, routine compulsive e rituali, classificati come RRBI di alto ordine; come anche movimenti ripetitivi e stereotipati e

preoccupazioni sensoriali, classificati come RRBI sensomotori (Langen, Kas, Staal, van Engeland e Durston, 2011; Mosconi, Kay, D'cruz, Seidenfeld, Guter, Stanford e Sweeney, 2009; Schmitt, White, Cook, Sweeney e Mosconi, 2018; Turner, 1997; 1999). Un recente studio su bambini in età scolare con ASD evidenzia una correlazione tra RRBI di alto ordine e una ridotta inibizione delle informazioni conflittuali. Secondo Faja e Darling (2019), questo suggerirebbe che l'abilità di gestire le informazioni distraenti sarebbe predittiva della capacità di sopprimere pensieri intrusivi o stimoli che attivano un comportamento ripetitivo o un interesse ristretto.

Inoltre, l'inibizione risulta essere implicata nel giudizio morale (Kretschmer, Lampmann e Altgassen, 2014), che nelle persone con ASD sembra basarsi più sulle conseguenze, quali la reazione dell'altro, e meno sulle intenzioni, con una difficoltà a integrare le informazioni riguardanti gli stati mentali degli agenti (Margoni, Scarpa e Surian, 2017); ciò è probabilmente dovuto ai deficit di queste persone nella teoria della mente (Baron-Cohen, 2000), la quale risulta correlata all'inibizione (Carlson e Moses, 2001), come evidenziato da ricerche con bambini con ASD (Kretschmer, Lampmann e Altgassen, 2014).

Sebbene sia noto come l'inibizione sia un costrutto multidimensionale, la maggior parte degli studi sull'inibizione nelle persone con ASD si è focalizzata sull'inibizione della risposta, mentre a oggi un numero limitato di ricerche ha preso in esame la dimensione di soppressione dell'interferenza. Uno studio di Christ e colleghi (2007) ha suggerito che proprio la soppressione dell'interferenza potrebbe essere la dimensione inibitoria più compromessa nelle persone con ASD. Nella loro ricerca, gli autori hanno confrontato la prestazione a più prove di inibizione a bambini e adolescenti, notando come il gruppo con ASD avesse difficoltà significative nell'ignorare gli stimoli distraenti.

Tuttavia, come affermato da Geurts et al. (2014), in letteratura non vi è ancora chiarezza sul fatto che le persone con ASD mostrino un deficit nella soppressione dell'interferenza. Diversi studi sostengono la presenza di difficoltà in questa capacità (Adams e Jarrold, 2012; Christ, Kester, Bodner, e Miles, 2011; Faja, Clarkson e Webb, 2016; Murphy, Foxe, Peters e Molholm, 2014; Ronconi, Gori, Giora, Ruffino, Molteni e Facoetti, 2013; Weismer, Kaushanskaya, Larson, Mathée e Bolt, 2018), ma sono presenti anche evidenze che suggeriscono come non vi sia alcuna differenza tra persone con ASD e a sviluppo tipico nella soppressione dell'interferenza (Dichter e Belger, 2008; Johnston, Madden,

Bramham e Russell 2011; Kiliñcaslan, Motavalli, Sözen e Gürvit, 2010; Larson, South, Clayson e Clawson, 2012; Sanderson e Allen, 2013; Solomon, Ozonoff, Ursu, Ravizza, Cummings, Ly e Carter, 2009; Van Eylen, Boets, Steyaert, Wagemans e Noens, 2015; Xiao et al., 2012).

Data la non convergenza dei risultati in letteratura, Geurts e colleghi (2014) esaminano separatamente gli effetti per inibizione della risposta prepotente e soppressione dell'interferenza. I risultati mostrano una differenza significativa nelle prestazioni di persone con ASD e a sviluppo tipico sia nell'inibizione della risposta prepotente sia nella soppressione dell'interferenza. È importante notare, però, che gli autori hanno poi effettuato una seconda codifica degli studi, escludendo le prove di Stroop dalle misure di soppressione dell'interferenza, in linea con la classificazione di Miyake e Friedman (2004) e le ricerche che suggeriscono come questo compito possa richiedere in realtà meccanismi di inibizione della risposta sia nell'infanzia (e.g. Gandolfi et al., 2014; Traverso, Viterbori, Malagoli e Usai, 2020; Usai et al., 2020) sia negli adulti (Mead, Mayer, Bobholz, Woodley, Cunningham, Hammeke e Rao, 2002). I risultati ottenuti con questa classificazione sembrano indicare una prestazione simile tra il gruppo con autismo e il gruppo a sviluppo tipico. Tuttavia, questo dato richiede di essere approfondito ulteriormente a causa del numero limitato di ricerche riportanti misure per la soppressione dell'interferenza incluse nella meta-analisi (Adams e Jarrold, 2012; Christ et al., 2007; Christ et al., 2011; Dichter e Belger, 2007, 2008; South, Larson, Krauskopf e Clawson, 2010). Inoltre, negli ultimi anni, nuove ricerche si sono focalizzate sullo studio della soppressione dell'interferenza nell'autismo, con risultati ancora contrastanti (e.g., Boland et al., 2019; Faja et al., 2016; Suzuki et al., 2017; Van Eylen et al., 2015). Un primo fattore che potrebbe spiegare l'eterogeneità nei risultati potrebbe risiedere negli indici utilizzati: alcuni studi riportano indici di accuratezza (Davidson, 2016; Overweg, Hartman e Hendriks, 2018), altri di tempo (Oswald, 2012), altri ancora riportano entrambi (Baez et al., 2012; Boland et al., 2019; Mutreja, Craig, O'Boyle, 2016). Poiché la meta-analisi precedente si era focalizzata principalmente sugli indici di tempo delle prove di interferenza, questo aspetto rimane ancora poco esplorato.

Altre fonti di eterogeneità potrebbero essere individuate in caratteristiche dei campioni, quali l'età e il funzionamento intellettuale. Per quanto riguarda la prima caratteristica, i dati di alcune ricerche suggeriscono che i problemi nel controllo dell'interferenza

potrebbero risolversi con l'età, in particolare nel passaggio dall'infanzia all'adolescenza (Christ, Holt, White e Green, 2007; Christ et al., 2011); tuttavia, negli studi considerati da Geurts et al. (2014) che includevano individui dai 4 agli 83 anni, l'età moderava la prestazione solo nei compiti di inibizione della risposta prepotente, non confermando, invece, l'ipotesi di un ritardo dello sviluppo del controllo dell'interferenza nelle persone con ASD.

Per quanto riguarda il funzionamento intellettuale, in generale la letteratura non mostra chiare evidenze di un rapporto tra soppressione dell'interferenza e QI. Nel 2014, Bexkens, Ruzzano, Collot d'Escury-Koenigs, Van der Molen e Huizenga compiono un'analisi di meta-regressione e trovano un'associazione tra disabilità intellettiva e deficit di inibizione; in particolare, i risultati mostrano che i deficit nella soppressione dell'interferenza sono maggiori nelle persone con un QI più basso, ma solamente negli studi con partecipanti con un QI superiore a 70. Inoltre, Bexkens, Van der Molen, Collot d'Escury-Koenigs e Huizenga (2014), in uno studio con adolescenti con disabilità intellettiva da leggera a borderline (Mild to Borderline Intellectual Disability – MBID) trovano un deficit nella soppressione dell'interferenza misurata con il *Flanker test*. Mentre studi con partecipanti con QI maggiore di 85 non hanno riportato una relazione tra la prestazione al *Flanker test* e il QI (Salthouse, 2010; Van Leeuwen, Van den Berg, Peper, Hulshoff Pol, e Boomsma, 2009). Per quanto riguarda nello specifico le persone con ASD, la meta-analisi di Geurts e colleghi (2014) evidenzia come il QI moderi la prestazione ai compiti solo nella dimensione di soppressione dell'interferenza, indicando che a punteggi di QI più alti corrispondono migliori prestazioni alle prove inibitorie. Tuttavia, questo risultato viene ottenuto considerando anche i compiti di Stroop come controllo dell'interferenza.

Inoltre, studi precedenti (Demetriou et al., 2017; Garon et al., 2018; Fontana et al., 2021) hanno messo in luce come, oltre all'età e al livello di funzionamento intellettuale dei partecipanti con popolazioni a sviluppo atipico, anche l'appaiamento dei campioni per età cronologica e/o funzionamento intellettuale possa influenzare i risultati: per esempio, Fontana e colleghi (2021), in una meta-analisi sul controllo inibitorio nelle persone con sindrome di Down, trovano che le differenze tra il gruppo clinico e il gruppo di controllo sono statisticamente significative solo quando i due campioni sono appaiati per funzionamento intellettuale.

Riassumendo, non è chiaro se le persone con ASD presentino un deficit nella gestione dell'interferenza. La disomogeneità delle misure e le diverse caratteristiche relative ai partecipanti potrebbero almeno in parte spiegare la mancanza di un quadro coerente sul funzionamento di tale abilità nelle persone con autismo e pertanto è necessario indagare in tale direzione.

### **Il presente studio**

Per fare chiarezza su quanto evidenziato sopra, la seguente meta-analisi si focalizza sulla soppressione dell'interferenza, con lo scopo di indagare se esista effettivamente una differenza tra persone con ASD e a sviluppo tipico in questa capacità. Tali informazioni sono utili per comprendere il profilo di funzionamento delle persone con ASD e i processi implicati nelle manifestazioni del disturbo; infine, una migliore conoscenza dell'efficienza dei processi inibitori può essere utile per promuovere interventi volti a sostenere lo sviluppo di tali capacità. Per quanto riguarda la misura della soppressione dell'interferenza abbiamo incluso solamente studi che impiegassero il *Flanker test*, che risulta essere il compito più utilizzato per la valutazione di questa abilità. Nella versione standard del compito i partecipanti devono discriminare un singolo oggetto (ad esempio, una lettera o una freccia) circondato o affiancato da stimoli che indicano una risposta uguale o opposta. Per esempio, se i partecipanti devono decidere se la freccia al centro del display sia orientata a destra o a sinistra, un trial congruente includerà degli stimoli distraenti affiancati al bersaglio (*Flankers*) orientati nella stessa direzione dell'obiettivo posto al centro (ad es.  $\rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow$ ), mentre un trial incongruente includerà dei *flankers* orientati nella direzione opposta (ad es.  $\leftarrow\leftarrow\rightarrow\leftarrow\leftarrow$ ). I risultati generalmente mostrano che i *flankers* incongruenti creano una interferenza che produce risposte più lente e meno accurate rispetto alla condizione congruente, questo effetto è noto come Flanker Congruency Effect (FCE) (White, Ratcliff e Starns, 2011). Questo accade perché il sistema visivo non ha una capacità infinita di selettività fine. Anche quando i partecipanti conoscono l'imminente posizione dell'obiettivo non riescono effettivamente a vincolare l'attenzione in modo da eliminare l'effetto derivante dai distrattori (Eriksen e Eriksen, 1974).

Il *Flanker test* viene comunemente utilizzato per valutare la gestione dell'interferenza sia in persone a sviluppo tipico che atipico, inoltre ne esistono diverse varianti che lo rendono adatto alla somministrazione nei bambini anche prescolari.

Abbiamo eseguito un'analisi di moderazione per verificare se fossero presenti variabili che avessero un effetto significativo sulla differenza tra persone con ASD e a sviluppo tipico nelle prestazioni al *Flanker test*. In particolare, i moderatori utilizzati sono: il tipo di indice considerato (accuratezza vs. TR), l'età, il QI, l'appaiamento per età e l'appaiamento per QI. Infine, abbiamo considerato come moderatore anche la numerosità dei campioni, per verificare se la dimensione dell'effetto subisca variazioni in base all'ampiezza campionaria degli studi.

## **Metodo**

### *Selezione degli studi*

In accordo con il *PRISMA statement* (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman e Prisma Group, 2009), abbiamo utilizzato una strategia di ricerca sistematica per identificare gli studi rilevanti. In particolare, gli studi sono stati selezionati in tre fasi. In Figura 1 viene mostrato il diagramma che illustra il processo di ricerca e l'identificazione degli studi inclusi.

Nella prima fase, gli studi rilevanti sono stati identificati attraverso le ricerche compiute nei database PsycINFO, PubMed e ProQuest. La ricerca prevedeva che gli studi riportassero almeno una parola chiave riguardante l'inibizione (*inhibition, inhibitory control, interference, response inhibition, executive function, executive functions, executive attention, executive control, cognitive control, effortful control*) e almeno una riguardante l'autismo (*autism, autistic, ASD, autism spectrum disorder, Asperger, pervasive disorder*). Sono stati inclusi non solo gli articoli di riviste pubblicati, ma anche capitoli di libri e dissertazioni non pubblicate, per far fronte agli effetti del bias di pubblicazione; a questo scopo è stato utilizzato il database ProQuest. La ricerca è stata effettuata il 18 Febbraio del 2020 e i risultati sono stati limitati in base all'anno di pubblicazione, considerando solo gli studi pubblicati a partire da Gennaio 1990. La ricerca ha fornito 6688 risultati. Inoltre, 22 records aggiuntivi sono stati identificati attraverso una ricerca bibliografica manuale. 6710 records totali sono stati importati in Endnote e organizzati in cartelle separate. Dopo la rimozione dei duplicati, sono rimasti 5817 risultati per la fase successiva.

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

La seconda fase ha riguardato la selezione degli *abstract*. I risultati sono stati inclusi in accordo con i seguenti criteri:

- a) studi pubblicati in inglese o in italiano a partire da Gennaio 1990;
- b) studi con un gruppo di partecipanti con ASD. Tutti i partecipanti con ASD dovevano soddisfare i criteri diagnostici in accordo con il DSM-III-R, DSM-IV, DSM-5, ICD-10 o ICD-11;
- c) studi con un gruppo di controllo a sviluppo tipico (*typically developing* – TD);
- d) studi che hanno utilizzato almeno una misura dell'inibizione (questionario o compito comportamentale). In questa fase sono stati inclusi anche gli abstracts che menzionavano misure di funzioni esecutive non specifiche.

Se gli abstracts non fornivano abbastanza informazioni per determinare l'inclusione o l'esclusione, gli articoli venivano inclusi nella terza fase per un'analisi più dettagliata (analisi del *full-text*). La selezione degli *abstract* ha portato a 411 articoli identificati come potenzialmente rilevanti.

Nella terza fase, è stato recuperato il *full-text* degli articoli inclusi ed è stata esaminata la sezione del metodo e quella dei risultati in base ai criteri di eleggibilità definiti per l'analisi del *full-text*. Per questo passaggio è stato definito un criterio di inclusione in aggiunta a quelli utilizzati per la selezione degli *abstract*:

- e) studi che hanno utilizzato almeno un compito di inibizione. Di questi sono stati successivamente inclusi solo gli studi che utilizzavano il *Flanker test*.

Da questa selezione sono risultati 15 articoli.

L'indice di accordo è stato calcolato per la seconda e la terza fase. A tal scopo, due autori hanno doppiamente analizzato il 25% sia degli *abstract* che dei *full-text* rispettivamente nella seconda e terza fase. La percentuale di accordo è risultata rispettivamente del 95% e del 96%. Tutte le discordanze sono state risolte con una discussione fra gli autori.

#### *Codifica degli studi*

È stato creato un dataset di codifica per estrarre le informazioni rilevanti dagli studi inclusi, con le seguenti variabili: autori, anno di pubblicazione, dati demografici, dimensione dei campioni, criteri diagnostici e strumenti per la diagnosi di ASD, misure di IQ e punteggi medi, appaiamento per QI e età per i gruppi ASD e TD, nome del test utilizzato.

### *Strategia analitica*

Le analisi sono state condotte rispettando le seguenti linee guida proposte da Borenstein, Hedges, Higgins e Rothstein (2009), utilizzando il software R (versione 4.0.3) con il pacchetto *Metafor* (Viechtbauer, 2010). Per comparare le prestazioni tra i gruppi (ASD vs. TD media nel *Flanker test*), abbiamo utilizzato la *g* di Hedges (Borenstein et al., 2009) (calcolato utilizzando la funzione *escalc* nel pacchetto *Metafor*), che 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. Le linee guida per interpretare la dimensione dell'effetto sono le seguenti: un valore minore di .20 indica un effetto trascurabile, tra .20 e .50 un effetto piccolo, tra .50 e .80 un effetto moderato e, infine, un valore maggiore di .80 corrisponde a un effetto grande (Cohen, 1988). Abbiamo adottato un modello a effetti casuali 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). Tuttavia, per maggiore completezza abbiamo riportato anche la stima dell'effetto utilizzando anche il modello a effetti fissi.

L'eterogeneità attraverso le dimensioni dell'effetto è stata misurata usando i seguenti indici: *Q*, tau-quadro ( $\tau^2$ ), e  $I^2$  (Borenstein et al., 2009). *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).

Le seguenti variabili sono state considerate come moderatori potenzialmente rilevanti: il tipo di indice considerato (accuratezza vs. TR), l'età (corrispondente all'età media del gruppo ASD), il QI totale (corrispondente al QI medio del gruppo ASD), l'appaiamento per QI (campioni appaiati per età vs. campioni non appaiati per QI) e l'appaiamento per età (campioni appaiati per età vs. campioni non appaiati per età). La significatività dei moderatori è stata testata utilizzando una meta-regressione 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) e la funzione “*regtest*” implementata in *Metafor*, per la stima del PET-PEESE (Stanley & Doucouliagos 2014).

Il funnel plot è un grafico “ad imbuto” (dall'inglese *funnel*). In termini tecnici, il funnel plot è un grafico in grado di mostrare la relazione tra la dimensione degli studi e l'effect size. Tradizionalmente, il funnel plot è tracciato plottando l'effect size sull'asse delle ascisse (asse x) e la dimensione del campione o la varianza sull'asse delle ordinate (asse y). Gli studi con i campioni più ampi si trovano posizionati nella parte più alta del funnel plot, mentre gli studi con piccoli campioni si trovano nella parte inferiore del grafico. Una precisione minore degli studi è riflessa da una maggiore dispersione dei valori alla base del grafico e la distribuzione simmetrica degli studi attorno alla media della dimensione dell'effetto indica l'assenza di un bias di pubblicazione. Al contrario, segni di bias di pubblicazione sono: asimmetria nella distribuzione degli studi, marcata distribuzione degli studi con campioni maggiori nella parte alta, degli studi con campioni più piccoli nella parte bassa, e mancanza di studi nella parte mediana e soprattutto non intorno all'effect size medio (Sterne, Becker e 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*. Poiché il metodo trim-and-fill presenta alcuni problemi in casi in cui l'eterogeneità è alta (Carter et al., 2019), abbiamo utilizzato anche la funzione “*regtest*”; questa funzione è analoga al PET-PEESE (Stanley & Doucouliagos 2014).

## Risultati

### *Meta-analisi: effetto generale*

Nella meta-analisi è stato incluso un campione totale di 914 partecipanti (406 con ASD), reclutati in 15 studi che hanno impiegato il *Flanker test*, con 22 effetti totali considerati. Nella Tabella 1, sono riportate le principali caratteristiche degli studi. Il gruppo con ASD presenta un'età cronologica media in anni di 17,33 (DS = 13,23; range 8,09- 51,32; IC 95% 11,46 – 23,20) e un QI totale medio di 105,98 (DS = 7,25). Il gruppo di controllo presenta un'età cronologica media in anni di 17,17 (DS = 13,10; range 7,73-50,47; IC 95% 11,36 - 22,98) e QI totale medio di 111,00 (DS = 2,55).

Tabella 1. Caratteristiche degli studi inclusi nella meta-analisi.

Autori	Tipo di pubblicazione	N ASD	N TD	ASD M (DS)	TD M (DS)	g di Hedges	Età ASD: gamma; M (DS)	Diagnosi ASD	QI totale ASD: M (DS)	QI totale TD: M (DS)	Paradigma Flanker	Stimoli	Misura
Adams e Jarrold, 2012	Articolo	15	15	915,00 (463,00)	1042,00 (409,00)	-0,28	12,6-17,4; 14,5 (1,7)	SCQ			Flanker Task (manipolazione grandezza e spazio)	Frecce	TR (incongruenti)
Baez et al., 2012	Articolo	15	15	718,50 (145,11)	713,19 (121,49)	0,04	35,46 (11,86)	DSM-IV; AAA; AQ; QI > 94			Flanker Test	Frecce	TR (incongruenti)
Baez et al., 2012	Articolo	15	15	-98,57 (2,45)	-98,65 (2,02)	0,03	35,46 (11,86)	DSM-IV; AAA; AQ; QI > 94			Flanker Test	Frecce	accuratezza (incongruenti)
Boland et al., 2019	Articolo	36	44	555,35 (131,20)	544,12 (131,20)	0,08	12-20; 14,5 (1,8)	DSM-IV; ADOS; ADI-R	103,2 (13,6)	109 (9,7)	Flanker Visual Filtering Task	Pesci	TR (incongruenti)
Boland et al., 2019	Articolo	36	44	-0,97 (0,04)	-0,97 (0,04)	0,14	12-20; 14,5 (1,8)	DSM-IV; ADOS; ADI-R	103,2 (13,6)	109 (9,7)	Flanker Visual Filtering Task	Pesci	N. corrette (incongruenti)
Christ et al., 2007	Articolo	15	48	1234,00 (272,00)	751,00 (220,00)	2,05	6-12; 8,2 (1,6)	DSM-IV	88,4 (16,3)	107,7 (10,6)	Flanker Task	Forme (□, O, +, X)	TR (incongruenti)
Christ et al., 2011	Articolo	28	49	8,10 (8,20)	4,10 (4,40)	0,65	8-18; 13,1 (2,8)	DSM-IV; ADI-R			Flanker Visual Filtering Task	Pesci	Tasso di errore (incongruenti)

Davidson, 2016	Tesi	21	21	-0,93 (0,13)	-0,94 (0,08)	0,09	8,17-13,92; 10,82 (1,42)	CARS				Flanker Task	Pesci	N. corrette (incongruenti)
Faja et al., 2016	Articolo	28	33	-88,90 (14,10)	-96,40 (4,50)	0,73	7,0-11,5; 9,2 (1,5)	DSM-5; ADOS2; ADI-R	108,2 (16,1)	114,5 (10,1)		Child ANT Flanker Task	Animali	% corrette (incongruenti)
Faja et al., 2016	Articolo	28	33	807,00 (237,60)	717,80 (170,40)	0,43	7,0-11,5; 9,2 (1,5)	DSM-5; ADOS2; ADI-R	108,2 (16,1)	114,5 (10,1)		Child ANT Flanker Task	Animali	TR (corrette; incongruenti)
Koolschijn et al., 2017	Articolo	45	45	610,16 (137,78)	500,88 (76,90)	0,97	30,04- 73,98; 51,32 (12,29)	ADOS; ADI-R; AQ; QI > 80	116,6 (16,04)	110,98 (15,34)		Flanker Task	Lettere (S, M, H, P)	TR (corrette; incongruenti)
Koolschijn et al., 2017	Articolo	45	45	-0,97 (0,05)	-0,96 (0,05)	-0,20	30,04- 73,98; 51,32 (12,29)	ADOS; ADI-R; AQ; QI > 80	116,6 (16,04)	110,98 (15,34)		Flanker Task	Lettere (S, M, H, P)	% corrette (incongruenti)
Mutreja et al., 2016	Articolo	14	52	52,96 (47,17)	61,12 (61,00)	-0,14	5-11; 8,09 (2,17)	ADI-R; GARS-2; GADS; ASDS ADI-R;				Child ANT Flanker Task	Animali	TR (incongruenti)
Mutreja et al., 2016	Articolo	14	52	6,99 (7,80)	3,08 (4,80)	0,70	5-11; 8,09 (2,17)	GARS-2; GADS; ASDS				Child ANT Flanker Task	Animali	% accuratezza (congruenti - incongruenti)

Oswald, 2012	Tesi	40	40	74,32 (35,19)	74,41 (21,63)	-0,01	14,64 (2,05)	DSM-IV; ASDS; KADI; AQ; QI > 70	105,45 (17,27)	113,41 (14,17)	Flanker Test	Frecce	TR (incongruenti- controllo)
Overweg et al., 2018	Articolo	44	41	-0,75 (0,13)	-0,79 (0,11)	0,33	6,0-12,5; 9,4 (2,2)	DSM-IV- TR; ADI- R; ADOS; QI > 75	99,87 (16,92)	113,21 (13,86)	ANT Flanker Test	Colori	% corrette (incongruenti)
South et al., 2010	Articolo	24	21	-0,64 (0,17)	-0,74 (0,17)	0,58	9-21; 14,03 (2,4)	ADOS-G; SCQ; QI > 75	109,71 (13,16)	112,05 (14,44)	Flanker Test	Frecce	N. corrette (incongruenti)
South et al., 2010	Articolo	24	21	434,40 (81,81)	467,85 (44,21)	-0,49	9-21; 14,03 (2,4)	ADOS-G; SCQ; QI > 75	109,71 (13,16)	112,05 (14,44)	Flanker Test	Frecce	TR (incongruenti)
Suzuki et al., 2017	Articolo	11	12	16,13 (15,37)	8,52 (9,38)	0,58	11,43 (1,5)	DSM-5; SRS; QI > 80			Flanker Test	Frecce	Tasso di errore (incongruenti)
Van Eylen et al., 2015	Articolo	50	50	44,31 (27,28)	44,15 (22,53)	0,01	12,21 (2,58)	DSM-IV- TR; SRS; QI > 70	104,32 (10,83)	107,72 (9,3)	Flanker Test	Frecce	TR (corrette; incongruenti- congruenti)
Van Eylen et al., 2015	Articolo	50	50	2,96 (3,84)	2,40 (3,05)	0,16	12,21 (2,58)	DSM-IV- TR; SRS; QI > 70	104,32 (10,83)	107,72 (9,3)	Flanker Test	Frecce	Errori (incongruenti- congruenti)
Weismer et al., 2018	Articolo	48	71	-0,87 (0,18)	-0,94 (0,09)	0,52	8,0-12,5; 9,5 (1,2)	CARS2- HF; QI > 70			Flanker Task	Pesci	N. corrette (incongruenti)

*Tabella 1. Principali caratteristiche degli studi inclusi. AAA (Adult Asperger Assessment), ADI-R (Autism Diagnostic Interview-Revised); ADOS (Autism Diagnostic Observation Schedule); ADOS-G (Autism Diagnostic Observation Schedule-Generic); ANT (Attentional network task); ASD (Autism Spectrum Disorders); ASDS (Asperger Syndrome Diagnostic Scale); AQ (Autism Spectrum Quotient); CARS (Childhood Autism Rating Scale); CARS2-HF (Childhood Autism Rating Scale-Second Edition-High Functioning version); D.S. (deviazione Standard); DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-Fourth Edition); DSM-IV-TR (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-Fourth Edition-Text Revision); DSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders-Fifth Edition); GADS (Gilliam Asperger's Disorder Scale); GARS-2 (Gilliam Autism Rating Scale-Second Edition); KADI (Krug Asperger's Disorder Index); M (media); QI (Quoziente Intellettivo); SCQ (Social Communication Questionnaire); SRS (Social Responsiveness Scale); TD (Typical Development ovvero Sviluppo Tipico); TR (Tempi di Reazione)*

Adottando un modello a effetti causali, è stata stimata una dimensione dell'effetto,  $g$  di Hedges = 0,311,  $p = ,0033$ , 95% CI (0,104; 0,517), che suggerisce che le persone con ASD avrebbero, in generale, un deficit di entità lieve nella prestazione al *Flanker test*. La statistica  $Q$  indica una eterogeneità significativa attraverso gli studi,  $Q(21) = 68,082$ ,  $p < ,0001$ , e l'indice  $I^2$  di 72,02% indica una eterogeneità medio-alta (Higgins, Thompson, Deeks e Altman, 2003). Il *forest plot* per queste analisi è mostrato in Figura 2.

La stessa analisi è stata ripetuta utilizzando un modello a effetti fissi con risultati simili ai precedenti: è stata stimata una dimensione dell'effetto,  $g$  di Hedges = 0,295,  $p < ,001$ , 95% CI (0,188; 0,402), che indica un deficit di lieve entità. Anche in questo caso, la statistica  $Q$  indica una eterogeneità significativa attraverso gli studi,  $Q(21) = 68,082$ ,  $p < ,0001$ , e l'indice  $I^2$  di 69,15% indica una eterogeneità medio-alta (Higgins, Thompson, Deeks e Altman, 2003).

Figura 2. Forest plot: effetto generale

#### *Analisi dei moderatori: tipo di indice utilizzato*

Abbiamo condotto un'analisi di moderazione per verificare se il tipo di indice utilizzato (accuratezza vs. TR) rappresentasse un moderatore statisticamente significativo. Dai risultati emerge che il tipo di indice non è un moderatore statisticamente significativo,  $k = 22$ ,  $Q_M = 1.777$ ,  $B = -0.092$ ,  $p = .674$ , suggerendo che non vi sono differenze significative in termini di dimensioni dell'effetto tra i due tipi di indice. Nello specifico, per l'accuratezza, è stata stimata una dimensione dell'effetto piccola,  $g$  di Hedges = 0,340,  $p < ,001$ , 95% CI (0,159; 0,522), considerando un totale di  $k=12$  effetti da 12 studi. L'eterogeneità tra gli studi è bassa ( $I^2 = 35,82\%$ ) e non significativa,  $Q(11) = 16,459$ ,  $p = ,125$ . Per i TR, è stata stimata una dimensione dell'effetto piccola,  $g$  di Hedges = 0,263,  $p = ,239$ , 95% CI (-0,175; 0,702), considerando un totale di  $k=10$  effetti da 10 studi. L'eterogeneità è ampia ( $I^2 = 85,65\%$ ) e significativa,  $Q(9) = 51,080$ ,  $p < ,0001$ .

#### *Analisi dei moderatori: caratteristiche del campione*

Riguardo alle caratteristiche del campione, abbiamo considerato l'età cronologica e il QI totale come moderatori continui. L'età si è rivelata un moderatore non significativo  $Q_M = 0,252$ ,  $B = -,0041$ ,  $p = ,616$ . Anche il QI totale non raggiunge la significatività,  $Q_M = 2,845$ ,

$B = -.0384, p = .092$ : la tendenza indica una relazione inversa tra QI totale e media standardizzata della differenza tra ASD e TD nella gestione dell'interferenza. Abbiamo inoltre testato l'effetto dei moderatori di appaiamento dei campioni ASD e TD per età e per QI. In particolare, i moderatori di appaiamento per età e di appaiamento per QI potevano assumere i valori 0 o 1, rispettivamente se i due gruppi erano appaiati o meno per la caratteristica considerata. I moderatori non raggiungono la significatività, con l'appaiamento per QI ai limiti della significatività (appaiamento per età:  $Q_M = 2,831, B = -.6496, p = .093$ ; appaiamento per QI:  $Q_M = 3,313, B = -.4420, p = .069$ ). In particolare, per quanto riguarda l'appaiamento per QI, la dimensione dell'effetto aumenta quando conduciamo la meta-analisi sugli studi con QI non appaiato ( $k = 5, g$  di Hedges = 0,660,  $p = .0611, 95\% \text{ CI: } -0,030; 1,350$ ), mentre risulta minore con gli studi con QI appaiato ( $k=17, g$  di Hedges = 0,215,  $p = .0226, 95\% \text{ CI: } 0,030; 0,400$ ). Tuttavia, l'appaiamento per età e per QI è difficile da valutare perché tra gli studi presenti nella nostra meta-analisi ve ne sono pochi che non prevedono l'appaiamento per queste misure.

Infine, abbiamo verificato se la numerosità del campione fosse un moderatore significativo. La numerosità del campione non è un moderatore statisticamente significativo,  $Q_M = 0,185, B = 0,002, p = .668$  suggerendo come la dimensione dell'effetto non subisca delle variazioni statisticamente significative in base alla numerosità del campione.

#### *Analisi addizionali*

Dato l'ampio intervallo di confidenza dell'effetto generale stimato, abbiamo condotto alcune analisi aggiuntive per analizzare la potenza statistica degli studi inclusi nella meta-analisi. Sulla base dell'effetto stimato ( $g = 0.31$ ), abbiamo stimato la numerosità campionaria necessaria per ottenere una potenza statistica di .80. Dall'analisi si è visto che per ottenere una potenza di .80 sono necessari almeno 41 partecipanti per gruppo (Cumming et al., 2013). Andando poi a confrontare questa potenza con la numerosità campionaria degli studi inseriti nella meta-analisi si è notato che solo sei studi su quindici presentavano una potenza sufficiente. Da ciò se ne deduce che la maggior parte degli studi, inclusi in questa meta-analisi, hanno purtroppo una potenza statistica insufficiente. In futuro, aumentare il numero di studi che utilizzano il *Flanker test* con un numero di partecipanti adeguato potrebbe portare a stimare un effetto più preciso, con una

conseguente riduzione dell'incertezza sulla stima dell'effetto (i.e., intervalli di fiducia dell'effetto più stretti).

### *Bias di pubblicazione*

Per controllare la possibile presenza di un bias di pubblicazione, abbiamo esaminato il funnel plot e applicato il metodo trim-and-fill. La procedura trim-and-fill non ha “aggiustato” i precedenti risultati e il funnel plot non individua alcuno studio mancante nella parte sinistra del grafico ( $ES = 2.594$ ), presentato in Figura 3. Anche il test di Regressione per l'asimmetria del funnel plot (*regtest*) non è statisticamente significativo ( $z = 0.464, p = 0.642$ ), confermando i risultati precedenti.

Figura 3. *Funnel plot*

## **Discussione**

La presente meta-analisi ha l'obiettivo di indagare le eventuali differenze tra persone con ASD e persone a sviluppo tipico nella gestione dell'interferenza, misurata con il *Flanker test*. I risultati suggeriscono l'effettiva presenza di una differenza generale, seppur con dimensione dell'effetto piccola, nelle prestazioni al *Flanker test* tra persone con ASD e a sviluppo tipico. Inoltre, sono state condotte diverse analisi di moderazione. Dalle analisi è emerso che la dimensione dell'effetto non varia né in base al tipo di indice considerato né alle variabili connesse all'età e al QI dei partecipanti.

In particolare, per quanto riguarda la tipologia di indice, è importante sottolineare che non tutti gli studi inclusi hanno calcolato i TR esclusivamente sulle risposte corrette, con alcuni (e.g. Oswald, 2012) che riportano i TR per tutte le condizioni incongruenti indipendentemente che il partecipante abbia risposto nel modo corretto o meno. In questo caso, la misura potrebbe essere meno indicativa della capacità di soppressione dell'interferenza, e potrebbe riflettere soprattutto la velocità di elaborazione dei partecipanti.

Le diverse caratteristiche dei campioni o del disegno sperimentale, quali l'età cronologica, il QI totale, l'appaiamento per età e per almeno una misura di QI, influenzano la prestazione al test. La mancata significatività del moderatore relativo all'età suggerisce che la differenza tra persone con ASD e a sviluppo tipico nella gestione

dell'interferenza, misurata con il *Flanker test*, rimarrebbe stabile nel corso della vita. Questo risultato è in linea con quanto trovato da Geurts et al. (2014), che hanno mostrato che l'età moderava la prestazione in compiti di inibizione della risposta prepotente, ma non in compiti di gestione dell'interferenza. In altre parole, il deficit iniziale riscontrato nei bambini con ASD, rispetto ai bambini a sviluppo tipico, non si colmerebbe con l'età, ma tenderebbe a rimanere stabile. Ciò non vuol dire che la componente di gestione dell'interferenza non migliori nel tempo. Infatti, nello sviluppo tipico, questa abilità sembrerebbe comparire a partire dai 36 mesi di età (Gandolfi et al., 2014), svilupparsi considerevolmente fino ai 5 anni di età, continuando a migliorare fino ai 7 anni di età (Rueda, Posner e Rothbart, 2005); tra gli 8 e i 12 anni i bambini sembrano ancora essere meno abili degli adulti nella resistenza all'interferenza, i quali mostrerebbero un pattern di attivazione, delle regioni cerebrali coinvolte in questa abilità, diverso rispetto a quello dei bambini; questo suggerirebbe che la maturazione delle regioni cerebrali coinvolte nella resistenza all'interferenza, e di conseguenza il raggiungimento di una prestazione simile a quella degli adulti, potrebbero avvenire tra i 12 e i 19 anni di età (Bunge et al., 2002). È possibile che questo sviluppo avvenga in modo simile nei bambini con ASD, con un divario rispetto ai bambini a sviluppo tipico che non si colmerebbe, probabilmente anche a causa del maggior numero di interventi esistenti riguardanti l'inibizione della risposta prepotente rispetto quelli volti ad agire sulla componente di gestione dell'interferenza.

Un'ipotesi alternativa suggerisce che la soppressione dell'interferenza potrebbe non essere modificabile con l'esperienza. In tal caso, ulteriori indagini dovrebbero essere condotte per verificare se sia possibile promuovere il cambiamento di questa abilità o se l'unico modo per ridurre il deficit sia rappresentato dall'ottimizzazione dell'ambiente andando a minimizzare gli stimoli distrattori.

Per quanto riguarda invece il moderatore relativo al punteggio di QI totale, esso non raggiunge la significatività; Geurts et al. (2014) hanno trovato che il QI rappresentava un moderatore significativo negli studi da loro inclusi sulla gestione dell'interferenza, tra i quali erano però presenti anche studi che hanno utilizzato il test di Stroop, che è noto possa implicare anche la componente di inibizione della risposta durante la sua esecuzione, in quanto la risposta che il compito richiede di sopprimere sarebbe dominante (MacLeod, 1991). Quando gli autori hanno compiuto una seconda analisi, seguendo

questa volta la classificazione di Friedman e Miyake (2004) e considerando quindi il test di Stroop come misura di inibizione della risposta, hanno trovato che l'effetto del moderatore QI diventava non significativo per gli studi che impiegavano il *Flanker test*. In aggiunta alla meta-analisi di Geurts et al. (2014), abbiamo previsto i due moderatori di appaiamento per età e per almeno una misura di QI, entrambi i moderatori non hanno raggiunto la significatività, con il moderatore di appaiamento per QI ai limiti della significatività. In particolare, andando ad analizzare la dimensione dell'effetto, quando i campioni sono appaiati per QI, vediamo che questa diminuisce rispetto a quando i campioni non sono appaiati. In ogni caso l'effetto di questi due moderatori risulta difficile da valutare poiché vi sono pochi studi nei quali i campioni non sono appaiati; questo ci fa capire che la maggior parte degli studi sulla gestione dell'interferenza compie un appaiamento dei campioni almeno per una misura tra età e QI. Di conseguenza la dimensione dell'effetto risultante dalla nostra meta-analisi è più simile a quella trovata negli studi in cui si controllano queste variabili.

In ogni caso, l'eterogeneità tra gli studi è piuttosto alta, eccetto per l'analisi riguardante l'accuratezza, in cui l'eterogeneità è risultata non significativa. Questo rappresenta un dato importante perché indica che gli studi considerati nella nostra meta-analisi sono abbastanza concordi nel riportare un deficit nell'accuratezza nelle persone con ASD durante l'esecuzione del *Flanker test*.

Come possiamo notare nel *forest plot*, è presente un solo studio che si discosta maggiormente dagli altri, quello di Christ et al. (2007), in cui la dimensione dell'effetto è molto grande. Questo dato potrebbe essere spiegato con il fatto che questo studio è l'unico incluso nella nostra meta-analisi in cui il gruppo ASD non è appaiato al gruppo di controllo né per età né per QI. Un'altra spiegazione potrebbe riguardare la tipologia di test; pur trattandosi di un *Flanker test*, questa versione impiega quattro diversi stimoli (□, O, +, X), due dei quali sono associati al pulsante di sinistra, mentre gli altri due sono associati al pulsante di destra. La differenza con le altre versioni del test da noi considerate sta nel fatto che, anche nella condizione congruente, lo stimolo target non è visivamente uguale ai distrattori. La condizione viene classificata come congruente in quanto i due diversi stimoli richiedono di premere lo stesso pulsante, mentre nella condizione incongruente target e distrattori sono associati a due pulsanti di risposta differenti. Quindi il fatto che la dimensione dell'effetto di questo studio si discosti così tanto rispetto alle

dimensioni dell'effetto degli altri studi dai noi considerati, potrebbe essere dovuto alla diversa richiesta del compito; mentre per le altre versioni del *Flanker test* al partecipante è chiesto di valutare la congruenza o incongruenza delle caratteristiche visive di target e distrattori, nella versione di Christ et al. (2007) il partecipante deve valutare la congruenza o incongruenza della risposta elicitata da target e distrattori, che risultano in ogni condizione visivamente differenti.

Uno dei possibili limiti del presente lavoro potrebbe essere il fatto di aver incluso solamente studi che utilizzassero il *Flanker test* come misura di soppressione dell'interferenza. La scelta di includere solamente studi che utilizzassero il *Flanker test* è stata dettata dalla volontà di ridurre al minimo la variabilità tra le diverse procedure utilizzate negli studi. L'effetto da noi stimato, tuttavia, presenta un ampio intervallo di confidenza: questo potrebbe essere dovuto al fatto che il numero di studi inserito, e la conseguente numerosità campionaria totale, non risulta essere particolarmente alto. Per questo, sarebbe importante che in futuro venissero condotti più studi sul *Flanker test*, in modo da poter ripetere la meta-analisi e ottenere una stima ancor più precisa dell'effetto. Il deficit evidenziato in questo compito andrebbe ulteriormente indagato con altri compiti volti a misurare la soppressione dell'interferenza. Inoltre, pur avendo considerato solamente una tipologia di test, i diversi studi possiedono comunque una certa variabilità nella modalità di somministrazione dello stesso test, che viene utilizzato in diverse varianti; questo potrebbe spiegare l'eterogeneità piuttosto alta. In particolare, si può notare come gli studi utilizzino stimoli differenti (e.g., frecce, pesci etc.) nel *Flanker test*. Sebbene nella nostra meta-analisi il numero di studi non abbia consentito di considerare la tipologia di stimolo come moderatore, sarebbe interessante investigare questo aspetto in futuro. Alcuni studi in letteratura, infatti, suggeriscono come, nelle persone a sviluppo tipico, stimoli incongruenti di tipo sociale (e.g., occhi) generino più interferenza rispetto a stimoli non sociali (e.g., frecce); questo effetto non si verificherebbe, invece, nelle persone con ASD (Chevallier et al., 2013).

Un altro limite potrebbe essere rappresentato dall'analisi dei moderatori che risulta difficile da valutare in quanto nella nostra meta-analisi vi sono pochi studi che non prevedono l'appaiamento per età o QI. Inoltre, pochi degli studi da noi considerati riportano indicazioni sulla sintomatologia ASD, per esempio, tramite punteggi alla ADI (Autism Diagnostic Interview). In futuro sarà, quindi, utile indagare se la capacità di

gestione dell'interferenza vari a seconda del livello di gravità dei sintomi dell'autismo, o ancora se sia correlata, in modo particolare, a caratteristiche specifiche delle persone con ASD.

## Implicazioni

I nostri risultati suggeriscono che le persone con ASD presentano effettivamente un deficit nella gestione dell'interferenza, rispetto alle persone con sviluppo tipico. Anche se la dimensione dell'effetto è risultata piccola questo non vuol dire che l'effetto non sia importante. Infatti, un concetto erroneo che viene spesso assunto è che la dimensione dell'effetto rappresenti una misura di importanza. In realtà un effetto grande non è necessariamente clinicamente importante e a volte effetti piccoli sono clinicamente importanti (Kalinowski e Fidler, 2010). Il risultato emerso dalla presente meta-analisi suggerirebbe una differenza tra persone con ASD e a sviluppo tipico nella gestione dell'interferenza, misurata con il *Flanker test*. Tale risultato potrebbe avvalorare l'ipotesi che i deficit delle funzioni esecutive contribuiscono alle difficoltà nel funzionamento adattivo e nelle abilità accademiche (Minshew, Webb, Williams e Dawson, 2006), e di molti dei comportamenti e degli interessi ristretti e stereotipati (Ozonoff, Pennington e Rogers, 1991) tipici delle persone con tale disturbo.

Questo risultato ci suggerisce inoltre l'importanza di valutare anche questo aspetto del controllo inibitorio che spesso non è considerato nella pratica clinica; soprattutto, a livello di intervento, spesso si lavora su altre funzioni esecutive, considerando meno la gestione dell'interferenza. Tuttavia, sembra che difficoltà in questa componente portino le persone con ASD ad avere problemi nel concentrarsi su uno stimolo bersaglio e a filtrare gli stimoli estranei. Gli effetti negativi dei distrattori, soprattutto di quelli lontani dallo stimolo bersaglio, sono indicativi di un raggio di attenzione visiva che, in determinate circostanze, appare eccessivamente esteso (Burack, 1994). L'incapacità di filtrare informazioni estranee potrebbe anche rappresentare la causa primaria di una eccessiva attivazione nelle persone con ASD (Dawson e Lewy, 1989; Kinsbourne, 1987); questo perché il fallimento nell'inibire l'ingresso di stimoli estranei potrebbe esporle a un bombardamento di informazioni da parte dell'ambiente. Tali problemi potrebbero rappresentare la causa di diverse difficoltà osservate nelle persone con ASD nella vita di tutti i giorni, dove gli ambienti sono solitamente molto vasti e inondati di informazioni;

le implicazioni di un tale deficit potrebbero riflettersi, infatti, in una difficoltà nel recepire informazioni rilevanti dall'ambiente e di conseguenza nell'apprendere dall'ambiente e nel relazionarsi con esso (Burack, 1994).

Da un punto di vista clinico, questi risultati potrebbero quindi orientare gli interventi verso un miglioramento di questa capacità e un'ottimizzazione dell'ambiente di apprendimento dei bambini con ASD. Nel primo caso, per esempio, sembra che un programma di *mindfulness* per alunni con ASD sia capace di incrementare l'inibizione della risposta prepotente, il controllo dell'interferenza e l'attenzione selettiva (Juliano, Alexander, DeLuca e Genova, 2020). Durante la pratica della *mindfulness*, infatti, alla persona viene chiesto di concentrare tutta la propria attenzione su un determinato compito (Lutz, Slagter, Dunne e Davidson, 2008). Con l'aumentare della consapevolezza, la persona incomincerà ad accorgersi di essersi distratta; a questo punto verrà richiesto di riportare l'attenzione sul compito, agendo con consapevolezza (Baer, Smith, Hopkins, Krietemeyer e Toney, 2006). Questi meccanismi sono capaci di promuovere il controllo attivo dei propri processi attentivi in modo da migliorare l'attenzione selettiva, l'inibizione della risposta, concentrandosi sul segnale che indica la fine della propria attività, e il controllo dell'interferenza, spostando il proprio focus attentivo sullo stimolo appropriato ed escludendo gli stimoli irrilevanti (Juliano et al., 2020). Se, come suggerito dai risultati della nostra meta-analisi, le persone con ASD presentano un deficit di soppressione dell'interferenza, un intervento di questo tipo potrebbe migliorare questa abilità permettendo quindi agli alunni di ignorare gli stimoli non rilevanti per l'apprendimento. A livello teorico questo miglioramento si rifletterebbe in una prestazione migliore al *Flanker test*. Futuri studi potrebbero quindi testare l'efficacia di interventi di questo tipo andando a verificare se vi sia effettivamente un miglioramento della gestione dell'interferenza dopo l'intervento. Dal punto di vista dell'ottimizzazione dell'ambiente di apprendimento si renderebbe necessario ridurre le potenziali fonti di distrazione, per esempio inserendo il bambino in una classe più piccola e facendolo sedere vicino all'insegnante, distante dalla finestra, che potrebbe portare numerose fonti di distrazione (Christ et al, 2011). Se è vero che, nelle persone con ASD, i distrattori influiscono sulla prestazione a un compito più che nelle persone a sviluppo tipico, come suggerito dai risultati della nostra meta-analisi, allora cercare di eliminare i distrattori negli ambienti di apprendimento potrebbe andare a migliorare notevolmente gli esiti

scolastici negli alunni con ASD poiché ciò comporterebbe un carico di lavoro decisamente ridotto.

Tramite interventi di questo tipo sarebbe possibile ridurre il deficit di gestione di interferenza nelle persone con ASD o minimizzare l'impatto di tale deficit sulle prestazioni scolastiche e sul funzionamento nella vita di tutti i giorni.

Future ricerche potrebbero cercare di capire se esista effettivamente la possibilità di modificare la capacità di soppressione dell'interferenza in generale nelle persone a sviluppo tipico e in particolare nelle persone con ASD, in modo da poter eventualmente sviluppare dei trattamenti specifici che vadano a ridurre tale deficit.

## 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.
- Baer, R. A., Smith, G. T., Hopkins, J., Krietemeyer, J., & Toney, L. (2006). Using self-report assessment methods to explore facets of mindfulness. *Assessment*, 13(1), 27-45.
- Baez, S., Rattazzi, A., Gonzalez-Gadea, M. L., Torralva, T., Vigliecca, N., Decety, J., Manes, F., & Ibanez, A. (2012). Integrating intention and context: assessing social cognition in adults with Asperger syndrome. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 302.
- Baron-Cohen, S. (2000). Theory of mind and autism: A review. *International review of research in mental retardation*, 23, 169-184.
- Bexkens, A., Ruzzano, L., Collot d'Escury-Koenigs, A. M. L., Van der Molen, M. W., & Huizenga, H. M. (2014). Inhibition deficits in individuals with intellectual disability: A meta-regression analysis. *Journal of Intellectual Disability Research*, 58(1), 3-16.
- Bexkens, A., Van der Molen, M. W., Collot d'Escury-Koenigs, A. M., & Huizenga, H. M. (2014). Interference control in adolescents with mild-to-borderline intellectual disabilities and/or behavior disorders. *Child Neuropsychology*, 20(4), 398-414.
- Boland, K. M., Stichter, J. P., Beversdorf, D. Q., & Christ, S. E. (2019). Brief report: Flanker visual filtering ability in older adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(1), 422-428.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. UK: John Wiley & Sons.
- Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J., & Gabrieli, J. D. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: evidence from fMRI. *Neuron*, 33(2), 301-311.
- 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.
- Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child development*, 72(4), 1032-1053.
- Carter, E. C., Schönbrodt, F. D., Gervais, W. M., & Hilgard, J. (2019). Correcting for bias in psychology: A comparison of meta-analytic methods. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 2(2), 115-144.
- Clark, C. A., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176.

- Chevallier, C., Huguet, P., Happé, F., George, N., & Conty, L. (2013). Salient social cues are prioritized in autism spectrum disorders despite overall decrease in social attention. *Journal of autism and developmental disorders*, 43(7), 1642-1651.
- 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.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cumming, G. (2013). *Understanding the new statistics: Effect sizes, confidence intervals, and meta-analysis*. Routledge.
- Davidson, M. M. (2016). *Reading for Meaning: Reading Comprehension Skills in ASD and the Role of Oral Language, Central Coherence, and Executive Function*. The University of Wisconsin-Madison.
- Dawson, G., & Lewy, A., (1989). Reciprocal subcortical-cortical influences in autism. In G. Dawson (Ed.), *Autism: Nature, Diagnosis, and Treatment*. New York: Guilford Press.
- Deeks, J. J., Higgins, J. P. T., & Altman, D. G. (2008). Identifying and assessing heterogeneity. *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., Hickie, I., & Guastella, A. J. (2018). Autism spectrum disorders: A meta-analysis of executive function. *Molecular Psychiatry*, 23(5), 1198-1204.
- Dichter, G. S., & Belger, A. (2008). Atypical modulation of cognitive control by arousal in autism. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 164(3), 185-197.
- Duval, S. (2005). The trim and fill method. *Publication bias in meta-analysis: Prevention, Assessment and Adjustments*, 127-144.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143-149.
- Espy, K. A. (1997). The Shape School: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13(4), 495-499.
- Espy, K. A., Kaufmann, P. M., Glisky, M. L., & McDiarmid, M. D. (2001). New procedures to assess executive functions in preschool children. *The Clinical Neuropsychologist*, 15(1), 46-58.

- Faja, S., Clarkson, T., & Webb, S. J. (2016). Neural and behavioral suppression of interfering flankers by children with and without autism spectrum disorder. *Neuropsychologia*, *93*, 251-261.
- 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.
- Faja, S., & Nelson Darling, L. (2019). Variation in restricted and repetitive behaviors and interests relates to inhibitory control and shifting in children with autism spectrum disorder. *Autism*, *23*(5), 1262-1272.
- 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.
- Fontana, M., Usai, M. C., Toffalini, E., & Passolunghi, M. C. (2021). Meta-analysis on inhibition from childhood to young adulthood in people with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, *109*, 103838.
- Gandolfi, E., Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M. C. (2014). Inhibitory processes in toddlers: a latent-variable approach. *Frontiers in Psychology*, *5*, 381.
- 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.
- Geurts, H.M., & Vissers, M.E. (2011). Elderly with autism: Executive functions and memory. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*, 665-675.
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *British Medical Journal*, *327*(7414), 557-560.
- Houghton, G., Tipper, S. P., Weaver, B., & Shore, D. I. (1996). Inhibition and interference in selective attention: Some tests of a neural network model. *Visual Cognition*, *3*(2), 119-164.
- Johnston, K., Madden, A.K., Bramham, J., & Russell, A.J. (2011). Response inhibition in adults with autism spectrum disorder compared to attention deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *41*, 903-912.
- Juliano, A. C., Alexander, A. O., DeLuca, J., & Genova, H. (2020). Feasibility of a school-based mindfulness program for improving inhibitory skills in children with autism spectrum disorder. *Research in Developmental Disabilities*, *101*, 103641.
- Kalinowski, P., & Fidler, F. (2010). Interpreting significance: the differences between statistical significance, effect size, and practical importance. *Newborn and Infant Nursing Reviews*, *10*(1), 50-54.

- Kilinçaslan, A., Motavalli, M. N., Sözen, K. G., & Gürvit, H. (2010). Assessment of executive/attentional performance in Asperger's disorder. *Türk psikiyatri dergisi=Turkish journal of psychiatry*, 21, 289–299.
- Kinsbourne, M. (1987). Cerebral-brainstem relations in infantile autism. In E. Schopler & G. Mesibov (Eds.), *Neurobiological Issues in Autism* (pp. 107-125). New York: Plenum Press.
- Koolschijn, P. C. M., Caan, M. W., Teeuw, J., Olabarriaga, S. D., & Geurts, H. M. (2017). Age-related differences in autism: The case of white matter microstructure. *Human Brain Mapping*, 38(1), 82-96.
- Kretschmer, A., Lampmann, S. A., & Altgassen, M. (2014). Relations between moral reasoning, theory of mind and executive functions in children with autism spectrum disorders. *International Journal of Developmental Disabilities*, 60(3), 174-183.
- Langen, M., Kas, M. J., Staal, W. G., van Engeland, H., & Durston, S. (2011). The neurobiology of repetitive behavior: of mice.... *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 345-355.
- Langen, M., Leemans, A., Johnston, P., Ecker, C., Daly, E., Murphy, C. M., dell'Acqua, F., Durston, S., the AIMS Consortium, & Murphy, D. G. M. (2012). Fronto-striatal circuitry and inhibitory control in autism: findings from diffusion tensor imaging tractography. *Cortex*, 48(2), 183-193.
- Larson, M.J., South, M., Clayson, P.E., & Clawson, A. (2012). Cognitive control and conflict adaptation in youth with high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 53, 440–448.
- 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.
- Lutz, A., Slagter, H. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2008). Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(4), 163–169.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163.
- Margoni, F., Scarpa, L., & Surian, L. (2017). L'acquisizione del giudizio morale basato sulle intenzioni nei bambini con sviluppo tipico o con autismo. *Psicologia Clinica dello Sviluppo*, 21, 51-77.
- Mead, L. A., Mayer, A. R., Bobholz, J. A., Woodley, S. J., Cunningham, J. M., Hammeke, T. A., & Rao, S. M. (2002). Neural basis of the Stroop interference task: response competition or selective attention? *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 8(6), 735.

- Minshew, N., Webb, S. J., Williams, D. L., & Dawson, G. (2006). Neuropsychology and neurophysiology of autism spectrum disorders. In S. O., Moldin & J. L. R., Rubenstein (Eds.). *Understanding Autism: From Basic Neuroscience to Treatment* (pp. 399-436). CRC Press.
- 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.
- 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.
- Murphy, J. W., Foxe, J. J., Peters, J. B., & Molholm, S. (2014). Susceptibility to distraction in autism spectrum disorder: Probing the integrity of oscillatory alpha-band suppression mechanisms. *Autism Research*, *7*(4), 442-458.
- Mutreja, R., Craig, C., & O'Boyle, M. W. (2016). Attentional network deficits in children with autism spectrum disorder. *Developmental Neurorehabilitation*, *19*(6), 389-397.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, *126*(2), 220.
- Oswald, T. M. (2012). *Relations among theory of mind and executive function abilities in typically developing adolescents and adolescents with Asperger's syndrome and high functioning autism*. Doctoral dissertation, University of Oregon.
- Overweg, J., Hartman, C. A., & Hendriks, P. (2018). Children with autism spectrum disorder show pronoun reversals in interpretation. *Journal of Abnormal Psychology*, *127*(2), 228-238.
- 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.
- 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.
- Robinson, S., Goddard, L., Dritschel, B., Wisley, M., & Howlin, P. (2009). Executive functions in children with autism spectrum disorders. *Brain and Cognition*, *71*(3), 362-368.
- Ronconi, L., Gori, S., Giora, E., Ruffino, M., Molteni, M., & Facoetti, A. (2013). Deeper attentional masking by lateral objects in children with autism. *Brain and Cognition*, *82*(2), 213-218.

- Rothbart, M. K., & Posner, M. I. (1985). Temperament and the development of self-regulation. *The Neuropsychology of Individual Differences*, 93-123. Springer, Boston, MA.
- Rueda, M. R., Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2005). The development of executive attention: Contributions to the emergence of self-regulation. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 573-594.
- Salthouse, T. A. (2010). Is flanker-based inhibition related to age? Identifying specific influences of individual differences on neurocognitive variables. *Brain and Cognition*, 73(1), 51-61.
- 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.
- Schmitt, L. M., White, S. P., Cook, E. H., Sweeney, J. A., & Mosconi, M. W. (2018). Cognitive mechanisms of inhibitory control deficits in autism spectrum disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 59(5), 586-595.
- Senn, T. E., Espy, K. A., & Kaufmann, P. M. (2004). Using path analysis to understand executive function organization in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 445-464.
- Shiri, V., Hoseyni, S. A., Pishyareh, E., Nejati, V., Emami, M., & Shiri, E. (2018). Is there any correlation between executive dysfunction and behavioral symptoms in autistic children? A systematic review. *Archives of Neuroscience*, 5(2), e64303.
- Solomon, M., Ozonoff, S. J., Ursu, S., Ravizza, S., Cummings, N., Ly, S., & Carter, C. S. (2009). The neural substrates of cognitive control deficits in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 47(12), 2515-2526.
- South, M., Larson, M. J., Krauskopf, E., & Clawson, A. (2010). Error processing in high-functioning autism spectrum disorders. *Biological Psychology*, 85(2), 242-251.
- 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.
- Stanley, T. D., & Doucouliagos, H. (2014). Meta-regression approximations to reduce publication selection bias. *Research Synthesis Methods*, 5(1), 60-78.
- Sterne, J. A., Becker, B. J., & Egger, M. (2005). The funnel plot. *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.

- 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.
- Van den Bergh, S. F., Scheeren, A. M., Begeer, S., Koot, H. M., & Geurts, H. M. (2014). Age related differences of executive functioning problems in everyday life of children and adolescents in the autism spectrum. *Journal of autism and developmental disorders, 44*(8), 1959-1971.
- Van Eylen, L., Boets, B., Steyaert, J., Wagemans, J., & Noens, I. (2015). Executive functioning in autism spectrum disorders: Influence of task and sample characteristics and relation to symptom severity. *European Child & Adolescent Psychiatry, 24*(11), 1399-1417.
- Van Leeuwen, M., van den Berg, S. M., Peper, J. S., Pol, H. E. H., & Boomsma, D. I. (2009). Genetic covariance structure of reading, intelligence and memory in children. *Behavior Genetics, 39*(3), 245-254.
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software, 36*(3), 1-48.
- Weismer, S., Kaushanskaya, M., Larson, C., Mathée, J., & Bolt, D. (2018). Executive function skills in school-age children with autism spectrum disorder: Association with language abilities. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 61*(11), 2641-2658.
- 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.
- White, C. N., Ratcliff, R., & Starns, J. J. (2011). Diffusion models of the flanker task: Discrete versus gradual attentional selection. *Cognitive Psychology, 63*(4), 210-238.
- Xiao, T., Xiao, Z., Ke, X., Hong, S., Yang, H., Su, Y., Chu, K., Xiao, X., Shen, J., & 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.