**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, & Roebers, 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 un deficit esecutivo nell’autismo, numerose ricerche si sono interessate allo studio del controllo inibitorio in questa popolazione. Sebbene un buon numero di studi 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), alcune ricerche non hanno invece 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). Dall’analisi di questi studi, si può notare come la maggior parte adotti una sola misura per valutare il controllo inibitorio, non tenendo conto dell’impurità che caratterizza le prove di funzionamento esecutivo. Proprio per questo motivo, risulta difficile confrontare gli studi che hanno preso in esame tale costrutto, poiché una singola prova potrebbe in realtà misurare non solo i processi inibitori ma anche le abilità verbali o motorie che sono richieste nei compiti di funzioni esecutive**.** Un ulteriore aspetto da evidenziare è il fatto che spesso si confrontano campioni non appaiati per età cronologica e/o mentale (Garon et al., 2018). Ciò potrebbe influenzare i risultati: poiché il controllo inibitorio subisce significativi cambiamenti in età evolutiva, gli strumenti di valutazione dovrebbero essere scelti con accuratezza in base all’età e al funzionamento intellettivo (Garon et al., 2018), criterio di cui difficilmente si può tenere conto se si confrontano gruppi con età o QI differente.

**Struttura componenziale 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 autismo 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). I risultati sono però contrastanti e potrebbero essere spiegati dalle differenze nei singoli compiti: nessuno studio, infatti, utilizza più di una misura per componente e ciò non consente di tenere conto delle impurità del costrutto. 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.

**Relazione tra componenti inibitorie e sintomi centrali dell’autismo**

La differenziazione degli aspetti del controllo inibitorio permetterebbe di comprendere se queste siano connessi in modo differente alle principali difficoltà che caratterizzano i disturbi dello spettro autistico (Shiri et al., 2015). A tal proposito, alcuni studi hanno suggerito che le diverse funzioni esecutive potrebbero essere associato in modo specifico ai sintomi dell’autismo: per esempio, la memoria di lavoro sembra contribuire in modo indipendente alla teoria della mente e alla cognizione sociale (Barendse et al., 2013). Per quanto riguarda l’inibizione, i risultati sono contrastanti: alcuni studi dimostrano che minori capacità inibitorie contribuiscono a una maggiore rigidità dei comportamenti, ostacolando una risposta adattiva e flessibile all’ambiente (Brian, Tipper, Weaver, & Bryson, 2003; Mosconi et al., 2009), altri individuano una correlazione tra deficit inibitori e difficoltà nella comunicazione e nelle interazioni sociale in bambini con autismo ad alto funzionamento (Shiri et al., 2015). Bisogna notare che, anche in questo caso, gli studi utilizzano indistintamente una singola misura di inibizione senza il riferimento a un modello teorico. Potrebbe invece essere interessante comprendere se e come i sintomi dell’autismo siano associati alle diverse componenti inibitorie, considerati i risultati di ricerche recenti che suggeriscono come l’inibizione della risposta e la gestione dell’interferenza possano correlare in modo diverso con alcuni processi cognitivi (Traverso et al., 2020).

**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 1 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. A questo proposito, va segnalato che esisteva già in letteratura una meta-analisi sull’argomento (Geurts et al., 2014) che individuava una migliore performance dei campioni a sviluppo tipico rispetto a quelli con autismo nelle prove inibitorie (con una dimensione dell’effetto g = 0.55 per la componente di inibizione della risposta e di una dimensione dell’effetto *g* = 0.31 per il controllo dell’interferenza).Tuttavia, rispetto a questo lavoro 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: dai 41 articoli inclusi nella meta-analisi precedente, si è passati a 150. 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 controllate possibili variabili influenti sulle prestazioni: l’appaiamento dei campioni per età e funzionamento intellettivo, la tipologia di stimolo (verbale o visivo) utilizzato nel compito e il tipo di risposta (motoria o verbale) richiesta e la presenza di comorbidità con ADHD. Infine, sono stati considerati i punteggi nelle misure per la diagnosi dell’autismo per analizzarne l’associazione con le difficoltà inibitorie.
2. **Comprendere se il deficit inibitorio sia generalizzato o riguardi una componente specifica**. Si confronteranno le due componenti di gestione dell’interferenza e di inibizione della risposta in un gruppo di partecipanti con autismo e un gruppo di controllo. Come descritto in precedenza, i risultati in letteratura sono contrastanti: la meta-analisi di Geurts (2014) individua una dimensione dell’effetto maggiore per la componente di inibizione della risposta, mentre alcuni studi entro soggetti riscontrano un deficit maggiore nel controllo dell’interferenza. A differenza degli studi precedenti, però, si utilizzeranno prove multiple per ogni componente.
3. **Comprendere come l’inibizione della risposta e la gestione dell’interferenza siano in relazione ai diversi sintomi dell’autismo.** Per quanto riguarda questo obiettivo, risulta difficile fare delle ipotesi specifiche poiché i pochi studi che hanno analizzato tale associazione hanno utilizzato una singola misura di inibizione. È possibile però che inibizione della risposta e gestione dell’interferenza spieghino sintomi differenti: per esempio, pattern di comportamento ripetitivi e ristretti potrebbero riflettere una difficoltà a inibire la risposta motoria o verbale, mentre difficoltà nella gestione del controllo dell’interferenza potrebbero avere ricadute maggiori nei contesti comunicativi e sociali in cui è necessario inibire gli stimoli irrilevanti e distraenti. In questo sarà importante anche avere una misura di memoria di lavoro, che sappiamo essere significativamente correlata alla gestione dell’interferenza nonché ai core deficit dell’autismo (Barendse et al., 2013)
4. **Analizzare i movimenti oculari in un compito di controllo dell’interferenza.** Per analizzare i movimenti oculari durante un compito di interferenza, si esamineranno sia le aree di interesse (*areas of interest*, AOIs) per comprendere quali aree vengono osservate di più (target/distrattori/sfondo), sia numero, direzione e latenza delle saccadi prima e al momento della risposta. In particolare, 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.

**Campione**

Il progetto coinvolgerà un gruppo di partecipanti con autismo e un gruppo di controllo, entrambi in età scolare. La scelta di utilizzare un campione di questa età 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. L’ampiezza campionaria ottimale, considerato l’effect size individuato con la meta-analisi precedente e una potenza statistica di .80, dovrebbe essere di 50 partecipanti per gruppo. Infatti, al fine di garantire un campione sufficiente saranno previsti due anni di raccolta dati e verranno probabilmente coinvolti più centri che si occupano di persone con autismo.

**Strumenti e Procedura**

Prima di iniziare la ricerca, verrà richiesto il parere del Comitato Etico. La sede in cui saranno contatti i partecipanti da includere nel gruppo con autismo sarà *Philos Accademia Pedagogica*. Si svolgerà un incontro iniziale con i genitori dove saranno illustrati gli obiettivi e le modalità di svolgimento del progetto di ricerca. Ai genitori che aderiranno al progetto sarà richiesto di compilare e firmare il consenso informato e saranno invitati a partecipare all’intervista Autism Diagnostic Interview‐Revised (ADI‐R; Lord, Rutter, & Le Couteur, 1994) e a compilare la scala Social Responsivness Scale-2 (SRS-2; Constantino & Gruber, 2012) misure che consentiranno di ottenere una valutazione dei sintomi che caratterizzano l’autismo. I bambini e ragazzi che parteciperanno allo studio saranno valutati nel corso di tre sessioni da circa 30/40 minuti ciascuna, durante le quali saranno loro somministrate le seguenti prove:

* Sessione 1. Saranno selezionati quattro prove della WISC-IV per poter controllare alcune variabili che potrebbero influenzare la prestazione a compiti inibitori: una prova di capacità verbali (Vocabolario) una prova di ragionamento visuopercettivo (*Disegno con i cubi o Ragionamento con Matrici*), una prova di memoria di lavoro (*Span di cifre*) e una di velocità di elaborazione (*Ricerca di simboli*). Le prove di ragionamento visuo-percettivo e di vocabolario saranno utilizzate anche per appaiare i due gruppi per funzionamento intellettivo.
* Sessione 2. In questa sessione si somministrerà una seconda prova di memoria di lavoro, in questo caso visuospaziale (*Test di Corsi*), due prove di inibizione della risposta (*Go/no-go* e *Matching Familiar Figure Task*) e un test di gestione dell’interferenza (*Navon*, o alternativamente, *Simon Task*).
* Sessione 3. La terza sessione sarà dedicata all’analisi dei movimenti oculari. In particolare, sarà somministrato l’*Ericksen Flanker Task* (Eriksen & Eriksen, 1974), un compito di gestione dell’interferenza che, anche in questo caso, non richiede abilità verbali.

**Sviluppi futuri**

Compatibilmente con la situazione di emergenza sanitaria attuale, si valuterà se includere nel progetto anche campioni di età diversa da quella scolare: per esempio, sarebbe interessanti coinvolgere un campione di partecipanti in età adulta, il cui sviluppo del controllo inibitorio dovrebbe essere ormai stabile. Inoltre, se si riuscisse a raggiungere un campione sufficientemente ampio si potrebbe investigare la struttura fattoriale del controllo inibitorio nell’autismo, per verificare se si riscontri o meno la stessa differenziazione riscontrata negli studi con partecipanti a sviluppo tipico (Friedman & Miyake, 2004; Rey-Mermet et al., 2018; Stahl et al., 2014).

Tabella 1

*Sintesi degli studi che hanno applicato l’analisi dei movimenti oculari a compiti che richiedono capacità di controllo inibitorio.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Authors** | **Participants** | **Task** | **Indices** | **Results** |
| ***Olk, 2013*** | N=15 TD  Age: 18-27  (*M* = 21) | *Numerical Stroop Task*  (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 |
|  |  |  |  |  |
| ***Vakil et al., 2019*** | AHDH: 30  Age: 18-31  (M: 24.4)  TD: 30  Age: 18-31  (M=23.7) | *Stroop Test*  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.  The number of fixations in the congruent condition was lower than in the incongruent condition.  The participants fixated on the target more times than on the distracter.  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. |
| Number of trials the target (color) and the distracter (word) fixated on first | Overall Group with ADHD displayed more fixations  More fixations were made on the target then on the distracter |
| 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 |
|  |  |  |  |  |
| ***Yi et al., 2012*** | N=18 ASD  Age: 3.75-9.58 *(M=6,61)*  N=31 TD  Age: 3.00–6.92  *(M=4,37)* | *Dimensional Change Card Sorting task* (DCCS):  -demonstration and preswitch phases (e.g., sort by shape for 6 trials)  - postswitch phase (e.g., sort by color for 6 trials)  -border version (12 trials) | N of correct trials | TD children got significantly higher DCCS scores than ASD children |
| Two approaches to analyze the eye movement data:  1)The traditional AOI approach, which predefined aois including the test card and the two target cards 🡪 the *proportional fixation duration* was calculated by dividing the total fixation time on each AOI by the total fixation time on the whole picture | *Proportional Fixation Duration:*  Postswitch phase  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  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.  ASD children spent more time on blank areas of the screen (i.e., areas other than the three cards) than TD children.  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.  TD children following the shape rule spent longer looking time at the incorrect card than those TD children following the color rule. |
| 2) The *analysis of saccade paths*, which counted the frequencies of a participant’s gaze shifts from one AOI to another. | *Analysis of saccade paths*  Postswitch phase:  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.  ASD children who failed in the postswitch phase scanned between the incorrect card and the test card more often than ASD children who passed |

**Bibliografia**

Barendse, E. M., Hendriks, M. P., Jansen, J. F., Backes, W. H., Hofman, P. A., Thoonen, G., ... & Aldenkamp, A. P. (2013). Working memory deficits in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders: neuropsychological and neuroimaging correlates. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, *5*(1), 14.

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.

Brian, J. A., Tipper, S. P., Weaver, B., & Bryson, S. E. (2003). Inhibitory mechanisms in autism spectrum disorders: Typical selective inhibition of location versus facilitated perceptual processing. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *44*(4), 552-560.

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.

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.

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.

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.

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.

Dakin, S., & Frith, U. (2005). Vagaries of visual perception in autism. *Neuron*, *48*(3), 497-507.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135-168.

Eckstein, M. K., Guerra-Carrillo, B., Singley, A. T. M., & Bunge, S. A. (2017). Beyond eye gaze: What else can eyetracking reveal about cognition and cognitive development?. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *25*, 69-91.

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.

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.

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.

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.

Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance, 2*1(3), 451.

Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences, 9*(2), 75-82.

Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 24*(5), 659-685.

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.

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.

Oeri, N., Voelke, A. E., & Roebers, 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.

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.

Rincover, A., & Ducharme, J. M. (1987). Variables influencing stimulus overselectivity and" tunnel vision" in developmentally delayed children. American Journal of Mental Deficiency.

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.

Shiri, V., Hosseini, A. S., Tahmasebi, A., Pishyareh, E., Shiri, E., & Emami, M. (2015). Relationship between sustained, selective and shifting attention and behavioral symptoms in children with high-functioning autism. *Archives of Neuroscience*, *2*(4).

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.

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.

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., 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.

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.

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.

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*.