



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
PADOVA**

**Dipartimento di Psicologia dello
Sviluppo e della Socializzazione**

**Corso di laurea in Psicologia Clinica
dello Sviluppo**

Tesi di laurea Magistrale

**La pianificazione motoria
nel Disturbo dello Spettro
Autistico**

Motor Planning in Autism Spectrum Disorder

Relatrice
Prof.ssa Valenza Eloisa

Laureanda Costacurta Alessia
Matricola 2048529

Correlatrice
Dott.ssa Calignano Giulia

Anno Accademico 2022-2023

SOMMARIO

-INTRODUZIONE-	- 80 -
AUTISMO E PIANIFICAZIONE STRATEGICA	- 4 -
<i>1.1. Che cos'è la pianificazione strategica e perché studiarla nei bambini con Sindrome dello Spettro Autistico</i>	<i>- 4 -</i>
1.1.1. Che cosa sono le funzioni esecutive?	- 4 -
1.1.2. Funzioni esecutive e Disturbo dello Spettro Autistico	- 5 -
<i>1.2. La valutazione della pianificazione cognitiva e delle funzioni esecutive..</i> -	<i>7 -</i>
1.2.1. Il test della Torre di Londra.....	- 7 -
1.2.2. Il test della Torre di Hanoi	- 8 -
1.2.3. Il questionario BRIEF – parent report.....	- 9 -
<i>1.3. Lo sviluppo della capacità di pianificazione nei bambini a sviluppo tipico</i>	<i>- 10 -</i>
1.3.1. Lo sviluppo della capacità di pianificazione nei bambini a sviluppo tipico in età pre-scolare.....	- 10 -
1.3.2. Lo sviluppo della capacità di pianificazione nei bambini a sviluppo tipico in età scolare	- 11 -
1.3.3. Lo sviluppo della capacità di pianificazione nello sviluppo tipico in adolescenza.....	- 13 -
1.3.4. Il raggiungimento della performance adulta	- 14 -
<i>1.4. Lo sviluppo della capacità di pianificazione nei bambini con diagnosi di Autismo</i>	<i>- 15 -</i>

1.5. Pianificazione strategica e Autismo: il questionario BRIEF.....	- 19 -
1.6. Pianificazione cognitiva e comportamento adattivo nell'Autismo.....	- 21 -
AUTISMO E ABILITÀ MOTORIE.....	- 25 -
INTRODUZIONE.....	- 25 -
2.1. Substrati neurali dello sviluppo motorio.....	- 28 -
2.1.1. Motricità e sviluppo cerebrale nei primi due anni di vita nello sviluppo tipico.....	- 28 -
2.1.2. Motricità e sviluppo cerebrale nei primi due anni di vita nel Disturbo dello Spettro Autistico.....	- 31 -
2.1.3. Il ruolo del tronco encefalico nello sviluppo del Disturbo Dello Spettro dell'Autismo.....	- 33 -
2.2. Atipie nello sviluppo motorio nei bambini con Disturbo dello Spettro Autistico.....	- 35 -
2.2.1. Atipie nello sviluppo motorio in bambini ad alto rischio di ASD e con ASD nei primi anni di vita	- 37 -
2.2.2. Atipie nello sviluppo motorio nei bambini con Disturbo dello Spettro dell'Autismo in età prescolare e scolare.....	- 39 -
AUTISMO E PIANIFICAZIONE MOTORIA	- 42 -
INTRODUZIONE.....	- 42 -
3.1. Il movimento anticipatorio e la pianificazione motoria.....	- 42 -
3.1.1. Movimenti anticipatori ed “effetto comfort allo stato finale”	- 44 -
3.2. La pianificazione motoria nei bambini a sviluppo tipico.....	- 45 -

3.2.1. La pianificazione motoria nei bambini a sviluppo tipico in età prescolare.....	- 46 -
3.2.2. La pianificazione motoria nei bambini a sviluppo tipico dall'età scolare all'età adulta.....	- 49 -
3.3. <i>La pianificazione motoria nei bambini con Disturbo dello Spettro Autistico</i>	- 51 -
3.3.1. Lo sviluppo della pianificazione motoria nei bambini ad alto rischio di ASD e con ASD in età prescolare	- 52 -
3.3.2. Lo sviluppo della pianificazione motoria nei bambini con ASD in età scolare.....	- 54 -
<i>CONCLUSIONI</i>	- 58 -
STUDIO SPERIMENTALE	- 59 -
4.1. <i>Obiettivi e ipotesi dello studio</i>	- 59 -
4.2. <i>Il campione</i>	- 60 -
4.3. <i>La procedura</i>	- 63 -
4.4. <i>I materiali</i>	- 64 -
4.4.1. Stimoli per l'Overtuned Glass Task.....	- 64 -
4.4.2. BRIEF-2 Behavior Rating Inventory Of Executive Function Second Edition.....	- 65 -
4.5. <i>Analisi dei dati</i>	- 67 -
4.5.1. Analisi descrittive	- 68 -
4.5.2. Analisi statistiche esplorative	- 70 -
4.6. <i>Discussione</i>	- 72 -

4.7.	<i>Limiti e prospettive future</i>	- 78 -
	-CONCLUSIONI-	- 80 -
	-BIBLIOGRAFIA-	-82-

-INTRODUZIONE-

L'obiettivo di questo elaborato è quello di ampliare la conoscenza riguardo le atipie motorie presenti nei soggetti con Disturbo dello Spettro Autistico (ASD), con particolare enfasi sulle abilità di anticipazione e pianificazione motoria e su quanto queste difficoltà possano essere connesse al funzionamento esecutivo e adattivo dei bambini con questa sindrome. Infatti, in linea con l'approccio neurocostruttivista, che spiega l'emergere dei disturbi del neurosviluppo come il risultato di un processo di adattamento plastico in cui il sistema cognitivo e cerebrale si organizza intorno a una vulnerabilità iniziale non specifica (A. Karmiloff-Smith, 2007), le anomalie motorie precoci precedono e concorrono alla compromissione delle capacità funzionali nei bambini con ASD, influenzando su diverse abilità quotidiane che richiedono pianificazione e coordinamento motorio (Bhat, 2021), contribuendo con un effetto a cascata, alle atipie motorie e cognitive riscontrabili in età più avanzata.

La ricerca da me condotta è stata concepita come la continuazione del lavoro condotto in due tesi precedenti svolte da Venturini nel 2021 e Cocchi nel 2022, le cui finalità erano rispettivamente: 1) identificare le abilità di pianificazione dei movimenti e gli effetti di modulazione di tratti autistici endofenotipici su un gruppo di bambini a sviluppo tipico (Venturini) e 2) indagare le capacità di anticipazione motoria in bambini ad alto rischio di una futura diagnosi di ASD, per cercare di individuare precocemente fattori di rischio motori (Cocchi). Riconoscere questi target motori precoci, infatti, può aiutare a diminuire il possibile effetto a cascata che atipie motorie precoci possono avere sullo sviluppo globale (Iverson, 2010). Il mio lavoro adotta lo stesso disegno sperimentale delle due tesi precedenti, analizzando però, per la prima volta, un gruppo di bambini con una diagnosi di ASD consolidata, quindi con un campione clinico.

Nel primo capitolo verrà descritto il funzionamento esecutivo nei Disturbi dello Spettro dell'Autismo partendo dalla definizione delle Funzioni Esecutive (FE) e dalla teoria di Pennington & Ozonoff (1996) e approfondendo il concetto di pianificazione strategica come deficit particolarmente presente nei bambini con questa diagnosi. Verrà inoltre descritto lo sviluppo della capacità di pianificazione lungo tutte le fasi dello sviluppo, riportando le ricerche che hanno confrontato bambini normotipici con i coetanei con una diagnosi di ASD. Tali studi hanno utilizzato un test (il test neuropsicologico della Torre di Londra e il test della Torre di Hanoi). Infine, verranno riportati gli studi che hanno analizzato le abilità di pianificazione strategica nei bambini con ASD valutate con un

questionario che ha maggiore validità ecologica, il Behavior Rating Inventory of Executive Function – (BRIEF) e la relazione tra questa capacità e il funzionamento adattivo.

Nel secondo capitolo verranno espone le ragioni per cui il Disturbo dello Spettro Autistico viene definito un Disturbo del Movimento Anticipatorio, esponendo inizialmente le influenze dello sviluppo motorio sul dominio cognitivo, analizzando poi le basi neurali da cui originano le atipie nello sviluppo motorio e, come queste, unite a precoci deficit nello sviluppo-motorio possano influire non solo sullo sviluppo motorio stesso, ma anche sulle abilità socio-comunicative, linguistiche e di nuovo, cognitive. Infine, si esporranno le tappe dello sviluppo motorio nel Disturbo dello Spettro Autistico, ponendo particolare attenzione alle atipie presenti in questo dominio dello sviluppo che spesso non vengono considerate né in fase diagnostica né in fase terapeutica.

Nel terzo capitolo ci si concentrerà su come la descrizione dei movimenti anticipatori e del comfort allo stato finale possa evidenziare la connessione tra l'azione e la cognizione, cioè tra il controllo motorio e i processi cognitivi superiori coinvolti nella pianificazione. Il movimento noto come *reach to grasp movement* emerge molto presto nello sviluppo tipico ed è stato ampiamente utilizzato nei disegni sperimentali volti ad esaminare processi cognitivi e sensorimotori evoluti. Questi studi, insieme ad altre ricerche che valutano la cinematica del movimento e i tempi di esecuzione delle azioni, hanno rivelato differenze significative tra bambini con sviluppo tipico e quelli con sviluppo atipico nella pianificazione e nell'esecuzione dei movimenti.

Nel quarto capitolo verrà esposto il mio lavoro di ricerca svolto con bambini di età compresa tra i 3 anni e gli 11 anni con ASD. L'obiettivo dello studio è duplice: 1) esplorare la presenza di atipie motorie nella pianificazione dei partecipanti e 2) indagare come queste si legano alla pianificazione nella vita quotidiana dei bambini con diagnosi di ASD.

I risultati ottenuti indicano che il compito *Overtuned Glass Task* può essere utile ad individuare la presenza di atipie motorie nella pianificazione, soprattutto nella versione con la tazza ruotata di 180°, anche nei bambini con una diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico consolidata. Questo compito risulta essere particolarmente difficoltoso se comparato a quello svolto da bambini a sviluppo tipico. nonostante l'età media nettamente inferiore rispetto al gruppo clinico. Nonostante l'impossibilità di una valutazione diretta, anche la pianificazione nella vita quotidiana sembra essere deficitaria

nei bambini con ASD e, considerando la difficoltà riscontrata anche nel compito motorio, questa osservazione può porre la base per ricerche future che amplino le conoscenze in questo campo e indaghino la relazione tra i deficit nella pianificazione strategica (FE) e nella pianificazione motoria.

- CAPITOLO 1 -

AUTISMO E PIANIFICAZIONE STRATEGICA

1.1. CHE COS'È LA PIANIFICAZIONE STRATEGICA E PERCHÉ STUDIARLA NEI BAMBINI CON SINDROME DELLO SPETTRO AUTISTICO

La pianificazione strategica costituisce un elemento cruciale delle Funzioni Esecutive. Rappresenta la capacità di concepire e organizzare la sequenza di passaggi necessari per raggiungere un obiettivo specifico. Questa competenza riveste un ruolo fondamentale nella vita quotidiana e, specialmente in età scolare, è collegata ai risultati scolastici: è coinvolta nella risoluzione di problemi matematici e nell'esecuzione accurata di varie attività scolastiche che richiedono la definizione di un obiettivo e la capacità di monitorare una serie di azioni pianificate. La pianificazione strategica è un processo complesso che richiede l'analisi di diverse opzioni possibili, la scelta dell'opzione appropriata e l'inibizione delle alternative non selezionate, oltre a mantenere attivo il piano elaborato (Cepeda et al., 2015). La pianificazione strategica è un processo dinamico che richiede il monitoraggio continuo della sequenza di azioni pianificate al fine di consentire all'individuo di raggiungere l'obiettivo prefissato (Jurado & Rosselli, 2007). In sintesi, la pianificazione strategica costituisce la capacità di determinare il modo ottimale per conseguire un obiettivo definito. Per poter pianificare in modo ottimale è necessario disporre di diverse abilità cognitive complesse che rientrano nel costrutto delle Funzioni Esecutive.

1.1.1. CHE COSA SONO LE FUNZIONI ESECUTIVE?

Il termine Funzioni Esecutive (FE) fa riferimento ai processi responsabili della pianificazione, coordinazione e regolazione del comportamento e del pensiero (Diamond, 2013). Questo costrutto comprende varie componenti: inibizione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva (shifting), oltre ad includere pianificazione, controllo degli impulsi, avvio e monitoraggio dell'azione (Hill, 2004). Di conseguenza, le Funzioni Esecutive includono diverse abilità, tra cui la capacità di passare rapidamente da un compito all'altro (flessibilità cognitiva o set-shifting), l'aggiornamento costante delle informazioni in memoria di lavoro e la capacità di inibire risposte inopportune (Mace et al., 2018). Queste abilità cognitive sono essenziali per il funzionamento del pensiero umano e sono coinvolte in numerose attività quotidiane che variano da compiti semplici, come ricordare una serie di numeri, a compiti più complessi, come l'apprendimento scolastico. Le

Funzioni Esecutive giocano anche un ruolo nel sopprimere pensieri e comportamenti non adatti per raggiungere obiettivi, specialmente quando questi contrastano con abitudini, impulsi e desideri personali (Mammarella et al., 2019).

Da un punto di vista più formale, le Funzioni Esecutive sono spesso descritte come processi cognitivi di livello superiore che guidano, coordinano o controllano processi cognitivi di base, di solito al fine di conseguire obiettivi specifici (Miyake et al., 2000; Zelazo et al., 2004).

1.1.2. FUNZIONI ESECUTIVE E DISTURBO DELLO SPETTRO AUTISTICO

I Disturbi dello Spettro Autistico sono considerati un insieme (spettro) di disturbi poiché le manifestazioni variano ampiamente in termini di tipologia e gravità, ad insorgenza precoce (disturbi neuroevolutivi). I deficit principali del Disturbo dello Spettro dell'Autismo descritti dal DSM V sono: 1) la compromissione persistente della comunicazione sociale reciproca e dell'interazione sociale (Criterio A) e 2) pattern di comportamento, interessi o attività ristretti, ripetitivi (Criterio B), sintomi che insorgono nella prima infanzia e che limitano e compromettono il funzionamento quotidiano.

Secondo la Teoria delle Funzioni Esecutive di Pennington & Ozonoff (1996), alcune manifestazioni comportamentali, specialmente quelle relative alle attività e agli interessi (Criterio B), comunemente osservate in questo disturbo, potrebbero derivare da disfunzionalità nel funzionamento esecutivo. Ciò può manifestarsi attraverso comportamenti come: 1) una marcata tendenza a perseverare nelle risposte, 2) una rigidità mentale, 3) difficoltà nel disancorare e spostare l'attenzione, e 4) una limitata capacità di autoregolazione.

Nei bambini diagnosticati con Disturbo dello Spettro Autistico, sembra esserci una carenza nella prestazione della memoria di lavoro verbale, mentre negli adulti sembra essere in genere buona (Joseph et al., 2005; Williams et al., 2005; Boucher et al., 2012). Quando le informazioni diventano complesse, si manifesta una difficoltà nell'uso di strategie organizzative e nel gestire un carico elevato di elaborazione, mentre l'elaborazione di informazioni semplici sembra rimanere intatta (Boucher et al., 2012). Per quanto riguarda la memoria di lavoro visuospatiale ci sono risultati contrastanti, ma se guardiamo ai risultati delle analisi complessive, sembra che i deficit nella memoria visuospatiale siano ancora più evidenti rispetto a quella verbale (Kercood et al., 2014; Wang et al., 2017). Inoltre, emergono difficoltà nei compiti di inibizione delle risposte impulsive e nel controllo dell'interferenza (Geurts et al., 2014). Queste difficoltà nell'inibizione diventano più evidenti quando il compito richiede un maggiore controllo.

Per quanto concerne la flessibilità cognitiva, si osservano difficoltà nella flessibilità mentale, il che si traduce in comportamenti perseveranti, stereotipati e difficoltà nel regolare e modulare le risposte (Hill, 2004). Queste alterazioni non sembrano manifestarsi in tutte le persone con ASD e, per questo motivo, non sono considerate tra i deficit principali associati alla diagnosi (Leung & Zakzanis, 2014), anche se sono presenti in molti di loro.

Diversi studiosi concordano con la Teoria delle Funzioni Esecutive come costrutto teorico per spiegare i sintomi dello Spettro Autistico. Questa teoria postula carenze nelle abilità cognitive di ordine superiore negli individui adulti con ASD (Williams et al., 2006).

Sebbene le carenze nelle funzioni esecutive (FE) siano state collegate alla presenza di interessi ristretti e comportamenti ripetitivi (Lopez et al., 2005), la ricerca sull'associazione tra le FE e il funzionamento sociale nei bambini con ASD è ancora carente.

Disfunzionalità nelle FE nei bambini con ASD sono ampiamente documentate. Ci sono evidenze convergenti che suggeriscono che i bambini con ASD abbiano scarse capacità di pianificazione e flessibilità (Ozonoff & Jensen, 1999). Tuttavia, i risultati riguardanti le abilità esecutive di regolazione comportamentale, come le carenze nell'inibizione, sono discordanti. Alcuni studi non hanno riscontrato differenze di gruppo in compiti di inibizione (Ozonoff & Strayer, 1997; Ozonoff e Jensen, 1999; Lemon et al., 2011), mentre altri hanno rilevato che i bambini con ASD hanno difficoltà nell'inibire risposte dominanti e nell'abilità di set-shifting (Ozonoff & Mcevoy, 1994). La ricerca sulla memoria di lavoro ha portato ad un quadro non uniforme di dati: alcune ricerche indicano che le abilità di memoria di lavoro rimangono intatte (Ozonoff & Strayer, 2001), mentre altri studi hanno riscontrato compromissioni nella memoria di lavoro verbale e spaziale (Schuh & Eigsti, 2012). Questa contraddittorietà dei dati può derivare dagli strumenti adottati per la valutazione.

Dato che le funzioni esecutive costituiscono la base della pianificazione strategica, è prevedibile che questa sia deficitaria nei bambini con diagnosi di ASD e che ci sia quindi un divario tra loro e i bambini con uno sviluppo tipico. Nel prossimo paragrafo analizzeremo i principali strumenti utilizzati per la valutazione della pianificazione cognitiva.

1.2. LA VALUTAZIONE DELLA PIANIFICAZIONE COGNITIVA E DELLE FUNZIONI ESECUTIVE.

La capacità di pianificazione e le FE possono essere valutate tramite dei test neuropsicologici standardizzati o tramite dei questionari self-report o somministrati ai caregivers dei bambini. Tra i test neuropsicologici maggiormente utilizzati, i più usati sono la Torre di Londra e la Torre di Hanoi, mentre il questionario più diffuso per la valutazione delle funzioni esecutive è il Behavior Rating Inventory of Executive Functions.

1.2.1. IL TEST DELLA TORRE DI LONDRA

La Torre di Londra (ToL) è una prova di pianificazione e problem solving che richiede un set di processi quali l'organizzazione, l'avvio di un piano, l'abilità di ritenere il piano in memoria durante la sua realizzazione, l'abilità di inibire possibili distrattori, e la flessibilità per cambiare strategia quando necessario.

Shallice (1982) chiamò questo test *Torre di Londra* proprio per la sua affinità e derivazione dalla Torre di Hanoi, e lo somministrò inizialmente a pazienti con lesioni prefrontali perché aveva notato in loro una prestazione deficitaria rispetto a soggetti senza lesione.

Il materiale del test è composto da una base nella quale sono inseriti tre bastoncini di diversa lunghezza: uno più corto, in cui è possibile inserire una sola pallina, uno intermedio, in cui è possibile infilarne due, e uno più lungo, in cui c'è lo spazio necessario per tre palline di diverso colore (verde, rossa e blu). Il paziente dispone di una seconda base uguale alla prima con la stessa composizione di palline e bastoncini che serve da modello per le configurazioni da ottenere alla fine della prova nei bambini di età inferiore a 6 anni. Nei soggetti di età superiore ai 6 anni si utilizza invece un fascicolo in cui sono presenti i disegni delle posizioni finali delle palline nei problemi da risolvere.

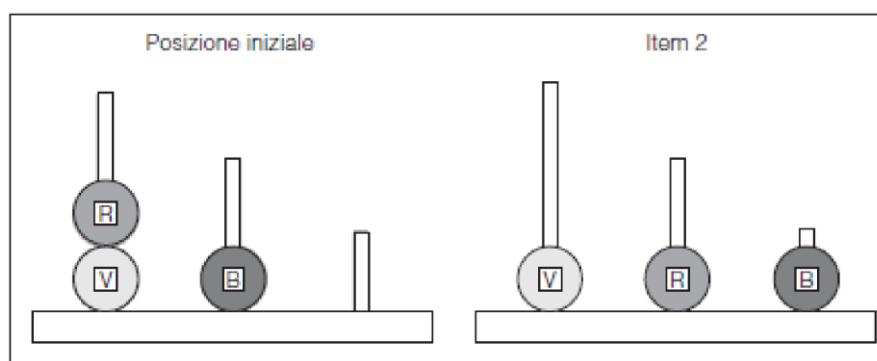


Figura 1 Posizione iniziale e posizione finale nell'item 2 [B= blu, R= rosso, V=verde] (Sannio Fancello et al., 2006)

Il test è composto da 12 problemi, ognuno dei quali ha un numero di mosse predefinito per raggiungere la posizione finale corrispondente alla figura di riferimento e una sequenza di mosse corrette. Per mossa si intende lo spostamento di una pallina da un bastoncino ad un altro. Il valutatore apporta in uno specifico protocollo le risposte agli item (con i rispettivi punteggi parziale e totale) e il tempo impiegato per decidere, il tempo di esecuzione, il totale, le violazioni delle regole e le mosse.

Per ogni problema la posizione di partenza è sempre la stessa. È possibile muovere solo una pallina alla volta e non è possibile appoggiarne una al tavolo, muoverne un'altra e poi muovere quella lasciata da parte, il numero delle mosse totali richieste viene sempre specificato al partecipante prima che inizi la prova.

La complessità della prova può essere manipolata aumentando il numero di mosse richieste per risolvere il problema come, ad esempio, il numero di mosse intermedie richieste al partecipante che richiedono la generazione di sotto-obiettivi muovendo un item in una posizione temporanea che non è la sua posizione dell'obiettivo finale.

1.2.2. IL TEST DELLA TORRE DI HANOI

La Torre di Hanoi (ToH), invece, richiede un range di abilità che include la capacità di pianificazione, la capacità immaginativa visiva, pensiero astratto, memoria di lavoro, automonitoraggio e autocorrezione.

Questo test consiste in una base in cui sono inseriti da 3 a 5 bastoncini di lunghezza decrescente (è la loro quantità a determinare il livello di difficoltà) 8 dischi di grandezza decrescente. All'inizio della prova tutti i dischi sono posizionati nello stesso bastoncino, con il più grande alla base e il più piccolo in alto, tutti gli altri in ordine di grandezza.

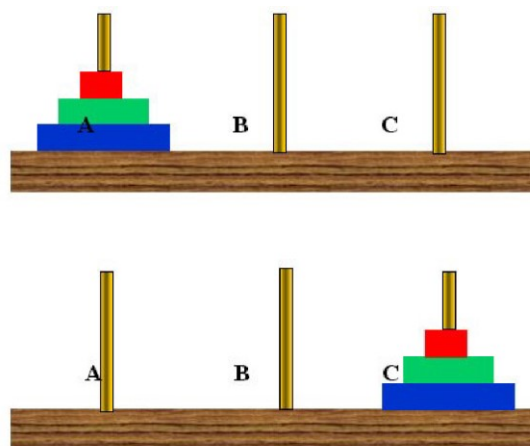


Figura 2 Configurazione iniziale e finale della Torre di Hanoi a 3 dischi

Lo scopo della prova è quello di spostare tutti i dischi nell'ultimo bastoncino, riportandoli alla posizione iniziale, seguendo un set di regole di seguito descritte:

- a) È possibile muovere un solo disco alla volta;
- b) Il disco più grande non può essere sovrapposto ad un disco più piccolo;
- c) Tutti i dischi devono sempre essere inseriti in un bastoncino a meno che non siano in movimento.

Nel protocollo è possibile registrare il tempo di realizzazione della prova e il numero di mosse impiegate.

1.2.3. IL QUESTIONARIO BRIEF – PARENT REPORT

Il Behavior Rating Inventory of Executive functions (BRIEF: Baron, 2000; Gioia et al., 2000) è un questionario per genitori che include 86 affermazioni riguardanti il comportamento. Gli item possono essere valutati in una scala ordinale a 3 punti (1= mai, 2=qualche volta, 3=spesso). Possono essere calcolati i punteggi grezzi per 8 sottoscale (inibizione, working-memory, shifting, controllo emotivo, avvio, pianificazione/organizzazione, organizzazione dei materiali, e monitoraggio).

Le sottoscale aggregate forniscono tre indici a cui viene assegnato un punteggio:

- 1) L'indice di Regolazione del Comportamento: costituito dalle scale di inibizione, shifting e controllo emotivo;
- 2) L'indice di Metacognizione: costituito dalle scale di memoria di lavoro, avvio, pianificazione/organizzazione, organizzazione dei materiali e monitoraggio;
- 3) Un punteggio totale composto da tutte le sottoscale.

Per ogni punteggio composito, un punteggio maggiore indica disfunzioni esecutive maggiori nella vita quotidiana. Il BRIEF è un questionario attendibile e valido, utile per indagare le funzioni esecutive in contesto ecologico.

Attraverso questi 3 strumenti molte ricerche hanno cercato di delineare la traiettoria evolutiva della pianificazione cognitiva e delle FE in popolazioni a sviluppo tipico e atipico. Di seguito verranno riportati gli studi che hanno indagato lo sviluppo della capacità di pianificazione nei bambini a sviluppo tipico (TD).

1.3. LO SVILUPPO DELLA CAPACITÀ DI PIANIFICAZIONE NEI BAMBINI A SVILUPPO TIPICO

La maggior parte degli studi sulle funzioni esecutive in età evolutiva si è concentrata sulla compromissione della pianificazione e delle FE durante l'infanzia nei disturbi dello sviluppo (Hill, 2004; Boucher et al., 2012; Geurts et al., 2014; Unterrainer et al., 2016; Olde Dubbelink & Geurts, 2017; Rosa et al., 2017), mentre pochi sono gli studi che hanno indagato l'emergere delle funzioni esecutive nello sviluppo tipico (Díaz et al., 2012; Injoque-Ricle et al., 2014; Unterrainer et al., 2015).

È possibile ipotizzare il processo di sviluppo della capacità di pianificazione come una transizione verso l'utilizzo di rappresentazioni di sequenze temporali non legate agli eventi, che consentono ai bambini di prendere decisioni su quali azioni compiere e in quale ordine, al fine di prevedere con successo futuri stati del mondo (McCormack & Atance, 2011).

1.3.1. LO SVILUPPO DELLA CAPACITÀ DI PIANIFICAZIONE NEI BAMBINI A SVILUPPO TIPICO IN ETÀ PRE-SCOLARE

Alcuni studi suggeriscono che le abilità di risoluzione dei problemi subiscono notevoli cambiamenti durante gli ultimi anni della scuola dell'infanzia. Ad esempio, in età prescolare, i bambini di 4 e 5 anni, valutati con il test della Torre di Londra sembrano essere altrettanto bravi nel risolvere problemi con 3 mosse quando possono posizionare direttamente ogni pallina nella sua posizione finale. Tuttavia, l'accuratezza dei bambini di 4 anni diminuisce significativamente quando si tratta di risolvere problemi con 3 mosse che richiedono una search depth adeguata. Con il termine search depth ci si riferisce alla capacità di pianificare mentalmente una sequenza di mosse intermedie prima di eseguire la mossa obiettivo (Unterrainer et al., 2015).

La struttura delle prove sembra influenzare la capacità dei bambini di età prescolare. Per esempio, i bambini di 4 anni, a differenza dei bambini di 5 anni, sembrano in grado di risolvere con successo le prove a 3 step, se il compito non richiede una mossa intermedia, ma hanno difficoltà quando questa è necessaria nel percorso di soluzione, nonostante siano stati istruiti a pianificare le loro mosse in anticipo. Questa difficoltà potrebbe essere dovuta al fatto che nel primo caso la prova può essere risolta “passo dopo passo”

attraverso percezioni dirette, mentre nel secondo caso richiede una pianificazione basata sulla previsione delle conseguenze delle prime due mosse. Potrebbe anche accadere che i bambini non siano in grado di prevedere la sequenza delle loro azioni e le eseguano semplicemente una dopo l'altra, innescando così l'azione successiva. Inoltre, i bambini di 4 anni mostrano una rapida diminuzione delle prestazioni (dal 85% di risposte corrette al 25%) quando il numero di mosse nei problemi passa da 2 a 3. Questo potrebbe essere dovuto a cambiamenti nella memoria di lavoro (WM) spaziale, poiché si osserva una diminuzione simile in compiti di WM di difficoltà comparabile.

1.3.2. LO SVILUPPO DELLA CAPACITÀ DI PIANIFICAZIONE NEI BAMBINI A SVILUPPO TIPICO IN ETÀ SCOLARE

In uno studio di Díaz e colleghi del 2012, un gruppo di bambini a sviluppo tipico dai 6 ai 12 anni ha eseguito il test della Torre di Hanoi (ToH). Gli autori hanno rilevato un miglioramento progressivo nella pianificazione in relazione all'età, individuando tre fasi distinte: i bambini del primo anno di scuola primaria (6-7 anni) hanno dimostrato una performance significativamente peggiore rispetto ai bambini di età più avanzata. I bambini dal secondo al quarto anno di scuola (8-10 anni) hanno mostrato una performance simile, senza differenze significative tra le due età. Nei bambini di 11 e 12 anni, invece, la performance è risultata significativamente superiore rispetto ai due gruppi precedenti, mentre tra le due età non sono state riscontrate differenze significative.

Anche il tempo richiesto per pianificare e organizzare una serie di passaggi al fine di completare con successo un problema con un obiettivo sembra aumentare al crescere del livello di complessità (Injoque-Ricle et al., 2014). Inoltre, i bambini più grandi impiegano meno tempo per risolvere problemi di una determinata difficoltà rispetto ai bambini più giovani (ibid.). Nel complesso questi risultati indicano che c'è uno sviluppo progressivo delle abilità di pianificazione durante l'infanzia e i primi anni dell'adolescenza.

Nello studio sopramenzionato, è stata utilizzata la Torre di Londra per valutare un gruppo di 270 bambini di età compresa tra 6, 8, 11 e 13 anni. L'analisi dei punteggi totali ha rivelato un miglioramento delle prestazioni con l'avanzare dell'età. L'indagine ha coinvolto 7 livelli di difficoltà progressivamente crescente, ciascuno con 3 problemi da risolvere. I bambini di 6 anni non sono stati in grado di affrontare alcun problema del settimo livello. All'interno di questo gruppo, è stato osservato un notevole incremento del tempo necessario per pianificare tra il secondo e il terzo livello, così come tra il quinto e il sesto livello. Secondo gli autori un decremento temporale di questa misura potrebbe

rappresentare un'elaborazione rapida di un piano o un comportamento impulsivo per iniziare a risolvere la prova senza avere un piano d'azione. Tuttavia, l'impulsività può anche portare a un aumento nel numero di mosse, poiché significherebbe affrontare il compito attraverso tentativi ed errori (Injoque-Ricle et al., 2014). In questo studio, è stato osservato anche un notevole aumento nei tempi di pianificazione nel gruppo di bambini di 8 anni tra il livello 2 e il livello 3 del test. I bambini di 8 e 9 anni sembrano affrontare con successo i problemi a 3 mosse che non richiedono una valutazione preliminare prima dell'esecuzione di una qualsiasi mossa, cioè quando non ci sono sotto-obiettivi da completare, raggiungendo un tasso di soluzioni corrette del 95%.

Nel complesso, i risultati di questi studi indicano che il processo di sviluppo delle capacità di pianificazione avanza gradualmente attraverso un miglioramento progressivo nella performance di pianificazione globale. L'analisi condotta da Unterrainer e colleghi nel 2015 suggerisce che questo miglioramento complessivo sia influenzato da almeno due fattori distinti. Innanzitutto, si osserva un incremento globale delle prestazioni, accompagnato da un adattamento in relazione all'età, che può essere interpretato come un indice dei progressi nell'automonitoraggio e nel controllo dell'impulsività. In secondo luogo, si nota un incremento graduale nella capacità di prevedere un numero crescente di mosse intermedie (nel test della Torre di Londra si tratta di sotto-obiettivi raggiunti muovendo un item in una posizione temporanea che non è la sua posizione obiettivo), che caratterizza lo sviluppo dell'abilità di pianificazione specifica.

Considerando i tempi necessari per pianificare, Unterrainer e collaboratori (2015) hanno dimostrato che il gruppo di bambini di età compresa tra i 6 e i 7 anni è più lento per risolvere un problema con sole tre mosse rispetto ai gruppi di età più grandi. Quando la prova richiede un alto livello di *search depth*, si osserva un miglioramento del 20% delle prestazioni dai 6 ai 9 anni. Tuttavia, la percentuale di risposte corrette rimane stabile intorno al 40% fino all'età di 13 anni.

Secondo Cepeda e colleghi (2015), alcune metanalisi indicano che il periodo in cui le abilità di pianificazione, misurate attraverso i test Torre di Londra (ToL) e della Torre di Hanoi, mostrano che il maggior sviluppo è compreso tra i 5 e gli 8 anni di età. Inoltre, è stato dimostrato che i bambini tra i 9 e i 13 anni già raggiungono livelli di performance equivalenti a quelli degli adulti in tali test.

1.3.3. LO SVILUPPO DELLA CAPACITÀ DI PIANIFICAZIONE NELLO SVILUPPO TIPICO IN ADOLESCENZA

Nella prova ToL a 7 livelli, i partecipanti di 11 anni impiegano significativamente più tempo per la pianificazione tra i livelli 2 e 3, tra i livelli 4 e 5 e tra i livelli 5 e 6. Quando confrontiamo questa misurazione tra tutti e quattro i gruppi suddivisi per età nello stesso livello, le analisi mostrano un calo progressivo del tempo di pianificazione all'aumentare dell'età in tutti i livelli. Man mano che i bambini crescono impiegano sempre meno tempo per generare e organizzare la sequenza di passaggi necessaria per risolvere gli stessi problemi che affrontavano quando erano più giovani (Injoque-Ricle et al., 2014). Anche la tendenza a regolare la durata della pianificazione in base alla difficoltà del problema, impiegando meno tempo per i problemi più semplici e più tempo per quelli più difficili, sembra svilupparsi gradualmente durante l'adolescenza.

Tuttavia, secondo quanto affermato da Unterrainer e i suoi colleghi (2015), i ragazzi di 12 e 13 anni impiegano più tempo nella pianificazione rispetto ai bambini più giovani nelle prove a 5 mosse. Inoltre, nelle prove con un livello medio di *search depth*, ottengono l'80% di risposte corrette, mentre a 6 anni partono da un 57%. Sembra quindi che la capacità di affrontare con successo le prove con una *search depth* più elevata si sviluppi durante l'adolescenza.

La capacità di risolvere problemi che richiedono 3 mosse con una mossa intermedia emerge tra i 4 e i 6 anni, e successivamente migliora costantemente, ma raggiunge il livello tipico dell'età adulta in modo sorprendentemente tardivo, ossia solo intorno ai 12-13 anni.

In uno studio condotto da Cepeda e colleghi nel 2015, sono stati confrontati due gruppi: uno composto da bambini di 11 e 12 anni e un altro formato da studenti universitari tra i 18 e i 22 anni. Nel contesto dell'analisi dei tempi di pianificazione, è emerso che negli adulti si osserva un aumento delle misurazioni a partire dal quinto livello di difficoltà, mentre nei bambini questo aumento non si verifica fino al livello 7. Questo potrebbe indicare che i bambini iniziano a pianificare in modo più evidente quando la complessità del compito diventa notevole. Inoltre, sono stati misurati gli errori di violazione delle regole, e anche in questo caso si è riscontrata una differenza significativa tra adulti e bambini nei livelli 1, 2, 6 e 7. I bambini commettono più errori, il che suggerisce che faticano a seguire le regole stabilite all'inizio della prova e reagiscono in modo impulsivo.

1.3.4. IL RAGGIUNGIMENTO DELLA PERFORMANCE ADULTA

Albert e Steinberg (2011) hanno scoperto che la performance in una misurazione standard della pianificazione strategica, come la ToL, continua a migliorare notevolmente durante la tarda adolescenza e il periodo di giovane età adulta. Si riscontrano miglioramenti legati all'età nell'intero campione, composto da individui dai 10 ai 30 anni, in tutti i livelli di difficoltà. Tuttavia, le differenze più significative legate all'età si sono verificate nei problemi più complessi, che richiedono la pianificazione e l'attuazione di molteplici sotto-obiettivi per raggiungere la soluzione corretta.

Nello stesso studio di Albert e Steinberg (2011), è emerso che la performance nelle prove a 3 step non sembra maturare fino ai 16-17 anni, ma in contrasto con questi risultati, l'abilità di eseguire soluzioni strategiche nei problemi più semplici della ToL, che richiedono una pianificazione e un'esecuzione di sotto-obiettivi intermedi minori, non sembra mostrare ulteriori miglioramenti dopo i 17 anni. Inoltre, quando è richiesta la capacità di pianificare e attuare soluzioni strategiche per problemi di 7 mosse, una performance equiparabile a quella degli adulti non è raggiunta fino all'età compresa tra i 22 e i 25 anni. Questo suggerisce che l'abilità di pianificare una soluzione ottimale per problemi complessi continua a svilupparsi anche durante la giovane età adulta.

Confrontando i risultati ottenuti da Unterrainer e colleghi nel 2015 con quelli di Kaller e i suoi colleghi nel 2012, emerge che i ragazzi di 13 anni impiegano circa 10 secondi per pianificare una sequenza di 5 mosse, mentre gli adulti ne impiegano 16 nello stesso tipo di problemi. Questo significa che gli adulti richiedono comunque più tempo rispetto ai ragazzi per elaborare la soluzione di compiti complessi.

Ricerche ulteriori hanno rilevato che il plateau nella performance si verifica tra i 15 e i 30 anni e questo può variare in base alla specifica versione del test ToL utilizzata e alla composizione dei gruppi di confronto. Ad esempio, uno studio condotto da Cepeda e colleghi nel 2015 ha evidenziato che l'efficienza nella performance della Torre di Londra aumenta con l'età, partendo dai 3 anni fino ai 12 o 14 anni, quando raggiunge il livello di performance degli adulti.

In linea con gli studi neuropsicologici e comportamentali, evidenze ottenute tramite studi clinici di neuroimaging che utilizzano la Torre di Londra (ToL) indicano l'importanza della corteccia prefrontale, in particolare delle regioni rostrilaterali e dorsolaterali, nel supportare la performance nei problemi più complessi della ToL. Queste regioni cerebrali sono tra le ultime a raggiungere la completa maturità strutturale e funzionale durante

l'adolescenza, suggerendo ragionevolmente che una performance ottimale non possa essere raggiunta prima della tarda adolescenza o dell'età adulta.

Ciò che è possibile concludere riguardo lo sviluppo della pianificazione strategica nei bambini a sviluppo tipico è che quest'ultima assume un incremento graduale partendo dalla prima infanzia, arrivando fino all'adolescenza e alla prima età adulta. Si può affermare con un buon grado di sicurezza che la pianificazione raggiunga il suo livello massimo anche in relazione allo sviluppo e quindi al miglioramento di abilità come l'inibizione, il controllo degli impulsi, la capacità di capire e rispettare le regole e la memoria di lavoro, nonché quindi alla maturazione della corteccia prefrontale.

Alla luce di questi dati, l'obiettivo dei prossimi paragrafi sarà, quindi, quello di mettere in evidenza similitudini e differenze nello sviluppo di questa abilità tra i bambini normotipici e i bambini con Disturbo dello Spettro dell'Autismo.

1.4. LO SVILUPPO DELLA CAPACITÀ DI PIANIFICAZIONE NEI BAMBINI CON DIAGNOSI DI AUTISMO

In uno studio condotto da Robinson e colleghi nel 2009, in cui sono stati confrontati i risultati delle prove per valutare diverse componenti delle Funzioni Esecutive tra bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico con un quoziente intellettivo superiore a 70 e bambini neurotipici (con un'età media di 12 anni e 5 mesi), gli autori hanno osservato che i bambini con Diagnosi di Autismo presentavano una performance deficitaria nel test della Torre di Londra rispetto ai controlli. Questa differenza si manifestava sia per quanto riguarda il numero di mosse effettuate, sia per quanto riguarda il numero di violazioni delle regole, con una tendenza all'aumento del numero di violazioni del tempo massimo. Gli autori dello studio hanno interpretato questi dati come il risultato di un minor numero di strategie utilizzate dai bambini con ASD. Inoltre, nei bambini neurotipici si è riscontrata una maggiore osservanza delle regole all'aumentare dell'età.

Nel 2010, in uno studio condotto da Pellicano, sono stati sottoposti al test della Torre di Londra 45 bambini con una diagnosi di ASD con un'età media di 5,6 anni e sono stati comparati con 45 bambini TD con un'età media di 5,4 anni. Nessuno dei bambini con ASD aveva un quoziente intellettivo verbale o non verbale inferiore ad 80. Entrambi i gruppi sono stati poi sottoposti a un secondo test tre anni dopo. L'analisi dei dati ha mostrato che nel corso del tempo, entrambi i gruppi hanno registrato miglioramenti significativi nei loro punteggi, ma i bambini con ASD hanno dimostrato progressi significativamente maggiori rispetto ai bambini TD nelle misurazioni della pianificazione

di ordine superiore. Nonostante il punteggio medio dei bambini con ASD sia rimasto inferiore, la differenza tra i due gruppi si è notevolmente ridotta (Pellicano, 2010).

Uno dei primi risultati riscontrati nel confronto tra lo sviluppo della pianificazione strategica nei bambini con sviluppo tipico e nei bambini diagnosticati con Disturbo dello Spettro dell'Autismo ad Alto Funzionamento è che inizialmente i bambini con autismo mostrano miglioramenti molto più lenti rispetto a quelli senza disturbi, ma successivamente raggiungono lo stesso livello attraverso un notevole recupero (Unterrainer et al., 2016). Questo trend evolutivo con performance peggiori nei bambini più giovani, ma simile a quelli tipici nei bambini più grandi, può indicare un ritardo dello sviluppo, che sembra essere correlato a un aumento insolito delle dimensioni dei lobi frontali rispetto a quanto osservato nei bambini con sviluppo tipico (Unterrainer et al., 2016).

Non solo la comparsa e lo sviluppo, ma anche la durata del processo di pianificazione sembra differire tra i bambini con diagnosi di autismo e quelli senza disturbi, come indicato nello studio condotto da Unterrainer e collaboratori (2016). In particolare, è stato osservato che nei bambini con ASD c'è un notevole incremento nella durata della fase di pianificazione in relazione all'età, il che è coerente con la loro tendenza alla rigidità e alla propensione a rimanere fermi su un compito specifico. Parlando invece di *search depth*, come visto in precedenza i compiti di pianificazione complessa, (per esempio, nel Test della Torre di Londra) la cui soluzione richiede un'anticipazione mentale della sequenza di mosse, operazionalizzata dal numero di mosse intermedie da considerare prima dell'esecuzione della prima mossa obiettivo (Unterrainer et al., 2015), i bambini a sviluppo tipico subiscono cambiamenti di sviluppo sostanziali durante gli ultimi anni della scuola dell'infanzia, al contrario nei bambini con ASD, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, si osservano maggiori difficoltà e un tempo di pianificazione più lungo rispetto ai compiti con una richiesta più bassa.

Se confrontiamo i gruppi, senza tener conto dell'età, è evidente che i bambini con ASD ottengono migliori risultati nei problemi di pianificazione più semplici e risultano più svantaggiati nei compiti che richiedono un'analisi più approfondita del compito. Questo risultato sottolinea ulteriormente la loro limitata flessibilità nel passare da uno stato all'altro e da una possibile mossa a un'altra. Di conseguenza, è possibile ritenere che questo tipo di processamento dettagliato e focalizzato sul dettaglio che caratterizza le persone con ASD, possa essere adattiva nell'affrontare problemi con una minore richiesta di analisi dettagliata, ma allo stesso tempo poco adattiva nei compiti che richiedono un livello più elevato di analisi (Unterrainer et al., 2016).

Unterrainer e colleghi (2016) hanno inoltre osservato che i pazienti con Autismo ad Alto Funzionamento, ma che presentano anche il Disturbo da Deficit dell'Attenzione e Iperattività, mostrano una performance più bassa nel test della Torre di Londra quando hanno 6 anni, se confrontati con bambini neurotipici o con bambini che hanno solo il Disturbo da Deficit dell'Attenzione e Iperattività o solo la diagnosi di ASD. Tuttavia, i bambini con diagnosi di ASD che hanno 10 anni o più (fino a 13 anni) raggiungono almeno lo stesso livello di performance dei bambini tipici, quando si misura il numero di soluzioni adeguate come parametro di valutazione.

Confrontando la prestazione di un gruppo di 50 bambini e adolescenti con una diagnosi di autismo ad alto funzionamento (con età compresa tra 7 e 17 anni) con quello dei loro fratelli senza disturbi e con un gruppo di controllo, mediante l'impiego del test della Torre di Londra e considerando variabili come il tempo di pianificazione iniziale, il numero totale di mosse, il tempo di esecuzione e la violazione delle regole, emerge una prestazione generalmente peggiore nei bambini con ASD in confronto ai loro fratelli e al campione generale. Di particolare interesse in questo studio è l'osservazione che la capacità di pianificazione sembra essere separata dal quoziente intellettivo (Rosa et al., 2017).

In uno studio condotto nel 2019 su un campione di 30 bambini, con età compresa tra i 7 e i 14 anni, diagnosticati con ASD e confrontati i punteggi medi ottenuti nel test della Torre di Londra con quelli di un campione TD di riferimento, emergono effetti statisticamente significativi relativi al numero complessivo di mosse effettuate, al punteggio totale delle mosse corrette e al numero totale di violazioni delle regole. Si evidenzia che i bambini con diagnosi di Autismo tendono a utilizzare un approccio esplorativo per risolvere il problema, il che porta a un maggiore numero di mosse casuali e inefficaci, anziché adottare un approccio basato su una pianificazione effettiva, che riconosce la sequenza di passaggi necessari per raggiungere l'obiettivo finale (Ready, 2019).

Per valutare come l'abilità di pianificazione strategica nell'infanzia possa prevedere eventuali problemi comportamentali nell'età adulta, Kenny e colleghi (2019) hanno condotto uno studio nel quale hanno valutato le prestazioni di bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro dell'Autismo (con quoziente intellettivo verbale o non verbale pari o superiore a 80) a 5, 7 e 12 anni. Durante la prima valutazione (5 e 7 anni), sono state considerate sia il numero di mosse effettuate sia il numero di violazioni delle regole. Successivamente, a 12 anni, sono state valutate le abilità cognitive generali, i tratti autistici e il comportamento adattivo.

I risultati dello studio hanno mostrato una relazione significativa tra queste variabili. I giovani adulti intervistati hanno riportato difficoltà nella pianificazione e nel pensiero orientato al futuro, affermando di non aver mai pensato al futuro perché erano costantemente concentrati sul presente, con forse qualche pensiero su uno o due giorni successivi. Inoltre, i genitori hanno segnalato problemi nei loro figli riguardo al "pensiero orientato al futuro, alla pianificazione, all'organizzazione e alla capacità di gestire il tempo".

Complessivamente gli studi che hanno utilizzato il test della Torre di Londra dimostrano una omogeneità dei dati raccolti che evidenzia un ritardo nello sviluppo della pianificazione nei bambini con ASD.

Va sottolineato, tuttavia, che il Test della Torre di Londra è un test complesso che si presta ad essere applicato prevalentemente con bambini ASD ad alto funzionamento (Unterrainer et al., 2016; Rosa et al., 2017).

Ciò è confermato anche da uno studio che ha confrontato un gruppo di soggetti, di età compresa tra i 7 e i 17 anni, con una diagnosi di Sindrome di Asperger con soggetti a sviluppo tipico e con diagnosi di ASD. I risultati rivelano che, i primi si differenziano in maniera statisticamente significativa da entrambi gli altri gruppi, con una migliore capacità di pianificazione rispetto ai soggetti ASD e minore rispetto ai bambini a sviluppo tipico (McCormack & Atance, 2011).

Le abilità di pianificazione sembrano essere differenti anche se parliamo di un campione di bambini e adolescenti (da 8 a 17 anni) con diagnosi di Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD) ad un gruppo di bambini con diagnosi di ASD. I risultati al test *Zoo Map* sembrano suggerire che i bambini con autismo abbiano delle capacità di pianificazione maggiormente deficitarie rispetto all'altro gruppo. In questo specifico compito, nelle prove meno strutturate ma non in quelle più strutturate, questa funzione esecutiva sembra essere mediata da altri processi cognitivi come la velocità di elaborazione e la coordinazione motoria ma pare essere indipendente da altri domini delle funzioni esecutive quali l'attenzione, la memoria di lavoro e l'inibizione della risposta (Salcedo-Marin et al., 2013).

A supporto dell'ipotesi che le difficoltà di pianificazione rappresentino un core deficit per l'ASD c'è anche un funzionamento esecutivo compromesso all'età di 4 anni che risulta associato in modo prospettico a tratti ASD e ADHD 2-3 anni dopo. Le difficoltà nel funzionamento esecutivo (tra cui la pianificazione) sono associate ad un livello più alto di tratti autistici, anche quando si considera una popolazione di bambini con tratti autistici

subclinici. Questo può indicare un'associazione graduale tra la compromissione delle funzioni esecutive e il continuum dei tratti ASD (Otterman et al., 2019).

1.5. PIANIFICAZIONE STRATEGICA E AUTISMO: IL QUESTIONARIO BRIEF

La valutazione strutturata della pianificazione in laboratorio, può risultare poco rappresentativa delle reali difficoltà che incontra un individuo con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico e inoltre, può escludere una parte della popolazione dallo studio di questa capacità: gli studi che utilizzano la Torre di Londra come test per valutare l'abilità di pianificazione nei bambini con ASD scelgono campioni clinici senza una Disabilità Intellettiva. Per questo, l'utilizzo di questionari come il BRIEF, può essere utile per indagare le abilità di pianificazione nei bambini con ASD.

In uno studio del 2014, che ha voluto indagare le abilità di pianificazione di bambini con ASD in contesto ecologico è stata utilizzata la versione compilata dai genitori (Parent Form) del Behavioral Rating Inventory Executive Function (BRIEF: Gioia et al. in Behavior Rating Inventory of Executive Function. Psychological Assessment Resources, Odessa 2000). Lo studio ha messo in evidenza che solo il 20% del campione con diagnosi di ASD ha riscontrati problemi clinici di pianificazione e, inoltre, confrontati con i bambini dai 9 ai 10 anni, i ragazzi tra i 12 e i 14 anni risultano avere maggiori difficoltà di pianificazione. Pertanto, queste difficoltà potrebbero essere particolarmente evidenti nei giovani adolescenti con ASD nel passaggio dalla scuola primaria a quella secondaria (Van Den Bergh et al., 2014).

È possibile, secondo gli autori dello studio, che le difficoltà di pianificazione siano rilevabili quando le aspettative ambientali crescono; perciò, alcuni genitori potrebbero aver valutato alcuni comportamenti come “mai un problema” quando questi comportamenti non sono richiesti nella vita reale. È possibile, inoltre, che le famiglie di bambini e adolescenti con sintomi più severi forniscano più aiuto rispetto a quelle di bambini con una sintomatologia più lieve. Questo non significa che i problemi di pianificazione siano assenti ma che il BRIEF potrebbe essere insufficiente per rilevare questi problemi.

Le difficoltà di pianificazione risultano impattare sulle problematiche considerate centrali nel Disturbo dello Spettro dell'Autismo. Bambini in età scolare con minori abilità di pianificazione ed organizzazione potrebbero faticare ad anticipare i passaggi coinvolti nel gioco sociale e nei discorsi, e faticare nel pianificare gli step per realizzare obiettivi

sociali, risultando in un minore coinvolgimento reciproco con i propri pari durante il gioco (Freeman et al., 2017).

Inoltre, capacità precoci nelle funzioni esecutive, compresa la pianificazione, sono significativamente predittive di successivi comportamenti, inclusi tratti autistici e comportamenti adattivi, al di là della varianza attribuibile all'età, all'abilità verbale non verbale e alle abilità nella Teoria della Mente (Kenny et al., 2019).

La severità dei sintomi ASD (deficit nella reciprocità sociale e comunicazione verbale, ma non nella comunicazione non verbale o nei comportamenti ristretti/ripetitivi) sono positivamente associati ad una disfunzione esecutiva in molte delle sue componenti (memoria di lavoro verbale e non, set-shifting e pianificazione). I deficit nella memoria di lavoro spaziale e nella pianificazione sembrano peggiorare quando la difficoltà del compito aumenta se confrontiamo la prestazione di un gruppo di bambini con ASD e due gruppi, uno di controllo e uno di fratelli sani ad alto rischio. Questi risultati sono coerenti con gli studi precedenti che affermano che i deficit nelle funzioni esecutive associati all'autismo risultano più pronunciati quando la richiesta cognitiva aumenta (Seng et al., 2021).

Le disfunzioni esecutive sembrano avere un impatto anche sui comportamenti adattivi, e questo risulta ancora più evidente se per valutarle non si fa uso di prove di laboratorio ma di questionari e compiti e comportamenti messi in atto nel quotidiano. Molti studi hanno infatti analizzato i deficit nelle Funzioni Esecutive nelle persone con il Disturbo dello Spettro dell'Autismo usando prove di laboratorio. Dato che la performance nelle prove di laboratorio spesso differisce dalle osservazioni nella vita quotidiana, in uno studio di Van Den Bergh e colleghi (2014) gli studiosi si sono focalizzati sulle Funzioni Esecutive nella vita quotidiana, utilizzando la versione compilata dai genitori del Behavior Inventory of Executive Functions con un campione di 118 bambini e adolescenti tra i 6 e i 18 anni con ASD. Sono state riscontrate differenze legate all'età per quanto riguarda l'inibizione e la pianificazione. Rispetto ai bambini di 6-8 anni, i problemi di inibizione sono stati riportati meno in relazione ai bambini più grandi e agli adolescenti. Per la pianificazione, è stato trovato un pattern opposto. Rispetto ai bambini dai 9 agli 11 anni, tra i 12 e i 14 anni sono stati osservati più problemi di pianificazione. I problemi di flessibilità cognitiva sono risultati meno evidenti nel gruppo più vecchio (da 15 a 18 anni) se comparato ai gruppi di 9-11 anni e 12-14 anni. Per quanto riguarda la memoria di lavoro non sono state riscontrate differenze legate all'età.

Coerentemente con gli studi precedenti, i deficit quotidiani nelle FE sono stati trovati in bambini ed adolescenti con ASD, anche se in misura minore del previsto: solo il 20% nella pianificazione e il 51% nella flessibilità cognitiva ha riscontrato livelli clinici di difficoltà nelle FE (Van Den Bergh et al., 2014).

Anche in uno studio di Hovik e colleghi del 2017 che confrontava bambini con diagnosi ASD, sindrome di Tourette, ADHD disattento e ADHD combinato con bambini a sviluppo tipico, usando il questionario BRIEF, sono emersi deficit nelle FE nella vita quotidiana. Il quadro generale che emerge è che i genitori dei bambini appartenenti ai gruppi clinici hanno valutato i loro figli come aventi maggiori difficoltà nelle FE in una gamma di situazioni quotidiane rispetto ai bambini a sviluppo tipico.

Alcuni autori hanno ipotizzato che concentrarsi su specifiche difficoltà nelle funzioni esecutive piuttosto che sulla diagnosi fornirebbe una base migliore per il trattamento clinico (Pelham, 2001). Indubbiamente, ottenere una caratterizzazione più accurata e dettagliata delle difficoltà esecutive nelle sfide della vita quotidiana fornirebbe una base migliore su cui progettare un programma di trattamento su misura volto ad alleviare tali difficoltà.

1.6. PIANIFICAZIONE COGNITIVA E COMPORTAMENTO ADATTIVO NELL'AUTISMO

Il comportamento adattivo, che è una tipologia di funzionamento quotidiano, è considerato parte dei deficit principali dell'autismo. Si riferisce all'esecuzione delle attività quotidiane necessarie per l'autonomia personale e sociale (Sparrow, Balla & Cicchetti, 1984, p.6).

L'indagine delle abilità adattative nei bambini con autismo ha riscontrato consistenti ed eterogenee disabilità, in particolare nell'area della socializzazione (Rodrigue et al., 1991). Come sostenuto da Rumsey (1985), il funzionamento sociale efficace, così come il funzionamento esecutivo, implica "l'integrazione e la valutazione di molteplici variabili contestuali, l'attenzione selettiva e la logica induttiva". Un tipico scambio sociale comporta la rapida valutazione di informazioni sottili e sfaccettate, seguita dalla selezione delle risposte appropriate. Pertanto, i deficit nei processi esecutivi possono contribuire ai problemi di reciprocità nelle interazioni sociali che caratterizzano i bambini con autismo (Gilotty et al., 2002).

Quando consideriamo le abilità relazionali, i deficit nelle FE (inflexibilità, pianificazione e inibizione) possono riflettersi, ad esempio, in difficoltà di iniziativa e spontaneità nelle

interazioni sociali. Queste compromissioni influenzano l'impegno in comportamenti quali giocare insieme, che vengono eseguiti durante l'interazione sociale tra un bambino e un partner. Queste attività richiedono una pianificazione e dei comportamenti goal-directed (diretti ad un obiettivo), quindi, più iniziative ci sono (come cercare un partner con cui giocare), maggiore è la domanda di queste abilità. Queste compromissioni, a loro volta, ostacolano lo sviluppo di abilità sociali più complesse, in quanto ne costruiscono la base (Tomasello et al., 2005).

Specificatamente, si ritiene che le difficoltà di shifting siano alla base delle fragilità nell'attenzione condivisa e nella reciprocità (Kenworthy et al., 2005), deficit che sono particolarmente evidenti nelle persone con ASD (Gioia et al., 2002). Si pensa che le carenze nell'updating siano responsabili delle difficoltà nel seguire le conversazioni (Gilotty et al., 2002), nel rispettare le norme sociali, nel rispondere in modo appropriato (Rozga et al., 2011) e nell'attenzione stessa (Kenworthy et al., 2009). Inoltre, la capacità di inibire comportamenti impulsivi inappropriati è essenziale nelle interazioni sociali (Rozga et al., 2011), e una scarsa capacità di controllo inibitorio è collegata ai comportamenti ripetitivi e ristretti (Sayers et al., 2011).

I deficit esecutivi possono avere un effetto negativo anche sulla prestazione scolastica, infatti il dominio metacognitivo (*Metacognitive Index – MI*) del questionario BRIEF (che include gli indici di Memoria di Lavoro, Pianificazione e Organizzazione, Avvio, Monitoraggio e Organizzazione dei materiali) risulta avere un significativo effetto indiretto sulla relazione tra i sintomi autistici nella prima infanzia e la performance scolastica nella prima adolescenza, oltre che sul funzionamento adattivo (Ameis et al., 2022). Come già indagato nello sviluppo tipico, i risultati dello studio precedentemente menzionato, indicano che più sono solide le FE in età scolare in bambini con ASD minore risulta essere lo sviluppo di sintomi esternalizzanti. Ciò può essere dovuto alla relazione tra il controllo inibitorio e quello emotivo nella regolazione comportamentale (Compas et al., 2001).

Altri studi sulle abilità metacognitive misurate con il BRIEF (i.e., monitoraggio, pianificazione e memoria di lavoro) si dimostrano influenzare la performance scolare e quotidiana (Gilotty et al., 2002; McLean et al., 2014; Pugliese et al., 2015; Gardiner & Iarocci, 2018).

In un'ampia indagine sulla correlazione tra le funzioni esecutive e il comportamento adattativo in un campione clinico misto, Janusz e colleghi (2002) hanno riscontrato una significativa relazione tra il resoconto dei genitori sul comportamento adattativo, in

particolare sulle abilità sociali, e le funzioni esecutive, misurate attraverso il punto di vista dei genitori.

Anche Gilotty e colleghi (2002) hanno rilevato una relazione significativa tra le Vineland Adaptive Behavior Scales – Interview Edition (VABS) e il Behavior Rating Inventory of Executive Function – parent questionnaire (BRIEF), due misure di funzionamento quotidiano: le prime misurano le capacità adattive nella vita quotidiana attraverso un'intervista al caregiver primario, il secondo misura le funzioni esecutive in ambiente domestico. In questo studio il dominio Metacognitivo (MCI) e due delle sue sotto-scale, Avvio e Memoria di Lavoro, risultano maggiormente associate con il comportamento adattativo nell'autismo. In particolare, i punteggi del MCI (nello specifico la sotto-scala dell'Avvio) sono correlati negativamente con i punteggi nei domini della Comunicazione, della Socializzazione e delle Capacità di Vita Quotidiana delle VABS oltre che con l'Indice Composito di funzionamento adattivo (VABS Composite). Complessivamente, questi risultati indicano chiaramente che i deficit negli aspetti metacognitivi del funzionamento esecutivo costituiscono un importante contributo alle difficoltà nel funzionamento adattativo nei bambini con ASD ad alto funzionamento (Gilotty et al., 2002).

Per concludere, in uno studio di McLean e colleghi del 2014 si afferma che dopo aver tenuto conto del quoziente intellettivo, sono ancora presenti deficit adattivi nelle persone con Disturbo dello Spettro Autistico e un'intelligenza media (Bölte & Poustka, 2002). Una possibile spiegazione è che i problemi di adattamento siano semplicemente correlati alla sintomatologia dell'ASD. Tuttavia, sono state trovate solo associazioni deboli tra i sintomi dell'ASD e le abilità valutate dalle Vineland Adaptive Behavior Scales-II (VABS-II) nelle aree della socializzazione, della comunicazione (Klin et al., 2007) e delle abilità quotidiane (Levy & Turnbull, 1992). Inoltre, uno studio condotto su più di 1.000 individui con ASD ha rilevato che la gravità dei sintomi dell'ASD non correla significativamente con nessuna delle componenti della VABS-II (Kanne et al., 2011). Questa ricerca suggerisce che i deficit adattivi vanno oltre la semplice correlazione con i sintomi dell'ASD, infatti, i deficit nelle funzioni esecutive riportati dai genitori (tramite il questionario BRIEF) sono predittivi del funzionamento adattivo dopo aver tenuto conto dell'età, del quoziente intellettivo e della severità dei sintomi ASD. In particolare, l'indice Metacognitivo (che contiene le scale di Avvio, Memoria di Lavoro, Pianificazione/Organizzazione, Organizzazione dei Materiali e Monitoraggio del Comportamento) spiega una significativa quantità di varianza tra tutti i domini (Socializzazione, Comunicazione e Capacità di Vita Quotidiana), oltre ad una

correlazione negativa tra le FE riportate dai genitori e le abilità adattive in bambini in età prescolare. Questi risultati suggeriscono che i problemi nelle funzioni esecutive si manifestano già in età giovane e influenzano negativamente il funzionamento adattivo. Ciò ha importanza per la valutazione e la pianificazione del trattamento. In particolare, l'analisi di queste abilità potrebbe fornire informazioni utili per identificare le aree di fragilità del bambino che potrebbero ostacolare lo sviluppo delle abilità di adattamento (McLean et al., 2014).

- CAPITOLO 2 -

AUTISMO E ABILITÀ MOTORIE

INTRODUZIONE

In questo capitolo verranno descritti i principali deficit motori, in particolare quelli relativi all'anticipazione motoria, che sembrano essere riconducibili a difficoltà cognitive, alle funzioni esecutive e alla pianificazione strategica, trattati nel precedente capitolo. Il collegamento tra le prestazioni motorie globali e cognitive è supportato da studi di neuroimaging e neuroanatomia che indicano che le abilità cognitive e motorie condividono meccanismi neurali sovrapposti e attingono a risorse comuni (Diamond, 2000; Miyake et al., 2000; Sergeant, 2000; Piek et al., 2007; Michel et al., 2011).

Lo studio delle abilità di anticipazione motoria nei bambini a sviluppo tipico evidenzia che la propensione a soddisfare il comfort allo stato finale (tendenza ad adottare una modalità di presa scomoda all'inizio di un movimento per terminare con una postura scomoda durante l'esecuzione di un'azione diretta ad uno scopo) migliora e diventa più consistente con l'età dei bambini. Detto ciò, lo sviluppo della pianificazione motoria non sembra essere lineare, ma seguire una funzione positivamente accelerata, con un evidente aumento delle prestazioni quando i bambini hanno un'età compresa tra i 5 e gli 8 anni, con prestazioni che si avvicinano ai livelli degli adulti dopo circa i 10 anni (Stöckel & Hughes, 2016). La selezione di posture iniziali di presa che portano al comfort allo stato finale indica che gli individui sono in grado di formulare un piano (ossia una strategia) che integra fattori biomeccanici e cognitivi nonché le future richieste del compito, di monitorare l'attività mentre si svolge e di aggiornare il piano in risposta ai cambiamenti nell'ambiente. Stöckel e colleghi (2012) hanno utilizzato l'Analisi Dimensionale Strutturale-Motoria (Structural Dimensional Analysis-Motoric: SDA-M, Schack & Mechsner, 2006) per esaminare le potenziali associazioni tra le prestazioni nell'anticipazione motoria e le abilità cognitive nei bambini di età compresa tra 7 e 9 anni. Tale studio ha riscontrato che i bambini con rappresentazioni ben strutturate della presa erano più propensi a selezionare prese iniziali che portassero al comfort allo stato finale rispetto ai bambini le cui rappresentazioni cognitive non erano strutturate in relazione ad una presa confortevole, indipendentemente dall'età. Gli autori hanno ipotizzato che le rappresentazioni cognitive ben strutturate consentano ai bambini di risolvere meglio i conflitti tra i meccanismi abituali (che favoriscono le prese che sono state gratificanti in

passato) e i meccanismi goal-directed (che selezionano azioni in base alle esigenze attuali e future del compito) e di selezionare posture di presa conformi al comfort allo stato finale (Herbort & Butz, 2011). I risultati di tale studio evidenziano quindi che le abilità cognitive svolgono un ruolo cruciale nella pianificazione del movimento di presa, soprattutto nei bambini in fase di sviluppo.

Logan e Fischman (2011) evidenziano che l'anticipazione motoria e la memoria di lavoro potrebbero utilizzare le stesse risorse. Nel loro disegno sperimentale hanno manipolato la difficoltà del compito di anticipazione motoria riportando un'eliminazione dell'effetto recency nei compiti motori che hanno coinvolto, oppure no, una pianificazione motoria molto limitata. Logan e Fischman (2011) hanno sostenuto che l'abolizione dell'effetto recency nasce dal conflitto tra i compiti motori e di memoria, facendo sì che la semplice esecuzione di un compito di pianificazione motoria comporti una diminuzione delle prestazioni nei compiti di memoria di lavoro contemporanei. In uno studio di Stöckel e Hughes (2016) le analisi di regressione evidenziano che la pianificazione della risposta è un predittore significativo delle prestazioni nella pianificazione del movimento di presa, mentre il controllo inibitorio e la capacità di memoria di lavoro sono stati predittori significativi dei punteggi di destrezza manuale. La pianificazione motoria di successo richiede che gli individui siano in grado di formulare un piano basato sulle future richieste del compito, di monitorare il compito mentre si sviluppa e di aggiornare il piano in risposta ai cambiamenti nell'ambiente. Allo stesso modo, il compito della Torre di Londra richiede la pianificazione e il controllo cognitivo continuativo del comportamento verso un obiettivo (goal-directed behavior). Entrambi questi compiti richiedono di crearsi una rappresentazione mentale del percorso dallo stato iniziale allo stato finale, e ciò richiede che i molteplici passaggi intermedi siano organizzati come sotto-obiettivi. Inoltre, man mano che ciascuna operazione per il raggiungimento di un sotto-obiettivo viene eseguita mentalmente, la rappresentazione dello stato del problema deve essere modificata e vengono valutate operazioni alternative. Questo processo deve essere ripetuto fino a quando l'obiettivo mentale viene raggiunto e la sequenza selezionata di operazioni può essere fisicamente eseguita (Stöckel & Hughes, 2016). Le prestazioni nella pianificazione motoria anticipatoria correlano positivamente con la capacità di memoria di lavoro, facendo in modo che i bambini con punteggi più alti nell'effetto comfort allo stato finale abbiano punteggi più alti di memoria di lavoro rispetto ai bambini che non hanno selezionato posture iniziali di presa che rispettino il comfort allo stato finale indicando che la capacità di pianificare un'azione e di mantenere quel piano d'azione durante

l'esecuzione del compito è influenzata dalla capacità di memoria di lavoro (Stöckel & Hughes, 2016).

Schurink colleghi, nel 2012, indagano la relazione tra le abilità motorie e il funzionamento esecutivo nel disturbo pervasivo dello sviluppo non altrimenti specificato, ed evidenziano una relazione tra la performance delle abilità motorie e le funzioni esecutive. I bambini con una migliore performance nel subtest di destrezza manuale e nel subtest di equilibrio hanno ottenuto un punteggio migliore nel test della Torre di Londra rispetto ai bambini con una performance peggiore. Una spiegazione di questo risultato potrebbe essere che la performance motoria e le funzioni esecutive (in particolare la capacità di pianificazione, il decision making e il problem solving) potrebbero condividere le stesse strutture cerebrali e gli stessi meccanismi sottostanti. Schall e colleghi (2003) hanno dimostrato con uno studio di tomografia a emissione di positroni e risonanza magnetica funzionale che durante l'esecuzione della Torre di Londra la corteccia prefrontale è particolarmente attiva, soprattutto durante le prove relativamente più complesse. La corteccia prefrontale dorsolaterale svolge un ruolo importante sia nella performance motoria (attraverso le sue connessioni con aree corticali e sottocorticali importanti per il controllo motorio) che nelle funzioni esecutive (Diamond, 2000; Anderson, 2002). Riguardo ai meccanismi sottostanti, il concatenamento di azioni (action-chain mechanism) potrebbe fornire una spiegazione per la relazione trovata. Sia la destrezza manuale che le abilità di equilibrio richiedono la pianificazione e l'esecuzione di una sequenza di movimenti, cosa che è compromessa nei bambini con PDD-NOS (Fabbri-Destro et al., 2009). Il test della Torre di Londra misura principalmente gli aspetti cognitivi della pianificazione, del decision making e del problem solving (Krikorian et al., 1994). La disfunzione dell'action-chain mechanism nei bambini con autismo può causare l'incapacità di trasformare le proprie intenzioni in un piano globale (Schurink et al., 2012).

Dal punto di vista della relazione tra motricità e cognizione, i bambini diagnosticati con ASD con un QI più basso mostrano una maggiore gravità dei deficit motori rispetto a quelli con un QI più alto (Ghaziuddin & Butler, 1998; Licari et al., 2020; Kaur et al., 2018).

Nei paragrafi successivi verrà inizialmente descritto lo sviluppo motorio nello sviluppo tipico e nei bambini con ASD.

Si passerà quindi a descrivere lo sviluppo della pianificazione motoria e le disfunzionalità che si osservano nei bambini con ASD quando sono testati con compiti che richiedono una pianificazione motoria.

2.1 SUBSTRATI NEURALI DELLO SVILUPPO MOTORIO

La terminologia utilizzata per classificare i Disturbi del Neurosviluppo è strettamente legata all'idea che i sintomi rappresentino manifestazioni comportamentali anomale a lungo termine di atipie nei processi precoci di crescita cerebrale. Numerose ricerche hanno dimostrato anomalie in specifiche regioni cerebrali o reti neurali (network), ma è cruciale comprendere come queste regioni o reti interagiscano con l'intero sistema nervoso in soggetti in fase di sviluppo, al fine di non perdere di vista la prospettiva dominio-generale secondo cui lo sviluppo di una funzione è intrinsecamente collegato allo sviluppo di altre funzioni (Vicari & Caselli, 2017). Per questo motivo, l'ipotesi evolutiva e le evidenze provenienti da una serie di ricerche supportano l'idea di un'anomalia nel funzionamento globale del cervello piuttosto che alterazioni localizzate in singole aree o reti neurali. Comprendere le differenze nelle traiettorie di sviluppo tra individui tipici e quelli con ASD, così come tra individui con ASD e quelli con elevati tratti autistici, è fondamentale per acquisire una comprensione più approfondita dell'origine dell'autismo e del ruolo dell'esperienza nel plasmare l'attività cerebrale emergente e i modelli di connettività.

2.1.1 MOTRICITÀ E SVILUPPO CEREBRALE NEI PRIMI DUE ANNI DI VITA NELLO SVILUPPO TIPICO

Nel normale processo di sviluppo, sembra che la maturazione cerebrale segua un percorso che può essere paragonato a una curva a "U rovesciata". Questo significa che la crescita inizia dalle regioni posteriori del cervello e procede verso quelle anteriori, passando dalle aree corticali primarie a quelle associate (Vicari & Caselli, 2017). Inoltre, durante le prime fasi dello sviluppo cerebrale tipico, si osserva un aumento delle connessioni strutturali, seguito da una fase successiva di riduzione o potatura (pruning) delle sinapsi, con tempistiche variabili in diverse aree della corteccia (Huttenlocher & Dabholkar, 1997). Un chiaro esempio di questo fenomeno lo si può osservare nella maturazione della corteccia visiva, dove la densità delle connessioni sinaptiche aumenta notevolmente entro i 2-3 mesi di età, raggiungendo un picco tra i 4 e i 12 mesi, per poi diminuire a livello degli adulti intorno ai 2-4 anni di età. Diversamente, nella corteccia prefrontale, la densità sinaptica tipica degli adulti viene raggiunta più tardi, approssimativamente tra i 15 e i 20 anni (ibid.; Figura 3). La sinapsi è plastica, la sua struttura fisica e il suo funzionamento rispondono all'intensità delle attività neurali: se l'attività è elevata, si rinforza la connessione sinaptica, mentre se

è bassa, si indebolisce. Questo meccanismo consente lo sviluppo di funzioni complesse come la percezione, l'apprendimento, la memoria, il linguaggio, le emozioni e la pianificazione delle azioni (Vicari & Caselli, 2017). D'altra parte, la mielinizzazione avviene in maniera graduale e continua, allo stesso modo della maturazione della sostanza bianca che prosegue fino all'età di 20-30 anni (Klingberg & Vaidya, 1999; Barnea-goraly et al., 2005).

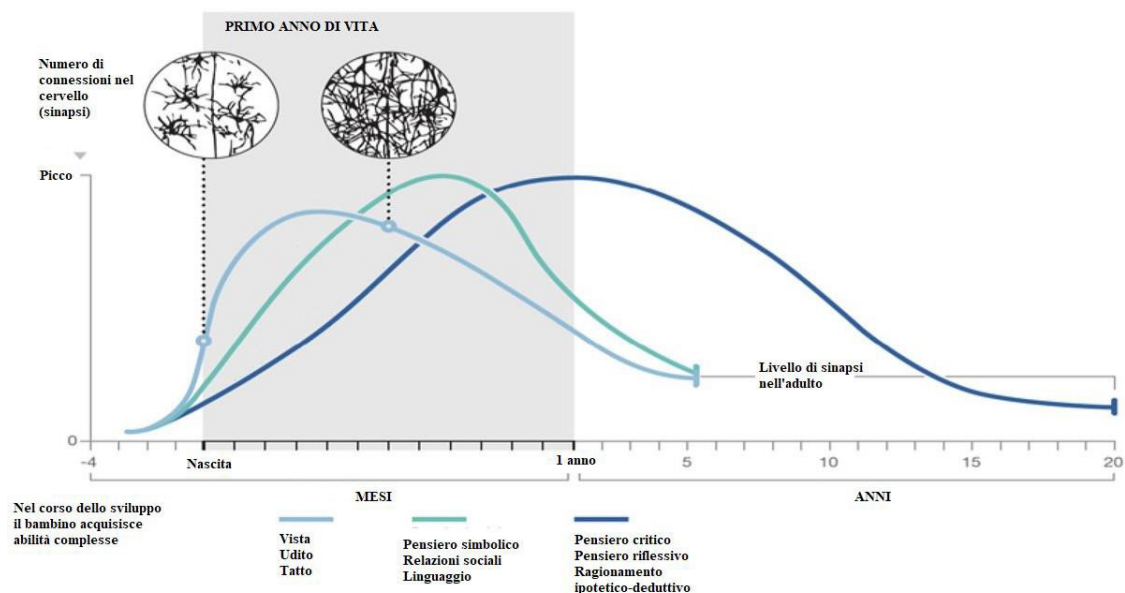


Figura 3 La rete neurale: sviluppo dal periodo prenatale all'età adulta per domini specifici. Fonte: Adattato da Bhutta, Guarrant e Nelson (2017).

Cosa succede durante i primi 1000 giorni nel cervello tipico? Questo periodo, che copre la fase dello sviluppo dal concepimento ai due anni di vita, è caratterizzato da massima plasticità cerebrale e rappresenta una fase sensibile durante la quale le influenze ambientali giocano un ruolo significativo nello sviluppo motorio, emotivo e cognitivo (Vicari & Caselli, 2017). Le connessioni neurali vengono modellate principalmente dall'esperienza e dall'ambiente attraverso due canali principali: il canale sensoriale, che comprende le stimolazioni percepite dall'individuo, e il canale motorio, che riguarda sia l'aspetto esecutivo delle azioni motorie che l'iniziativa motoria, sia essa spontanea o intenzionale. Già negli studi di Piaget del 1967, nelle sue teorie sullo sviluppo cognitivo, aveva individuato la fase chiamata "senso-motoria" nei primi due anni di vita, da cui il bambino acquisisce nuove conoscenze e adatta le sue strutture cognitive in un processo di interazione e scambio reciproco con l'ambiente circostante. Il neurocostruttivismo, riprendendo Piaget, assume che nel corso dell'ontogenesi l'individuo sviluppi abilità sempre più complesse grazie a un processo attivo, costruttivo e interattivo con l'ambiente in cui il sistema cognitivo e cerebrale si modifica grazie al suo stesso funzionamento (Karmiloff-Smith, 1998; Ansari et al., 2002; Scerif &

Karmiloff-smith, 2005; Johnson, Grossman e Kadosh, 2009; Johnson, 2011). Pertanto, anche l'approccio neurocostruttivista, riconosce che l'influenza dell'attività motoria sia evidente non solo a livello cognitivo e comportamentale, ma anche a livello neurale (Valenza & Turati, 2019). Questa prospettiva implica che il cervello sia modellato dalle esperienze e dall'ambiente percettivo a cui è esposto, e che queste informazioni vengano filtrate attraverso la struttura, il funzionamento e i vincoli imposti dal corpo, dando origine al concetto di *Embodied Cognition* (Marshall, 2016). Secondo la prospettiva dell'*embodied development*, percezioni, pensieri, comportamenti, emozioni e conoscenze dipendono dall'essere agenti attivi che possiedono caratteristiche corporee specifiche (Valenza & Turati, 2019). Il corpo non è quindi solamente un esecutore passivo di istruzioni mentali, ma rappresenta una condizione essenziale per l'accesso a determinate esperienze e alla loro attribuzione di significato (Overton et al., 2015). Le esperienze sensomotorie del bambino, le sue caratteristiche fisiche e le sue possibilità d'azione influenzano lo sviluppo del bambino (Marshall & Meltzoff, 2015). Importanti sono quindi i processi neurocognitivi che collegano la percezione all'azione e il dominio sensoriale a quello motorio. Infatti, prima di poter interagire, relazionarsi o comunicare con gli altri, i bambini stabiliscono una connessione visiva con l'ambiente circostante (De Hevia et al., 2014). La vista svolge un ruolo significativo nello sviluppo motorio, influenzando il controllo posturale, la presa, la ricerca visiva e il riconoscimento di forme e oggetti. Questo è così importante perché i bambini di età compresa tra 5 e 18 mesi utilizzano la loro vista per raggiungere, afferrare e manipolare oggetti di piccole dimensioni posti davanti a loro (Atkinson, 2013). Tuttavia, secondo quanto sostenuto da Caruana & Borghi (2016), la percezione senza il coinvolgimento del sistema motorio rappresenterebbe solamente un consumo energetico. Inoltre, il neuroscienziato francese Marc Jeannerod (2004) argomenta che la pura percezione visiva, priva di interazione con il sistema motorio, si limiterebbe a descrivere gli aspetti visibili del movimento altrui, senza fornire alcuna informazione sulle componenti cruciali dell'azione, necessarie per comprenderne l'obiettivo e per essere in grado di riprodurla (Caruana et al., 2016). Pare che il sistema visivo per conto proprio non disponga delle risorse computazionali necessarie per comprendere gli aspetti complessi dell'azione. Pertanto, coinvolgere il sistema motorio potrebbe agevolare la soluzione di questo compito complesso (ibid.). La percezione, quindi, rappresenta un'attività esplorativa mediata dalle contingenze sensomotorie, nonché dalle abilità acquisite nel corso dello sviluppo (Chokron et al., 2020).

Partendo dai riflessi primitivi che consentono l'esecuzione delle funzioni vitali fondamentali, come nutrirsi e interagire, fino a raggiungere gli obiettivi posturali nei

primi 18 mesi di vita, dal posizionarsi supini all'acquisizione della locomozione autonoma, lo sviluppo motorio rappresenta un prerequisito essenziale per favorire un adattamento sano e per il progresso in altre aree cruciali, in particolare nelle competenze percettive, cognitive e sociali (Sumner et al., 2016). L'evoluzione delle capacità motorie nell'ambiente circostante è strettamente legata a un aumento delle interazioni sociali e offre allo stesso tempo maggiori opportunità per sperimentare diverse caratteristiche dei volti umani (Clearfield, 2011).

Per esempio, neonati che iniziano a muoversi all'interno di una stanza, che sia strisciando o camminando, potrebbero avere una maggiore probabilità di essere esposti a varie espressioni facciali, come la rabbia o la paura dei loro genitori, rispetto ai bambini che non possono esplorare l'ambiente circostante (Sumner et al., 2016). La capacità di comprendere, prevedere e rispondere a tali segnali espressi sul viso è considerata fondamentale per lo sviluppo delle competenze sociali (ibid.). Inoltre, l'osservazione degli altri favorisce l'imitazione di comportamenti, abilità e linguaggio, costituendo un potente meccanismo di apprendimento sociale (Valenza & Turati, 2019). Pertanto, neonati che manifestano irregolarità nello sviluppo senso-motorio, deficit motori o ritardi nell'acquisizione delle prime fasi motorie potrebbero avere conseguenze negative in termini di sviluppo cognitivo e sociale. Nei bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico, per esempio, lo sviluppo percettivo-motorio sembra mostrare delle variazioni fin dalle prime fasi del suo sviluppo.

2.1.2. MOTRICITÀ E SVILUPPO CEREBRALE NEI PRIMI DUE ANNI DI VITA NEL DISTURBO DELLO SPETTRO AUTISTICO

La comprensione dello sviluppo cerebrale e senso-motorio precoce nei bambini con diagnosi di ASD può essere utile per capire successive atipie motorie e cognitive, poiché precoci differenze nella capacità di muoversi e percepire l'ambiente circostante, possono avere effetti a cascata sullo sviluppo successivo.

Le atipie nello sviluppo percettivo-motorio dei bambini con diagnosi di ASD, si possono notare già a partire delle differenze nella crescita cerebrale durante il periodo prodromico che precede la diagnosi e che si verificano prima o contemporaneamente all'emergere di comportamenti atipici (Wolff et al., 2012). Ricerche che hanno utilizzato tecniche di neuroimaging strutturale hanno rilevato che a 6 mesi si osserva un aumento del liquido cerebrospinale (CSF) nell'area subaracnoidea che circonda la superficie corticale del cervello (Shen & Piven, 2017). Inoltre, si nota un aumento del tasso di crescita della

superficie corticale tra i 6 e i 12 mesi, seguito da un significativo incremento del volume cerebrale totale tra i 12 e i 24 mesi di età (Hazlett et al., 2017). La prima atipia è collegata a problemi motori che si manifestano precocemente a 6 mesi di età. La seconda atipia riguarda difficoltà nell'elaborazione delle informazioni senso-motorie e nell'orientamento visivo, che si verificano in contemporanea all'insorgenza di problemi sensoriali e di attenzione (come una difficoltà nella ricezione visiva e nell'orientamento verso segnali sociali rilevanti nell'ambiente circostante). La terza anomalia è associata all'insorgenza di deficit nel comportamento socio-comunicativo tra i 12 e i 24 mesi di età (Shen & Piven, 2017). Se consideriamo le ricerche sulla connettività cerebrale e la materia bianca, anche nella revisione della letteratura "I primi 1000 giorni del cervello autistico" (Conti et al., 2015) emerge come l'ASD sia correlato ad un'atipia della connettività, come un'iperconnettività nello sviluppo precoce e successivamente come un'ipoconnettività tra i 2 e i 4 anni. A 6 mesi, osservando la materia bianca, nei bambini ad alto rischio ASD si evidenziano anomalie strutturali, nello specifico nell'integrità del ginocchio del corpo calloso e nel peduncolo cerebellare, assieme ad irregolarità nella reattività sensoriale a 24 mesi (Wolff et al., 2012). Inoltre, è stata rilevata un'associazione negativa tra la gravità dei sintomi di autismo e l'incremento della solidità strutturale, ciò indica come anomalie nello sviluppo della sostanza bianca correlino con i tratti fenotipici autistici (Andrews et al., 2021).

La relazione tra i sintomi dell'ASD e l'integrità della materia bianca, è stata osservata per la maggior parte dei suoi tratti, ma specificatamente in quelli associati ai principali deficit senso-motori e attentivi visibili già nel periodo precedente alla diagnosi di autismo (ibid.). Le atipie in questi processi possono condurre a network neurali modulari e poco distribuiti (Lewis et al., 2017). In uno studio di Shen e Piven (2017) emerge come nei neonati ad alto rischio ASD, le connessioni funzionali a 6 mesi (analizzate con fMRI durante il sonno naturale) correlino con i comportamenti fenotipici dell'ASD a 24 mesi. Queste evidenze si aggiungono a quelle ottenute da studi che utilizzano l'elettroencefalogramma (EEG) e i potenziali evento relati (ERP) e che insieme supportano l'idea che già durante il primo anno di vita, nei bambini a cui successivamente verrà diagnosticato il Disturbo dello Spettro dell'Autismo, siano presenti alterazioni funzionali e strutturali del cervello (ibid.).

Nei primi 1000 giorni del cervello di un bambino con ASD l'iper-espansione della superficie della corteccia cerebrale che si verifica tra i 6 e i 12 mesi (ovvero un periodo precedente alla comparsa dei sintomi in cui è presente un'elevata esperienza sensoriale, motoria e attenzionale), conduce ad uno sviluppo neuronale *experience-dependant*

(dipendente dall'esperienza) atipico, assieme ad un decremento del *pruning* (Piven et al., 2017). Da questo deriva una crescita anomala del volume del cervello, unito ad un'alterazione dei processi di localizzazione neurale e specializzazione funzionale che si associano all'insorgere delle difficoltà nel comportamento sociale tra il primo e il secondo anno di vita (Figura 4; Piven, Elison, Zylka, 2017).

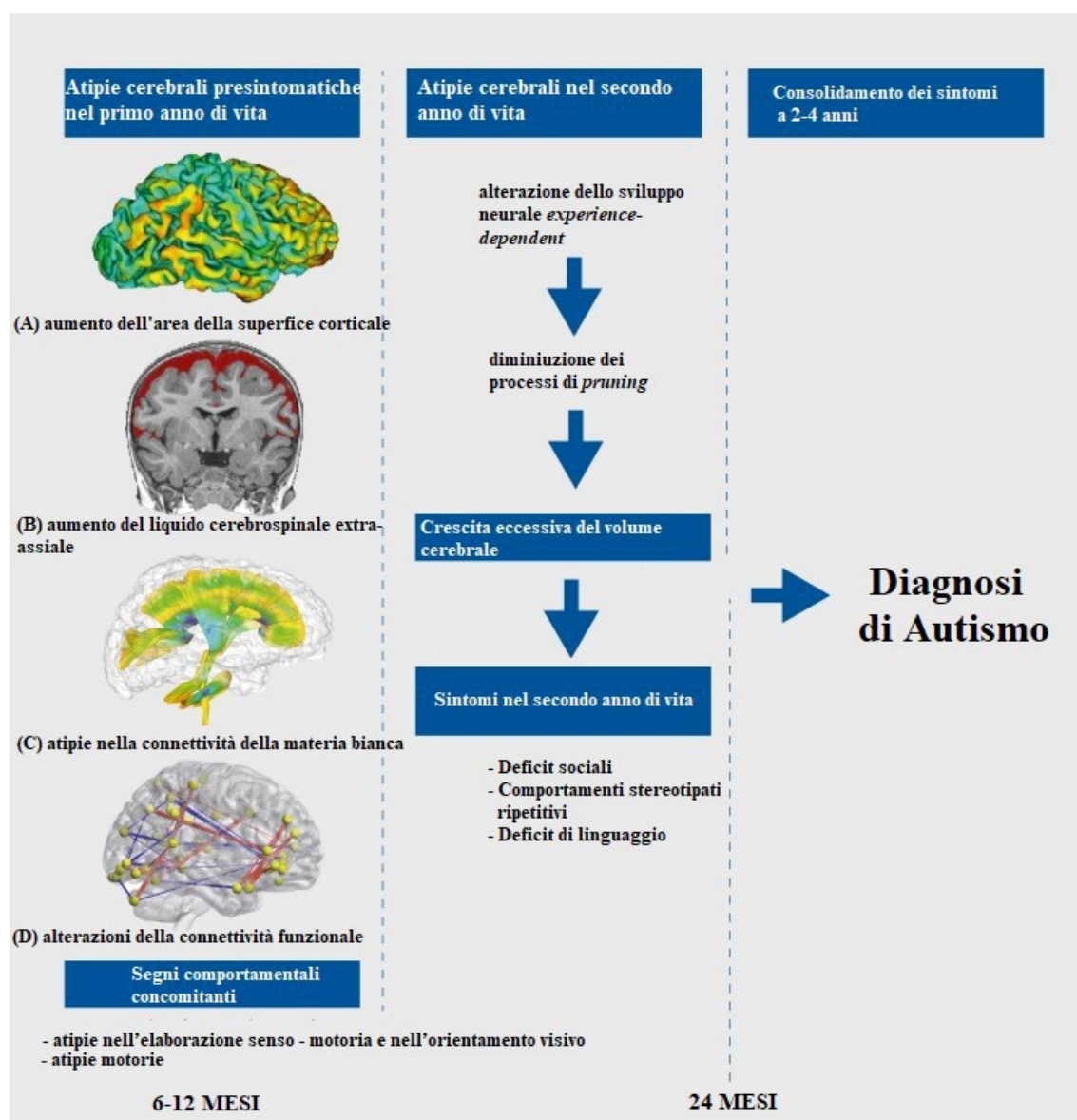


Figura 4 Atipie cerebrali e comportamentali dai 6 ai 24 mesi in una prospettiva neuroevolutiva.
Fonte: Adattato da Shen e Piven (2017) e Piven, Elison e Zylka (2017)

2.1.3. IL RUOLO DEL TRONCO ENCEFALICO NELLO SVILUPPO DEL DISTURBO DELLO SPETTRO DELL'AUTISMO

Tra le atipie nello sviluppo cerebrale rilevabili nei bambini che riceveranno una diagnosi di ASD, quelle riscontrabili nello sviluppo del tronco encefalico, assumono grande rilevanza nel dominio motorio, oltre ad avere un impatto anche sui tratti fenotipici autistici tipici. Nel modello di Trevarthen & Delafield-Butt del 2013 emerge che,

anomalie nel tronco encefalico dei neonati in terapia intensiva neonatale e a cui poi verrà diagnosticato il Disturbo dello Spettro dell'Autismo, possono spiegare le atipie senso-motorie individuate in questi bambini a partire dai 6 mesi. L'ipotesi di questi studiosi è che la genesi dell'ASD derivi da anomalie nella crescita del tronco cerebrale prima e dopo la nascita (Trevvarthen & Delafield-Butt, 2013).

Questa struttura cerebrale assolve a funzioni importanti quali:

- La motivazione interna;
- L'equilibrio, la postura, la locomozione e il controllo prospettico del movimento (sistema motorio);
- La regolazione dell'arousal;
- Il tatto, la propriocezione, la temperatura e il dolore, permettendo il passaggio delle connessioni nervose dei sistemi motori e sensoriali.

Le atipie motorie, che diventano più evidenti quando le richieste ambientali aumentano, sembrano derivare da anomalie nello sviluppo del controllo motorio (ad opera del tronco encefalico) e dei sistemi emotivi (Rodier & Arndt, 2005) già presenti nell'embrione e nel feto che ostacolerebbero la possibilità di integrare le informazioni sensoriali che si basano sul movimento (Trevvarthen & Delafield-Butt, 2013). Una compromissione nella percezione e nel movimento corporei può inficiare abilità quali il controllo dei tempi delle azioni e le loro conseguenze, influenzando negativamente sia la coordinazione nelle interazioni motorie che quelle sociali (Trevvarthen & Delafield-Butt, 2013; Casartelli et al., 2016).

Secondo il modello di Trevvarthen e Delafield-Butt quindi, le difficoltà di regolazione dei movimenti intenzionali che verrebbe elaborata dal sistema corticale durante lo sviluppo post-natale sembrano essere compensate dall'esperienza (con una modalità *experience-dependent*), facendo così emergere le atipie socio-comunicative tipiche dell'ASD (isolamento sociale, ritardo socio-emotivo e cognitivo e il disturbo del linguaggio).

L'inefficacia nell'apprendere dall'esperienza motoria potrebbe derivare da carenze nelle abilità di integrazione delle informazioni, che si basa sulla coordinazione dei sensi esterni (movimento) e quelli interni (propriocezione vestibolare) (ibid.).

Da ciò deriva la definizione del disturbo dello Spettro dell'Autismo come disturbo del movimento anticipatorio e i deficit socio-comunicativi precoci (12-24 mesi) come compensazioni del sistema corticale.

Seguendo il concetto di vincolo (Karmiloff-Smith, 1994) nello sviluppo cerebrale, aree cerebrali differenti maturano e diventano funzionali in momenti diversi dello sviluppo e

piccole variazioni del momento in cui certe esperienze si verificano possono svolgere un ruolo fondamentale nel processo di specializzazione delle varie regioni cerebrali. Inoltre, una determinata regione cerebrale può essere utilizzata per adempiere ad una determinata funzione e sviluppare una determinata specializzazione per quella funzione, grazie alla maturazione raggiunta nello specifico momento in cui l'ambiente presenta stimoli precisi. Oltre a ciò, i vincoli nell'architettura neurale svolgono un ruolo fondamentale nell'emergere della specializzazione strutturale e funzionale del cervello (Valenza et al., 2019). Per questo, atipie nello sviluppo cerebrale precoce, come quelle che si riscontrano nei bambini che avranno una futura diagnosi di ASD, possono avere un effetto sulle capacità sensoriali precoci, che di conseguenza possono portare ad atipie motorie riscontrabili lungo tutto lo sviluppo.

2.2 ATIPIE NELLO SVILUPPO MOTORIO NEI BAMBINI CON DISTURBO DELLO SPETTRO AUTISTICO

Il Disturbo dello Spettro dell'Autismo (ASD) è un disturbo del neurosviluppo ad eziologia multifattoriale, che si manifesta attraverso carenze nelle interazioni sociali e nella comunicazione, accompagnate da comportamenti e interessi stereotipati e ripetitivi (DSM- 5, American Psychiatric Association, 2013). Inoltre, è stato osservato che una percentuale compresa tra il 50% e l'85% dei bambini con ASD presenta notevoli difficoltà in vari aspetti legati alla percezione e alla motricità (Kaur et al., 2018); i bambini con una diagnosi di Disturbo dello Spettro dell'Autismo generalmente hanno un ritardo nello sviluppo delle abilità motorie se comparati ai bambini a sviluppo tipico, con difficoltà di equilibrio, deficit nella coordinazione motoria e difficoltà nella preparazione, pianificazione e tempistica del movimento (Oliveira et al., 2023).

In uno studio longitudinale recente, inoltre, è stato notato come il 35.4% dei bambini con autismo abbiano difficoltà motorie clinicamente significative, una percentuale quasi prevalente tanto quanto le difficoltà intellettive, ma solo l'1,34% abbia queste difficoltà diagnosticate (Licari et al., 2020). Nei bambini con ASD il rischio di disabilità motoria (grosso- e fino-motoria) è 22,2 volte maggiore rispetto alla popolazione generale, e aumenta proporzionalmente alla gravità dei comportamenti ripetitivi e dei deficit nella comunicazione sociale, nel funzionamento generale oltre che cognitivo e linguistico; al contrario uno sviluppo motorio più favorevole nei bambini di 2 anni con ASD correla con un miglior adattamento a 4 anni. Questi dati sono in linea con l'idea di spettro, per cui le disabilità motorie aumentano all'aumentare dei sintomi autistici (Bhat, 2021).

I dati sui disturbi motori nell'ASD e sulla loro manifestazione precoce nell'infanzia confermano un deficit primario nella capacità di percepire e muovere il corpo in modo pianificato, limitando la capacità di controllare i tempi delle azioni e le loro conseguenze percettive (Trevarthen & Delafield – Butt, 2013). Nonostante ciò, sorprendentemente i criteri diagnostici dell'autismo e le relative strategie di intervento, poco considerano la componente legata al corpo e questo si ritrova anche nelle Linee Guida Italiane (Istituto Superiore di Sanità, 2021). La definizione dell'autismo comprende una serie di sintomi che in realtà rappresentano manifestazioni tardive di processi che si sviluppano nelle prime fasi dello sviluppo. La letteratura attuale, basata su ricerche condotte su bambini con un elevato rischio di sviluppare l'ASD, suggerisce che i sintomi diagnostici, come le difficoltà nelle interazioni sociali e nella comunicazione, non sono evidenti a 6 mesi di età, ma iniziano a emergere durante il secondo anno di vita e diventano più stabili tra i 18 e i 36 mesi (Ozonoff, 2010; Shen & Piven, 2017). Inoltre, i sintomi che emergono durante il primo anno di vita non sono specifici dell'autismo e, di conseguenza, non permettono di distinguere gli infanti che svilupperanno l'ASD da coloro con altri ritardi nello sviluppo (Ozonoff et al., 2008). A partire dai 12 mesi di età, nei bambini che in seguito verranno diagnosticati con l'autismo, si osservano i comportamenti ripetitivi associati a questo disturbo (Ozonoff et al., 2010). Pertanto, i sintomi distintivi dell'ASD sembrano emergere gradualmente tra il primo e il secondo anno di vita (Shen & Piven, 2017). Sebbene la presenza di comportamenti socialmente atipici durante il primo anno di vita non sia uniforme, sono state documentate irregolarità in altre aree dello sviluppo “non sociali”, che comprendono competenze motorie, percezione visiva, linguaggio, e l'attenzione rivolta verso stimoli sociali e volti (Shen & Piven, 2017).

In particolare, sono stati rilevati deficit nelle capacità motorie sia grosso- che fino-motorie in bambini a rischio di ASD di 6 mesi (Estes et al., 2015), e si è notato un aumento dei comportamenti motori stereotipati verso la fine del primo anno di vita (Elison et al., 2014). Questi risultati indicano un percorso di sviluppo motorio atipico tra i 6 e i 12 mesi, suggerendo così che il progresso delle abilità motorie nel corso del primo anno di vita potrebbe avere un ruolo nell'insorgenza dell'autismo (Shen & Piven, 2017).

Inoltre, a 12 mesi si nota una riduzione delle competenze linguistiche, seguita da profili linguistici recettivi ed espressivi non tipici a 24 mesi (Swanson et al., 2017), che porta alla richiesta di effettuare delle valutazioni diagnostiche. È importante tenere presente che questo periodo coincide con l'acquisizione delle abilità motorie fondamentali, che svolgono un ruolo cruciale nell'integrazione dei domini socio-comunicativi-affettivi. Si

pensi a come il raggiungimento dell'abilità di camminare autonomamente consenta ai bambini di esplorare il loro ambiente, creando un delicato equilibrio tra l'esplorazione e il bisogno di sicurezza affettiva con la figura di cura, manifestando così il fenomeno della "base sicura" (Cuva & Waters, 2005; Cuva & Mastrogiuseppe, 2012).

Pertanto, un'analisi approfondita delle atipie motorie nell'autismo è giustificata per diverse ragioni (Kaur et al., 2018):

- 1) I sintomi motori costituiscono alcune delle prime atipie osservabili nei neonati e nei bambini piccoli che in seguito ricevono una diagnosi di ASD (Landa & Garrett-Mayer, 2006; Bhat, Galloway, e Landa, 2012; Flanagan et al., 2012; Bedford et al., 2016);
- 2) Uno studio dettagliato del sistema motorio può fornire informazioni sul funzionamento dei substrati neurali sottostanti a tali atipie, contribuendo all'identificazione della neuropatologia dell'ASD (Dowell, Mahone, e Mostofsky, 2009; Gizzonio et al., 2015; Piven et al., 2017);
- 3) Ci sono prove che suggeriscono un legame intrinseco tra lo sviluppo delle abilità motorie, la comunicazione sociale e lo sviluppo cognitivo nei bambini con ASD (Leary & Hill, 1996; Dziuk et al., 2007; Dowell, Mahone e Mostofsky, 2009; Bhat et al., 2016)).

Per tutte queste ragioni, nei prossimi paragrafi verrà approfondito lo sviluppo motorio nei bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico, a partire dai primi anni di vita fino all'età scolare.

2.2.1. ATIPIE NELLO SVILUPPO MOTORIO IN BAMBINI AD ALTO RISCHIO DI ASD E CON ASD NEI PRIMI ANNI DI VITA

Per descrivere lo sviluppo motorio atipico in questa popolazione clinica, è utile considerare lo sviluppo prediagnostico del dominio motorio nei bambini ad alto rischio di diagnosi di ASD, infatti, le atipie precoci nello sviluppo motorio identificate nei fratelli ad alto rischio di bambini che hanno già ricevuto una diagnosi di ASD, evidenziate da alcuni studi longitudinali mettono in evidenza deficit nelle conquiste evolutive di abilità essenziali per il supporto dello stesso sviluppo motorio.

I bambini a sviluppo tipico, nei primi 2 anni di vita, raggiungono una serie di tappe fondamentali nello sviluppo grosso-motorio, acquisendo così un maggiore controllo sul proprio corpo che permette loro di gestire le informazioni percettive in entrata e di procedere verso comportamenti e movimenti sempre più maturi (Iverson, 2018).

A partire dai 6 mesi i bambini ad alto rischio, a cui verrà in seguito diagnosticato il Disturbo dello Spettro dell'Autismo, iniziano a presentare delle differenze nelle competenze motorie rispetto ai bambini a sviluppo tipico con i primi sintomi rintracciabili nei general movements e nel controllo posturale, che si accentueranno sempre di più tra i 18 e i 24 mesi (Lim et al., 2021). L'acquisizione di competenze motorie, ma anche sociali e cognitive gradualmente più complesse è, secondo molti studi, mediata dalle capacità posturali nei primi sei mesi di vita.

L'apprendimento di abilità motorie complesse, cognitive e sociali è mediato dalle opportunità che il neonato ha di entrare a contatto con l'ambiente circostante tramite il movimento e la derivante capacità di esplorazione, e questa possibilità è a sua volta influenzata dall'automatizzazione del controllo posturale (Valenza et al., 2019) poiché esiste una stretta relazione tra la postura e i movimenti (Zoia, 2004).

Teitelbaum e colleghi, in uno studio del 1998, rilevano come già dalla nascita, e più visibilmente tra i 4 e i 6 mesi sia possibile evidenziare un'asimmetria prolungata di braccia e gambe, atipie nei riflessi di raddrizzamento (coinvolti nel controllo posturale) e ritardi nell'acquisizione delle tappe dello sviluppo motorio, nei bambini ad alto rischio ASD. Tra i 3 e i 5 mesi, inoltre, emerge un'aumentata asimmetria in posizione supina, oltre che in posizione prona e seduta (Esposito et al., 2009; Bhat et al., 2011).

Il 50-60% dei bambini ad alto rischio ASD presentano a 5-6 mesi un ritardo nell'acquisizione del controllo posturale, che, se permanenti durante lo sviluppo, si accompagnano a difficoltà linguistiche e comunicative (LeBarton & Iverson, 2016). Queste difficoltà erano coerenti con i problemi di integrazione delle informazioni sensoriali per stabilizzare l'equilibrio (Molloy et al., 2003). Il ritardo nel repertorio posturale dei bambini dai 6 ai 14 mesi sembra però migliorare nei bambini ad alto rischio che successivamente non riceveranno una diagnosi (Nickel et al., 2013). Oltre al ritardo nello sviluppo, il controllo posturale nei bambini con ASD assume una connotazione reattiva invece che anticipatoria, con conseguenze sulla tempistica e la coordinazione (Schmitz et al., 2003).

Anche l'ipotonia, indicatore motore precoce di ASD, ha un impatto sulle difficoltà posturali (Ming et al., 2007).

Le atipie fino-motorie e grosso-motorie si manifestano tra i 7 e i 12 mesi, aumentando tra i 13 e i 18 mesi, per diventare stabili tra i 19 e i 24 mesi (Lim et al., 2021). Intorno alla fine del primo anno di vita si possono osservare anche le stereotipie motorie (movimenti involontari, ripetitivi, autostimolatori, ritmici e privi di scopo) che indicano uno sviluppo

anormale dei sistemi motori e dei processi che regolano la diminuzione delle stereotipie ritmiche motorie grossolane tra i 6 e i 12 mesi (Elison et al., 2014).

Analizzando lo sviluppo di fratelli di bambini con ASD dai 6 ai 36 mesi si possono individuare difficoltà motorie persistenti anche a 36 mesi (Esposito & Paşca, 2013). Inoltre, studi nei gemelli indicano una correlazione tra goffaggine fisica e i tratti autistici (Moruzzi et al., 2011).

In conclusione, i bambini con ASD e i loro fratelli esprimono una vulnerabilità a ritardi precoci nello sviluppo motorio, cosa che, se indagata con ulteriori ricerche, potrebbe risultare utile per l'identificazione del sottotipo autistico (Esposito & Paşca, 2013).

2.2.2 ATIPIE NELLO SVILUPPO MOTORIO NEI BAMBINI CON DISTURBO DELLO SPETTRO DELL'AUTISMO IN ETÀ PRESCOLARE E SCOLARE

Le revisioni sistematiche della letteratura e gli studi condotti su campioni di grandi dimensioni confermano la presenza di compromissioni nel dominio motorio anche nei bambini in età scolare e prescolare affetti da disturbo dello spettro autistico (ASD). Queste compromissioni si manifestano attraverso atipie nella coordinazione motoria, nell'equilibrio, nell'andatura (Miyahara et al., 1997; Jansiewicz et al., 2006; Kaur et al., 2018), nella coordinazione bilaterale (Jansiewicz et al., 2006; Green et al., 2009; Kaur et al., 2018), nelle abilità visuo-motorie (Fleury et al., 2013; Ament et al., 2015), e in altre capacità motorie quali la scrittura, la copia di disegni, la destrezza manuale e la velocità di esecuzione (Kaur et al., 2018; Fleury et al., 2013; Biscaldi-Schäfer et al., 2013). Queste difficoltà motorie sono riscontrate nei bambini con ASD se confrontati con i loro coetanei con sviluppo tipico o con altri disturbi, come il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD) e il Disturbo Specifico del Linguaggio.

Nello studio di Kaur e colleghi del 2018, condotto con un campione di bambini con diagnosi di ASD dai 5 ai 12 anni, si evidenzia che indipendentemente dal livello cognitivo del bambino, le atipie motorie sono pervasive nei bambini con ASD. Se comparati ai bambini a sviluppo tipico riscontrano difficoltà in molti aspetti del funzionamento motorio, che includono:

- 1) Performance fino e grosso-motorie;
- 2) Abilità prassiche durante attività sequenziali e basate sull'imitazione;
- 3) Coordinazione simultanea dei due lati del corpo durante attività con movimenti ritmici degli arti superiori e inferiori;

4) Coordinazione socio-motoria e sincronia interpersonale.

Mejia e colleghi hanno confrontato un gruppo di bambini con diagnosi ASD, con bambini con ADHD e sviluppo tipico dagli 8 ai 13 anni. Entrambi i gruppi clinici mostravano difficoltà motorie se comparati ai bambini TD, ma il gruppo con autismo aveva performance ulteriormente deficitarie rispetto a quello con ADHD. Inoltre, le prestazioni peggiori riguardavano il *catching task* (in cui al bambino veniva richiesto di prendere al volo con una sola mano una pallina lanciata da sé stesso) e una prova che stimolava l'abilità nel mantenere l'equilibrio. Questi risultati suggeriscono che molteplici deficit nelle funzioni motorie possono essere correlati alla presenza di un Disturbo del Neurosviluppo; tuttavia, i deficit nelle attività che coinvolgono il feedback visivo e l'equilibrio statico sono quelli più strettamente associati alla presenza di un Disturbo dello Spettro Autistico. Queste attività richiedono la capacità di integrare le caratteristiche spaziali e temporali del movimento (Whyatt & Craig, 2012), richiedendo aggiustamenti “nel qui ed ora” per il completamento con successo. Questi aggiustamenti in tempo reale sono necessari per coordinare i movimenti dell'intero corpo come camminare, correre e praticare sport.

Il deficit specifico associato all'ASD nella *catching task*, che richiede una rapida integrazione del feedback visivo, è in linea con studi precedenti che suggeriscono che i bambini con ASD sono meno propensi a fare affidamento sul feedback visivo quando imparano un nuovo schema di movimento, mostrando invece una tendenza a fare affidamento sul feedback propriocettivo (Haswell et al., 2009; Izawa et al., 2012).

Reynolds e colleghi (2022) hanno analizzato un campione di bambini con diagnosi di autismo dai 2 ai 17 anni, osservando che nei soggetti con una disabilità intellettiva, era presente una percentuale maggiore di difficoltà motorie, benché esse rimanessero presenti anche nella restante parte del campione. In questo studio le performance fino e grosso-motorie risultano essere fortemente correlate al linguaggio, alla comunicazione e ai domini sociali che sono parte dei criteri diagnostici principali della diagnosi di autismo.

La maggior parte dei bambini considerati in questo studio (Reynolds et al., 2022) hanno raggiunto le tappe motorie fondamentali entro le finestre temporali per il raggiungimento delle tappe motorie precoci delineate dall'Organizzazione mondiale della Sanità (WHO, 2006), tuttavia, numerosi bambini hanno raggiunto le tappe dello sviluppo in ritardo, posizionandosi ai limiti superiori o fuori della norma.

Una caratteristica clinica, quindi, osservata frequentemente nel Disturbo dello Spettro dell'Autismo è la presenza di disfunzioni motorie, come deficit nella preparazione e nella

pianificazione, nelle tempistiche e nell'organizzazione, nel tono della muscolatura, nell'equilibrio e nell'andatura (Ming et al., 2007; Fournier et al., 2010; Maski et al., 2011). Nei prossimi paragrafi verrà particolarmente approfondita la pianificazione motoria e il suo sviluppo.

-CAPITOLO 3-

AUTISMO E PIANIFICAZIONE MOTORIA

INTRODUZIONE

Le atipie motorie nel Disturbo dello Spettro Autistico, come esposto nel precedente capitolo, si rivelano importanti per definire il funzionamento globale degli individui con questa diagnosi. In particolare, la pianificazione motoria può essere uno strumento di comprensione anche di atipie nel funzionamento sociale e comunicativo. Infatti, difficoltà di pianificazione di azioni come la presa (grasping) possono impattare sulle modalità con cui i bambini esplorano, giocano, usano gli oggetti e interagiscono socialmente (Sacrey et al., 2014). In questo capitolo verranno quindi esposte le differenze nello sviluppo della pianificazione motoria tra i bambini a sviluppo tipico e i bambini con una diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico.

3.1 IL MOVIMENTO ANTICIPATORIO E LA PIANIFICAZIONE MOTORIA

Un'interazione efficace con l'ambiente richiede l'abilità di prevedere gli stati futuri e di scegliere, tra vari piani motori, quello che rende possibili i propri obiettivi. Questo processo di selezione è probabilmente operato dal lobo prefrontale (base neurale anche della pianificazione cognitiva) che seleziona i piani motori adeguati prevedendo gli esiti dei propri comportamenti e organizzando i movimenti necessari al raggiungimento di uno scopo specifico (Bäckström et al., 2021). Il sistema motorio, infatti, come confermato da molti studi, funziona in modo predittivo (von Hofsten & Rosander, 2012). La neocorteccia, infatti, regola il comportamento motorio in maniera prospettica in relazione alle relative finalità, simulando il completamento dell'azione e cercando percettivamente una conferma nell'ambiente, costituito da informazioni multimodali (Fogassi et al., 2005). L'alterazione epigenetica dello sviluppo del tronco cerebrale, come si verifica nel Disturbo dello Spettro Autistico, può influenzare in modo significativo la maturazione dell'intenzionalità del comportamento, la pianificazione motoria e la coordinazione, così come l'interazione sociale. Questo avviene attraverso la compromissione dei sistemi neurali che regolano la pianificazione motoria nel tempo e nello spazio (Trevarthen & Delafield-Butt, 2013).

Il movimento degli adulti nell'ambiente avviene in maniera anticipatoria: prevedono le proprie posizioni future durante la pianificazione e l'esecuzione di sequenze di

movimento in modo da rendere minimo il costo dell'azione (Scharoun et al., 2018). Pianificare delle azioni flessibili orientate all'obiettivo risulta complesso poiché è necessario adeguare l'atto motorio ai vincoli ambientali oltre alla scelta di strategie adatte per raggiungere il proprio scopo (Zampella & Bennetto, 2013). Difficoltà di pianificazione motoria, quindi, possono influire negativamente su vari aspetti della vita quotidiana. L'abilità di pianificazione e la tempistica del movimento hanno un ruolo essenziale nella riuscita delle interazioni sociali, avendo quindi un impatto sul funzionamento sociale e comunicativo. Per analizzare le modalità con cui l'individuo si rappresenta gli stati futuri all'inizio di un'azione è possibile considerare alcune variabili motorie presenti prima o durante la realizzazione del movimento (Scharoun et al., 2018). I compiti di presa o di "raggiungimento e prensione" (*reach to grasp movement*) vengono utilizzati per studiare le fasi preliminari di preparazione delle azioni. Effettivamente, il modo in cui gli oggetti vengono afferrati non soltanto è influenzato dall'adattamento alle caratteristiche dell'oggetto per garantire una presa efficace, ma comprende anche processi di pianificazione elaborati che sono impegnati in azioni multifase, come la presa di un oggetto per una successiva manipolazione o per conseguire un obiettivo particolare (Scharoun et al., 2018).

Già nel 1956, Napier teorizzava in una ricerca sul movimento di prensione che la mano, la struttura più complessa del corpo, secondo gli studi sulla cinematica del movimento, che ci permette di capire i processi cognitivi alla base delle azioni (Cavanna et al., 2010), operi in sintonia con le motivazioni che orientano l'azione. Studi successivi, realizzati al fine di analizzare il *reach to grasp movement*, hanno riscontrato che la mano cambia posizione non solo sulla base di come è fatto l'oggetto che deve afferrare (Santello et al., 1998), ma anche dello scopo per cui sta compiendo il movimento (Ansuini et al., 2008). Grazie allo studio dei movimenti anticipatori implicati nel movimento di raggiungimento e di prensione si sono evidenziate differenze tra i bambini a sviluppo tipico e quelli con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico (Hughes, 1996; Cattaneo et al., 2007; Fabbri-Destro et al., 2009; Brisson et al., 2012; Scharoun & Bryden, 2016).

3.1.1 MOVIMENTI ANTICIPATORI ED “EFFETTO COMFORT ALLO STATO FINALE”

Trevarthen & Delafield-Butt, (2013) definiscono l’ASD come disturbo del movimento anticipatorio e secondo l’APA *Dictionary of Psychology* (2007) un movimento anticipatorio è basato su:

- a. Cambiamenti previsti nell’ambiente (per esempio, movimenti regolari predittivi degli occhi o movimenti delle mani per seguire uno stimolo in movimento);
- b. Necessità posturali previste (per esempio, mantenere l’equilibrio mentre si cambia arto);
- c. Preparazione per un’azione imminente (p.e., movimenti di pre-posizionamento, come l’arrotondamento delle labbra nel discorso o della mano per raggiungere e afferrare un oggetto).

Quando viene eseguita un’azione con un obiettivo, si è portati ad impiegare un’iniziale presa scomoda quando si inizia il movimento per ottenere una postura comoda durante la sua realizzazione: l’effetto comfort allo stato finale (*ESC- end-state comfort*) è un esempio di movimento anticipatorio (Rosenbaum et al., 1990; Figura 5).

Rosenbaum e colleghi (1990) hanno studiato la pianificazione motoria durante una prova manipolativa, chiedendo ai partecipanti di prendere una barra posizionata in orizzontale. Gli autori hanno registrato la posizione della mano durante il movimento di presa. L’asta doveva essere inserita in un bersaglio posizionato a destra o a sinistra: nel primo caso i partecipanti dovevano svolgere una rotazione di 90° e l’oggetto veniva afferrato con una presa radiale, nel secondo caso con una presa ulnare (Pereira et al., 2019). Questo tipo di compito è stato utilizzato ripetute volte per far emergere la componente anticipatoria della pianificazione negli adulti (Rosenbaum et al., 2012; Scharoun et al., 2018). Questo tipo di processo necessita di un miglioramento delle abilità cognitive e sensomotorie in modo da permettere che l’individuo scelga, tra diverse possibilità, una successione di movimenti, tenendo presente lo scopo dell’azione e le proprietà fisiche dell’oggetto che deve afferrare (Scharoun et al., 2018).

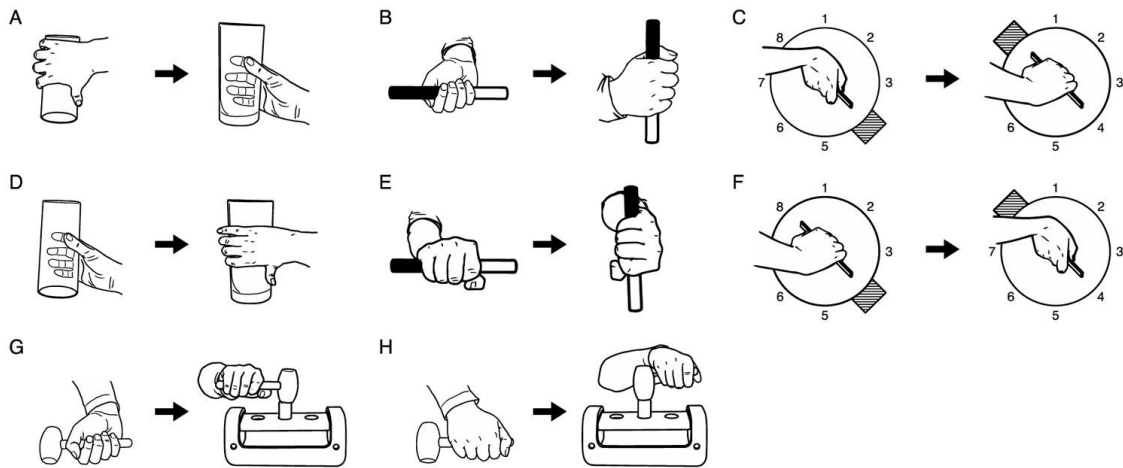


Figura 5 Configurazioni della mano per la presa con comfort dello stato finale (A, B, C e G) o comfort dello stato iniziale (D, E, F e H)

Fonte: Adattato da Comalli et al., 2016

3.2. LA PIANIFICAZIONE MOTORIA NEI BAMBINI A SVILUPPO TIPICO

Per completare un'azione motoria, come ad esempio raggiungere un blocco per costruire una torre, è necessario sviluppare prima un piano motorio. La pianificazione motoria coinvolge la sequenza di comandi motori che convertono lo stato attuale del proprio corpo nello stato desiderato. Quindi, quando costruisce una torre, un bambino deve formulare un piano che preveda di sollevare la mano, estenderla verso un blocco, modellare le dita per afferrare il blocco e quindi trasportare il blocco sul tavolo per iniziare la costruzione (Sacrey et al., 2014). I bambini a sviluppo tipico sono in grado di prevedere le contingenze ambientali e cambiare il loro modo di agire sulla base di queste, questo perché possiedono una sensibilità alla ripetizione degli eventi che rende loro possibile l'interazione efficace con l'altro (Brisson et al., 2012).

Spostare e collocare una barra di legno all'interno di una fessura, maneggiare un bicchiere, prendere un cucchiaino o altri oggetti comuni disposti in varie posizioni, e maneggiare un libro sono i compiti più utilizzati negli studi sulla pianificazione motoria (Pereira et al., 2019). Grazie alle ricerche sulla pianificazione motoria effettuate sugli adulti, è stato dimostrato che i bambini sviluppano capacità manipolative simili a quelle degli adulti a circa nove anni (Pereira et al., 2019). Questa abilità si sviluppa principalmente nell'arco di età compreso tra i 3 e i 12 anni, con una crescita più significativa che si verifica di solito tra i 5 e gli 8 anni nella maggior parte dei bambini (Wunsch et al., 2013).

3.2.1 LA PIANIFICAZIONE MOTORIA NEI BAMBINI A SVILUPPO TIPICO IN ETÀ PRESCOLARE

Il primo tipo di pianificazione che adotta il bambino è retrospettiva, ovvero si rappresenta gli obiettivi senza includere i mezzi per arrivare a questi, e quindi adatta la posizione della mano in base al feedback sensoriale che riceve dopo aver toccato l'oggetto che deve afferrare (Lockman et al., 1984). Già a 8 mesi, però, il bambino riesce ad usare il feedback visivo per modificare la propria azione e adattare la propria presa, alla forma, alla grandezza e all'orientamento dell'oggetto che deve afferrare, mentre ci si avvicina, utilizzando quindi una pianificazione motoria di primo ordine (Rosenbaum et al., 2012).

In uno studio del 1999, McCarty e colleghi hanno posto, di fronte a bambini di 9, 14 e 19 mesi, un cucchiaio pieno di cibo rivolto casualmente verso destra o sinistra. Ciò consentiva di osservare il comportamento del bambino durante una routine quotidiana. Confrontando il gruppo più piccolo con quelli di età maggiore, gli autori hanno osservato che i bambini più piccoli scelgono di utilizzare la mano dominante senza considerare l'orientamento del cucchiaio e dovendo quindi correggere e adattare la presa successivamente. Diversamente i bambini più grandi valutano la posizione di partenza prima di scegliere una strategia d'azione. A 14 e 19 mesi i bambini cambiano a seconda del compito la mano con cui afferrano il cucchiaio conseguendo una presa radiale efficace con la base del pollice verso l'estremità del cucchiaio (McCarty et al., 1999). Gli studiosi hanno individuato tre diverse strategie di pianificazione sulla base dell'età: i bambini di 9 mesi valutano i risultati esterni del proprio movimento e di conseguenza lo modificano (utilizzando una "strategia di feedback"), il secondo gruppo invece si corregge mentre trasporta il cucchiaio (utilizza una "strategia parzialmente pianificata") e il gruppo di 19 mesi considera l'orientamento dell'oggetto prima di iniziare il movimento e quindi valuta sia lo scopo dell'azione che i mezzi per conseguirlo (McCarty et al., 1999). Il terzo gruppo utilizza quindi una presa iniziale scomoda (utilizzando la mano non dominante) per mangiare senza far cadere il cibo, rappresentando, almeno in parte, l'effetto comfort allo stato finale (Jovanovic & Schwarzer, 2011).

Dai risultati di uno studio di McCarty e colleghi del 2001 si evince che i bambini dai 9 ai 24 mesi utilizzano in misura maggiore una presa radiale più efficiente, in cui un oggetto viene afferrato con il pollice rivolto verso la testa dello stesso quando il compito richiesto è un'azione autodiretta, evidenziando una migliore pianificazione motoria. In questo studio veniva chiesto ai bambini di utilizzare degli oggetti, posti con orientamento casuale, per svolgere delle azioni semplici verso di sé o verso un compagno, come per

esempio spazzolare i capelli, battere dei chiodi con un martello giocattolo, recuperare degli oggetti di metallo con un magnete, impugnare un cucchiaio (McCarty et al., 2001).

Un compito ampiamente utilizzato, anche per la sua natura ecologica, per osservare l'effetto comfort allo stato finale, è l'Overturned Glass Task (compito del bicchiere rovesciato) in cui il bambino deve afferrare un bicchiere rovesciato, ruotarlo e versarvi dell'acqua utilizzando una caraffa. Adalbjornsson e colleghi, nel 2008, in uno studio che utilizzava questo compito, hanno chiesto a 40 bambini di età compresa tra i 2 e i 6 anni di sedersi ad un tavolo ed eseguire 3 prove senza alcuna previa familiarizzazione con gli strumenti. All'interno del gruppo di bambini tra i 24 e i 42 mesi, solo il 20% ha afferrato il bicchiere con il pollice in giù e ruotandolo poi di 180°, mentre tra i 5 e i 6 anni, la percentuale saliva al 35%, rendendo evidente che in età prescolare, la maggioranza dei bambini non manifesta ancora l'effetto comfort allo stato finale (Adalbjornsson et al., 2008). Anche uno studio successivo di Crajé e colleghi del 2010 ha confermato che un miglioramento della pianificazione motoria all'aumentare dell'età in gruppi di bambini di 3, 4, 5 e 6 anni, valutati tramite un compito che consisteva nell'introdurre una spada di legno in un foro stretto in un blocco di legno (Fig. 6). I bambini più giovani (di età compresa tra i 3 e i 4 anni) nella maggior parte delle prove, utilizzavano una postura di partenza confortevole per afferrare la spada, il che risultava in una postura finale scomoda. Questo risultato suggerisce che a questa età non vi è ancora il movimento anticipatorio. Per i bambini più grandi (di età compresa tra i 5 e i 6 anni), la proporzione di posture finali confortevoli era più elevata, suggerendo un livello maggiore di pianificazione anticipatoria rispetto ai bambini di 3 e 4 anni. Tuttavia, nel complesso, i bambini più grandi non raggiungevano un livello simile agli adulti, poiché non mostravano una pianificazione della postura finale in tutte le prove, suggerendo che la pianificazione non è ancora simile a quella degli adulti all'età di 6 anni (Crajé et al., 2010).

Valutando i bambini tra i 18 e i 42 mesi, Jovanovic e Schwarzer (2011) hanno individuato l'impiego di alcune strategie di pianificazione già a 18 mesi che migliorano significativamente a 24 mesi, in un compito che consisteva nell'afferrare un'asta e nell'introdurla in un cilindro cavo in modo che si illuminasse. Allo stesso modo, Jung e colleghi (2015), osservando un gruppo di bambini di età compresa tra i 16 e i 33 mesi, hanno rilevato che, l'utilizzo di una pianificazione spaziale correlava positivamente con l'età: i soggetti più grandi compiono percorsi più brevi ed evitano di ruotare l'oggetto quando non è essenziale.

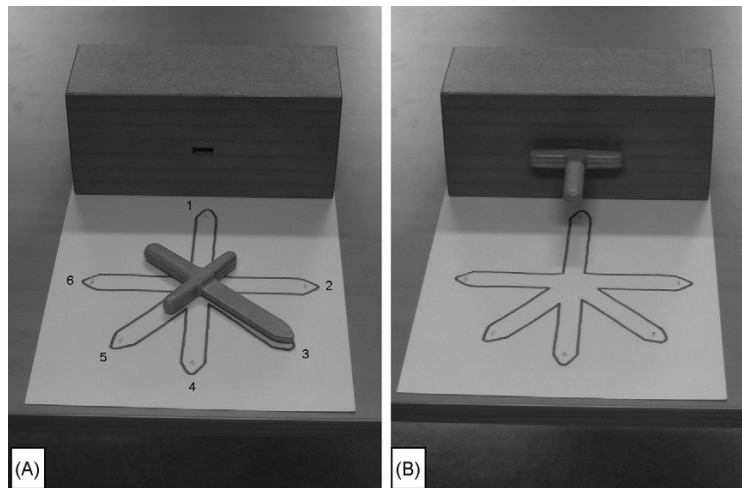


Figure 6: L'impostazione sperimentale dal punto di vista dei partecipanti, con la spada nella posizione di partenza, 3 in questa particolare prova (A). La posizione finale richiesta è mostrata in (B). Le posizioni di partenza sono state numerate da 1 a 6 in senso orario. La posizione della spada con la lama rivolta verso la posizione del bersaglio è stata designata come posizione 1.

Adattato da: Crajé, C., Aarts, P., Nijhuis-van der Sanden, M., & Steenbergen, B. (2010).

In un ulteriore studio di Knudsen e colleghi (2012) sono stati valutati bambini dai 3 agli 8 anni in due compiti che esplorano la pianificazione anticipatoria: il compito del bicchiere rovesciato (overturned glass task), il compito di trasporto della barra (bar-transport task: in cui con una mano dovevano inserire un'asta in un cubo con un foro al centro direttamente o ruotandola di 180° Fig.7).

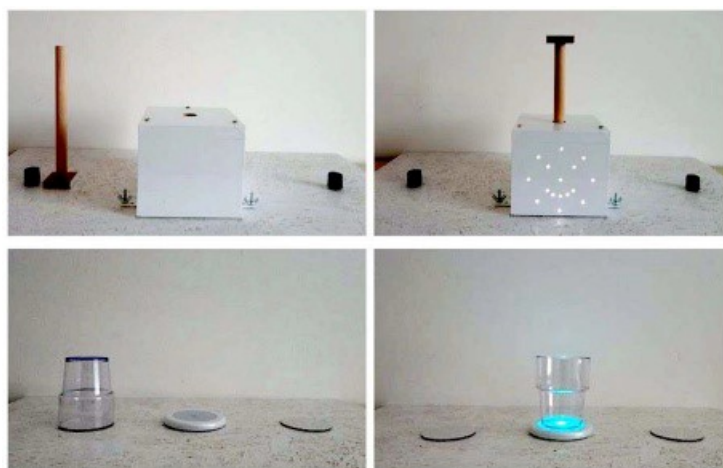


Figure 7: Compito di trasporto della barra e del bicchiere rovesciato.
Fonte: Knudsen, Henning, Wunsch, Weigelt e Aschersleben (2012).

Nel compito di trasporto della barra si evidenzia un aumento dell'effetto di comfort allo stato finale da 13 a 94% tra i bambini di 3 e quelli di 8 anni, mentre nel compito del bicchiere rovesciato la percentuale passa da 63 a 100% (Knudsen et al., 2012). La familiarità con il bicchiere, ha aiutato i bambini di 3 e 4 anni a migliorare la propria

capacità di pianificazione motoria nel compito del bicchiere rovesciato rispetto a quello di trasporto della barra (ibid.).

Quello che si riscontra valutando le abilità anticipatorie nei bambini a sviluppo tipico in età prescolare, è che questa capacità emerge molto precocemente, sviluppandosi e raggiungendo livelli di complessità crescenti durante lo sviluppo. Inizialmente facendo uso di una pianificazione retroattiva per poi sviluppare dei piani motori sempre più efficaci, aderendo parzialmente già a 19 mesi all'effetto comfort allo stato finale.

3.2.2 LA PIANIFICAZIONE MOTORIA NEI BAMBINI A SVILUPPO TIPICO DALL'ETÀ SCOLARE ALL'ETÀ ADULTA

La pianificazione motoria anticipatoria (valutata con la stessa prova dello studio di Crajé e colleghi del 2010, vedi Fig. 6) aumenta costantemente tra i 3 e i 10 anni, visto che i bambini più grandi pianificano più spesso le loro azioni secondo l'ESC se paragonati ai bambini più piccoli (Jongbloed-Pereboom et al., 2013). Nello studio condotto da Van Swieten e colleghi (2010), i bambini di 9-14 anni eseguono più spesso un compito di rotazione di una maniglia secondo l'effetto di comfort allo stato finale rispetto ai bambini di 5-8 anni, anche se non così frequentemente come gli adulti. D'altra parte, Thibaut e Toussaint (2010) riportano che la pianificazione motoria raggiunge lo stesso livello di ESC degli adulti a 10 anni (con una percentuale di posture finali comode del 90% circa). Le differenze in questo caso potrebbero risultare dalla diversa difficoltà dei compiti usati nei due studi.

È interessante notare che Jongbloed-Pereboom e colleghi (2013) hanno osservato una diminuzione nella pianificazione motoria a 9 anni di età. Sorprendentemente, i bambini di 9 anni hanno ottenuto risultati inferiori nel compito di pianificazione motoria non solo rispetto ai bambini di 10 anni, ma anche di quelli di 8 anni. Thibaut e Toussaint (2010) hanno riportato una caduta simile nella pianificazione motoria nel loro studio, con i bambini di 8 anni che si sono comportati peggio rispetto a quelli di 6 anni. Thibaut e Toussaint hanno sostenuto che questo effetto può essere causato dalla riorganizzazione motoria intorno all'età di 8 o 9 anni, quando i bambini tengono conto di più indizi nell'esecuzione del compito di pianificazione motoria rispetto ai bambini più giovani. Si presume che a 8 anni non integrino ancora sufficientemente questi indizi nelle loro azioni rispetto ai bambini di 10 anni. Questa supposizione è supportata da studi di neuroimaging in cui viene mostrato che il cervello a questa età subisce evidenti cambiamenti nella materia bianca e grigia, specialmente nella corteccia prefrontale (Casey et al., 2005).

Anche secondo Scharoun & Bryden, 2014 lo sviluppo dell'abilità di pianificazione è graduale e costante a partire dall'età prescolare fino alla prima adolescenza, per poi completarsi in età adulta. Scharoun e Bryden, nel 2014 hanno sottoposto bambini dai 3 ai 12 anni, e un gruppo di adulti, a due diversi compiti:

- Un compito bimanuale, in cui il soggetto doveva afferrare un bicchiere e versarvi dell'acqua utilizzando una caraffa;
- Un compito unimanuale in cui doveva passare il bicchiere allo sperimentatore, il quale gli avrebbe versato dell'acqua.

La percentuale di prove in cui veniva rispettato l'effetto comfort allo stato finale cresceva all'aumentare dell'età in entrambi i compiti (Scharoun & Bryden, 2014).

Wilmot e Byrne (2014), propongono una visione interessante dell'effetto comfort allo stato finale, sostenendo che è sempre stato trattato come una variabile categoriale (un movimento può finire in modo confortevole oppure no). La misurazione di una variabile in questo modo, manca di precisione e potrebbe plausibilmente oscurare gli effetti legati all'età, per il quale i bambini progressivamente concludono i movimenti in posizioni più comode, le quali però non verrebbero definite come "comode". Nel loro studio quindi Wilmot e Byrne (2014) hanno quantificato l'ESC usando giudizi indipendenti di ogni posizione della mano. Questi dati dimostrano che i bambini di 10-12 anni concludono i movimenti con lo stesso grado di comfort degli adulti, ma che i bambini più piccoli, di 7-9 anni e di 4-6 anni mostrano dei movimenti che concludono in posizioni meno confortevoli. Più specificamente, tuttavia, i dati considerati suggeriscono che l'abilità di selezionare prese per l'effetto comfort allo stato finale si sviluppa tra i 10 e i 12 anni di età e che esiste una chiara traiettoria di sviluppo, con l'età in mesi che predice direttamente la valutazione del comfort finale. Questo trend evolutivo è guidato da una riduzione nel numero di movimenti scomodi che diminuisce mentre l'età cresce piuttosto che una differenza sostanziale tra movimenti confortevoli (ibid.). Questo studio conferma quelli precedentemente menzionati, aumentando la precisione nella descrizione del fenomeno e mettendo l'accento sulla gradualità dello sviluppo di questa abilità.

Wunsch e colleghi (2015) hanno sospeso una tazza all'interno di un'apparecchiatura in posizione eretta o capovolta e hanno chiesto a bambini con un'età media di 8 anni, di 10 anni e a degli studenti universitari di rimuovere la tazza afferrando il manico per estrarre un giocattolo fissato all'interno. Anche in questo caso, l'effetto comfort allo stato finale

era maggiormente presente nei bambini più grandi rispetto a quelli di età inferiore. In contrasto, quasi tutti gli adulti hanno dimostrato l'ESC (Wunsch et al., 2015).

Le abilità di pianificazione della scelta della presa dopo l'adolescenza si sviluppa invece, secondo Fuelscher e colleghi (2016), lungo una traiettoria non lineare. Infatti, nel loro studio, hanno osservato un notevole miglioramento tra i 6 e i 12 anni (misurato come la percentuale di prove di selezione della presa che si concludono con l'uso dell'ESC) e miglioramenti più sottili in seguito nell'adolescenza e nell'età adulta.

La pianificazione motoria sembra quindi svilupparsi in modo graduale dall'età prescolare alla preadolescenza, con un rallentamento intorno a 8 o 9 anni e raggiungendo la performance adulta durante la prima adolescenza, continuando poi a migliorare in maniera meno evidente durante l'adolescenza. Inoltre, i risultati analizzati in questi paragrafi sembrano indicare che l'abilità di pianificazione motoria secondo l'ESC si sviluppi in rapporto allo sviluppo senso-motorio (Scharoun et al., 2018; Pereira et al., 2019). Lo sviluppo del controllo motorio nella sua totalità sembra avvenire tra i 3 e i 10 anni: sviluppandosi precedentemente le aree sensoriali e motorie, e successivamente le aree di ordine superiore, come la corteccia prefrontale (ibid.). Seguendo questi risultati, le atipie senso-motorie identificate nei bambini con Disturbo dello Spettro Autistico, potrebbero portare a deficit nella pianificazione e nell'anticipazione cognitiva, poiché la pianificazione motoria combina il dominio motorio con quello cognitivo.

3.3 LA PIANIFICAZIONE MOTORIA NEI BAMBINI CON DISTURBO DELLO SPETTRO AUTISTICO

Come abbiamo visto nel paragrafo 2.1.3. i bambini con Disturbo dello Spettro Autistico presentano un deficit primario nella percezione e nel movimento del proprio corpo (Trevarthen & Delafield-Butt, 2013). A partire da questi dati alcuni studiosi si sono focalizzati specificatamente sulla pianificazione motoria e sulla valutazione dei movimenti manuali sequenziali con uno scopo definito (Hughes, 1996; Cattaneo et al., 2007; Fabbri-Destro et al., 2009; Brisson et al., 2012; Scharoun & Bryden, 2016; Bäckström et al., 2021).

Già Kanner (1943) aveva evidenziato che i bambini con ASD non allargavano le braccia per anticipare il momento in cui i genitori li avrebbero afferrati, nel momento in cui questi provavano a prenderli in braccio e per questo aveva ipotizzato un ritardo o un'assenza dell'anticipazione motoria nei bambini con questa diagnosi. Anche Sauvage (1988) ha

dimostrato che i bambini con Disturbo dello Spettro dell'Autismo, non prevedono le conseguenze e quindi non modificano il proprio comportamento per adattarsi a queste. Infatti, questi bambini non mettono le braccia davanti al loro corpo quando stanno cadendo, per proteggersi (ibid.).

Schmitz e colleghi (2003) hanno studiato l'anticipazione motoria in un gruppo di bambini di età compresa tra 6 e 11 anni con un quoziente intellettivo superiore a 70, tramite un compito bimanuale di sollevamento di un carico che richiede la coordinazione di diverse azioni, e durante un compito posturale. Questo studio ha chiaramente indicato un'insufficienza nella funzione di anticipazione posturale nei bambini autistici. Il controllo retroattivo sostituisce il controllo proattivo nei bambini autistici, garantendo però comunque che la prestazione possa essere mantenuta durante un compito di coordinazione bimanuale (ibid.). Le difficoltà di pianificazione motoria nei bambini con ASD si osservano anche negli studi che indagano i *reach-to-grasp movements*, nei quali si osservano tempi di latenza e durata del movimento maggiori se comparati ai coetanei di varie età a sviluppo tipico (Sacrey et al., 2014).

3.3.1 LO SVILUPPO DELLA PIANIFICAZIONE MOTORIA NEI BAMBINI AD ALTO RISCHIO DI ASD E CON ASD IN ETÀ PRESCOLARE

I bambini molto piccoli con Disturbo dello Spettro Autistico mostrano già disfunzioni nei processi cognitivi di *feedforward* che comportano un bisogno maggiore di modificare, nelle fasi successive alla prima, il proprio movimento quando questo è composto da varie azioni in sequenza (Fabbri-Destro et al., 2009). Già nei primi mesi di vita nei bambini di 4-6 mesi che verranno poi diagnosticati come ASD, si rileva un deficit nell'aprire anticipatamente la bocca quando un cucchiaino viene portato alla bocca durante l'alimentazione (Brisson et al., 2012).

In un ulteriore esperimento condotto su bambini di sei mesi con diversi livelli di rischio di sviluppare il Disturbo dello Spettro Autistico, è stata analizzata la capacità di integrare le caratteristiche visive con quelle motorie e l'anticipazione motoria durante un'attività di gioco dinamica e interattiva con una palla. Inoltre, è stata valutata la loro competenza sociale all'età di quattordici mesi (Landa et al., 2016). Dai risultati ottenuti si è osservato che i neonati ad alto rischio di ASD avevano una minor probabilità di manifestare una risposta motoria anticipatoria, che consiste nel movimento del braccio o della mano per afferrare la palla, rispetto al gruppo di controllo. Nel gruppo ad alto rischio, la presenza

di una risposta anticipatoria emergente a 6 mesi di età era associata a un aumento nei livelli di osservazione dei volti a 14 mesi (ibid.).

Un ulteriore studio condotto da Forti e colleghi del 2011 ha eseguito delle registrazioni cinematiche in un compito di raggiungimento e rilascio di un oggetto (*reach and drop task*) che sono state poi confrontate tra 12 bambini in età prescolare con ASD senza disabilità intellettiva e 12 bambini di pari sesso ed età a sviluppo tipico. L'obiettivo dello studio era di investigare se le anomalie motorie nell'ASD possano dipendere più da un disfunzionamento delle capacità di pianificazione, come suggerito da Glazebrook e colleghi (2006), o da un deficit di controllo motorio, come suggerito da Mari e colleghi (2003). In generale, le parti iniziali del movimento dovrebbero essere determinate dai processi di pianificazione; mentre il movimento progredisce, una graduale transizione dai processi di pianificazione a quelli di controllo dovrebbe consentire correzioni fluide anziché brusche (Wolpert & Ghahramani, 2000). Il compito sperimentale consisteva nel trasportare una palla di gomma da un supporto posizionato sul tavolo, fino a un foro nel quale la palla doveva essere lasciata cadere (Fig.8). I dati risultanti da questo studio supportano l'ipotesi che le anomalie motorie nell'autismo possano essere determinate sia da un'interruzione nell'integrazione tra pianificazione e controllo, sia da una capacità limitata nel processo di pianificazione, poiché i partecipanti con autismo potrebbero essere stati in grado di pianificare solo l'inizio del movimento, lasciando le fasi finali alla pianificazione ulteriore in tempo reale, con importanti conseguenze sull'ottimizzazione del tempo per portare a termine il movimento (Forti et al., 2011).

Osservando bambini di 4 e 5 anni mentre afferrano oggetti di grandezza differente, si rilevano atipie nella regolazione motoria della presa manuale. I tempi che i bambini impiegano per raggiungere gli oggetti sono significativamente più lunghi rispetto a quelli dei bambini TD (Campione et al., 2016). Nello specifico, in linea con le scoperte di Glazebrook e colleghi. (2006) la durata della fase anticipatoria del movimento di estensione è significativamente maggiore nei bambini con ASD (Campione et al., 2016). Inoltre, l'ipotesi che un aumento dei tempi di raggiungimento dell'oggetto nei partecipanti con ASD sia specificamente correlato alla fase basata sull'anticipazione del movimento, che è probabilmente compromessa, sembra essere supportata dai risultati di questo studio (ibid.).

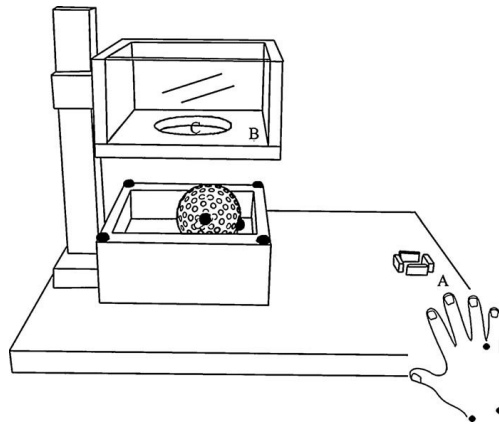


Figura 6 La cinematica del movimento è stata misurata nel movimento necessario per trasportare una pallina di gomma dal suo supporto (A) a una scatola quadrata trasparente (B), dove poteva essere lasciata cadere in un foro (C).

Adattato da: Forti, S., Valli, A., Perego, P., Nobile, M., Crippa, A., & Molteni, M. (2011). Motor planning and control in autism. A kinematic analysis of preschool children. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(2), 834-842.

Le atipie nella pianificazione motoria sono quindi presenti nei bambini con ASD già durante i primi mesi di vita e in età prescolare e sono indipendenti dalla presenza di una Disabilità Intellettiva.

3.3.2 LO SVILUPPO DELLA PIANIFICAZIONE MOTORIA NEI BAMBINI CON ASD IN ETÀ SCOLARE

L'abilità di pianificazione motoria in età scolare è stata studiata da diversi studi, Cattaneo e colleghi (2007) hanno registrato l'attività elettrica muscolare nel movimento di apertura della bocca, in bambini a sviluppo tipico e con Disturbo dello Spettro Autistico a cui era richiesto di prendere del cibo e portarlo alla bocca. Nei bambini con ASD l'attività muscolare rimane costante durante i movimenti di raggiungimento e di presa, aumentando solo nella fase finale, quando i bambini portano il cibo alla bocca; diversamente nei bambini a sviluppo tipico l'attività aumenta in anticipo rispetto al momento in cui il bambino raggiunge il cibo e continua a salire fino a toccare la massima intensità durante l'apertura della bocca (Cattaneo et al., 2007).

Fabbri-Destro e colleghi (2009) hanno richiesto a bambini di 10 anni con ASD di compiere due sequenze di tre azioni motorie: andare a prendere un oggetto, afferrarlo e inserirlo in una scatola di due dimensioni diverse, in base al compito (Fig.9). L'unico movimento che cambia in base alla difficoltà del compito è l'ultimo della sequenza, mentre i primi due rimangono invariati. I risultati indicano che la cinematica del primo movimento non è influenzata dalla complessità del compito nei bambini con ASD, suggerendo che essi potrebbero non essere in grado di pianificare un'azione in modo globale e predittivo. Invece, sembrano programmare ogni singolo atto motorio in modo

indipendente dagli altri, evidenziando un deficit evidente nella concatenazione motoria (ibid.).

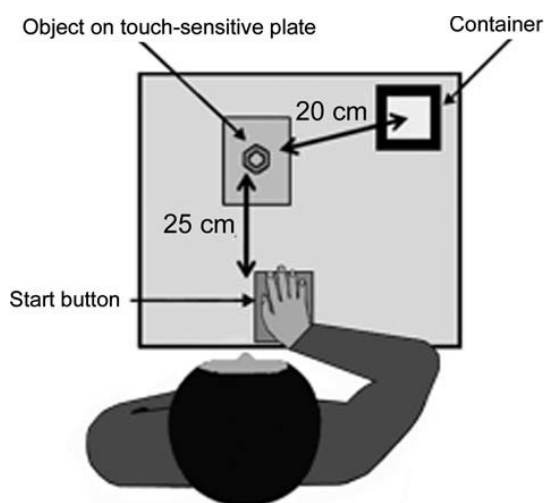


Figura 7 Il bambino è seduto con la mano destra appoggiata sul pulsante di avvio e gli viene richiesto di prendere un oggetto metallico dal piatto e di lasciarlo cadere in un contenitore, che è alternativamente grande o piccolo, secondo un ordine pseudo-casuale. Il pulsante di avvio e il piatto sono collegati a un circuito elettrico.

Adattato da: Fabbri-Destro, M., Cattaneo, L., Boria, S., & Rizzolatti, G. (2009). Planning actions in autism. *Experimental Brain Research*, 192(3), 521–525.

Scharoun e Bryden, in uno studio del 2016, hanno rilevato che le difficoltà nell'unire i movimenti in modo sequenziale e un minor adattamento all'ESC rispetto ai coetanei a sviluppo tipico, rimangono anche in età scolare. Infatti, hanno impiegato il compito del bicchiere rovesciato su bambini con ASD di età compresa tra 5 e 11 anni. A questi bambini è stato richiesto di versare acqua in un bicchiere o di consegnarlo al ricercatore. L'effetto comfort allo stato finale era evidente quando i partecipanti impugnavano il bicchiere con il pollice rivolto verso il basso, eseguivano una rotazione di 180° e terminavano con il pollice in alto. Al contrario, la percezione di comfort nella fase iniziale (BSC - Beginning State Comfort) poteva essere notata quando i partecipanti consegnavano il bicchiere in posizione verticale al ricercatore (Scharoun & Bryden, 2016). I risultati indicano che non solo, separando il campione di ricerca in due gruppi (5-8 anni e 9-11 anni), si evidenzia che i bambini dai 5 agli 8 anni mostrano meno l'effetto comfort allo stato finale rispetto ai bambini più grandi e ai bambini a sviluppo tipico; ma anche, comparando i bambini di 5-8 anni con ASD e i bambini di 5-8 anni TD, e i bambini di 9-11 anni con ASD e bambini di 9-11 anni TD, i risultati hanno mostrato un minor comfort nello stato finale indipendentemente dall'età nei bambini con ASD e nessuna differenza nel comfort allo stato iniziale, riflettendo la tipicità del compito e una risposta

determinata dallo stimolo anziché un'azione che implichi una pianificazione anticipata (ibid.).

Rodgers e colleghi (2019) hanno esaminato dei compiti di *reach to grasp* unimanuali e bimanuali in giovani con ASD e coetanei TD con un'età media di 10 anni per capire come la performance motoria cambiasse con l'aumentare della complessità del compito che consisteva nel raggiungere ed afferrare dei cubi che si illuminavano. Sono state riscontrate correlazioni significative tra il gruppo clinico, la complessità del compito e l'età per il tempo di latenza (IT) e il tempo di movimento (MT). In particolare, i bambini più grandi in entrambi i gruppi hanno iniziato ed eseguito i loro movimenti più velocemente nella condizione unimanuale rispetto alle condizioni bimanuali, sebbene i bambini più grandi con ASD abbiano prodotto tempi più lenti rispetto ai loro coetanei a sviluppo tipico in tutte e tre le condizioni. Sorprendentemente, i bambini più piccoli con ASD hanno avuto tempi simili ai loro coetanei nella condizione unimanuale, ma non hanno rallentato significativamente questi tempi per adattarsi alla complessità dei compiti bimanuali (ibid.). È stato quindi ipotizzato che abbiano scelto di riutilizzare i piani motori che erano stati generati per le prove unimanuali piuttosto che generare piani motori più appropriati per i compiti bimanuali (Rodgers et al., 2019).

Anche Bäckström e colleghi (2021) evidenziano che i bambini con ASD di 6 anni mostrano una pianificazione meno competente e movimenti più segmentati dei coetanei a sviluppo tipico. I bambini hanno eseguito un compito manuale sequenziale diretto ad un obiettivo di trasporto di un perno semicircolare da un supporto di partenza a un supporto di destinazione (Fig. 10). Il risultato più evidente è stato che i bambini con ASD avevano una minore capacità di regolare preventivamente il movimento dei perni rispetto ai bambini TD. Le difficoltà nell'esecuzione dei movimenti nel gruppo ASD si manifestavano principalmente alla fine del movimento sequenziale, cioè nella fase di adattamento. Ciò è molto probabilmente correlato a una pianificazione motoria meno ottimale (Bäckström et al., 2021).

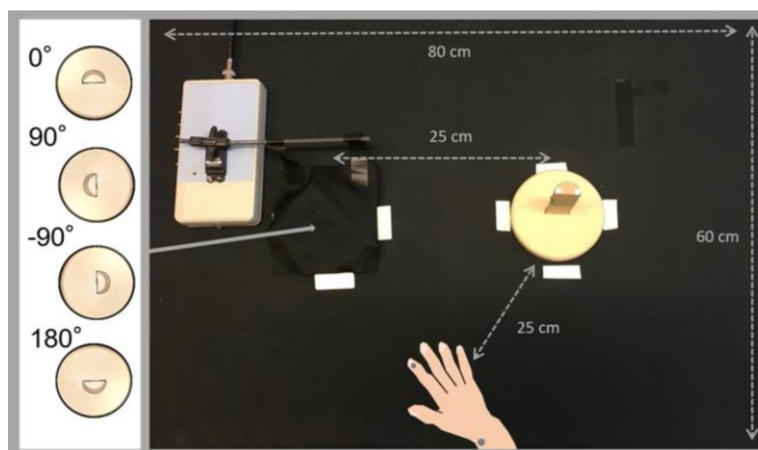


Figura 8 Illustrazione dell'apparato sperimentale. Il perno è posizionato nel supporto di partenza a destra, pronto per essere afferrato, trasportato e inserito nella fessura obiettivo (oscurata sotto il tessuto a sinistra) quando una delle quattro diverse orientazioni della fessura obiettivo (illustrate nel pannello a sinistra) diventa visibile.

Adattato da: Bäckström, A., Johansson, A. M., Rudolfsson, T., Rönnqvist, L., von Hofsten, C., Rosander, K., & Domellöf, E. (2021). Motor planning and movement execution during goal-directed sequential manual movements in 6-year-old children with autism spectrum disorder: A kinematic analysis. *Research in developmental disabilities*, 115, 104014.

Questi risultati, secondo Bäckström e colleghi, indicano la mancanza di una rappresentazione interna dell'oggetto e dell'interazione con esso (deficit nella coerenza centrale), che porta all'uso dei feedback ambientali anziché a una modalità di controllo feedforward. Questo suggerisce difficoltà nell'anticipare la postura più efficace per afferrare un oggetto nei bambini affetti dal Disturbo dello Spettro Autistico (Bäckström et al., 2021).

I risultati considerati in questi paragrafi mettono in evidenza come le atipie nello sviluppo della pianificazione motoria nei bambini con diagnosi (accertata o probabile) di ASD siano presenti molto precocemente e riscontrabili in azioni comuni come alimentarsi e diventino sempre più evidenti all'aumentare della difficoltà del compito, rispecchiando lo sviluppo motorio generale. In età scolare i bambini con Autismo sembrano riuscire a pianificare un singolo atto motorio senza unire i movimenti in modo sequenziale e concatenato, adattando i loro movimenti in maniera minore rispetto ai loro coetanei all'ESC ed eseguendoli in tempi maggiori. Questi risultati, inoltre, sembrano essere indipendenti dall'età.

CONCLUSIONI

L'analisi della pianificazione motoria potrebbe fornire informazioni precoci riguardo ai deficit nei processi cognitivi del Disturbo dello Spettro Autistico (Sacrey et al., 2014). Ulteriori ricerche sono necessarie poiché altri studi non hanno evidenziato differenze significative tra bambini con e senza ASD in alcune misurazioni, come la durata del movimento, i tempi di latenza, le modalità di preparazione alla presa, la sensibilità all'ESC e il concatenamento di azioni (Van Swieten et al., 2010; Dowd et al., 2012; Pascolo & Cattarinussi, 2012; Campione et al., 2016; Ansuini et al., 2018; Bäckström, et al., 2021). Le differenze rintracciabili in letteratura possono essere ricondotte alle differenze di età comprese nei campioni e alle fasce di età molto estese considerate in alcune ricerche (Mari et al. 2003; Cattaneo et al. 2007; van Swieten et al., 2010; Stoit et al., 2013 Scharoun & Bryden, 2016; Bäckström, et al., 2021). Oltre a ciò, Rodgers e colleghi (2019) in uno studio in cui hanno messo a confronto la pianificazione motoria in bambini con ASD e coetanei TD, dimostrano che quest'ultima differisce tra i due gruppi in relazione alla difficoltà del compito e all'età dei bambini. Per questo motivo, è rilevante esaminare gli aspetti della pianificazione e dell'esecuzione motoria in bambini della stessa fascia d'età, poiché sembra che l'interazione tra la complessità del compito e lo sviluppo del bambino abbia un impatto dinamico sulla cinematica atipica evidenziata nell'ASD (Bäckström et al., 2021). È importante infine sottolineare come l'abilità di pianificazione motoria possa essere, nei bambini con ASD, influenzata dalla variabilità individuale, dall'alta presenza di comorbidità e dallo sviluppo neurologico eterogeneo all'interno di questo gruppo clinico (Cavallo et al., 2018).

Alla luce delle evidenze scientifiche riportate in questi capitoli, nel quarto capitolo verrà esposto un progetto di ricerca che cerca di ridurre alcune lacune nella letteratura, valutando le performance di anticipazione motoria tramite il compito del bicchiere rovesciato (*Overtuned Glass Task*) in bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico confrontandole con quelle di un gruppo bambini a sviluppo tipico e con il loro Funzionamento Esecutivo nella vita quotidiana riferito dai genitori.

- CAPITOLO 4 -

STUDIO SPERIMENTALE

4.1. OBIETTIVI E IPOTESI DELLO STUDIO

Questo studio nasce per analizzare la performance motoria e cognitiva in bambini con Disturbo dello Spettro Autistico in età scolare e prescolare (4 anni e 10 mesi – 11 anni e 5 mesi) in due prove di pianificazione, una motoria e una cognitiva. Il disegno sperimentale di questa ricerca deriva da due precedenti tesi magistrali (Venturini, 2021; Cocchi, 2022) e dal mio elaborato finale triennale.

Come i precedenti studi anche quello da me condotto ha utilizzato una versione semplificata dell'Overtured Glass Task (Adalbjornsson et al., 2008), che consente di valutare la capacità di pianificazione motoria al variare dell'orientamento dell'oggetto da prendere. Nel compito utilizzato in questo studio sono state aggiunte due prove utilizzando una tazza, da affiancare a quelle classiche con l'utilizzo di un bicchiere. La scelta di aggiungere la tazza al disegno sperimentale deriva dal fatto che entrambi gli strumenti sono oggetti di uso comune per il bambino, ma da ciascuno si possono ottenere informazioni percettive differenti, come per esempio la presenza o l'assenza del manico, le quali conducono ad una pianificazione motoria diversa.

Oltre ai dati relativi alla performance motoria, è stato valutato l'adattamento esecutivo rilevato dalla somministrazione (ai genitori e agli educatori dei partecipanti) del questionario *Behavior Rating Inventory of Executive Function – Second Edition* (BRIEF-2: Gioia et al., 2016), come alternativa al progetto iniziale in linea con il mio lavoro triennale che prevedeva l'utilizzo del test neuropsicologico della Torre di Londra (Shallice, 1982; Sannio Fancello et al., 2006).

Le ipotesi dello studio sono le seguenti:

- Ci si aspetta una diminuzione della capacità di pianificazione e anticipazione motoria nelle condizioni in cui l'oggetto da prendere si trovi in una posizione capovolta rispetto alla posizione canonica;
- Ci si aspetta una difficoltà di pianificazione motoria nel gruppo clinico rispetto ad un gruppo normotipico di controllo;
- Ci si aspetta un'associazione tra la performance motoria *nell'Overtured Glass Task* e i punteggi del BRIEF-2;
- Ci si aspetta infine una sovrapposizione dei risultati ottenuti al questionario BRIEF-2 riportati dai genitori e dagli operatori.

4.2. IL CAMPIONE

Il campione è composto da 61 bambini, di cui 26 appartenenti al gruppo clinico e 35 appartenenti al gruppo di controllo. Il gruppo clinico è composto da 21 maschi e 5 femmine tra i 35 e i 137 mesi di età cronologica ($M = 75$). Il gruppo di controllo è composto da 21 maschi e 14 femmine tra i 31 e i 36 mesi di età cronologica ($M=34$).

Il reclutamento su base volontaria del gruppo clinico è avvenuto tramite una richiesta di partecipazione tra i bambini che accedono al centro di neuropsichiatria infantile “Piccolo Principe Soc. Coop. Sociale” di Ferrara e tra i bambini che svolgono le loro attività abilitative e riabilitative con professionisti di Associazione Alphabeta. Tutti i bambini che sono stati reclutati nella ricerca hanno una diagnosi riconducibile alla sezione Sindromi e disturbi da alterato sviluppo psicologico (F80-F89) dell’ICD-10. Nello specifico, sono state incluse quattro etichette diagnostiche:

- F83 Disturbi evolutivi specifici misti: la categoria comprende condizioni in cui sono associati disturbi evolutivi specifici dell'eloquio e del linguaggio a disturbi evolutivi specifici delle capacità scolastiche e della funzione motoria, senza che alcun disturbo prevalga in maniera tale da costituire la diagnosi principale. Spesso è associato anche un certo grado di compromissione generale delle funzioni cognitive. Nel DSM-5 tale descrizione rientrerebbe in “Altri disturbi del neurosviluppo”;
- F84.0 Autismo infantile: la sindrome è definita dalla presenza di una compromissione nello sviluppo che si manifesta già prima dei tre anni e un funzionamento anormale nelle aree dell'interazione sociale, della comunicazione e del comportamento. Si associano altri problemi non specifici (disturbi del sonno e dell'alimentazione, carattere collerico e aggressività). Tale categoria corrisponde al “Disturbo dello Spettro dell’Autismo” descritto dal DSM-5;
- F84.9 Sindrome non specificata da alterazione globale dello sviluppo psicologico: si tratta di una categoria diagnostica residua usata per le condizioni che rientrano nella descrizione generale delle sindromi da alterazione globale dello sviluppo psicologico (F84), ma che include elementi inadeguati o contraddittori che non consentono di soddisfare i criteri per le altre categorie comprese in F84. Questa classificazione corrisponderebbe alla categoria “Altri disturbi del neurosviluppo” del DSM-5 e alla categoria “Disturbo dello spettro dell'autismo atipico precoce” del DC:0-5. Secondo il DC:0-5 questa diagnosi identifica quei bambini che presentano una grave, persistente e disfunzionale sintomatologia dell’ASD e che

sono però sottosoglia rispetto ai criteri diagnostici. Si ritiene che questi bambini siano ad alto rischio per lo sviluppo dell'ASD e che dovrebbero quindi essere monitorati per il possibile sviluppo di nuovi sintomi.

- F84.4 Disturbo Iperattivo associato a ritardo mentale e a movimenti stereotipati: rientra nella sezione Sindromi e disturbi da alterato sviluppo psicologico e in particolare nei Disturbi Generali dello Sviluppo Psicologico (F84); questa categoria è destinata a un gruppo di bambini con grave ritardo mentale (Il bambino qui menzionato ha però una Disabilità Intellettiva Lieve certificata) che presentano iperattività, deficit di attenzione e comportamento stereotipato. In questi bambini, i farmaci stimolanti possono causare una risposta non positiva (come negli individui con un livello di QI normale), ma piuttosto una grave reazione disforica (a volte con ritardo psicomotorio). Nell'adolescenza, l'iperreattività tende a essere sostituita da una diminuita attività (che non è tipica dei bambini ipo-reattivi con intelligenza normale). Questa sindrome è spesso associata a vari arretrati nello sviluppo di una natura generale o specifica ed è un disturbo scarsamente indicato di nosologia incerta, il grado di coinvolgimento eziologico in questo comportamento di basso QI o danno cerebrale organico non è noto.

	Età 35-45 mesi	Età 48-72 mesi	Età 72-96 mesi	Età 97- 120 mesi	Età 121- 144 mesi	Maschi	Femmine	F83	F84.0	F84.9	F84.4
Distribuzione nel campione (numero di bambini)	12	1	5	4	4	21	5	1	15	9	1

Tabella 1 Composizione del campione clinico: distribuzione dei bambini per età, genere e diagnosi.

In questo studio 1 bambino ha indicata una diagnosi come F83, 15 bambini hanno F84.0 (o 299.0 Disturbo Autistico, secondo l'ICD-9) e 9 bambini rientrano nella categoria F84.9 dell'ICD-10, il restante ha una diagnosi di Disturbo Iperattivo associato a ritardo mentale e a movimenti stereotipati (F84.4 secondo l'ICD-10).

Una delle bambine ha un Disturbo dell'Attività e dell'Attenzione in comorbidità (F90.0, assimilabile al Disturbo da deficit di Attenzione e Iperattività menzionato nel DSM-5).

Il gruppo clinico è formato da 14 bambini (Maschi = 12, Femmine = 2) appartenenti a questo studio, tra i 58 e 137 mesi di età cronologica (4 anni e 10 mesi – 11 anni e 5 mesi), tutti con diagnosi di Autismo Infantile o di Disturbo Iperattivo associato a ritardo mentale

e a movimenti stereotipati; e da 12 bambini (Maschi = 10, Femmine = 2) appartenenti allo studio di Cocchi (2022), tra i 35 e i 45 mesi di età cronologica, Con diagnosi di Disturbi evolutivi specifici misti, Autismo infantile e Sindrome non specificata da alterazione globale dello sviluppo psicologico.

Il gruppo di controllo è stato selezionato tra i bambini del campione dello studio di Venturini (2021), composto da 68 bambini normotipici di età compresa tra i 18 e i 36 mesi. Tra questi è stato selezionato un campione di bambini i cui lievi tratti autistici, misurati con il questionario M-CHAT-R (Modified Checklist for Autism in Toddlers - Revised; Robins, Fein, e Barton, 2009), li rendevano a basso rischio di diagnosi di ASD. Inoltre, sono stati selezionati i bambini con un'età compresa tra i 31 e i 36 mesi per ridurre, per quanto possibile, la differenza di età tra il gruppo di controllo e il gruppo clinico.

I genitori dei partecipanti del gruppo clinico hanno fornito il loro consenso informato dopo aver ricevuto informazioni esaustive relative alle procedure previste dallo studio. Dei 26 bambini appartenenti al gruppo clinico, 12 bambini frequentano il centro “Piccolo Principe Soc. Coop. Sociale” di Ferrara settimanalmente per usufruire di terapie effettuate con logopediste, educatrici e neuropsicomotriciste, 14 bambini svolgono terapie abilitative e riabilitative quali logopedia, terapia ABA, TMA e potenziamenti cognitivi erogati da Associazione Alphabeta. Tutte le prove appartenenti a tale studio sono state svolte al di fuori dell'orario previsto dalle terapie, grazie alla collaborazione e alla disponibilità delle educatrici e dei genitori.

I bambini del gruppo di controllo frequentavano tre Asili Nido della provincia di Verona. Anche genitori dei partecipanti appartenenti a questo gruppo, che hanno aderito volontariamente alla ricerca, hanno fornito il loro consenso informato dopo aver ricevuto dalle educatrici informazioni esaustive relative alle procedure previste nello studio e al rispetto delle norme anti-Covid previste dal DPCM in vigore durante la raccolta dei dati e dalle circolari e ordinanze riportate sul sito del Ministero della Salute. Le prove sono state somministrate con la presenza dell'educatrice responsabile di questi bambini in una sezione dell'aula dell'Asilo Nido predisposta per lo studio.

4.3. LA PROCEDURA

Ai genitori di entrambi i gruppi di partecipanti è stato inizialmente consegnato il consenso informato con la descrizione dello studio che prevedeva la somministrazione ai bambini oggetto di indagine dell'*Overturnd Glass Task*. Per il gruppo di bambini più grandi con ASD si era inizialmente previsto di somministrare il Test della Torre di Londra. Tuttavia, tale scelta si è rivelata inapplicabile e pertanto questa prova è stata sostituita dal questionario BRIEF-2. Il questionario BRIEF-2 è stato quindi consegnato ai genitori e alle educatrici o terapisti chiedendo loro di compilarlo interamente e istruendoli brevemente in modo che comprendessero quanto richiesto dal questionario (che chiedeva di indicare quanto spesso ciascuna affermazione riportata negli item rappresentasse un problema nel comportamento e nella vita del bambino). I bambini invece, sono stati valutati in un compito di anticipazione motoria all'interno di un setting conosciuto in cui abitualmente svolgono le loro attività terapeutiche e con la presenza di chi normalmente si occupa di queste ultime, in modo da elicitare un clima collaborativo e non stressante per i bambini.

È stato proposto una versione dell'*Overturnd Glass Task* modificata rispetto alla modalità di somministrazione di Adalbjornsson e colleghi (2008) per adattarla alla fascia di età considerata in entrambi i gruppi. Questa procedura prevede quattro condizioni sperimentali, ovvero quattro *grasp condition*: bicchiere in posizione canonica, bicchiere capovolto di 180°, tazza in posizione canonica e tazza capovolta di 180° (Fig. 11). I materiali erano posizionati sul tavolo che abitualmente i bambini usano per svolgere le loro terapie.

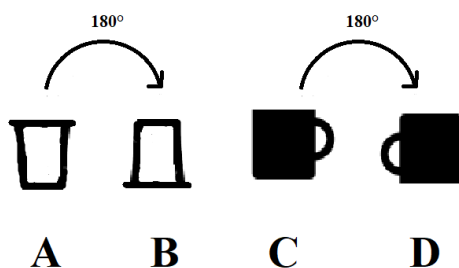


Figura 9 Le quattro grasp condition nel compito di anticipazione motoria. La prova A prevede il bicchiere in posizione canonica, la prova B il bicchiere in posizione capovolta di 180°, la prova C la tazza in posizione canonica e la prova D la tazza in posizione capovolta di 180°.

Una volta che i bambini si dimostravano collaborativi e attenti, si chiedeva loro “mi fai vedere come bevi?”, “adesso invece come fai a bere?”, così che il bambino afferrasse gli strumenti sia in posizione canonica che capovolta. Se il bambino sembrava disattento, si

provava a distoglierlo dalla prova richiedendo la sua collaborazione in un momento successivo. Tutte le sessioni di valutazione sono state registrate per poterle visionate varie volte per una corretta attribuzione dei punteggi.

4.4. I MATERIALI

4.4.1. STIMOLI PER L'OVERTURNED GLASS TASK

Per la somministrazione dell'Overturned Glass Task sono stati usati:

- Un bicchiere di vetro da circa 300 ml (diametro superiore = 8,5 cm; diametro inferiore = 6 cm; altezza = 9,5 cm);
- Una tazza di ceramica da circa 350 ml (diametro = 8,5 cm; altezza = 9 cm).

Il bicchiere e la tazza venivano posizionati centralmente rispetto al bambino e a circa 20 centimetri dal bordo.



Figura 10 Stimoli proposti ai bambini per svolgere le prove dell'Overturned Glass Task

La presa selezionata dal bambino per completare il compito è stata valutata assegnando un'etichetta al tipo di presa, a cui è stato associato un punteggio su una scala da 1 a 5, dove 1 rappresenta il fallimento della prova e 5 corrisponde alla presa più funzionale possibile (Tab. 2). Nelle prove che implicavano l'uso della tazza, il fattore determinante per assegnare il punteggio è stato se il manico fosse stato utilizzato come indicazione per pianificare l'azione o meno.

Etichette prova canonica	Etichette prova capovolta	Punteggio
Fail	Fail	1
Presca con il pollice in giù	Presca con il pollice in su	2
Presca con mano che copre il bicchiere	Presca a tenaglia	3
Presca a tenaglia	Presca con la mano che copre il fondo del bicchiere	4
Presca con il pollice in su	Presca con il pollice in giù	5

Tabella 2 Etichette qualitative per classificare il tipo di prensione proposta dal bambino nel compito di anticipazione motoria ispirato all’Overturned Glass Task e il punteggio corrispondente a ciascuna categoria

4.4.2. BRIEF-2 BEHAVIOR RATING INVENTORY OF EXECUTIVE FUNCTION SECOND EDITION

Il Behavior Rating Inventory of Executive Function – seconda edizione, (Gioia et al., 2016), è una scala di valutazione aggiornata, somministrabile individualmente, delle funzioni esecutive per bambini e ragazzi dai 5 ai 18 anni. Principalmente utilizzato in contesti clinici, psicoeducativi e di ricerca, il BRIEF-2 valuta comportamenti quotidiani associati alle Funzioni Esecutive a casa e in contesti educativi (Hendrickson & McCrimmon, 2019). La struttura e l’organizzazione del BRIEF-2 consente di sistematizzare la frequenza, nella vita di tutti i giorni, di quei comportamenti la cui manifestazione è rappresentativa del funzionamento esecutivo. La compilazione indipendente da parte di insegnanti o genitori, e del soggetto stesso, permette di registrare informazioni in contesti diversi, garantendo una valutazione completa ed ecologica del profilo di funzionamento (Marano et al., 2016). Il tempo di somministrazione è di 5 minuti per il modulo di screening e di meno di 10 minuti per il modulo completo; lo scoring richiede circa 15 minuti. Il BRIEF2 è stato sviluppato per migliorarne l'utilità con modifiche minime rispetto alle misurazioni originali (BRIEF, Gioia et al., 2000). Nessun elemento è stato aggiunto alle scale o agli indici principali; tuttavia, alcuni elementi sono stati modificati e altri sono stati aggiunti per creare un indice di validità chiamato "Scala di infrequenza". Gli elementi rimanenti sono stati valutati per determinare la copertura dei contenuti, la facilità di comprensione, la coerenza tra le diverse versioni e la rappresentatività dei modelli teorici ed empirici delle FE (Hendrickson & McCrimmon, 2019).

Il BRIEF-2 è composto da moduli di valutazione per i genitori, gli insegnanti e l'autovalutazione che possono essere somministrati sia manualmente tramite moduli cartacei che digitalmente. I moduli per i genitori e gli insegnanti consistono ciascuno in

63 affermazioni che contribuiscono a nove fattori: Inibizione, Auto-monitoraggio, Shift, Regolazione delle Emozioni, Avvio, Memoria di Lavoro, Pianificazione/Organizzazione, Monitoraggio del Compito e Organizzazione del Materiale. Il modulo di Autovalutazione può essere compilato dai bambini dai 11 ai 18 anni e comprende 55 affermazioni che contribuiscono a sette fattori: Inibizione, Auto-monitoraggio, Shift, Regolazione delle Emozioni, Completamento dei Compiti, Memoria di Lavoro e Pianificazione/Organizzazione. Ci sono anche tre scale di validità: Incoerenza, Negatività e Infrequenza. Le scale primarie si combinano per formare tre indici compositi: Indice di Regolazione Comportamentale (BRI; composto dai domini di Inibizione e Auto-monitoraggio), Indice di Regolazione Emotiva (ERI; composto dai domini di Shift e Controllo Emotivo) e Indice di Regolazione Cognitiva (CRI; composto dai domini di Iniziativa, Memoria di Lavoro, Pianificazione/Organizzazione, Monitoraggio del Compito e Organizzazione del Materiale), e un punteggio Composito Esecutivo Globale (GEC).

Il BRIEF-2 è un questionario in cui i partecipanti registrano le loro risposte tramite una scala di tipo Likert con M ("Mai"), Q ("Qualche volta"), o S ("Spesso") che riflettono la frequenza con cui il bambino sottoposto a valutazione manifesta un determinato comportamento.

Durante gli ultimi 6 mesi, quanto spesso ciascuno dei seguenti comportamenti è stato un problema?	M	Q	S
1 È irrequieto/a	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Resiste o ha difficoltà ad accettare un modo diverso di risolvere un problema con un compito scolastico, gli amici, le attività, ecc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Quando gli/le vengono date tre cose da fare, ricorda solo la prima o l'ultima	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Non si rende conto di come il suo comportamento possa influenzare o dar fastidio ad altri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Lavora in modo sciatto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Ha reazioni esplosive, piene di rabbia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Non si organizza in anticipo i lavori scolastici	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 11 Esempio di item del questionario BRIEF-2 (Gioia et al., 2016), Adattamento italiano di Marano et al., 2016

In questo lavoro è stata considerata la sottoscala della Pianificazione e Organizzazione, che comprende 8 item:

- Non si organizza in anticipo i lavori scolastici (numero 7)
- Viene catturato/a dai dettagli e perde la visione generale (numero 15)
- Ha buone idee ma non concretizza il lavoro (numero 23)
- Ha buone idee ma non riesce a buttarle giù (numero 35)
- Viene sopraffatto/a da grandi lavori (numero 44)
- Sottovaluta il tempo necessario per completare un lavoro (numero 52)

- Inizia a fare i compiti o i lavoretti all'ultimo momento (numero 57)
- Ha difficoltà a svolgere le azioni necessarie per raggiungere gli obiettivi – risparmiare per comprare un oggetto speciale, studiare per ottenere un buon voto (numero 59)

In totale, il punteggio del BRIEF è compreso tra 63 e 189, mentre il punteggio della sottoscala della Pianificazione è compreso tra 8 e 24, poiché la risposta “Mai” viene valutata con punteggio uguale a 1, mentre la risposta “Qualche volta” con punteggio uguale a 2 e la risposta “Spesso” con punteggio uguale a 3 (alle risposte mancanti, purché in numero minore di 12 in tutto il protocollo, o in numero minore a 1 per ogni scala, viene attribuito un punteggio pari a 1). I punteggi grezzi si ottengono sommando i singoli punteggi ad ogni item ed è possibile trasformarli in punti T grazie alle tabelle di conversione presenti tra i materiali (Tab. 3). Maggiore è il punteggio ottenuto, maggiori sono le difficoltà ipotizzate nell'abilità indagata tramite la scala.

PG	IN		AM		SH		RE		AV		ML		PO		MC		OM		PG
	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	
24	85	>99			96	>99	82	>99			82	>99	84	>99					24
23	82	>99			92	>99	79	>99			79	>99	81	>99					23
22	79	>99			89	>99	76	>99			76	>99	78	>99					22
21	76	>99			85	>99	74	99			73	99	74	99					21
20	73	99			81	>99	71	98			70	98	71	98					20
19	70	98			78	>99	68	97			67	95	68	97					19
18	67	95			74	99	65	94			65	94	65	94			83	>99	18
17	64	93			70	98	63	91			62	88	62	88			79	>99	17
16	61	86			67	95	60	84			59	82	59	82			75	99	16
15	58	81			63	91	57	75	87	>99	56	73	56	73	75	99	71	98	15
14	55	70			60	84	54	66	82	>99	53	63	53	63	71	98	68	97	14
13	52	55			56	73	52	55	77	>99	50	50	50	50	66	95	64	93	13
12	49	47	76	>99	52	55	49	47	72	99	47	37	47	37	62	88	60	84	12
11	45	32	71	98	49	47	46	34	67	95	44	29	44	29	58	81	56	73	11
10	42	21	65	94	45	32	43	25	62	88	42	21	41	18	54	66	53	63	10
9	39	14	60	84	42	21	41	18	57	75	39	14	38	13	50	50	49	47	9
8	36	8	54	66	38	13	38	13	52	55	36	8	35	7	46	34	45	32	8
7			49	47					46	34					42	21	42	21	7
6			44	29					41	18					38	13	38	13	6
5			38	13					36	8					34	6			5
4			33	5															4
IC 90%	±7		±9		±8		±6		±10		±7		±8		±8		±7		IC 90%

Nota. IN = Inibizione, AM = Automonitoraggio, SH = Shift, RE = Regolazione delle emozioni, AV = Avvio, ML = Memoria di lavoro, PO = Pianificazione/organizzazione, MC = Monitoraggio del compito, OM = Organizzazione del materiale.

Tabella 3 Tabella di conversione dei punteggi grezzi alle scale del BRIEF-2 in punti T e percentili per i bambini da 8 a 10 anni

4.5. ANALISI DEI DATI

Al fine di testare le quattro ipotesi che hanno guidato la ricerca, sono state condotte analisi dei dati descrittive che includono i punteggi ottenuti dai bambini nel questionario BRIEF-2 e le performance dei bambini al compito di anticipazione motoria. Inoltre, sono state eseguite analisi con regressione multipla lineare e con la tecnica dell'overlapping (Pastore & Calcagni, 2019) utilizzando il software R (R.C. Team, 2018). L'utilizzo della regressione multipla lineare con l'impiego di modelli misti lineari generalizzati (GzLM)

consente di calcolare gli effetti di interesse considerando gli effetti casuali (cioè le differenze individuali). Questa caratteristica riveste particolare importanza in Psicologia dello Sviluppo, poiché i bambini manifestano una notevole variabilità individuale (Fig. 16). Questi modelli sono stati individuati utilizzando il software R (R.C. Team, 2018), grazie al pacchetto lme4 (Bates et al., 2015). Dato l'esiguo campione (14 bambini di età compresa tra 58 e 137 mesi) il modo selezionato per valutare il grado di sovrapposizione tra le valutazioni di operatori e genitori al questionario BRIEF-2 è quello dell'overlapping (Pastore e Calcagni, 2019). In questo modo è possibile ricavare un indice statistico rispetto al grado di sovrapposizione nei due gruppi in modo più puntuale e rispettando la numerosità, ma soprattutto riducendo quasi a zero l'influenza degli outlier nel determinare se i due gruppi sono diversi.

4.5.1. ANALISI DESCRITTIVE

Come riportato nella figura 14, il campione clinico (Fig.14, nel grafico a sinistra) è composto da 26 bambini, di cui 5 sono femmine, con un'età media di 75 mesi (deviazione standard = 37), il campione di controllo è composto da 35 bambini, di cui 14 sono femmine, con un'età media di 34 mesi (deviazione standard = 2). I due campioni non sono confrontabili né per età né per genere, poiché la distribuzione delle femmine nel campione clinico è inferiore rispetto a quello di controllo e il range di età considerato è molto differente.

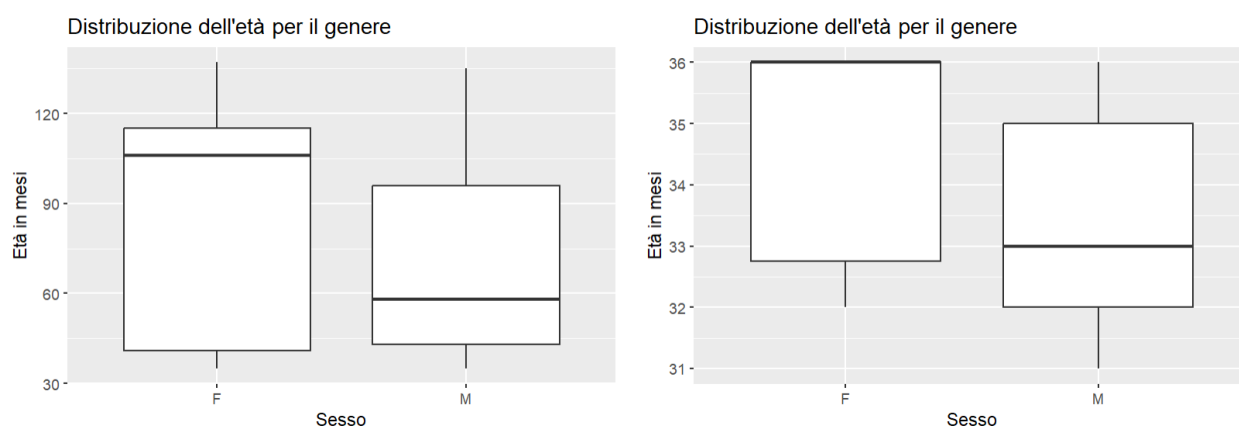


Figura 12 Rappresentazione con i Box plot della distribuzione dell'età in mesi per genere per il gruppo clinico a sinistra e per il gruppo di controllo a destra. La linea nera in orizzontale indica la mediana.

Questionario BRIEF-2

Il questionario BRIEF-2, valuta le abilità inerenti le Funzioni Esecutive nei contesti di vita quotidiana, tra cui le capacità di pianificazione. I punteggi T ottenuti nella scala della Pianificazione e Organizzazione dai 14 bambini del gruppo clinico (di età compresa tra 58 e 137 mesi) valutati da genitori ed operatori, sono paragonabili. Infatti, la media dei punteggi T assegnati dai genitori è di 59,86 (Deviazione standard: 9,91), mentre quella delle valutazioni degli operatori è di 60,21 (Deviazione standard: 9,31). Come indicato nel manuale di somministrazione del questionario (Gioia et al., 2016), un punteggio T pari a 60 nella scala della pianificazione si rileva con molta maggiore frequenza nei bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico rispetto ai bambini a sviluppo tipico (Tab. 3), e quindi, a livello descrittivo i punteggi ottenuti dai bambini appartenenti al gruppo clinico in questo studio possono rappresentare la manifestazione di una difficoltà nell'abilità di pianificazione.

Scala/indice/composito	Elevazione del punteggio T					
	≥70		≥65		≥60	
	ASD ^a	ST ^b	ASD ^a	ST ^b	ASD ^a	ST ^b
Inibizione	22	2	37	7	55	13
Automonitoraggio	37	3	58	4	71	12
Indice di Regolazione comportamentale	25	4	48	6	68	13
Shift	53	4	73	7	84	14
Regolazione delle emozioni	25	4	39	6	58	14
Indice di Regolazione emotiva	42	4	59	7	71	15
Avvio	42	2	55	6	68	12
Memoria di lavoro	36	3	53	9	69	18
Pianificazione/organizzazione	27	3	45	5	61	12
Monitoraggio del compito	21	1	43	7	54	12
Organizzazione del materiale	15	2	21	4	42	11
Indice di Regolazione cognitiva	32	4	49	6	68	14
GEC	44	4	66	9	80	18

Nota. ST = sviluppo tipico, ASD = Disturbo dello Spettro Autistico.
^an = 262, ^bn = 262.

Tabella 4 Frequenze di base delle elevazioni dei punteggi T al BRIEF-2 per gruppi Disturbo dello Spettro Autistico e sviluppo tipico (Gioia et al., 2016)

Anche osservando il profilo di funzionamento ottenuto comparando i punteggi T riportati dai bambini con ASD e dai bambini a sviluppo tipico (Fig. 15) presente nel manuale di somministrazione del questionario BRIEF-2 (Gioia et al., 2016), si osserva che i bambini a sviluppo tipico ottengono mediamente un punteggio T medio minore rispetto ai bambini con diagnosi di Autismo (più il punteggio cresce, più l'abilità che misura è considerata deficitaria). Nel grafico in cui viene rappresentato il profilo di Funzionamento Esecutivo dei bambini a sviluppo tipico e di vari gruppi clinici, il punteggio nella scala della Pianificazione dei bambini ASD si situa attorno al valore di 65, e quindi risulta maggiore di quello ottenuto dai bambini del campione clinico di questo studio, sebbene anche

quest'ultimo sia maggiore rispetto a quello assegnato ai bambini TD (circa pari a 50). La misura della deviazione standard pari a 9,91 per i genitori e 9,31 per gli educatori dimostra però grande variabilità, dovuta probabilmente alla numerosità campionaria.

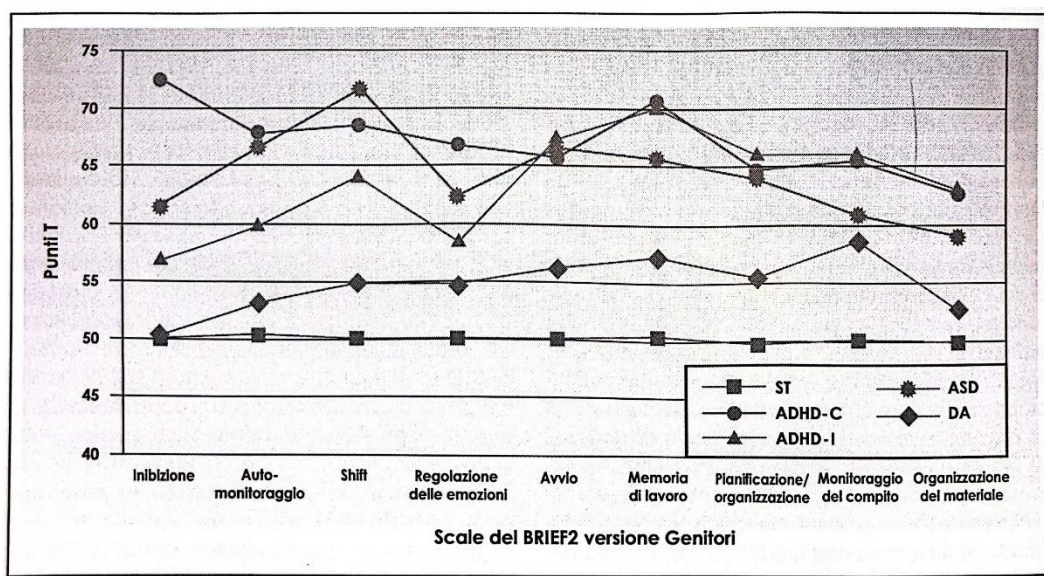


Figura 13 Media di scala dei punteggi T per bambini a sviluppo tipico e in gruppi clinici nel BRIEF-2 (Gioia et al., 2016)

4.5.2. ANALISI STATISTICHE ESPLORATIVE

Overtured Glass Task

A causa della grande differenza di composizione del campione clinico e di quello di controllo non è stato possibile compararli direttamente. La variabile dipendente è la qualità della presa nel compito di anticipazione motoria (Punteggio al compito) e lo scopo del modello è quello di comprendere come questa sia predetta dall'età e dalle condizioni di grasp.

La regressione lineare ad effetti multipli ci mostra che nel gruppo clinico non ci sia un effetto principale dell'età ($b = 0.01$, $SE = 0.007$, $t = 1.46$, $p = 0.06$) ma emerge l'interazione significativa tra età e condizione ($b = 0.02$, $SE = 0.01$, $t = 2.06$, $p < 0.05$) e nello specifico come mostrato nel grafico a sinistra (Fig.16) la condizione più facile risulta quella col bicchiere canonico rispetto a bicchiere ruotato di 180 ($b = 2.88$, $SE = 0.87$, $t = 3.33$, $p < 0.05$), tazza canonica ($b = 2.14$, $SE = 0.87$, $t = 2.47$, $p < 0.05$) e tazza ruotata di 180 ($b = 3.69$, $SE = 0.87$, $t = 4.26$, $p < 0.001$). Da notare, come mostrato in figura a sinistra, che l'interazione mostra che tale differenza tra bicchiere canonico e bicchiere ruotato di 180 e tazza canonica sparisce intorno ai 7.5 anni, mentre rimane la differenza con la tazza ruotata di 180°.

Nel gruppo di controllo di nuovo l'età non emerge come fattore significativo ($b = 0.0004$, $SE = 0.02$, $t = 0.01$, $p = .98$) ma neanche emerge un'interazione significativa tra condizioni ed età ($b = 0.01$, $SE = 0.03$, $T = 0.19$, $p = 0.84$), la condizione con bicchiere canonico risulta meno difficile rispetto al bicchiere ruotato di 180° ($b = 5.43$, $SE = 2.23$, $t = 2.43$, $p < 0.05$) e alla tazza ruotata ($b = 3.20$, $SE = 1.30$, $t = 2.46$, $p < 0.05$) ma non con la tazza in posizione canonica ($b = 0.12$, $SE = 1.17$, $t = 0.10$, $p = 0.92$).

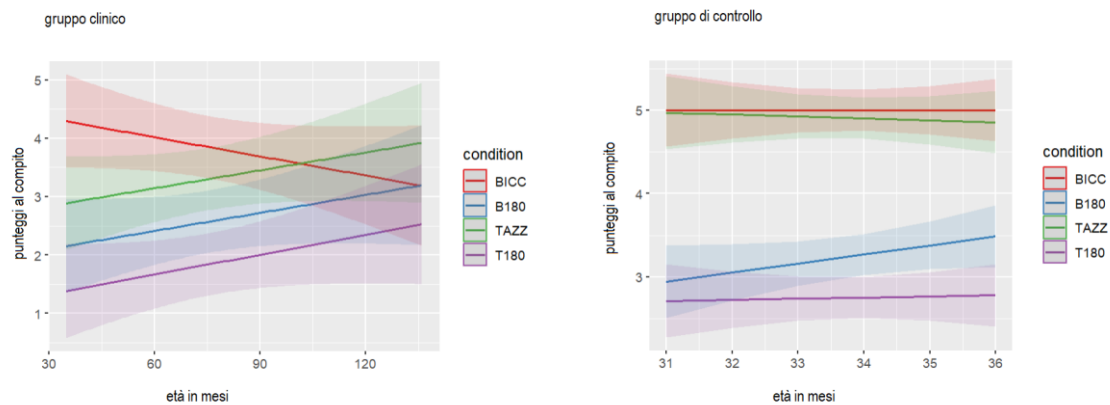


Figura 14 Grafico dell'interazione stimata dai modelli ad effetti misti. Le linee indicano gli effetti delle condizioni (BICC = bicchiere canonico, B180 = bicchiere ruotato di 180, TAZZ = tazza canonica, T180 = tazza ruotata di 180) in interazione con l'età in mesi sulla performance valutata. A sinistra il gruppo clinico a destra il gruppo di controllo.

Questionario BRIEF-2

La figura 17 mostra i grafici della sovrapposizione delle distribuzioni dei punteggi dati dagli operatori e dai genitori, l'indice di overlapping risulta di .98 (un valore vicino allo 0 indica che le distribuzioni sono completamente separate, quindi che i due gruppi differiscono, mentre un valore prossimo a 1 indica che le due distribuzioni si sovrappongono al punto da essere difficilmente diverse). Anche il t-test non evidenzia alcuna differenza tra i due gruppi ($pvalue = 0.83$). A livello qualitativo, si osserva una leggera maggioranza di risposte con punteggio pari a 3 negli operatori se confrontate con le risposte dei genitori.

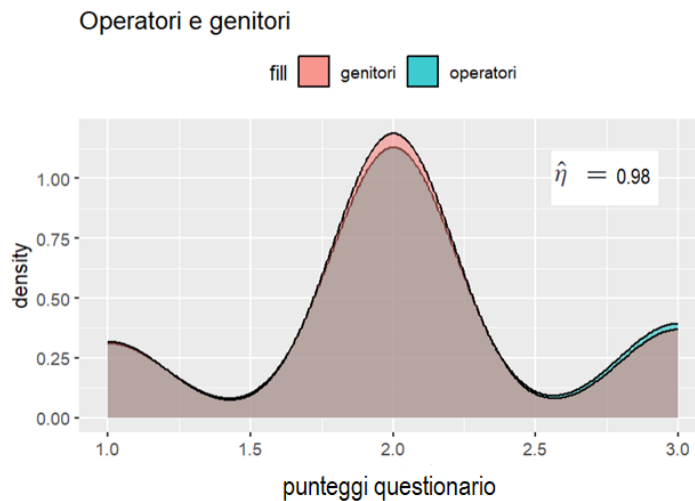


Figura 15 Stime delle densità dei due gruppi e area di sovrapposizione

I punteggi assegnati da genitori ed operatori al questionario BRIEF-2, si situano maggiormente attorno al 2, che indica che il comportamento descritto dai singoli item viene valutato come “Qualche volta” un problema; anche calcolando le risposte medie ai singoli item di entrambi i valutatori, si rileva che tutte si situano attorno al 2. La stessa numerosità di risposte con punteggio pari a 3 e pari a 1 indica ampia variabilità nelle valutazioni.

4.6. DISCUSSIONE

I dati indicano che le quattro ipotesi iniziali che hanno orientato la ricerca, di seguito riportate, sono state confermate solo in parte.

- Ci si aspettava una diminuzione della capacità di pianificazione e anticipazione motoria nelle condizioni in cui l’oggetto da prendere si trovi in una posizione capovolta rispetto alla posizione canonica.
- Ci si aspettava una difficoltà di pianificazione motoria nel gruppo clinico rispetto ad un gruppo normotipico di controllo.
- Ci si aspettava un’associazione tra la performance motoria *nell’Overturned Glass Task* e i punteggi del BRIEF-2
- Ci si aspettava infine una sovrapposizione dei risultati ottenuti al questionario BRIEF-2 riportati dai genitori e dagli operatori.

I Ipotesi

Relativamente alla prima ipotesi, che risulta confermata, è stato possibile osservare una diminuzione delle abilità di pianificazione e anticipazione motoria all'aumentare delle difficoltà del compito.

Per ottenere una valutazione più accurata dei processi di anticipazione motoria e dell'effetto comfort allo stato finale (ESC), è stato selezionato un compito sperimentale tenendo conto di vari aspetti che possono influenzare le prestazioni motorie. Questi aspetti includono il livello di familiarità con il compito, la sua complessità, il grado di precisione richiesto a livello motorio, e il livello di motivazione (Wunsch et al., 2013). La letteratura evidenzia che l'ESC sia un'abilità compito-specifica per oggetti familiari e che non sia generalizzabile, soprattutto nei bambini più piccoli (Knudsen et al., 2012).

A conferma che la pianificazione motoria è più sviluppata quando si tratta di un oggetto familiare, in letteratura vari studi hanno dimostrato risultati migliori nell'Overtuned Glass Task rispetto al Bar Transport Task (Knudsen et al., 2012).

La tazza e il bicchiere sono due strumenti di utilizzo quotidiano estremamente familiari per i bambini appartenenti al campione esaminato. Ciononostante, i due stimoli utilizzati in questo studio hanno dato luogo a performance motorie solo in parte simili, ad indicare che la complessità del compito risulta diversa per i due oggetti.

Va sottolineato altresì che il compito da me utilizzato prevedeva solo azioni autodirette, familiari per i bambini (Scharoun & Bryden, 2014), da eseguire in posizione eretta per garantire una maggiore precisione grazie alla maggiore libertà di movimento di braccia e mani (Rosenbaum et al., 1996). Poiché la scelta di un piano d'azione è influenzata dagli obiettivi intenzionali per raggiungere uno scopo (Gollwitzer & Brandstätter, 1997), sono state valutate solo le prese dei bambini che avevano compreso appieno che l'obiettivo finale dell'azione richiesta era afferrare la tazza o il bicchiere per bere.

Analizzando l'andamento della performance motoria, si evidenzia che i due compiti in posizione canonica risultano sempre più facili per il gruppo di controllo rispetto alle due condizioni ruotate, mentre nel gruppo clinico, la tazza ruotata di 180° rimane la condizione più complessa a prescindere dall'età.

II ipotesi

Nonostante l'impossibilità di confrontare direttamente il campione clinico con il gruppo di controllo, è interessante notare come nel gruppo di controllo che ha un'età nettamente inferiore a quella del gruppo clinico, i punteggi assegnati in tutte le condizioni sperimentali siano mediamente migliori di quelli ottenuti dai bambini nel gruppo clinico. Più nel dettaglio, in merito all'effetto comfort allo stato finale, i dati indicano che nelle condizioni in cui la tazza e il bicchiere sono ruotati di 180°, la pianificazione di una presa iniziale scomoda si riscontra soltanto in un solo bambino nella prova con il bicchiere capovolto (4% del campione), e in 2 bambini nella prova con la tazza capovolta (8%) nel campione clinico e soltanto nel gruppo di bambini più grandi. Oltre a questo, 3 bambini nel gruppo di bambini più piccoli del campione clinico e 2 in quello dei più grandi (19% in tutto) hanno ottenuto un punteggio elevato (4) nella prova con il bicchiere rovesciato. Altri 2 dei bambini più grandi (8% del campione) hanno ottenuto questo punteggio nella prova con la tazza rovesciata. Nel campione di controllo, l'ESC è stato riscontrato solo nel 6% dei bambini nella condizione bicchiere capovolto e nel 4% con la tazza capovolta. Nonostante in letteratura ci siano divergenze riguardo allo sviluppo delle abilità motorie di secondo livello, i risultati ottenuti dalla ricerca condotta con il campione di controllo sembrano coerenti con le prove che indicano l'assenza dell'ESC fino ai 36 mesi di età, con una maggiore stabilità nella performance che si manifesta dopo i 3 anni e un progressivo miglioramento fino a raggiungere livelli comparabili agli adulti tra gli 8 e i 10 anni (Jovanovic & Schwarzer, 2011; Stöckel et al., 2012). Dato che i bambini nel gruppo clinico di questo studio hanno tutti un'età cronologica superiore ai 36 mesi, era ragionevole aspettarsi che le competenze motorie di secondo ordine iniziassero a manifestarsi. La complessa relazione tra lo sviluppo delle abilità motorie e il livello di sviluppo cognitivo (Wunsch et al., 2013) potrebbe spiegare la notevole difficoltà che i bambini del gruppo clinico affrontano nelle prove con gli oggetti ruotati di 180°. Infatti, sembra che i processi di pianificazione motoria siano associati ad atipie nel processamento cognitivo dei bambini con Disturbo dello Spettro Autistico (Belmonte et al., 2004). Per questo motivo, le attività complesse risultano essere notevolmente più onerose e ostacolano l'esecuzione degli atti motori (Sacrey et al., 2014). Di conseguenza, le prove che richiedono la pianificazione motoria con bicchieri e tazze capovolti si rivelano particolarmente complesse per i bambini con Diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico o quelli ad alto rischio di sviluppare questo disturbo.

Questi dati suggeriscono che, a livello descrittivo, la prova somministrata sembra rilevare una difficoltà nella pianificazione motoria nei bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico. In altre parole, i bambini del gruppo con ASD hanno dimostrato una qualità del movimento anticipatorio inferiore e punteggi motori più bassi rispetto al gruppo di controllo. Ciò suggerisce che i bambini a rischio elevato o con una diagnosi di ASD affrontano maggiori difficoltà nella pianificazione di prese ottimali, che consentano di minimizzare il costo del movimento e di adattarsi alle limitazioni imposte dall'ambiente. Va sottolineata che la differenza di età dei due gruppi indagati in questo studio supporta questa interpretazione dei dati: risulta infatti che la qualità del movimento anticipatorio del gruppo clinico ottiene punteggi motori più bassi rispetto al gruppo di controllo, che, lo ricordiamo è composto da bambini con un'età molto minore.

I dati indicano inoltre che, nel campione clinico, le differenze di accuratezza della presa nelle due condizioni (bicchiere in posizione canonica vs bicchiere in posizione capovolta) scompaiono intorno i 7,5 anni di vita, mentre per la prova con la tazza l'accuratezza della presa rimane scorretta per la tazza ruotata di 180° a tutte le età. Pianificare un ESC per la tazza risulta quindi più difficile per il gruppo clinico. Questa differenza nella difficoltà riscontrata per la tazza può essere imputata al fatto che essa richiede un movimento di presa molto più preciso di quello richiesto dal bicchiere. Infatti, la presenza del manico richiede la pianificazione di un movimento di presa a pinza che necessita di maggiori capacità fino-motorie se confrontate con quelle necessarie per afferrare un bicchiere.

I livelli di complessità sono legati al tipo di elaborazione delle informazioni necessarie per pianificare in anticipo una sequenza motoria che permetta di eseguire l'azione di bere in modo efficiente ed economico. Dalla letteratura sappiamo che nei bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico (ASD), le difficoltà nella pianificazione di una presa aumentano con l'aumentare della complessità dell'azione (Hughes, 1996; Nazarali et al., 2009). Inoltre, secondo la ricerca esistente, le informazioni visive stimolano i processi di controllo motorio a preparare piani per tutte le possibili azioni motorie, aumentando così la versatilità nell'esecuzione motoria (Sumner & Husain, 2007). Tuttavia, sembra che i bambini con Disturbo dello Spettro Autistico (ASD) non siano in grado di sfruttare il feedback visivo o imparare dagli insuccessi per pianificare una sequenza di movimenti ottimale (Khan et al., 2006). Di conseguenza, la mancanza di un adeguato adattamento del piano motorio in risposta a nuove informazioni visive, come il manico della tazza, potrebbe indicare che i bambini con autismo affrontano difficoltà nella creazione di strategie motorie alternative (Sumner & Husain, 2007; Dowd et al., 2012).

La pianificazione motoria della manipolazione di un oggetto è complessa, perché richiede di considerare l'intera sequenza di movimenti, invece che solamente il primo (Gowen & Hamilton, 2013); perciò, un piano motorio deve essere creato prima che l'azione sia completa (Adalbjornsson et al., 2008). Nella letteratura si evidenzia come i compiti che riguardano il concatenamento di azioni siano complessi per i bambini con ASD; perciò, questi bambini sembrano compiere ogni azione che compone il compito separatamente. Hughes (1996) in riferimento alle abilità di sequenziamento di azioni, spiega inoltre come la difficoltà nell'attività anticipatoria motoria non si limiti ai movimenti in sequenza, ma possa essere osservata anche in singoli movimenti intenzionali. Il compito potrebbe quindi diventare, con l'aumentare dell'età, poco discriminativo e le tre condizioni più semplici potrebbero non riuscire a rilevare differenze all'interno del gruppo clinico. È possibile che i bambini del gruppo clinico di età superiore ai 90 mesi avessero una sintomatologia più grave e certamente più consolidata e che quindi questa abbia influito sulla loro performance di anticipazione motoria; una valutazione e misurazione dei tratti autistici anche nei bambini più grandi sarebbe necessaria per comprendere l'andamento delle performance.

Nel complesso, i nostri dati sono in linea con la letteratura e suggeriscono che i compiti di presa con oggetti in posizione capovolta risultano essere i più indicati per l'individuazione di un indicatore precoce di sviluppo di difficoltà nella pianificazione motoria, ma solo dopo i 36 mesi di età, poiché prima dei 3 anni l'ESC è raro da rilevare nello sviluppo tipico (Jovanovic & Schwarzer, 2011; Stöckel et al., 2012). Al contrario, l'incapacità di superare la prova che coinvolge una tazza posizionata in modo canonico potrebbe essere considerata un indicatore rilevante anche prima dei 36 mesi, specialmente nei bambini con una sintomatologia grave del disturbo, poiché i bambini al di sotto dei 3 anni sono già in grado di risolvere con successo questo compito. La prova con la tazza capovolta, invece, rimane l'indicatore più valido per la valutazione delle abilità di anticipazione motoria anche dopo la diagnosi e la manifestazione completa e stabile della sintomatologia, rimanendo la prova più complessa per il gruppo clinico anche nelle fasce di età maggiori.

III ipotesi

La terza ipotesi non è stata testabile. Nel progetto iniziale di questo studio la pianificazione cognitiva si sarebbe dovuta valutare con il test della Torre di Londra, che rappresenta una misurazione diretta di questa abilità, ma dopo aver somministrato le prove a 4 bambini del gruppo clinico (di età compresa tra 6 anni e 9 mesi e 10 anni e 10 mesi), si è preferito utilizzare uno strumento di misurazione indiretta, poiché nessuno dei 4 bambini testati riusciva a mantenere in memoria le regole, non pianificavano nessuna mossa e spesso non avevano chiaro quale fosse l'obiettivo del compito. Ciò ha precluso l'uso del Test della Torre di Londra.

Sebbene non sia possibile ottenere un confronto diretto tra le misure dell'abilità di pianificazione motoria e cognitiva/adattiva, possiamo dire che, a livello descrittivo, entrambe le misurazioni appaiono come deficitarie nel campione clinico di questo studio e quindi, nonostante non sia stato possibile verificare l'ipotesi iniziale di una relazione tra le due abilità, questa osservazione può porre la base per ricerche future che amplino le conoscenze in questo campo.

IV ipotesi

La quarta ipotesi è stata invece confermata, poiché si osserva una quasi completa sovrapposizione tra i punteggi assegnati dai genitori e dagli operatori al questionario BRIEF-2. Per quanto riguarda la sovrapposizione tra le valutazioni della pianificazione tramite il questionario BRIEF-2 da parte dei genitori e degli operatori, la sovrapposizione è molto alta e questo ci permette di dire che l'affidabilità del questionario sembra essere buona e che la descrizione delle difficoltà dei bambini sembra essere accurata. I punteggi si situano maggiormente attorno al 2, che significa che i comportamenti descritti negli item del questionario sono considerati, per la maggior parte dei casi, *qualche volta un problema* e quindi non si rileva, a livello descrittivo, né una tendenza a sovrastimare né a sottostimare le difficoltà di pianificazione quotidiane che affrontano questi bambini. Il grado di accordo tra i valutatori riportato nel manuale di somministrazione (Gioia et al., 2016) è buono. Il manuale riporta differenze medie di punteggio che variano da meno di 1 punto T a 5 punti T, dato che è in linea con il campione raccolto in questo studio in cui la variazione media è inferiore ad un punto T. Anche se le differenze complessive nelle medie dei punteggi tra valutatori sono ridotte, le differenze individuali tra i valutatori di frequente sono maggiori e differenze tra i valutatori più alte di 10 punteggi T sono indice di prospettive molto differenti da indagare ulteriormente (Gioia et al., 2016). In questo studio 5 coppie di valutatori (su un totale di 14) assumono delle prospettive differenti, di

cui in 3 delle quali sono gli operatori a sovrastimare le difficoltà rispetto ai genitori, mentre nelle altre 2 accade il contrario. Nel complesso però la sovrapposizione tra le risposte è molto alta, con una leggera sovrastima degli operatori (nella Figura 17 si vede che gli operatori assegnano più spesso un punteggio pari a 3 rispetto ai genitori).

Le differenze tra le osservazioni dei valutatori spesso forniscono importanti informazioni cliniche e i bambini hanno spesso un funzionamento differente in ciascun contesto, a causa di variabili come la struttura del contesto, le richieste che gli vengono poste, il supporto comportamentale, e altre (Gioia et al., 2016); ma riscontrare una sovrapposizione tra le valutazioni in media molto alta può essere d'aiuto per avere un quadro preciso della frequenza con la quale la pianificazione sia disfunzionale nel bambino.

Nonostante i punteggi si situino maggiormente centralmente, è possibile rilevare una quantità paragonabile di comportamenti valutati come *mai* o *spesso un problema*, indice di grande variabilità individuale. Questo dato rende interessante la valutazione della pianificazione in questa popolazione clinica, proprio per la grande variabilità individuale riscontrata.

4.7. LIMITI E PROSPETTIVE FUTURE

La numerosità campionaria del gruppo clinico e l'eterogeneità del campione stesso, rappresenta il maggiore limite di questo studio. Il range di età cronologica dei bambini appartenenti al campione clinico è molto ampio e molto diverso da quello del gruppo non clinico. Il campione clinico è inoltre disomogeneo per genere (le femmine hanno maggiore età dei maschi ma sono anche in numero molto minore). È necessario quindi rendere il campione omogeneo per genere ed età cronologica e/o mentale.

Un altro limite connesso alla composizione del campione, riguarda l'impossibilità di valutare l'età mentale nel gruppo clinico; oltre a ciò, anche le etichette diagnostiche presenti nel campione clinico sono varie, soprattutto quelle appartenenti ai bambini della fascia di età più bassa (35-45 mesi), nonostante rientrino tutte nella sezione Sindromi da Alterato Sviluppo Psicologico dell'ICD-10.

Per diminuire l'impatto della variabilità individuale sui risultati e per confermare i dati emersi, è indispensabile aumentare il campione clinico, oltre a fare in modo che questo risulti più omogeneo, uniformando il campione con la stessa etichetta diagnostica e valutando, anche nei bambini con una fascia di età più alta, i tratti autistici e il livello di funzionamento, anche per comprendere in modo più preciso l'andamento delle

performance motorie nel campione clinico. Inoltre, le future ricerche in questo campo dovrebbero considerare un campione di controllo appaiato per età cronologica e per età mentale, per confermare il dato ottenuto per cui i bambini molto piccoli ottengano punteggi mediamente più alti dei bambini più grandi con ASD. Un'altra opportunità interessante si avrebbe raccogliendo delle misure ripetute dello stesso compito, poiché in questo caso le prove sono state valutate una volta sola. Inoltre, la videoregistrazione delle prove motorie, suggerisce la possibilità di un'analisi cinematica del movimento che consentirebbe di ottenere informazioni anche sulle traiettorie e i tempi di programmazione ed esecuzione dei movimenti.

Per quanto riguarda il tentativo di comparazione tra la pianificazione strategica (componente delle funzioni esecutive), e la pianificazione motoria, il limite principale di questo studio risiede nell'impossibilità di valutare tramite il test della Torre di Londra il campione clinico. La maggioranza degli studi presenti in letteratura che utilizzano questo strumento per valutare bambini con diagnosi di Disturbo dello Spettro Autistico, scelgono un campione con un quoziente intellettivo superiore a 70 (Robinson et al., 2009; Pellicano, 2010; Unterrainer et al., 2016). Per riuscire a valutare la pianificazione strategica tramite questo test neuropsicologico in bambini con diagnosi di ASD è quindi probabile che il campione selezionato non debba presentare una disabilità intellettiva associata all'Autismo, anche per diminuire l'influenza del quoziente intellettivo come variabile interferente.

Un altro limite, quindi, è rappresentato dalla necessità di misurare la pianificazione strategica utilizzando uno strumento indiretto ed etero valutativo, che rende meno precisa la misurazione. Per ovviare a questo, sarebbe interessante ottenere una misurazione diretta della pianificazione strategica anche in bambini con diagnosi di ASD e un quoziente intellettivo inferiore a 70.

Anche in questo caso, sarebbe interessante esplorare la possibilità di ottenere delle misure ripetute dello stesso costrutto.

-CONCLUSIONI-

Questo studio nasce come continuazione del lavoro di Venturini (2021) e di Cocchi (2022) che avevano rispettivamente l'obiettivo 1) di individuare la capacità di pianificazione motoria e la sua relazione con i tratti autistici endofenotipici in un campione di bambini a sviluppo tipico, e 2) di studiare le abilità di anticipazione motoria in un gruppo di bambini ad alto rischio o con una diagnosi di ASD. In questo lavoro è stato aggiunto al campione clinico un gruppo di bambini con una diagnosi di ASD consolidata. È stata analizzata la loro performance di anticipazione motoria ed è stata confrontata con quella dei bambini normotipici e ad alto rischio di ASD. Oltre a questo, è stata valutata la loro pianificazione in un contesto di vita quotidiana provando a metterla in relazione alla performance motoria.

I tratti fenotipici caratteristici dei soggetti con Disturbo dello Spettro Autistico, che rientrano nella diagnosi, sono rappresentati dalle atipie nella comunicazione e nell'interazione sociale e dagli interessi ristretti e stereotipati (APA, 2013), ma le difficoltà nel funzionamento esecutivo (e quindi nella pianificazione strategica) e i deficit motori, sono riscontrati frequentemente in questa popolazione clinica (Fournier et al., 2010; Olde Dubbelink & Geurts, 2017; Rosa et al., 2017). Già dopo lo studio del 1978 di Damasio e Maurer che rilevava dei deficit nelle funzioni esecutive in bambini con diagnosi di autismo, sono stati sviluppati diversi modelli teorici che cercano di spiegare la relazione tra queste capacità cognitive e la diagnosi di ASD. Tra questi, la Teoria delle Funzioni Esecutive di Pennington e Ozonoff (1996) che ritiene che le disfunzioni esecutive possano essere alla base di alcune manifestazioni comportamentali tipiche di questa diagnosi, in particolare quelle legate alle attività e agli interessi ristretti e ripetitivi. La pianificazione, quale componente delle FE, risulta anch'essa deficitaria in questa popolazione clinica, se confrontata ai soggetti a sviluppo tipico, lungo tutto il ciclo di vita (Robinson et al., 2009; Unterrainer et al., 2015; Unterrainer et al., 2016; Kenny et al., 2019). Il modello formulato da Trevarthen & Delafield-Butt (2013) inoltre, propone che l'ASD venga definito come "disturbo del movimento anticipatorio" e sostiene che alcune atipie nei processi di sviluppo pre- e post-natale del tronco encefalico siano alla base di difficoltà di percezione e movimento del corpo, le quali limitano la capacità di controllare i tempi delle azioni e i loro effetti. Queste atipie risultano in un'alterazione della coordinazione durante le interazioni motorie e sociali. In vari studi vengono riportati deficit motori e di pianificazione motoria (Cattaneo et al., 2007; Fabbri-Destro et al., 2009; Kaur et al., 2018), tra questi è presente l'effetto di "comfort allo stato finale" (ESC),

un esempio di pianificazione motoria anticipatoria deficitaria nell'ASD. I deficit nell'ESC si rilevano molto precocemente in età prescolare e continuano a persistere durante lo sviluppo (Brisson et al., 2012; Scharoun & Bryden, 2014). A partire da questi dati presenti in letteratura, l'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare le performance motorie di un gruppo clinico di bambini tra i 35 e i 137 mesi con diagnosi di ASD, confrontandoli con un gruppo di controllo a sviluppo tipico, per comprendere quali compiti possano servire come indicatori di una disfunzionalità nella pianificazione motoria, anche in un gruppo di bambini con una diagnosi consolidata, in continuità con Cocchi (2022) e Venturini (2021) che avevano individuato nella prestazione al compito con la tazza in posizione canonica, un possibile indicatore precoce di sviluppo atipico, in particolare nei bambini con una sintomatologia severa del Disturbo dello Spettro Autistico. La tazza in posizione capovolta risulta essere quella maggiormente indicativa di difficoltà di pianificazione anche nei bambini con un'età superiore ai 90 mesi e quindi con una diagnosi di ASD consolidata e una sintomatologia stabilizzata. In generale, dopo i 36 mesi i compiti ruotati sembrano essere molto complessi per i bambini appartenenti al gruppo clinico e quindi discriminativi. Il secondo obiettivo, derivante dalle evidenze in letteratura di una difficoltà anche nelle funzioni esecutive e quindi nella pianificazione strategica, è stato quello di valutare queste abilità tramite un questionario Parent Report in un gruppo di bambini con ASD di età compresa tra 58 e 137 mesi. I risultati, seppur incompleti e derivati da un'analisi qualitativa, indicano una differenza tra le capacità di pianificazione nei bambini con diagnosi di ASD e il campione a sviluppo tipico valutato per la standardizzazione del questionario. Oltre a questo, le difficoltà riscontrate in entrambe le prove, suggeriscono una relazione o una base comune tra la pianificazione strategica e quella motoria. La precarietà dei risultati mostra la necessità di ampliare il campione clinico e di controllo, per cercare di individuare non solo delle competenze motorie che possono fungere da target di rischio, ma anche una traiettoria di sviluppo delle abilità di pianificazione. Poiché difficoltà di pianificazione di azioni come la presa (grasping) possono impattare sulle modalità con cui i bambini esplorano, giocano, usano gli oggetti e interagiscono socialmente (Sacrey et al., 2014) e minori abilità di pianificazione ed organizzazione potrebbero aumentare la fatica ad anticipare i passaggi coinvolti nel gioco sociale e nei discorsi, e nel pianificare gli step per realizzare obiettivi sociali, risultando in un minore coinvolgimento reciproco con i propri pari durante il gioco (Freeman et al., 2017).

-BIBLIOGRAFIA-

- Adalbjornsson, C. F., Fischman, M. G., & Rudisill, M. E. (2008). The End-State Comfort Effect in Young Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(1), 36–41. <https://doi.org/10.1080/02701367.2008.10599458>
- Albert, D., & Steinberg, L. (2011). Age differences in strategic planning as indexed by the Tower of London. *Child Development*, 82(5), 1501–1517. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01613.x>
- Ameis, S. H., Haltigan, J. D., Lyon, R. E., Sawyer, A., Mirenda, P., Kerns, C. M., Smith, I. M., Vaillancourt, T., Volden, J., Waddell, C., Zwaigenbaum, L., Bennett, T., Duku, E., Elsabbagh, M., Georgiades, S., Ungar, W. J., Zaidman-Zait, A., Lai, M. C., & Szatmari, P. (2022). Middle-childhood executive functioning mediates associations between early-childhood autism symptoms and adolescent mental health, academic and functional outcomes in autistic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 63(5), 553–562. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13493>
- Ament, K., Mejia, A., Buhlman, R., Erklin, S., Caffo, B., Mostofsky, S., & Wodka, E. (2015). Evidence for specificity of motor impairments in catching and balance in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45, 742–751.
- Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71–82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Ansari, D., Karmiloff-smith, A., & Karmiloff-smith, A. (2002). *Atypical trajectories of number development : a neuroconstructivist perspective*. 6(12), 511–516.
- Ansuini, C., Giosa, L., Turella, L., Altoè, G., & Castiello, U. (2008). An object for an action, the same object for other actions: Effects on hand shaping. *Experimental Brain Research*, 185(1), 111–119. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-1136-4>
- Ansuini, C., Podda, J., Battaglia, F. M., Veneselli, E., & Becchio, C. (2018). One hand, two hands, two people: Prospective sensorimotor control in children with autism. In *Developmental Cognitive Neuroscience* (Vol. 29, pp. 86–96). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.02.009>
- Atkinson, J. (2013). *Visual control of manual actions : brain mechanisms in typical development and developmental disorders*. 55, 13–18. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12300>
- Bäckström, A., Johansson, A. M., Rudolfsson, T., Rönnqvist, L., von Hofsten, C., Rosander, K., & Domellöf, E. (2021). Motor planning and movement execution during goal-directed sequential manual movements in 6-year-old children with autism spectrum disorder: A kinematic analysis. *Research in Developmental Disabilities*, 115(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2021.104014>
- Barnea-goraly, N., Menon, V., Eckert, M., Dant, C., & Reiss, A. L. (2005). *White Matter Development During Childhood and Adolescence : A Cross-sectional Diffusion Tensor Imaging Study*. December. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi062>
- Baron, I. S. (2000). Behavior Rating Inventory of Executive Function. In *Child Neuropsychology* (Vol. 6, Issue 3, pp. 235–238). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1076/chin.6.3.235.3152>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1 SE-Articles), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bedford, R., Pickles, A., & Lord, C. (2016). Early gross motor skills predict the subsequent development of language

- in children with autism spectrum disorder. *Autism Research*, 9(9), 993–1001. <https://doi.org/10.1002/aur.1587>
- Belmonte, M. K., Allen, G., Beckel-Mitchener, A., Boulanger, L. M., Carper, R. A., & Webb, S. J. (2004). Autism and Abnormal Development of Brain Connectivity. *The Journal of Neuroscience*, 24(42), 9228 LP – 9231. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3340-04.2004>
- Bhat, A. N. (2021). Motor Impairment Increases in Children With Autism Spectrum Disorder as a Function of Social Communication, Cognitive and Functional Impairment, Repetitive Behavior Severity, and Comorbid Diagnoses: A SPARK Study Report. *Autism Research*, 14(1), 202–219. <https://doi.org/10.1002/aur.2453>
- Bhat, A. N., Landa, R. J., & Galloway, J. C. (2011). Current perspectives on motor functioning in infants, children, and adults with autism spectrum disorders. *Physical Therapy*, 91(7), 1116–1129. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100294>
- Bhat, A. N., Srinivasan, S. M., Woxholdt, C., & Shield, A. (2016). Differences in praxis performance and receptive language during fingerspelling between deaf children with and without autism spectrum disorder. *Autism*, 22(3), 271–282. <https://doi.org/10.1177/1362361316672179>
- Biscaldi-Schäfer, M., Rauh, R., Irion, L., Jung, N., Mall, V., Fleischhaker, C., & Klein, C. (2013). Deficits in motor abilities and developmental fractionation of imitation performance in high-functioning autism spectrum disorders. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 23. <https://doi.org/10.1007/s00787-013-0475-x>
- Bölte, S., & Poustka, F. (2002). The relation between general cognitive level and adaptive behavior domains in individuals with autism with and without co-morbid mental retardation. *Child Psychiatry and Human Development*, 33(2), 165–172. <https://doi.org/10.1023/A:1020734325815>
- Boucher, J., Mayes, A., & Bigham, S. (2012). Memory in autistic spectrum disorder. *Psychological Bulletin*, 138(3), 458–496. <https://doi.org/10.1037/a0026869>
- Brisson, J., Warreyn, P., Serres, J., Foussier, S., & Adrien-Louis, J. (2012). Motor anticipation failure in infants with autism: A retrospective analysis of feeding situations. *Autism*, 16(4), 420–429. <https://doi.org/10.1177/1362361311423385>
- Campione, G. C., Piazza, C., Villa, L., & Molteni, M. (2016). Three-Dimensional Kinematic Analysis of Prehension Movements in Young Children with Autism Spectrum Disorder: New Insights on Motor Impairment. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(6), 1985–1999. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2732-6>
- Caruana, F., Borghi, A. M., & Caruana, F. (2016). *Il cervello in azione : introduzione alle nuove scienze della mente / Fausto Caruana, Anna Borghi*. Il mulino.
- Casartelli, L., Molteni, M., & Ronconi, L. (2016). So close yet so far: Motor anomalies impacting on social functioning in autism spectrum disorder. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 63, 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.02.001>
- Caselli, M. C., Vicari, S., Caselli, M. C., Caselli, M. C., & Vicari, S. (2017). *Neuropsicologia dell' età evolutiva : prospettive teoriche e cliniche / a cura di Stefano Vicari, Maria Cristina Caselli*. il Mulino.
- Cattaneo, L., Fabbri-Destro, M., Boria, S., Pieraccini, C., Monti, A., Cossu, G., & Rizzolatti, G. (2007). Impairment of actions chains in autism and its possible role in intention understanding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(45), 17825–17830. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706273104>
- Cavallo, A., Romeo, L., Ansuini, C., Podda, J., Battaglia, F., Veneselli, E., Pontil, M., & Becchio, C. (2018). Prospective motor control obeys to idiosyncratic strategies in autism. *Scientific Reports*, 8(1), 1–9.

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-31479-2>

- Cavanna, D., Salvini, A., Cavanna, D., Cavanna, D., & Salvini, A. (2010). *Per una psicologia dell'agire umano : scritti in onore di Erminio Gius / a cura di Donatella Cavanna e Alessandro Salvini*. FrancoAngeli.
- Cepeda, M. L., Hickman, H., Arroyo, R., Moreno, D., & Plancarte, P. (2015). Índice de dificultad en la solución de la tarea torre de Londres en niños y adultos. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, *15*(1), 117–132.
- Chokron, S., Kovarski, K., Zalla, T., & Dutton, G. N. (2020). Neuroscience and Biobehavioral Reviews The inter-relationships between cerebral visual impairment , autism and intellectual disability. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *114*(April), 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.04.008>
- Clearfield, M. W. (2011). Infant Behavior and Development Learning to walk changes infants ' social interactions. *Infant Behavior and Development*, *34*(1), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2010.04.008>
- Comalli, D. M., Keen, R., Abraham, E. S., Foo, V. J., Lee, M. H., & Adolph, K. E. (2016). The development of tool use: Planning for end-state comfort. *Developmental Psychology*, *52*(11), 878–1892. <https://doi.org/10.1037/dev0000207>
- Compas, B. E., Connor-Smith, J. K., Saltzman, H., Thomsen, A. H., & Wadsworth, M. E. (2001). Coping with stress during childhood and adolescence: Problems, progress, and potential in theory and research. *Psychological Bulletin*, *127*(1), 87–127. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.127.1.87>
- Conti, E., Calderoni, S., Marchi, V., Muratori, F., Cioni, G., & Guzzetta, A. (2015). The first 1000 days of the autistic brain: A systematic review of diffusion imaging studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*(MAR). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00159>
- Damasio, A. R., & Maurer, R. G. (1978). A Neurological Model for Childhood Autism. *Archives of Neurology*, *35*(12), 777–786. <https://doi.org/10.1001/archneur.1978.00500360001001>
- Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™, 5th ed. (2013). In *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™, 5th ed.* American Psychiatric Publishing, Inc. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Diamond, A. (2000). Close Interrelation of Motor Development and Cognitive Development and of the Cerebellum and Prefrontal Cortex. *Child Development*, *71*(1), 44–56. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1467-8624.00117>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dolores, M., Hevia, D., Izard, V., Coubart, A., Spelke, E. S., & Streri, A. (2014). *Representations of space , time , and number in neonates*. *111*(13), 4809–4813. <https://doi.org/10.1073/pnas.1323628111>
- Dowd, A. M., McGinley, J. L., Taffe, J. R., & Rinehart, N. J. (2012). Do Planning and Visual Integration Difficulties Underpin Motor Dysfunction in Autism? A Kinematic Study of Young Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(8), 1539–1548. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1385-8>
- DSM-5®. (2015). Raffaello Cortina.
- Dziuk, M. A., Larson, J. C. G., Apostu, A., Mahone, E. M., Denckla, M. B., & Mostofsky, S. H. (2007). Dyspraxia in autism: Association with motor, social, and communicative deficits. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *49*(10), 734–739. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00734.x>

- Elison, J. T., Wolff, J. J., Reznick, J. S., Botteron, K. N., Estes, A. M., Gu, H., Hazlett, H. C., Meadows, A. J., Paterson, S. J., Zwaigenbaum, L., & Piven, J. (2014). Repetitive behavior in 12-month-olds later classified with autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *53*(11), 1216–1224. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2014.08.004>
- Esposito, G., & Paşca, S. P. (2013). Motor abnormalities as a putative endophenotype for autism spectrum disorders. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *7*(JUN), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00043>
- Esposito, G., Venuti, P., Maestro, S., & Muratori, F. (2009). An exploration of symmetry in early autism spectrum disorders: Analysis of lying. *Brain and Development*, *31*(2), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2008.04.005>
- Estes, A., Zwaigenbaum, L., Gu, H., St. John, T., Paterson, S., Elison, J. T., Hazlett, H., Botteron, K., Dager, S. R., Schultz, R. T., Kostopoulos, P., Evans, A., Dawson, G., Eliason, J., Alvarez, S., & Piven, J. (2015). Behavioral, cognitive, and adaptive development in infants with autism spectrum disorder in the first 2 years of life. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, *7*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s11689-015-9117-6>
- Fabbri-Destro, M., Cattaneo, L., Boria, S., & Rizzolatti, G. (2009). Planning actions in autism. *Experimental Brain Research*, *192*(3), 521–525. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1578-3>
- Flanagan, J. E., Landa, R., Bhat, A., & Bauman, M. (2012). Head lag in infants at risk for autism: A preliminary study. *American Journal of Occupational Therapy*, *66*(5), 577–585. <https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004192>
- Fleury, A., Kushki, A., Tanel, N., Anagnostou, E., & Chau, T. (2013). Statistical persistence and timing characteristics of repetitive circle drawing in children with ASD. *Developmental Neurorehabilitation*, *16*(4), 245–254. <https://doi.org/10.3109/17518423.2012.758184>
- Forti, S., Valli, A., Perego, P., Nobile, M., Crippa, A., & Molteni, M. (2011). *Research in Autism Spectrum Disorders Motor planning and control in autism . A kinematic analysis of preschool children*. *5*, 834–842. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2010.09.013>
- Fournier, K. A., Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N., & Cauraugh, J. H. (2010). Motor coordination in autism spectrum disorders: A synthesis and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *40*(10), 1227–1240. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-0981-3>
- Freeman, L. M. M., Locke, J., Rotheram-Fuller, E., & Mandell, D. (2017). Brief report: Examining executive and social functioning in elementary-aged children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(6), 1890–1895. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3079-3>
- 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. <https://doi.org/10.1002/aur.1877>
- Geurts, H. M., van den Bergh, S. F. W. M., & Ruzzano, L. (2014). Prepotent response inhibition and interference control in autism spectrum disorders: Two Meta-Analyses. *Autism Research*, *7*(4), 407–420. <https://doi.org/10.1002/aur.1369>
- Ghaziuddin, M., & Butler, E. (1998). Clumsiness in autism and Asperger syndrome: a further report. *Journal of Intellectual Disability Research*, *42*(1), 43–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2788.1998.00065.x>
- Gilotty, L., Kenworthy, L., Sirian, L., Black, D. O., & Wagner, A. E. (2002). Adaptive Skills and Executive Function in Autism Spectrum Disorders. *Child Neuropsychology*, *8*(4), 241–248.

<https://doi.org/10.1076/chin.8.4.241.13504>

- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000a). *Behavior rating inventory of executive function: BRIEF*. Psychological Assessment Resources Odessa, FL.
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000b). TEST REVIEW Behavior Rating Inventory of Executive Function. *Child Neuropsychology*, 6(3), 235–238. <https://doi.org/10.1076/chin.6.3.235.3152>
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Kenworthy, L., & Barton, R. M. (2002). Profiles of Everyday Executive Function in Acquired and Developmental Disorders. *Child Neuropsychology*, 8(2), 121–137. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.121.8727>
- Gioia, G. A., Marano, A., Gioia, G. A., Gioia, G. A., & Marano, A. (2016). *BRIEF 2 : behavior rating inventory of executive function : manuale / Gerard A. Gioia ... [et al.] ; adattamento italiano di Assunta Marano ... [et al.]* (2. ed). Hogrefe.
- Gizzonio, V., Avanzini, P., Campi, C., Orivoli, S., Piccolo, B., Cantalupo, G., Tassinari, C. A., Rizzolatti, G., & Fabbri-Destro, M. (2015). Failure in Pantomime Action Execution Correlates with the Severity of Social Behavior Deficits in Children with Autism: A Praxis Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(10), 3085–3097. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2461-2>
- Gollwitzer, P. M., & Brandstätter, V. (1997). Implementation intentions and effective goal pursuit. In *Journal of Personality and Social Psychology* (Vol. 73, Issue 1, pp. 186–199). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.73.1.186>
- Gowen, E., & Hamilton, A. (2013). Motor Abilities in Autism: A Review Using a Computational Context. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(2), 323–344. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1574-0>
- GREEN, D., CHARMAN, T., PICKLES, A., CHANDLER, S., LOUCAS, T. O. M., SIMONOFF, E., & BAIRD, G. (2009). Impairment in movement skills of children with autistic spectrum disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(4), 311–316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03242.x>
- Haswell, C. C., Izawa, J., Dowell, L. R., Mostofsky, S. H., & Shadmehr, R. (2009). Representation of internal models of action in the autistic brain. *Nature Neuroscience*, 12(8), 970–972. <https://doi.org/10.1038/nn.2356>
- Hazlett, H. C., Ph, D., Gu, H., Ph, D., Munsell, B. C., Ph, D., Hyung, S., Ph, D., Styner, M., Ph, D., Wolff, J. J., Ph, D., Elison, J. T., Ph, D., Meghan, R., Ph, D., Zhu, H., Ph, D., Botteron, K. N., ... Ph, D. (2017). *spectrum disorder*. 542(7641), 348–351. <https://doi.org/10.1038/nature21369.Early>
- Hendrickson, N. K., & McCrimmon, A. W. (2019). Test Review: Behavior Rating Inventory of Executive Function®, Second Edition (BRIEF®2) by Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. *Canadian Journal of School Psychology*, 34(1), 73–78. <https://doi.org/10.1177/0829573518797762>
- Herbort, O., & Butz, M. V. (2011). Habitual and goal-directed factors in (everyday) object handling. *Experimental Brain Research*, 213(4), 371–382. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2787-8>
- Hill, E. L. (2004). Executive dysfunction in autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(1), 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.11.003>
- Hovik, K. T., Egeland, J., Isquith, P. K., Gioia, G., Skogli, E. W., Andersen, P. N., & Øie, M. (2017). Distinct Patterns of Everyday Executive Function Problems Distinguish Children With Tourette Syndrome From Children With ADHD or Autism Spectrum Disorders. *Journal of Attention Disorders*, 21(10), 811–823. <https://doi.org/10.1177/1087054714550336>

- Hughes, C. (1996a). Brief report: Planning problems in autism at the level of motor control. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26(1), 99–107. <https://doi.org/10.1007/BF02276237>
- Hughes, C. (1996b). Brief report: Planning problems in autism at the level of motor control. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26, 99–108. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26, 99–107. <https://doi.org/10.1007/BF02276237>
- Huttenlocher, P. R., & Dabholkar, A. S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 387(2), 167–178. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9861\(19971020\)387:2<167::AID-CNE1>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9861(19971020)387:2<167::AID-CNE1>3.0.CO;2-Z)
- Iverson, J. M. (2018). Early motor and communicative development in infants with an older sibling with autism spectrum disorder. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 61(11), 2673–2684. https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-L-RSAUT-18-0035
- IVERSON, J. M. (2010). Developing language in a developing body: the relationship between motor development and language development. *Journal of Child Language*, 37(2), 229–261. <https://doi.org/DOI:10.1017/S0305000909990432>
- Izawa, J., Pekny, S. E., Marko, M. K., Haswell, C. C., Shadmehr, R., & Mostofsky, S. H. (2012). Motor learning relies on integrated sensory inputs in ADHD, but over-selectively on proprioception in autism spectrum conditions. *Autism Research*, 5(2), 124–136. <https://doi.org/10.1002/aur.1222>
- Jansiewicz, E. M., Goldberg, M. C., Newschaffer, C. J., Denckla, M. B., Landa, R., & Mostofsky, S. H. (2006). Motor Signs Distinguish Children with High Functioning Autism and Asperger’s Syndrome from Controls. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(5), 613–621. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0109-y>
- Janusz, J., Ahluvalia, T., & Gioia, G. (2002). The relationship between executive function and adaptive behavior. *Poster Presented at the Annual Meetings of the International Neuropsychological Society, Toronto, Canada. Hyperactivity Disorder (ADHD): Using the BASC and BRIEF. Applied Neuropsychology*, 12(2), 83–93.
- Jeannerod, M., & Pacherie, E. (2004). *Agency, Simulation and Self-identification*. 19(2), 113–146. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0017.2004.00251.x>
- Johnson, M. H. (2011). Developmental Cognitive Neuroscience Interactive Specialization : A domain-general framework for human functional brain development ? *Accident Analysis and Prevention*, 1(1), 7–21. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2010.07.003>
- Joseph, R. M., Steele, S. D., Meyer, E., & Tager-Flusberg, H. (2005). Self-ordered pointing in children with autism: Failure to use verbal mediation in the service of working memory? *Neuropsychologia*, 43(10), 1400–1411. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.01.010>
- Jovanovic, B., & Schwarzer, G. (2011). Learning to grasp efficiently: The development of motor planning and the role of observational learning. *Vision Research*, 51(8), 945–954. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.12.003>
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213–233. <https://doi.org/10.1007/s11065-007-9040-z>
- Kaller, C. P., Unterrainer, J. M., & Stahl, C. (2012). Assessing planning ability with the Tower of London task: Psychometric properties of a structurally balanced problem set. *Psychological Assessment*, 24(1), 46–53. <https://doi.org/10.1037/a0025174>
- Kanne, S. M., Gerber, A. J., Quirnbach, L. M., Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., & Saulnier, C. A. (2011). The role of adaptive behavior in autism spectrum disorders: Implications for functional outcome. *Journal of Autism and*

- Developmental Disorders*, 41(8), 1007–1018. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1126-4>
- Karmiloff-Smith, A. (1998). *Development itself is the key to understanding developmental disorders*. 2(10), 389–398.
- Karmiloff-Smith, A. (2007). Atypical epigenesis. *Developmental Science*, 10(1), 84–88. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00568.x>
- Karmiloff-Smith, B. A. (1994). Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science. *European Journal of Disorders of Communication*, 29(1), 95–105. <https://doi.org/10.3109/13682829409041485>
- Kaur, M., M. Srinivasan, S., & N. Bhat, A. (2018a). Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without Autism Spectrum Disorder (ASD). *Research in Developmental Disabilities*, 72(November 2017), 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.025>
- Kaur, M., M. Srinivasan, S., & N. Bhat, A. (2018b). Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without Autism Spectrum Disorder (ASD). *Research in Developmental Disabilities*, 72(October 2017), 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.025>
- Kaur, M., M. Srinivasan, S., & N. Bhat, A. (2018c). Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without Autism Spectrum Disorder (ASD). *Research in Developmental Disabilities*, 72, 79–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.025>
- Kenny, L., Cribb, S. J., & Pellicano, E. (2019). Childhood Executive Function Predicts Later Autistic Features and Adaptive Behavior in Young Autistic People: a 12-Year Prospective Study. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 47(6), 1089–1099. <https://doi.org/10.1007/s10802-018-0493-8>
- Kenworthy, L., Black, D. O., Harrison, B., della Rosa, A., & Wallace, G. L. (2009). Are Executive Control Functions Related to Autism Symptoms in High-Functioning Children? *Child Neuropsychology*, 15(5), 425–440. <https://doi.org/10.1080/09297040802646983>
- Kenworthy, L. E., Black, D. O., Wallace, G. L., Ahluvalia, T., Wagner, A. E., & Sirian, L. M. (2005). Disorganization: The Forgotten Executive Dysfunction in High-Functioning Autism (HFA) Spectrum Disorders. *Developmental Neuropsychology*, 28(3), 809–827. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2803_4
- Kercood, S., Grskovic, J. A., Banda, D., & Begeske, J. (2014). Working memory and autism: A review of literature. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(10), 1316–1332. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2014.06.011>
- Khan, M. A., Franks, I. M., Elliott, D., Lawrence, G. P., Chua, R., Bernier, P.-M., Hansen, S., & Weeks, D. J. (2006). Inferring online and offline processing of visual feedback in target-directed movements from kinematic data. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(8), 1106–1121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.05.002>
- Klin, A., Saulnier, C. A., Sparrow, S. S., Cicchetti, D. V., Volkmar, F. R., & Lord, C. (2007). Social and communication abilities and disabilities in higher functioning individuals with autism spectrum disorders: The Vineland and the ADOS. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(4), 748–759. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0229-4>
- Klingberg, T., & Vaidya, C. A. C. J. (1999). *Myelination and organization of the frontal white matter in children : a diffusion tensor MRI study*. 10(13), 2817–2821.
- Knudsen, B., Henning, A., Wunsch, K., Weigelt, M., & Aschersleben, G. (2012). The end-state comfort effect in 3- to 8-year-old children in two object manipulation tasks. *Frontiers in Psychology*, 3(OCT), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00445>

- Krikorian, R., Bartok, J., & Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *16*(6), 840–850.
<https://doi.org/10.1080/01688639408402697>
- Landa, R., & Garrett-Mayer, E. (2006). Development in infants with autism spectrum disorders: A prospective study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *47*(6), 629–638.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01531.x>
- Landa, R. J., Haworth, J. L., & Nebel, M. B. (2016). Ready, set, go! Low anticipatory response during a dyadic task in infants at high familial risk for autism. *Frontiers in Psychology*, *7*(MAY), 1–12.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00721>
- Leary, M. R., & Hill, D. A. (1996). Moving on: Autism and movement disturbance. *Mental Retardation*, *34*(1), 39–53.
- LeBarton, E. S., & Iverson, J. M. (2016). Associations between gross motor and communicative development in at-risk infants. *Infant Behavior and Development*, *44*, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2016.05.003>
- Lemon, J. M., Gargaro, B., Enticott, P. G., & Rinehart, N. J. (2011). Brief report: Executive functioning in autism spectrum disorders: A gender comparison of response inhibition. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *41*(3), 352–356. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1039-2>
- Leung, R. C., & Zakzanis, K. K. (2014). Brief report: Cognitive flexibility in autism spectrum disorders: A quantitative review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *44*(10), 2628–2645.
<https://doi.org/10.1007/s10803-014-2136-4>
- Levy, E., & Turnbull, S. (1992). Average intelligence. *Risk*, *5*(2), 53–57.
<https://doi.org/10.1177/1362361313510068.Understanding>
- Lewis, J. D., Evans, A. C., Jr, J. R. P., Kelly, N., Mckinstry, R. C., Zwaigenbaum, L., Collins, D. L., Kostopoulos, P., Gerig, G., Dager, S., Paterson, S., Schultz, R. T., & Styner, M. (2017). *spectrum disorder*. *82*(3), 176–185.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.03.006.The>
- Licari, M. K., Alvares, G. A., Varcin, K., Evans, K. L., Cleary, D., Reid, S. L., Glasson, E. J., Bebbington, K., Reynolds, J. E., Wray, J., & Whitehouse, A. J. O. (2020). Prevalence of Motor Difficulties in Autism Spectrum Disorder: Analysis of a Population-Based Cohort. *Autism Research*, *13*(2), 298–306.
<https://doi.org/10.1002/aur.2230>
- Lim, Y. H., Licari, M., Spittle, A. J., Watkins, R. E., Zwicker, J. G., Downs, J., & Finlay-Jones, A. (2021). Early motor function of children with autism spectrum disorder: A systematic review. *Pediatrics*, *147*(2).
<https://doi.org/10.1542/peds.2020-011270>
- Logan, S. W., & Fischman, M. G. (2011). The relationship between end-state comfort effects and memory performance in serial and free recall. *Acta Psychologica*, *137*(3), 292–299.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2011.03.009>
- Lopez, B. R., Lincoln, A. J., Ozonoff, S., & Lai, Z. (2005). Examining the relationship between executive functions and restricted, repetitive symptoms of Autistic Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *35*(4), 445–460. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-5035-x>
- Mace, R. A., Waters, A. B., Sawyer, K. S., Turrisi, T., & Gansler, D. A. (2018). Components of Executive Function Predict Regional Prefrontal Volumes. *BioRxiv*, *33*(7), 1007–1019. <https://doi.org/10.1101/374009>
- Mammarella, I. C., Cardillo, R., Caviola, S., Cornoldi, C., Mammarella, I. C., & Cornoldi, C. (2019). *La memoria di*

lavoro nei disturbi del neurosviluppo : dalle evidenze scientifiche alle applicazioni cliniche ed educative / Irene C. Mammarella, Ramona Cardillo, Sara Caviola ; prefazione di Cesare Cornoldi. Franco Angeli.

- Marano, A., Innocenzi, M., Devescovi, A., & D'Amico, S. (2016). *Behavior Rating Inventory of Executive Function 2, assessment delle funzioni esecutive in età scolare (BRIEF-2), di Gerard A. Gioia, Peter K. Isquith, Steven C. Guy, PhD, Lauren Kenworthy, 2000, HOGREFE Editore, 2016, Marano, A., Innocenzi M, Devescovi, A.*
- Mari, M., Castiello, U., Marks, D., Marraffa, C., & Prior, M. (2003). *The reach-to-grasp movement in children with autism spectrum disorder. January*, 393–403. <https://doi.org/10.1098/rstb.2002.1205>
- Marshall, P. J. (2016). *Embodiment and Human Development. 10(4)*, 245–250. <https://doi.org/10.1111/cdep.12190>
- Maski, K. P., Jeste, S. S., & Spence, S. J. (2011). Common neurological co-morbidities in autism spectrum disorders. *Current Opinion in Pediatrics*, 23, 609–615. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:23870354>
- McCormack, T., & Atance, C. M. (2011). Planning in young children: A review and synthesis. *Developmental Review*, 31(1), 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2011.02.002>
- McLean, R. L., Johnson Harrison, A., Zimak, E., Joseph, R. M., & Morrow, E. M. (2014). Executive function in probands with autism with average IQ and their unaffected first-degree relatives. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 53(9), 1001–1009. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2014.05.019>
- Meltzoff, A. N. (2016). *Body Maps in the Infant Brain. 19(9)*, 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.06.012.Body>
- Michel, E., Roethlisberger, M., Neuenschwander, R., & Roebbers, C. M. (2011). Development of Cognitive Skills in Children with Motor Coordination Impairments at 12-Month Follow-up. *Child Neuropsychology*, 17(2), 151–172. <https://doi.org/10.1080/09297049.2010.525501>
- Ming, X., Brimacombe, M., & Wagner, G. C. (2007). Prevalence of motor impairment in autism spectrum disorders. *Brain and Development*, 29(9), 565–570. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2007.03.002>
- Miyahara, M., Tsujii, M., Hori, M., Nakanishi, K., Kageyama, H., & Sugiyama, T. (1997). Brief Report: Motor Incoordination in Children with Asperger Syndrome and Learning Disabilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27(5), 595–603. <https://doi.org/10.1023/A:1025834211548>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000a). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000b). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Molloy, C. A., Dietrich, K. N., & Bhattacharya, A. (2003). Postural Stability in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(6), 643–652. <https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000006001.00667.4c>
- Moruzzi, S., Ogliari, A., Ronald, A., Happé, F., & Battaglia, M. (2011). The nature of covariation between autistic traits and clumsiness: A twin study in a general population sample. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(12), 1665–1674. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1199-8>
- Nazarali, N., Glazebrook, C. M., & Elliott, D. (2009). Movement Planning and Reprogramming in Individuals With

- Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(10), 1401–1411. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0756-x>
- Nickel, L. R., Thatcher, A. R., Keller, F., Wozniak, R. H., & Iverson, J. M. (2013). Posture development in infants at heightened versus low risk for autism spectrum disorders. *Infancy*, 18(5), 639–661. <https://doi.org/10.1111/infa.12025>
- Olde Dubbelink, L. M. E., & Geurts, H. M. (2017). Planning Skills in Autism Spectrum Disorder Across the Lifespan: A Meta-analysis and Meta-regression. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(4), 1148–1165. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-3013-0>
- Oliveira, K. S. C., Fontes, D. E., Longo, E., Leite, H. R., & Camargos, A. C. R. (2023). Motor Skills are Associated with Participation of Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 53(4), 1403–1412. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05318-9>
- Otterman, D. L., Koopman-Verhoeff, M. E., White, T. J., Tiemeier, H., Bolhuis, K., & Jansen, P. W. (2019). Executive functioning and neurodevelopmental disorders in early childhood: A prospective population-based study. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 13(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13034-019-0299-7>
- Overton, W. F., Overton, W. F., & Newman, J. L. (2015). *Developmental Perspectives on Embodiment and Consciousness Edited by. December.*
- Ozonoff, S., Heung, K., Byrd, R., Hansen, R., & Hertz-Picciotto, I. (2008). The onset of autism: Patterns of symptom emergence in the first years of life. *Autism Research*, 1(6), 320–328. <https://doi.org/10.1002/aur.53>
- Ozonoff, S., & Jensen, J. (1999). Brief report: specific executive function profiles in three neurodevelopmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(2), 171–177.
- Ozonoff, S., & Mcevoy, R. E. (1994). A longitudinal study of executive function and theory of mind development in autism. *Development and Psychopathology*, 6(3), 415–431. <https://doi.org/10.1017/S0954579400006027>
- Ozonoff, S., & Strayer, D. L. (1997). 自闭症-Inhibitory Function in Nonretarded Children with Autism- 【97年经典】.pdf. 27(1), 59–77.
- Ozonoff, S., & Strayer, D. L. (2001). Further Evidence of Intact Working Memory in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(3), 257–263. <https://doi.org/10.1023/A:1010794902139>
- Pascolo, P. B., & Cattarinussi, A. (2012). On the relationship between mouth opening and “broken mirror neurons” in autistic individuals. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(1), 98–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.07.009>
- Pastore, M., & Calcagni, A. (2019). Measuring Distribution Similarities Between Samples: A Distribution-Free Overlapping Index . In *Frontiers in Psychology* (Vol. 10). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.01089>
- Pelham Jr., W. E. (2001). Are ADHD/I and ADHD/C the same or different? Does it matter? *Clinical Psychology: Science and Practice*, 8(4), 502–506. <https://doi.org/10.1093/clipsy.8.4.502>
- Pellicano, E. (2010). The development of core cognitive skills in Autism: A 3-year prospective study. *Child Development*, 81(5), 1400–1416. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01481.x>
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive Functions and Developmental Psychopathology. *Journal of Child*

- Pereira, K., Medeiros, J. C., Bernardes, L. R., & Souza, L. A. P. S. de. (2019). End-state comfort effect in manipulative motor actions of typical and atypical children: a systematic review. *Fisioterapia e Pesquisa*, 26(2), 202–209. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/17009426022019>
- Piek, J. P., Dyck, M. J., Francis, M., & Conwell, A. (2007). Working memory, processing speed, and set-shifting in children with developmental coordination disorder and attention-deficit–hyperactivity disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(9), 678–683. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00678.x>
- Piven, J., Elison, J. T., & Zylka, M. J. (2017). Toward a conceptual framework for early brain and behavior development in Autism. *Molecular Psychiatry*, 22(10), 1385–1394. <https://doi.org/10.1038/mp.2017.131>
- Pugliese, C. E., Anthony, L., Strang, J. F., Dudley, K., Wallace, G. L., & Kenworthy, L. (2015). Increasing Adaptive Behavior Skill Deficits From Childhood to Adolescence in Autism Spectrum Disorder: Role of Executive Function. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(6), 1579–1587. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2309-1>
- Ready, D., & Ready, D. (2019). *The thesis for the Doctor of Psychology degree by*.
- Reynolds, J. E., Whitehouse, A. J. O., Alvares, G. A., Waddington, H., Macaskill, E., & Licari, M. K. (2022). Characterising the Early Presentation of Motor Difficulties in Autistic Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(11), 4739–4749. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05333-w>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.06.007>
- Rodgers, R. A., Travers, B. G., & Mason, A. H. (2019). Bimanual reach to grasp movements in youth with and without autism spectrum disorder. *Frontiers in Psychology*, 9(JAN), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02720>
- Rodier, P. M., & Arndt, T. L. (2005). The brainstem in Autism. *The Neurobiology of Autism*, 136–149.
- Rodrigue, J. R., Morgan, S. B., & Geffken, G. R. (1991). A comparative evaluation of adaptive behavior in children and adolescents with autism, Down syndrome, and normal development. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 21(2), 187–196. <https://doi.org/10.1007/BF02284759>
- Rosa, M., Puig, O., Lázaro, L., Vallés, V., Lera, S., Sánchez-Gistau, V., & Calvo, R. (2017). Broad Cognitive Profile in Children and Adolescents with HF-ASD and in Their Siblings: Widespread Underperformance and its Clinical and Adaptive Correlates. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(7), 2153–2162. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3137-x>
- Rosenbaum, D. A., Chapman, K. M., Weigelt, M., Weiss, D. J., & van der Wel, R. (2012). Cognition, action, and object manipulation. In *Psychological Bulletin* (Vol. 138, Issue 5, pp. 924–946). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/a0027839>
- Rosenbaum, D. A., Marchak, F., Barnes, H. J., Vaughan, J., Slotta, J. D., & Jorgensen, M. J. (1990). Constraints for action selection: Overhand versus underhand grips. In *Attention and performance 13: Motor representation and control*. (pp. 321–342). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Rosenbaum, D. A., Meulenbroek, R. G. J., & Vaughan, J. (1996). 9 - *Three Approaches to the Degrees of Freedom Problem in Reaching* (A. M. Wing, P. Haggard, & J. R. B. T.-H. and B. Flanagan (Eds.); pp. 169–185).

Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012759440-8/50013-X>

- Rozga, A., Anderson, S., & Robins, D. (2011). *Major current neuropsychological theories of ASD* (pp. 97–122).
- Rumsey, J. M. (1985). Conceptual problem-solving in highly verbal, nonretarded autistic men. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *15*(1), 23–36. <https://doi.org/10.1007/BF01837896>
- Sacrey, L. A. R., Germani, T., Bryson, S. E., & Zwaigenbaum, L. (2014). Reaching and grasping in autism spectrum disorder: A review of recent literature. *Frontiers in Neurology*, *5* JAN(January), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00006>
- Salcedo-Marin, M. D., Moreno-Granados, J. M., Ruiz-Veguilla, M., & Ferrin, M. (2013). Evaluation of planning dysfunction in attention deficit hyperactivity disorder and autistic spectrum disorders using the Zoo Map Task. *Child Psychiatry and Human Development*, *44*(1), 166–185. <https://doi.org/10.1007/s10578-012-0317-y>
- Sannio Fancello, G., Vio, C., Cianchetti, C., Cornoldi, C., Sannio Fancello, G., & Cornoldi, C. (2006). *Torre di Londra : test di valutazione delle funzioni esecutive : pianificazione e problem solving / Giuseppina Sannio Fancello, Claudio Vio e Carlo Cianchetti ; con la collaborazione di Cesare Cornoldi ; introduzione di Tim Shallice*. Centro studi Erickson.
- Santello, M., Flanders, M., & Soechting, J. F. (1998). Postural hand synergies for tool use. *Journal of Neuroscience*, *18*(23), 10105–10115. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.18-23-10105.1998>
- Sayers, N., Oliver, C., Ruddick, L., & Wallis, B. (2011). Stereotyped behaviour in children with autism and intellectual disability: An examination of the executive dysfunction hypothesis. *Journal of Intellectual Disability Research*, *55*(7), 699–709. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2010.01370.x>
- Scerif, G., & Karmiloff-smith, A. (2005). *The dawn of cognitive genetics ? Crucial developmental caveats*. *9*(3). <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.01.008>
- Schack, T., & Mechsner, F. (2006). Representation of motor skills in human long-term memory. *Neuroscience Letters*, *391*(3), 77–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neulet.2005.10.009>
- Schall, U., Johnston, P., Lagopoulos, J., Jüptner, M., Jentzen, W., Thienel, R., Dittmann-Balçar, A., Bender, S., & Ward, P. B. (2003). Functional brain maps of Tower of London performance: a positron emission tomography and functional magnetic resonance imaging study. *NeuroImage*, *20*(2), 1154–1161. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00338-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00338-0)
- Scharoun, S. M., & Bryden, P. J. (2014). Hand preference, performance abilities, and hand selection in children. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 5). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00082>
- Scharoun, S. M., & Bryden, P. J. (2016). Anticipatory planning in children with autism spectrum disorder: An assessment of independent and joint action tasks. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *10*(AUGUST2016), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnint.2016.00029>
- Scharoun, S. M., Gonzalez, D. A., Roy, E. A., & Bryden, P. J. (2018). End-State Comfort Across the Lifespan: A Cross-Sectional Investigation of How Movement Context Influences Motor Planning in an Overtuned Glass Task. *Motor Control*, *22*(2), 211–230. <https://doi.org/10.1123/mc.2016-0064>
- Schmitz, C., Martineau, J., Barthélémy, C., & Assaiante, C. (2003). Motor control and children with autism: Deficit of anticipatory function? *Neuroscience Letters*, *348*(1), 17–20. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(03\)00644-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(03)00644-X)
- Schuh, J. M., & Eigsti, I. M. (2012). Working memory, language skills, and autism symptomatology. *Behavioral*

Sciences, 2(4), 207–218. <https://doi.org/10.3390/bs2040207>

- Schurink, J., Hartman, E., Scherder, E. J. A., Houwen, S., & Visscher, C. (2012). Relationship between motor and executive functioning in school-age children with pervasive developmental disorder not otherwise specified. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(2), 726–732. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2011.10.013>
- Seng, G. J., Tseng, W. L., Chiu, Y. N., Tsai, W. C., Wu, Y. Y., & Gau, S. S. F. (2021). Executive functions in youths with autism spectrum disorder and their unaffected siblings. *Psychological Medicine*, 51(15), 2571–2580. <https://doi.org/10.1017/S0033291720001075>
- Sergeant, J. (2000). The cognitive-energetic model: an empirical approach to Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(1), 7–12. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(99\)00060-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0149-7634(99)00060-3)
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 298(1089), 199–209. <https://doi.org/10.1098/rstb.1982.0082>
- Shen, M. D., & Piven, J. (2017). *State of the art Brain and behavior development in autism from birth through infancy*. 3367, 325–334.
- Specialization, I., Johnson, M. H., Grossmann, T., & Kadosh, K. C. (2009). *Mapping Functional Brain Development : Building a Social Brain Through Mapping Functional Brain Development : Building a Social Brain Through Interactive Specialization*. June 2014. <https://doi.org/10.1037/a0014548>
- Stöckel, T., & Hughes, C. M. L. (2016). The relation between measures of cognitive and motor functioning in 5- to 6-year-old children. *Psychological Research*, 80(4), 543–554. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0662-0>
- Stöckel, T., Hughes, C. M. L., & Schack, T. (2012). Representation of grasp postures and anticipatory motor planning in children. *Psychological Research*, 76(6), 768–776. <https://doi.org/10.1007/s00426-011-0387-7>
- Sumner, E., Leonard, H. C., & Hill, E. L. (2016). Overlapping Phenotypes in Autism Spectrum Disorder and Developmental Coordination Disorder : A Cross-Syndrome Comparison of Motor and Social Skills. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(8), 2609–2620. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2794-5>
- Sumner, P., & Husain, M. (2007). At the Edge of Consciousness: Automatic Motor Activation and Voluntary Control. *The Neuroscientist*, 14(5), 474–486. <https://doi.org/10.1177/1073858408314435>
- Swanson, M. R., Shen, M. D., Wolff, J. J., Elison, J. T., Emerson, R. W., Styner, M. A., Hazlett, H. C., Truong, K., Watson, L. R., Paterson, S., Marrus, N., Botteron, K. N., Pandey, J., Schultz, R. T., Dager, S. R., Zwaigenbaum, L., Estes, A. M., Piven, J., Piven, J., ... Gu, H. (2017). Subcortical Brain and Behavior Phenotypes Differentiate Infants With Autism Versus Language Delay. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 2(8), 664–672. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2017.07.007>
- Teitelbaum, P., Teitelbaum, O., Nye, J., Fryman, J., & Maurer, R. G. (1998). Movement analysis in infancy may be useful for early diagnosis of autism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(23), 13982–13987. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.23.13982>
- Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., & Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 28(5), 675–691. <https://doi.org/10.1017/S0140525X05000129>
- Trevarthen, C., & Delafield-Butt, J. T. (2013). Autism as a developmental disorder in intentional movement and affective engagement. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7(JUN), 1–31. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00049>

- Unterrainer, J. M., Kaller, C. P., Loosli, S. V., Heinze, K., Ruh, N., Paschke-Müller, M., Rauh, R., Biscaldi, M., & Rahm, B. (2015). Looking ahead from age 6 to 13: A deeper insight into the development of planning ability. *British Journal of Psychology*, *106*(1), 46–67. <https://doi.org/10.1111/bjop.12065>
- Unterrainer, J. M., Rauh, R., Rahm, B., Hardt, J., Kaller, C. P., Klein, C., Paschke-Müller, M., & Biscaldi, M. (2016). Development of Planning in Children with High-Functioning Autism Spectrum Disorders and/or Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Autism Research*, *9*(7), 739–751. <https://doi.org/10.1002/aur.1574>
- Valenza, E., Turati, C., Valenza, E., Valenza, E., & Turati, C. (2019). *Promuovere lo sviluppo della mente : un approccio neurocostruttivista / a cura di Eloisa Valenza, Chiara Turati*. Il mulino.
- van den Bergh, S. F. W. M., 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. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2071-4>
- van Swieten, L. M., van Bergen, E., Williams, J. H. G., Wilson, A. D., Plumb, M. S., Kent, S. W., & Mon-Williams, M. A. (2010). A test of motor (not executive) planning in developmental coordination disorder and autism. In *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* (Vol. 36, Issue 2, pp. 493–499). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/a0017177>
- Veldkamp, E. (2009). The emergence of pets as family. PDF. *Jaac*, *49*(3), 256-266.e2. <http://resolver.ebscohost.com/openurl?sid=EBSCO:edsgao&genre=article&issn=08927936&ISBN=&volume=22&issue=4&date=20091201&spage=333&pages=333-346&title=Anthrozoos&atitle=The emergence of %27pets as family%27 and the socio-historical development of pet fune>
- von Hofsten, C., & Rosander, K. (2012). Perception-action in children with ASD. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *6*(NOV), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fnint.2012.00115>
- Wang, Y., Zhang, Y. bing, Liu, L. lu, Cui, J. fang, Wang, J., Shum, D. H. K., van Amelsvoort, T., & Chan, R. C. K. (2017). A Meta-Analysis of Working Memory Impairments in Autism Spectrum Disorders. *Neuropsychology Review*, *27*(1), 46–61. <https://doi.org/10.1007/s11065-016-9336-y>
- Whyatt, C. P., & Craig, C. M. (2012). Motor skills in children aged 7-10 years, diagnosed with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(9), 1799–1809. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1421-8>
- Williams, D. L., Goldstein, G., Carpenter, P. A., & Minshew, N. J. (2005). Verbal and spatial working memory in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *35*(6), 747–756. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0021-x>
- Williams, D. L., Goldstein, G., & Minshew, N. J. (2006). Neuropsychologic functioning in children with autism: Further evidence for disordered complex information-processing. *Child Neuropsychology*, *12*(4–5), 279–298. <https://doi.org/10.1080/09297040600681190>
- Wolff, J. J., Gu, H., Gerig, G., Elison, J. T., Styner, M., Gouttard, S., Botteron, K. N., Dager, S. R., Dawson, G., Estes, A. M., Evans, A. C., Hazlett, H. C., Kostopoulos, P., McKinstry, R. C., Paterson, S. J., Schultz, R. T., Zwaigenbaum, L., & Piven, J. (2012). Differences in white matter fiber tract development present from 6 to 24 months in infants with autism. *American Journal of Psychiatry*, *169*(6), 589–600. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2011.11091447>
- Wolff, J. J., Ph, D., Gu, H., Ph, D., Gerig, G., Ph, D., Elison, J. T., Ph, D., Dawson, G., Ph, D., Estes, A. M., Ph, D., Evans, A., Ph, D., Ph, D., Paterson, S. J., Ph, D., Schultz, R. T., Ph, D., & Zwaigenbaum, L. (2013). *NIH*

Public Access. 169(6), 589–600. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2011.11091447>.Differences

- Wolpert, D. M., & Ghahramani, Z. (2000). Computational principles of movement neuroscience. *Nature Neuroscience, 3*(11), 1212–1217. <https://doi.org/10.1038/81497>
- Wunsch, K., Henning, A., Aschersleben, G., & Weigelt, M. (2013). A Systematic Review of the End-State Comfort Effect in Normally Developing Children and in Children With Developmental Disorders. *Journal of Motor Learning and Development, 1*(3), 59–76. <https://doi.org/10.1123/jmld.1.3.59>
- Zampella, C., & Bennetto, L. (2013). *Motor Planning BT - Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders* (F. R. Volkmar (Ed.); pp. 1920–1925). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1698-3_351
- Zelazo, P. D., Craik, F. I. M., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica, 115*(2–3), 167–183. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2003.12.005>
- Zoia, S., & Zoia, S. (2004). *Lo sviluppo motorio del bambino / Stefania Zoia*. Carocci.