

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di Laurea Magistrale in Psicologia Clinica dello Sviluppo

Tesi di laurea magistrale

Il controllo cognitivo adattivo nell'ADHD: un focus sull'autoregolazione

Adaptive cognitive control in ADHD: a focus on self-regulation

Relatore

Prof. Giovanni Mento

Correlatrice

Dott.ssa Lisa Toffoli

Laureanda

Federica Barbetti
Matricola 2048610

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

ABSTRACT	1
CAPITOLO 1 - IL CONTROLLO COGNITIVO	2
1.1 Che cos'è il controllo cognitivo	2
1.2 I modelli del controllo cognitivo	2
1.3 Traiettorie evolutive e strumenti di valutazione del controllo cognitivo	8
1.3.1 Inibizione	9
1.3.2 <i>Working memory</i>	10
1.3.3 Flessibilità cognitiva	11
1.4 Il controllo cognitivo adattivo	12
1.4.1 Valutazione del controllo cognitivo adattivo	14
1.4.2 La prospettiva dell'apprendimento associativo sul controllo cognitivo	17
1.4.3 Un modello di controllo cognitivo adattivo: il <i>Dual mechanisms of control</i> (DMC)	18
CAPITOLO 2 - ADHD E CONTROLLO COGNITIVO ADATTIVO	20
2.1 ADHD: definizione, criteri diagnostici e manifestazioni cliniche	20
2.2 Aspetti evolutivi dell'ADHD	21
2.3 Modelli interpretativi dell'ADHD	22
2.3.1 Modelli cognitivi e neuropsicologici	23
2.3.2 Modelli basati su <i>deficit</i> motivazionali	25
2.4 Verso un approccio transdiagnostico	26
2.5 Il controllo cognitivo adattivo nell'ADHD	29
CAPITOLO 3 - LA RICERCA	33
3.1 Obiettivi	33
3.2 Metodo	33
3.2.1 Partecipanti	33

3.2.2 Conformità etica.....	34
3.3 Stimoli e procedure.....	34
3.3.1 Procedura sperimentale.....	34
3.3.2 Materiali.....	35
3.3.2.1 I tre <i>task</i> sperimentali.....	35
3.3.2.2 I test neuropsicologici.....	37
3.3.3 BART (<i>Balloon Analogue Risk Task</i>).....	38
3.3.3.1 Struttura del <i>trial</i>	40
3.3.3.2 Struttura del compito.....	42
3.4 Ipotesi sperimentali.....	43
3.5 Analisi dei dati.....	44
CAPITOLO 4 - RISULTATI.....	46
4.1 H1: <i>pumps</i> ed esplosioni.....	46
4.2 H2: profili di controllo cognitivo adattivo.....	49
CAPITOLO 5 - DISCUSSIONE.....	53
5.1 Autoregolazione adattiva (H1): quali sono le differenze tra ADHD e controlli? .	53
5.2 Profili di controllo cognitivo adattivo trasversali ad ADHD e controlli.....	55
5.3 Implicazioni in ambito sperimentale e clinico, limiti e prospettive di ricerca future.....	56
BIBLIOGRAFIA.....	58
SITOGRAFIA.....	83
RINGRAZIAMENTI.....	84

ABSTRACT

Tradizionalmente, con il concetto di controllo cognitivo si fa riferimento a un insieme di processi di tipo *top-down* che consentono di agire in modo indipendente e finalizzato (Vicari & Caselli, 2017). Di recente, si è venuta a delineare una nuova prospettiva *bottom-up*, grazie alla quale è stato introdotto il nuovo concetto di controllo cognitivo “adattivo” (Braem et al., 2019; Braem & Egner, 2018). Il controllo cognitivo adattivo consiste nell’insieme dei processi cognitivi che consentono agli individui di adattarsi, in maniera flessibile, alle regolarità statistiche presenti nell’ambiente circostante (Braem et al., 2019). Diversi studi in letteratura hanno avanzato l’ipotesi che tale capacità risulti compromessa nei disturbi del neurosviluppo ponendo così l’accento sulla necessità di indagare il controllo cognitivo adattivo in tali popolazioni cliniche (D’Souza et al., 2016; Domuta & Pentek, 2003). Il presente elaborato si inserisce nell’ampio progetto di ricerca CALM (sviluppo del Controllo cognitivo Adattivo: un Lavoro Multicentrico) che si è posto l’obiettivo di indagare il controllo cognitivo adattivo nei bambini con Disturbo da Deficit di Attenzione e di Iperattività (ADHD). Nello specifico, questa ricerca ha lo scopo di valutare la capacità di autoregolazione attraverso una versione modificata del *Balloon Analogue Risk Task* (BART), operando un confronto tra bambini a sviluppo tipico (TD) e bambini con ADHD tra i 7 e gli 11 anni. Inoltre, si è cercato di dare importanza anche ad una prospettiva molto recente, definita approccio transdiagnostico, che sostiene la necessità di andare oltre le classiche etichette diagnostiche, dando maggiore rilevanza alle caratteristiche del funzionamento cognitivo individuale (Astle et al., 2021; Astle et al., 2022). I risultati ottenuti in questa ricerca suggeriscono che, di fronte a un compito cognitivo particolarmente motivante, i bambini con ADHD riescono ad avere prestazioni simili a quelle dei bambini a sviluppo tipico. In particolare, i bambini con ADHD sarebbero in grado di modulare, in maniera adattiva, le proprie strategie di autoregolazione, aiutandosi con gli stimoli presenti nell’ambiente circostante. Un altro risultato interessante suggerisce la presenza di due diversi *cluster* di funzionamento cognitivo trasversali ai due gruppi di bambini. In linea con un approccio transdiagnostico, ciò suggerisce l’inadeguatezza dell’etichetta diagnostica nel differenziare diversi profili di funzionamento cognitivo adattivo.

CAPITOLO 1

IL CONTROLLO COGNITIVO

1.1 Che cos'è il controllo cognitivo

Il concetto di “funzioni esecutive” (FE), noto anche come “controllo cognitivo” (CC) o “controllo esecutivo” (Diamond, 2013), è stato introdotto per la prima volta nel 1983 da Muriel Lezak per fare riferimento a tutte quelle abilità cognitive che permettono all'individuo di comportarsi in maniera finalizzata, indipendente e adattiva (Vicari & Caselli, 2017). Con il concetto di “CC” si fa dunque riferimento ad abilità quali: anticipazione e pianificazione di attività al fine di raggiungere uno scopo; monitoraggio del comportamento; inibizione o posticipazione di una risposta; *problem solving*; regolazione e gestione delle emozioni.

Evidenze recenti hanno portato ad una rivisitazione di tale costrutto come proprietà emergente del sistema cognitivo (Braem et al., 2019). Infatti, il CC è in grado di agire sull'ambiente ma, al tempo stesso, ne risulta fortemente influenzato, in quanto è capace di modificarsi in modo flessibile sulla base delle regolarità presenti nel contesto, attraverso dei meccanismi impliciti, quali l'apprendimento associativo e lo *statistical learning* (Braem et al., 2019).

Il costrutto di “CC” è stato ed è tuttora ampiamente studiato dalla letteratura, dato il suo ruolo fondamentale nello sviluppo cognitivo, psicologico e sociale (Diamond, 2013).

1.2 I modelli del controllo cognitivo

Diversi autori, nel corso della storia, hanno cercato di definire il costrutto di CC secondo due diverse tipologie di modelli: i modelli unitari, che considerano il CC come composto da un unico sistema supervisore non divisibile in sottocomponenti; i modelli multi-componenziali, che considerano il CC come un costrutto multi-componenziale, costituito da specifiche componenti totalmente o parzialmente indipendenti fra loro (Vicari & Caselli, 2017).

Tra i più importanti modelli unitari vi sono il modello del Sistema Attenzionale

Supervisore (SAS) di Norman e Shallice (1986) ed il modello della Memoria di Lavoro di Baddeley (1974). Per quanto riguarda il primo modello (Figura 1) (Norman & Shallice, 1986), gli autori sostengono che quando l'individuo esegue dei comportamenti semplici e automatici si attiva un processo automatico, detto "selezione competitiva" (Gurney et al., 2009). Quando, invece, l'individuo si ritrova in situazioni nuove, si attiva il Sistema Attentivo Supervisore (SAS) che presiede e controlla i sistemi cognitivi, consentendo all'individuo di pianificare e organizzare nuove azioni e di evitare risposte che risultano essere non adeguate a quella data situazione (Gurney et al., 2009).

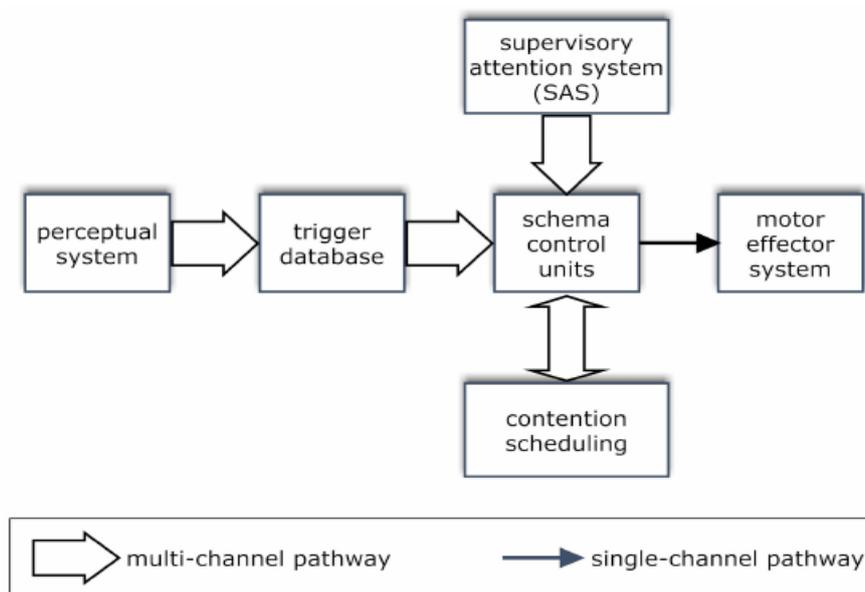


Figura 1: Modello del Sistema Attentivo Supervisore (Norman & Shallice, 1986)

Nel modello di Baddeley (1974), invece, il *focus* è sulla memoria di lavoro, che viene suddivisa in tre componenti: il *loop* fonologico, che ha un ruolo principale nell'elaborazione e nel mantenimento dell'informazione fonetica e fonologica; il taccuino visuo-spaziale, che è coinvolto nell'elaborazione e nel mantenimento delle informazioni verbali e visuo-spaziali in ingresso; l'esecutivo centrale, che consente di manipolare e integrare le informazioni contenute nella memoria di lavoro, la quale, a sua volta, permette di focalizzare l'attenzione sugli stimoli rilevanti (Baddeley, 1992; 2003; 2010). In una revisione del 2000, Baddeley ha aggiunto una quarta componente, detta *buffer* episodico, che consente all'individuo di modificare le proprie azioni in funzione dell'esperienza passata (Figura 2) (Baddeley, 2000; 2010).

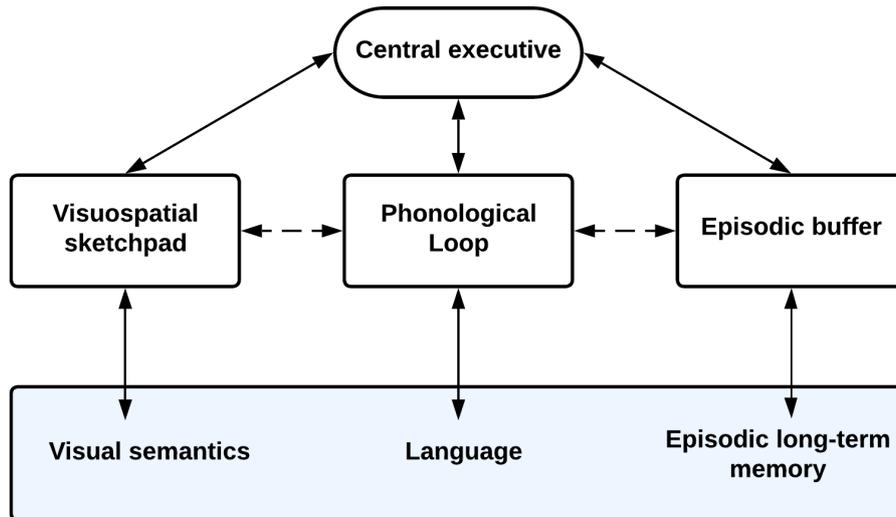


Figura 2: Modello di Baddeley (2000)

Nonostante i numerosi studi a supporto dei modelli unitari e la loro influenza nel panorama scientifico, un numero sempre maggiore di evidenze in letteratura ha sottolineato come i modelli multi-componenziali siano in grado di fornire una descrizione più accurata circa il funzionamento del CC (Miyake & Friedman, 2000).

Un primo esempio di tali modelli fa riferimento agli studi che hanno dimostrato come le diverse componenti del CC possiedano delle traiettorie evolutive differenti e dissociabili (Diamond, 2013). Altri studi, più sul versante neurale, hanno sottolineato come le diverse componenti siano associate a *network* prefrontali differenti (Marzocchi & Valagussa, 2011): infatti, studi neuropsicologici hanno messo in evidenza come, a seconda della posizione della lesione cerebrale, sia possibile osservare delle disfunzioni differenti sul piano esecutivo.

Attualmente, uno dei modelli multi-componenziali maggiormente condivisi dalla comunità scientifica è quello di Miyake e colleghi (2000) che individua tre principali componenti del CC:

- L'inibizione (*inhibition*), ovvero l'abilità di controllare il proprio comportamento, la propria attenzione, i propri pensieri ed emozioni, al fine di contrastare stimoli inappropriati e/o interferenti esterni ed interni (Diamond, 2013; 2020). Può essere anche considerata come la soppressione volontaria delle risposte diventate dominanti, automatiche e preponderanti (Marzocchi et al., 2022);

- La *working memory* (o *updating*), che consente di immagazzinare e, contemporaneamente, elaborare attivamente e aggiornare le informazioni (Baddeley, 1998; 2003; Diamond, 2013);
- La flessibilità cognitiva (*shifting*), definita come l'abilità di cambiare approccio o prospettiva rispetto a un problema, al fine di adattarsi in maniera flessibile a nuove richieste, regole o priorità (Diamond, 2013).

Gli autori, dopo aver selezionato un ampio campione di soggetti, hanno somministrato nove compiti sperimentali con lo scopo di indagare il CC. Successivamente, per elaborare i dati è stata utilizzata l'analisi fattoriale, ovvero una tecnica statistica che consente di estrapolare la varianza comune spiegata da misure differenti, ed è emerso che le tre funzioni esecutive sono moderatamente collegate tra loro, ma chiaramente separabili (Figura 3).

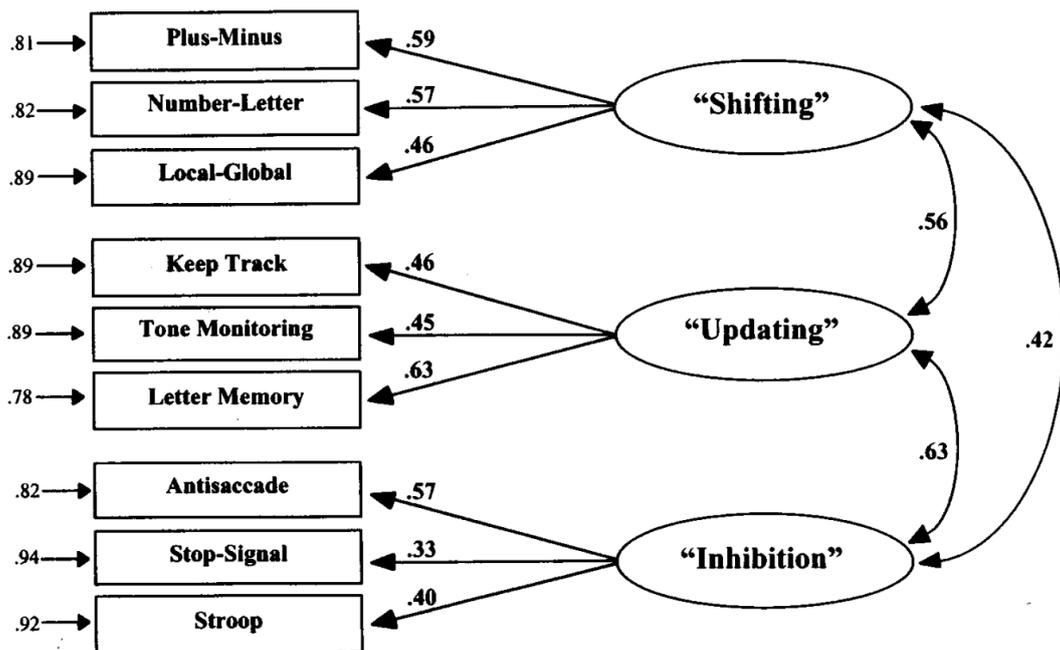


Figura 3: Modello di Miyake e collaboratori (2000). Nel grafico sono rappresentati i nove compiti sperimentali utilizzati per studiare il controllo cognitivo: per l'inibizione sono stati usati lo *Stroop* (Stroop, 1935), l'*Antisaccade task* (Hallett, 1978; Roberts et al., 1994) e lo *Stop-signal task* (Logan, 1994); per la *working memory* sono stati usati il *Letter memory* (Morris & Jones, 1990), il *Keep Track* (Yntema, 1963) e il *Tone monitoring* (Larson et al., 1988); infine, per la flessibilità cognitiva sono stati usati il *Plus-minus task* (Jersild, 1927), il *Number-letter task* (Rogers & Monsell, 1995) e il *Local-global task*.

Questa organizzazione trifattoriale del CC (inibizione, *working memory* e flessibilità cognitiva) è stata osservata in campioni di soggetti di differenti età: bambini in età scolare (Wu et al., 2011), preadolescenti (Wu et al., 2011), adolescenti (Lee et al., 2013) e giovani adulti (Miyake et al., 2000). Diversi studi longitudinali condotti su bambini in fascia d'età prescolare hanno però messo in evidenza che tale differenziazione del CC emerge in modo graduale durante lo sviluppo, al crescere dell'età. Dunque, in linea con la revisione di Miyake e Friedman (2012), si riscontra un passaggio progressivo da un funzionamento esecutivo più generale, che può essere spiegato da un fattore comune (*Common EF*), ovvero l'inibizione, a un funzionamento altamente specializzato, spiegato dall'organizzazione trifattoriale, riscontrabile soltanto a partire dalla pre-adolescenza (Lee et al., 2013; Usai et al., 2014; Wu et al., 2011).

In seguito, Diamond (2013) ha ripreso il modello multi-componenziale di Miyake e colleghi (2000), condividendone la suddivisione del CC nelle tre principali componenti (inibizione, *working memory* e flessibilità cognitiva). A differenza di Miyake (2000), Diamond (2013) sostiene che da questi tre processi di ordine inferiore derivano altri processi di ordine superiore come il ragionamento, il *problem solving* e la pianificazione (Diamond, 2013): di questi, i primi due costrutti vanno a sovrapporsi al concetto di intelligenza fluida, la quale correla fortemente con le specifiche componenti del CC (Figura 4) (Roca et al., 2010). Inoltre, l'autrice va ad approfondire il concetto di controllo inibitorio, individuando due aspetti principali: *interference control*, ovvero la capacità di controllare e regolare la propria attenzione, e *response inhibition*, ovvero la capacità di modulare i propri comportamenti, pensieri ed emozioni (Diamond, 2013). Secondo Diamond (2013), il controllo inibitorio è fortemente associato al costrutto di autocontrollo, definito come la capacità di controllare le proprie emozioni e i propri comportamenti. In aggiunta, è possibile osservare anche uno stretto collegamento fra l'inibizione e la *working memory*. Infatti, la prima componente permette di bloccare le interferenze provenienti dall'esterno, al fine di focalizzarsi sulle informazioni rilevanti contenute nella *working memory*; la seconda componente permette di comprendere quali sono le informazioni che è necessario inibire o meno. Secondo l'autrice, le due componenti del CC appena citate, starebbero alla base della terza componente, ovvero la flessibilità cognitiva (Diamond, 2013).

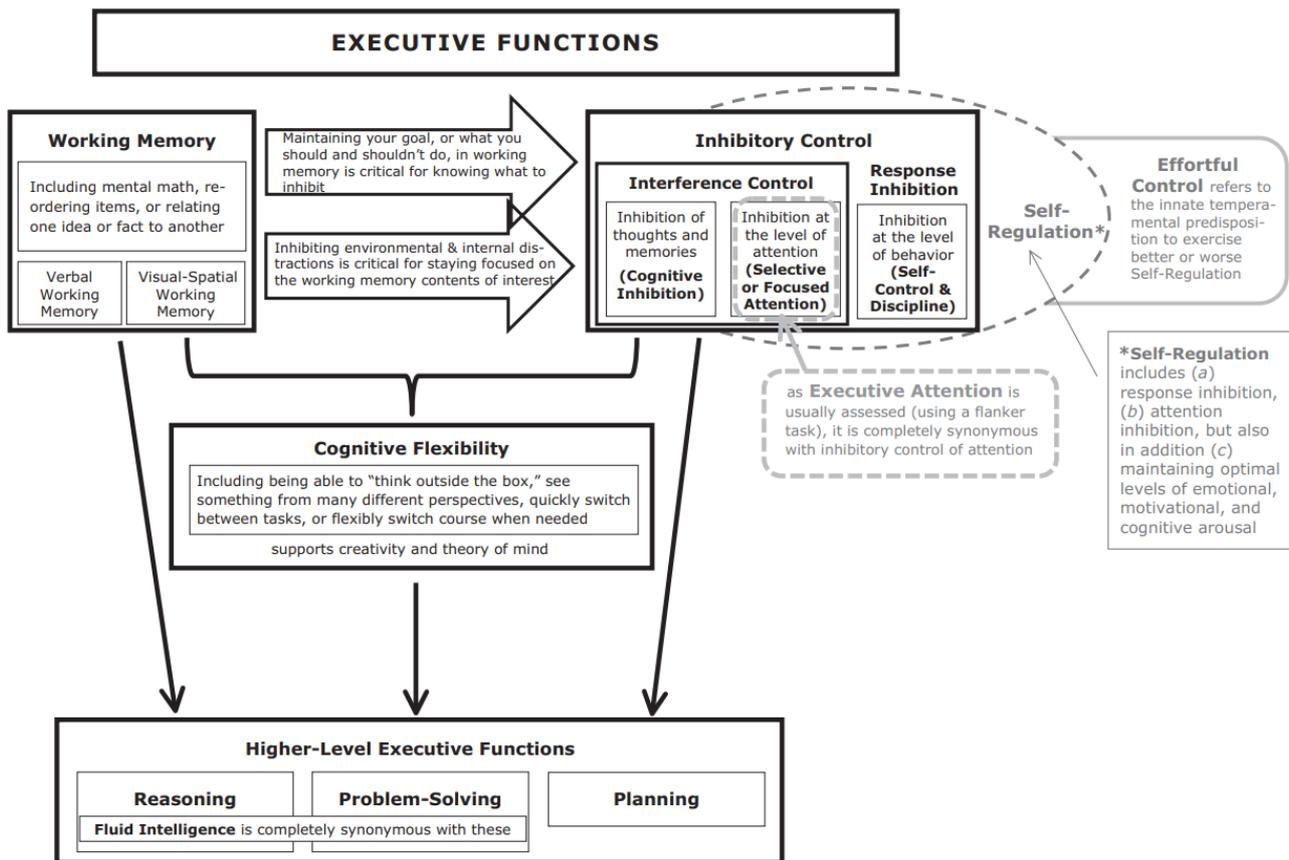


Figura 4: Modello di Diamond (2013)

Un'ulteriore organizzazione teorica del CC è stata proposta da Zelazo e Muller (2002) attraverso un modello di carattere dominio-generale nel quale vengono definite le funzioni "hot" e le funzioni "cold", entrambe implicate nell'elaborazione cognitiva. Le prime vengono elicitate in situazioni in cui viene richiesto un coinvolgimento motivazionale, come per esempio nel caso di *reward*, o in situazioni in cui è necessaria la regolazione degli affetti, come nel caso di situazioni ansiogene (Marzocchi et al., 2022; Zelazo, 2020); inoltre, implicano un'elaborazione di tipo sociale, affettivo e morale. Le funzioni "hot" comprendono la teoria della mente, l'empatia, la regolazione affettiva, la capacità di ritardare una gratificazione e il *decision making* di tipo affettivo (Marzocchi et al., 2022; Mehsen et al., 2021), e risultano essere dei buoni predittori dei comportamenti sociali (Conner et al., 2009). Le funzioni cognitive "cold", invece, a livello contestuale vengono elicitate in situazioni astratte e rispetto a problemi non strettamente legati all'ambiente: sono coinvolte in attività che richiedono un punto di vista cognitivo, ma emotivamente neutre, come ad esempio compiti di memoria di lavoro (Marzocchi et al., 2022). Infatti, questa tipologia di funzioni riguarda principalmente abilità come pensiero

critico e ragionamento analitico (Rubia, 2011), in quanto viene richiesto un controllo consapevole di azioni e pensieri (Poon, 2018). Sebbene questi due tipi di funzioni siano spesso utilizzate contemporaneamente nella vita quotidiana, in letteratura sono presenti vari studi neuropsicologici e di *neuroimaging* (Bechara et al., 1998; Meuwissen & Zelazo, 2014) che hanno messo in luce una dissociazione a livello neurale: le funzioni “*hot*” sembrerebbero essere associate all’attivazione delle aree prefrontali ventrali e mediali, mentre le funzioni “*cold*” all’attivazione delle regioni prefrontali dorsolaterali (Marzocchi et al., 2022; Zelazo & Carlson, 2012). Anche da un punto di vista evolutivo emergono delle differenze: le FE *hot* presentano una traiettoria evolutiva che si protrae maggiormente nel tempo rispetto alle FE *cold* (Marzocchi et al., 2022; Meuwissen & Zelazo, 2014; Prencipe et al., 2011).

1.3 Traiettorie evolutive e strumenti di valutazione del controllo cognitivo

A partire dagli anni ‘90, vi è stato un interesse considerevole per lo studio dello sviluppo del CC. Fino agli anni ‘60, però, la ricerca sulle funzioni esecutive si è focalizzata sull’età adulta, in quanto si riteneva che tali funzioni potessero essere valutate soltanto in questo stadio della vita, dato il raggiungimento della piena maturità. Infatti, il comportamento dei bambini in fascia prescolare e scolare veniva denominato “disesecutivo”, poiché caratterizzato da scarso autocontrollo, mancanza di flessibilità ed elevati livelli di distraibilità (Marzocchi et al., 2022).

Negli ultimi anni, però, è emerso sempre più interesse riguardo allo sviluppo del CC e all’elaborazione di paradigmi di ricerca maggiormente adatti da un punto di vista metodologico. Tutto ciò ha consentito di comprendere come questi processi cognitivi emergano precocemente, con molta probabilità già a partire dalla fine del primo anno di vita e tendano a svilupparsi lungo un arco di tempo molto ampio, parallelamente ai cambiamenti che avvengono nei *network* neurali, che costituiscono il substrato neurale del CC (Best & Miller, 2010; Johnson, 2011; Thatcher, 1992; Zelazo & Carlson, 2012). In aggiunta, recenti studi evidenziano che il periodo prescolare, ovvero tra i 3 e i 5 anni, è il più dinamico dal punto di vista delle traiettorie evolutive del CC: è proprio in tale momento che si osserva la maggior parte dei cambiamenti qualitativi di questi processi (Diamond, 2013; Tambelli, 2017). Questo rinnovato interesse per lo studio del CC in età

evolutiva ha portato all'ideazione di nuovi metodi e strumenti per la valutazione delle sue diverse componenti. Questi vengono scelti e somministrati a seconda degli obiettivi della valutazione (Marzocchi et al., 2022). È comunque importante ricordare che nonostante un determinato compito si prefigga di valutare una specifica funzione, vi saranno altri processi cognitivi che interverranno per portare a termine il compito richiesto, rendendo così più difficile separare le diverse componenti coinvolte (Miyake & Friedman, 2012).

1.3.1 Inibizione

L'inibizione è la prima componente del CC a svilupparsi e, sin dall'età prescolare, viene considerata come un costrutto multidimensionale (Traverso et al., 2020). Secondo Johnson e de Haan (2015), già a partire dai 4 mesi è possibile osservare una forma primitiva e rudimentale di inibizione, il cui sviluppo è fortemente associato alla maturazione di una specifica struttura corticale, definita *frontal eye fields*. A supporto di tale ipotesi, sono presenti evidenze del fatto che bambini di questa età sono capaci di inibire la tendenza ad eseguire un movimento saccadico automatico verso un primo stimolo a favore di un secondo stimolo più attraente (Johnson, 1995). Nello specifico, un compito sperimentale utilizzato per valutare l'inibizione oculomotoria nel primo anno di vita è l'*Antisaccade task*, in cui si valuta la capacità di inibire la saccade automatica elicitata dall'improvvisa comparsa di uno stimolo laterale, per rivolgere lo sguardo nella direzione opposta allo stimolo (Friedman & Robbins, 2022; Luna et al., 2004). Inoltre, è stato dimostrato che le competenze inibitorie iniziano a migliorare significativamente a partire dai 3 anni fino ai 5 anni e possono essere misurate attraverso compiti *Go-NoGo* (Anderson & Reidy, 2012), in cui il soggetto deve rispondere quando compaiono specifici stimoli *target*, mentre deve inibire la risposta quando compaiono altri stimoli, definiti "distrattori" (Brocki & Bohlin, 2004; Cragg & Nation, 2008; Davidson et al., 2006; Huizinga et al., 2006; Lehto et al., 2003; Simpson & Riggs, 2005). Di questa tipologia, un compito particolarmente adatto alla fascia prescolare sembra essere il *Bear-Dragon task*, in cui il bambino ha il compito di seguire le istruzioni date dall'orso e di non ascoltare quelle provenienti dal drago. Dai risultati delle osservazioni è emerso che soltanto la metà dei bambini di 3 anni è in grado di svolgere il compito in maniera corretta, mentre a 5 anni risultano essere tutti in grado di resistere alle istruzioni fornite dal drago (Anderson & Reidy, 2012). Un altro compito utilizzato per misurare le capacità inibitorie

in età prescolare è il *Day-Night task*, in cui il compito del bambino è quello di inibire le risposte verbali dominanti (Anderson & Reidy, 2012). Nello specifico, al bambino viene chiesto di rispondere “giorno” quando viene mostrata la carta nera con su raffigurate la luna e le stelle e di rispondere “notte” quando viene mostrata una carta bianca con un sole giallo disegnato (Anderson & Reidy, 2012). I risultati suggeriscono che, prima dei 5 anni i bambini hanno scarse prestazioni nel compito, mentre a partire dai 5 anni i bambini ottengono buoni risultati, sia in termini di accuratezza che di velocità: questo è probabilmente dovuto al fatto che tale compito implica non solo la capacità di inibizione ma anche di memoria delle istruzioni (Gerstadt et al., 1994).

Dunque, vari studi dimostrano che, sebbene il miglioramento dell'inibizione durante gli anni della scuola materna sia sorprendente, miglioramenti significativi si verificano anche più tardi, in particolare tra i 5 e gli 8 anni (Romine & Reynolds, 2005). Diversi autori, infatti, hanno trovato continui miglioramenti durante l'età scolare grazie all'utilizzo di diverse tipologie di compiti. Una prima tipologia fa riferimento ai compiti di inibizione motoria, come lo *Stop-Signal task* (Verbruggen & Logan, 2008), in cui viene richiesto al soggetto di inibire la risposta comportamentale, come ad esempio premere un tasto, divenuta automatica attraverso l'esercizio, nel momento in cui lo stimolo *target* si presenta insieme ad un altro stimolo di *stop* (ad esempio un suono). Un secondo tipo di compiti sono quelli riguardanti l'inibizione oculomotoria: oltre all'*Antisaccade task*, è presente anche il *Flanker*, che richiede al soggetto di guardare nella direzione indicata dallo stimolo centrale, come un pesce rivolto a sinistra, e ignorare i pesci posti lateralmente che fungono da stimoli distrattori (Simonds et al., 2007). Questi compiti consentono di valutare la capacità del soggetto di sopprimere una risposta che risulta essere inadeguata in quel dato contesto.

Per quanto riguarda l'adolescenza e l'età adulta, sembra che i cambiamenti salienti riguardino principalmente il perfezionamento nella velocità e nell'accuratezza (Best & Miller, 2009; Romine & Reynolds, 2005).

1.3.2 Working memory

Nonostante diversi studi abbiano messo in luce come la capacità di manipolare e aggiornare le informazioni contenute nella memoria di lavoro sia presente già a partire dal primo anno di vita del bambino, questa specifica componente del CC si sviluppa in

modo progressivo e lineare lungo il corso dello sviluppo (Diamond, 2013; Garon et al., 2008; Gathercole et al., 2004; Luna et al., 2004); in particolare, però, sembrerebbe esserci un incremento significativo durante l'età prescolare (Marzocchi & Valagussa, 2017; Ruffini et al., 2021). A questo proposito, gli studi condotti da Gathercole e colleghi (2004) evidenziano che le misure della *working memory*, rilevate con compiti differenti (ad esempio, il *Backward Digit Recall* o il *Backward Digit Span*), mostrano un incremento graduale, a partire dai 4 anni e per tutta l'adolescenza. Nello specifico, le *performance* migliori di *working memory* visuo-spaziale sono state osservate in individui di età compresa fra i 15 ed i 29 anni, mentre per la *working memory* verbale la fascia di età si alza ai 20-29 anni (Marzocchi & Valagussa, 2011).

Uno dei principali compiti attraverso cui viene valutata la *working memory* è l'*N-back task* nel quale viene prima presentata al soggetto una sequenza di stimoli e, successivamente, gli viene chiesto di indicare se lo stimolo corrente che sta vedendo coincide con quello che gli è stato presentato *n* volte precedenti (Friedman & Robbins, 2022). Un altro compito simile è il *Letter memory*, in cui al soggetto viene presentata una serie di lettere per 2000 ms e, alla fine, deve ricordare e dire ad alta voce le ultime tre lettere dell'elenco (Miyake et al., 2000; Morris & Jones, 1990). Infine, altri due compiti comunemente usati per indagare la *working memory* sono il *Backward digit span*, particolarmente utile per studiarne la componente verbale, nel quale viene richiesto di ripetere al contrario una serie di cifre, e il *Corsi Block Test* (Lezak, 1983) che va a valutare la componente visuo-spaziale e richiede al soggetto di toccare una serie di cubi colorati nello stesso ordine in cui sono stati toccati dall'esaminatore.

1.3.3 Flessibilità cognitiva

In linea con il modello di Diamond (2013), l'inibizione e la *working memory* costituiscono la base della terza componente del CC, ovvero la flessibilità cognitiva, la quale si sviluppa più tardivamente rispetto alle altre due (Davidson et al., 2006). La flessibilità cognitiva, infatti, fino ai 6 anni risulta essere strettamente associata alle più precoci componenti del CC (inibizione e *working memory*) (Lee et al., 2013; Miller et al., 2012), così da non costituire una dimensione indipendente dalle altre. Difatti, i compiti volti a misurare la flessibilità cognitiva da un lato richiedono di mantenere attive contemporaneamente più rappresentazioni, coinvolgendo la *working memory*, dall'altro

richiedono di sopprimere ogni volta una delle due rappresentazioni, in modo da poter passare da una rappresentazione all'altra (Marzocchi et al., 2022). Questa componente, dunque, migliora con l'avanzare dell'età, evidenziando minori difficoltà nel cambiare il compito tra la prima e la seconda infanzia, con il raggiungimento di un livello di *performance* paragonabili a quelle degli adulti intorno ai 12 anni (Kray et al., 2004). A supporto di questo, vari studi hanno dimostrato come la capacità di svolgere compiti di flessibilità più complessi, ciascuno con regole più numerose e complesse, migliora con l'età, tipicamente fino alla prima adolescenza (Anderson, 2002; Cepeda et al., 2001; Crone et al., 2006; Huizinga et al., 2006; Huizinga & Van der Molen, 2007; Somsen, 2007). È possibile valutare la flessibilità cognitiva attraverso paradigmi di *task switching*, che richiedono di passare in maniera flessibile da una regola o da un compito all'altro. Un esempio di tali paradigmi è il *Wisconsin Card Sort Test* (WCST) che prevede di riordinare una serie di carte sulla base di tre diverse regole (numero, colore, forma). Il soggetto deve capire, attraverso i *feedback* da parte dell'esaminatore, il criterio di classificazione che in quel momento risulta essere corretto per riordinare le carte. Durante la prova, però, questo criterio sarà modificato senza alcun avvertimento per il soggetto (Grant & Berg, 1948), il quale dovrà evitare di perseverare nella regola che è risultata precedentemente corretta. Un altro compito spesso utilizzato è il *Trail Making Test* in cui gli stimoli *target* sono numeri e lettere che il soggetto deve collegare con una linea, alternandoli in ordine crescente (ad esempio, 1, A, 2, B, 3, C, ecc...), nel minor tempo possibile.

1.4 Il controllo cognitivo adattivo

Tradizionalmente, il CC è stato concettualizzato come l'insieme dei processi esecutivi di ordine superiore e di supervisione del comportamento orientato a uno scopo, che esercitano un controllo di tipo *top-down* sui processi di ordine inferiore, al fine di garantire una regolazione dei propri comportamenti e di contrastare la messa in atto di risposte automatiche, abituali e ben apprese (Braem & Egner, 2018; Friedman & Miyake, 2017). Proprio per questo motivo, per decenni è stato supportato un rapporto dialettico fra il CC, che richiede volontà e attenzione per generare risposte lente, ma strategiche, e i meccanismi di apprendimento associativo, che hanno un ruolo centrale nella costruzione di associazioni stimolo-risposta rapide e automatiche (Braem & Egner, 2018). Tuttavia,

un recente filone di ricerca ha messo in discussione questa visione tradizionale, avanzando l'ipotesi che tali processi cognitivi *high-level* possano essere guidati da questi stessi meccanismi di apprendimento associativo, risultando influenzabili dalle caratteristiche *bottom-up* presenti nell'ambiente circostante (Figura 5) (Abrahamse et al., 2016; Braem & Egner, 2018).

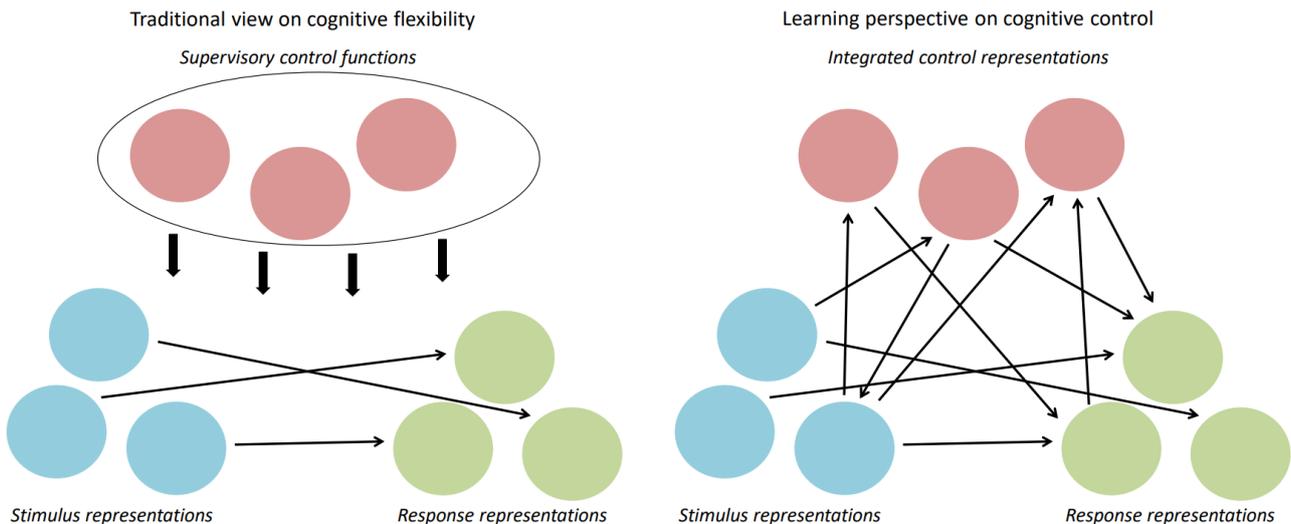


Figura 5: La visione tradizionale del CC e la prospettiva associativa del CC (Braem & Egner, 2018). In questa illustrazione è rappresentato un confronto semplificato fra la visione tradizionale del CC e la prospettiva associativa del CC. Secondo la visione tradizionale (grafico a sinistra), le associazioni stimolo-risposta sono supervisionate in maniera indipendente e *top-down* da un insieme di funzioni del CC. Al contrario, la prospettiva di apprendimento associativo (grafico a destra) sottolinea che il CC si fonda su meccanismi di apprendimento associativo di più basso livello (Braem & Egner, 2018).

In particolare, diverse evidenze in letteratura mostrano come, sin dai primi anni di vita, gli individui possiedano la capacità di estrapolare dei *pattern* di regolarità statistiche presenti nel mondo esterno, attraverso un meccanismo di apprendimento innato definito *statistical learning* (Saffran et al., 1996; Saffran & Kirkham, 2018; Schapiro & Turk-Browne, 2015). Tali regolarità statistiche, grazie allo *statistical learning*, vengono introiettate, portando alla creazione di un modello predittivo interno della realtà, che consente di ottimizzare le risorse cognitive in maniera adattiva. La creazione di predizioni riguardanti eventi salienti del mondo circostante permette di pianificare e selezionare, in

senso anticipatorio, le risposte comportamentali più efficienti ed adeguate al soddisfacimento delle richieste esterne e interne (Schapiro & Turk-Browne, 2015).

A partire da questi studi, viene introdotto il concetto di “controllo cognitivo adattivo” (CC adattivo), inteso come la capacità di regolare, in modo dinamico, l’elaborazione di informazioni in risposta ai cambiamenti presenti nell’ambiente esterno o ai segnali di monitoraggio interni (Braem & Egner, 2018). Dunque, secondo questa nuova prospettiva, il CC risulterebbe dinamico e variabile nel tempo (Braem et al., 2019), in grado di interagire e adattarsi in modo proattivo a un ambiente in costante cambiamento ma, in parte, prevedibile (Chiu & Egner, 2019).

1.4.1 Valutazione del controllo cognitivo adattivo

A livello sperimentale, è possibile studiare queste caratteristiche di adattamento dinamico al contesto modificando i compiti classici di CC attraverso l’uso di manipolazioni che favoriscono la costruzione di modelli predittivi interni (Braem et al., 2019). Questi compiti solitamente presentano delle situazioni di conflitto (ad esempio, lo *Stroop task*) che danno luogo a un fenomeno definito “effetto congruenza”: le prestazioni dei soggetti risultano essere più lente e meno accurate nelle condizioni di conflitto, in quanto è necessario attivare processi di filtraggio delle informazioni irrilevanti e distraenti a favore di quelle salienti per il completamento della prova (Braem et al., 2019). Questo “effetto congruenza” può essere regolato in specifiche condizioni sperimentali andando a manipolare le proporzioni di congruenza, cioè la frequenza con la quale si verificano le situazioni di conflitto, e così anche il grado di difficoltà della prova, in modo tale da creare un contesto predittivo (Braem et al., 2019). Infatti, è possibile osservare un effetto di facilitazione per la condizione che risulta essere maggiormente frequente. Per questo motivo, la possibilità di costruirsi un modello anticipatorio della comparsa degli stimoli permette di ottimizzare il reclutamento delle risorse cognitive, così da adattarlo alle richieste implicite dell’ambiente (Braem et al., 2019). Di seguito saranno descritte le diverse manipolazioni sperimentali attraverso le quali questo “effetto congruenza” può essere studiato, facendo particolare riferimento allo *Stroop task*:

- 1 *List-Wide Proportion Congruency* (LWPC): la proporzione fra prove congruenti e prove incongruenti viene manipolata implicitamente a livello di lista. In questo caso,

in un blocco dello *Stroop task* il 25% delle parole sarà associato a colori congruenti, mentre il 75% a colori incongruenti; nel blocco successivo tale rapporto verrà invertito. In questo caso, ci si aspetta un “effetto congruenza” minore in quelle liste che presentano principalmente prove incongruenti piuttosto che congruenti (Bugg & Crump, 2012). Questo accade perché l’apprendimento implicito di una maggiore probabilità di prove incongruenti, e dunque più impegnative, porta ad un precoce reclutamento di maggiori risorse cognitive, dando luogo ad uno svolgimento più facilitato dei compiti complessi.

- 2 *Context-Specific Proportion Congruency* (CSPC): la proporzione tra prove congruenti e prove incongruenti viene manipolata in relazione alle caratteristiche del contesto irrilevanti per lo svolgimento del compito (ad esempio, posizione spaziale, forma o colore). Per esempio, le parole che appaiono sopra il punto di fissazione sullo schermo sono associate nel 25% dei casi a colori congruenti e nel 75% a colori incongruenti, e viceversa sotto di esso. Dunque, nei contesti che vengono associati a prove principalmente incongruenti ci si aspetta una diminuzione dell’“effetto congruenza” (Bugg & Crump, 2012).
- 3 *Item-Specific Proportion Congruency* (ISPC): la manipolazione viene operata a livello dei singoli *items*, i quali sono associati a proporzioni differenti di prove congruenti e incongruenti. Per esempio, i colori “verde” e “giallo” sono associati in maniera prevalente alle prove congruenti, mentre i colori “rosso” e “blu” a quelle incongruenti. Dai risultati emerge, anche in questo caso, una diminuzione dell’“effetto congruenza” per quegli *items* associati principalmente alle prove incongruenti (Bugg & Crump, 2012).

A queste manipolazioni sperimentali, utilizzate per studiare come cambia il CC in base all’ambiente circostante, è stato aggiunto un ulteriore effetto, definito *Congruency Sequence Effect* (CSE), che fa riferimento al fatto che l’“effetto congruenza”, nei compiti conflittuali, è tipicamente minore dopo un *trial* incongruente rispetto a uno congruente. (Braem et al., 2019; Duthoo et al., 2014; Egner, 2007). Questo effetto viene interpretato come un adattamento reattivo rispetto al conflitto di cui si è fatta esperienza (Braem et al., 2019).

I fenomeni discussi sono stati inizialmente spiegati dal modello del monitoraggio del conflitto (si veda Botvinick et al., 2001, revisionato in Bugg & Crump, 2012), il quale

postula che, quando ci si trova in un ambiente regolare, la soglia di apprendimento viene abbassata; al contrario, quando sono presenti molte irregolarità nell'ambiente, è necessario attuare un maggiore reclutamento delle risorse cognitive per adattarsi meglio al contesto (Botvinick et al., 2001). Studi successivi hanno però messo in discussione questa visione, evidenziando come tali effetti possano essere ricondotti a processi di apprendimento più basilari (per una rassegna, si veda Schmidt, 2019).

Nonostante per molti anni sia stata prevalente la visione secondo cui i bambini in età prescolare abbiano la tendenza a rispondere in modo automatico piuttosto che controllato, recenti studi hanno iniziato a suggerire che quando la situazione fornisce un'impalcatura, anche i bambini molto piccoli sono in grado di attuare forme di controllo relativamente efficaci per regolare il loro comportamento (Gonthier & Blaye, 2021). Nello specifico, in uno studio recente di Gonthier e colleghi (2021) è stata evidenziata la presenza degli effetti LWPC e ISPC in bambini di età prescolare, grazie all'utilizzo di compiti di *Stroop* e di *Flanker*, e ad una manipolazione volta a ridurre i meccanismi di apprendimento contingente (Gonthier et al., 2021). Questi risultati confermano che i bambini piccoli sono in grado sia di apprendere implicitamente la probabilità del conflitto, sia di regolare l'implementazione del CC blocco per blocco o prova per prova (per risultati simili, si veda Marcovitch, 2007, e Marcovitch et al., 2010; per gli studi sui bambini più grandi, si veda Surrey et al., 2019, e Wilk & Morton, 2012). In uno studio successivo (Gonthier & Blaye, 2021), è stata dimostrata anche la presenza dell'effetto CSPC in bambini di età prescolare, i quali sembrano essere capaci di una modulazione fine del CC, che consente loro di ridurre selettivamente il conflitto sperimentato per stimoli che sono presentati in un contesto prevalentemente incongruente rispetto a stimoli che sono presentati in un contesto prevalentemente congruente (Gonthier & Blaye, 2021). Queste conclusioni convergono con altri studi recenti che sostengono la possibilità che i bambini piccoli siano capaci di un efficace CC implicito (Ambrosi et al., 2016; Del Popolo Cristaldi et al., 2023; Gupta et al., 2009; Iani et al., 2014; Larson et al., 2012; McDermott et al., 2007; Mento & Granzol, 2020; Wiersema et al., 2007; Wilk & Morton, 2012) e, più in generale, di un CC efficace quando supportato dalla situazione (Chevalier et al., 2015, Elke e Wiebe, 2017).

Nel paragrafo che segue sarà approfondita la prospettiva dell'apprendimento associativo,

dalla quale deriva una riconcettualizzazione del CC, come guidato dagli stessi meccanismi di apprendimento, fino ad ora ritenuti come la sua controparte.

1.4.2 La prospettiva dell'apprendimento associativo sul controllo cognitivo

Come già detto in precedenza, nonostante per lungo tempo sia stata sostenuta la dicotomia fra CC e apprendimento associativo, recenti evidenze supportano l'ipotesi secondo la quale il CC sarebbe una proprietà emergente del sistema cognitivo, guidata anche dai meccanismi di apprendimento associativo di base (Braem et al., 2019), coerentemente con quanto emerso da studi di *neuroimaging* (Duma et al., 2020) e studi comportamentali (Abrahamse et al., 2016; Braem, 2017; Mento & Granzio, 2020). In linea con questo nuovo filone di studi, la rassegna di Abrahamse e colleghi (2016) è particolarmente importante, in quanto mette in evidenza che le rappresentazioni percettive, motorie e di obiettivo vengono attivate contemporaneamente durante uno specifico compito e si legano l'una con l'altra, creando una rete associativa che va a codificare il contesto generale (Abrahamse et al., 2016). Da questo ne consegue che l'obiettivo non solo è in grado di guidare l'elaborazione dello stimolo in modo *top-down*, ma può essere anche attivato in modo *bottom-up* dalla detezione dello stimolo associato (Abrahamse et al., 2016). Questo porta a riconoscere la capacità dei processi di CC di adattarsi alle caratteristiche del compito e dell'ambiente circostante. A sostegno di tale ipotesi, gli stessi autori hanno messo in luce il fatto che il CC sembra condividere le medesime caratteristiche dell'apprendimento associativo, come la specificità di contesto, la capacità di operare in assenza (o in presenza) di consapevolezza e la sensibilità alla ricompensa (Abrahamse et al., 2016). Per indagare questi tre aspetti sono stati presi in considerazione la capacità di adattamento al conflitto, il *task switching*, l'inibizione della risposta e il controllo attentivo, e si è dimostrato che:

1. il CC è contesto-specifico, poiché le rappresentazioni degli obiettivi vengono attivate da specifici *cue* contestuali ai quali sono state sistematicamente associate (Abrahamse et al., 2016);
2. il CC può operare anche in assenza di consapevolezza. Infatti, in seguito alla formazione di un'associazione, la rappresentazione di uno specifico obiettivo può essere attivata anche dalla presentazione subliminale dello stimolo corrispondente. Analogamente, si è riscontrato come gli effetti della proporzione di congruenza

tendono a svilupparsi indipendentemente dal fatto che il soggetto sia consapevole o meno della manipolazione effettuata;

3. il CC è sensibile alla ricompensa. Infatti, l'associazione tra rappresentazione percettiva e obiettivo può essere consolidata grazie all'introduzione di una ricompensa. In alcuni studi (Braem, 2017; Braem & Egner, 2018) che hanno indagato la flessibilità cognitiva è stato messo in luce come tale capacità possa essere influenzata dal rinforzo. Infatti, si osserva la messa in atto più frequente di comportamenti di *switching* quando il soggetto è stato precedentemente ricompensato, pur non essendo consapevole del *bias* di assegnazione del rinforzo.

Dunque, è possibile ritenere che questa prospettiva dell'apprendimento associativo (Abrahamse et al., 2016) permetta, contemporaneamente, l'integrazione e la semplificazione della varietà delle concettualizzazioni e dei risultati fino ad oggi ottenuti sul CC, con lo scopo di cogliere la caratteristica di adattabilità a un ambiente in continuo cambiamento.

1.4.3 Un modello di controllo cognitivo adattivo: il *Dual mechanisms of control* (DMC)

Il modello di Braver (2012) è uno dei modelli che ha maggiormente contribuito alla comprensione dei meccanismi adattivi che si trovano alla base del CC. In particolare, in questo modello viene avanzata l'ipotesi che il CC possa funzionare secondo due differenti modalità, che possono essere implicate in modo contemporaneo o indipendente (Braver, 2012). Da una parte, vi è la modalità reattiva, detta anche meccanismo di "correzione tardiva", che permette l'utilizzo di risorse attentive solo quando necessario; dall'altra parte, vi è la modalità proattiva, in cui le informazioni rilevanti per il raggiungimento di un obiettivo vengono mantenute in modo attivo e sostenute prima che si verifichino eventi cognitivamente impegnativi, per influenzare in maniera ottimale i sistemi di attenzione, percezione e azione (Braver, 2012). Quindi, il CC reattivo prevede la risoluzione dell'interferenza o del problema nel momento stesso in cui compare, mentre il CC proattivo si basa sull'anticipazione e la prevenzione dell'interferenza, prima che questa si verifichi (Braver, 2012).

In uno studio di Burgess & Braver (2010) è stato inoltre dimostrato che il CC proattivo

viene elicitato quando l'aspettativa di occorrenza di un'interferenza è elevata, mentre il CC reattivo viene attivato per risolvere le interferenze improvvise e inaspettate. Altre evidenze mettono in luce come l'utilizzo delle due modalità di CC possa essere influenzato oltre che da fattori contestuali, anche da caratteristiche più personali come l'intelligenza fluida (Braver, 2012) e l'età (Chevalier et al., 2015; Gonthier et al., 2019; Lorsbach & Reimer, 2008; Lucenet & Blaye, 2014; Munakata et al., 2012). Nei bambini, la presenza del controllo reattivo e di quello proattivo è stata dimostrata grazie all'utilizzo di compiti in cui il valore predittivo del *cue* rispetto al *target* veniva esplicitato ai bambini ed era fisso durante tutto il compito (Chevalier et al., 2015). In particolare, il paradigma *cued task switching* (Meiran, 1996) è adatto a testare le capacità dei bambini poiché consente di manipolare la possibilità di attivare un controllo reattivo e/o proattivo (Czernochoowski, 2015). Ciò che è emerso da vari studi condotti in letteratura è che, prima dei 5 anni, i bambini sembrano essere in grado di utilizzare soltanto il CC di tipo reattivo, in quanto quello di tipo proattivo comincia ad emergere progressivamente tra i 5 e i 10 anni (Gonthier et al., 2019). Tuttavia, è importante notare che, nonostante fino ai 10 anni la modalità privilegiata di controllo sia quella di tipo reattivo, a partire dai 5 anni i bambini sarebbero già capaci di utilizzare il CC proattivo in quelle situazioni in cui il suo impiego risulta maggiormente vantaggioso rispetto a quello reattivo (Chevalier et al., 2015). Questi risultati sembrano quindi suggerire la possibilità di allenare e promuovere modalità di controllo adattive già da età precoci. Infatti, possedere un CC efficiente significa essere in grado di utilizzare queste diverse modalità di controllo in modo flessibile e adattarle in base ai cambiamenti ambientali che occorrono (Braver, 2012). Dunque, il CC adattivo può essere definito come la capacità di regolare, in maniera adattiva e funzionale, le modalità reattive e proattive a seconda del contesto in cui ci si trova: in un contesto altamente regolare e prevedibile risulta più adattivo l'utilizzo del controllo proattivo; in un contesto fortemente irregolare, invece, è maggiormente funzionale il controllo reattivo (Botvinick et al., 2001).

CAPITOLO 2

ADHD E CONTROLLO COGNITIVO ADATTIVO

2.1 ADHD: definizione, criteri diagnostici e manifestazioni cliniche

Il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD) è un disturbo del neurosviluppo caratterizzato da sintomi pervasivi e persistenti di disattenzione, impulsività o iperattività (Kieling & Rhode, 2012; American Psychiatric Association, 2013; Duffy et al., 2021; Marzocchi et al., 2022). Secondo la quinta versione del Manuale Diagnostico e Statistico dei disturbi mentali (DSM-V) l'ADHD può presentarsi con due principali *pattern* sintomatologici, ovvero disattenzione e/o iperattività/impulsività (American Psychiatric Association, 2013). Questo disturbo può presentarsi sottoforma di tre diverse manifestazioni cliniche, a seconda del *pattern* sintomatologico prevalente (American Psychiatric Association, 2013):

- manifestazione combinata (ADHD-C), che presenta sia sintomi di disattenzione, sia sintomi di iperattività impulsività;
- manifestazione con disattenzione predominante (ADHD-I), nel caso in cui è soddisfatto soltanto il criterio dei *deficit* attentivi;
- manifestazione con iperattività/impulsività predominanti (ADHD-H), nel caso in cui è soddisfatto soltanto il criterio dei sintomi di iperattività e di impulsività.

Secondo il DSM-V, la sintomatologia deve insorgere entro i 12 anni e deve manifestarsi in almeno due contesti di vita quotidiani (American Psychiatric Association, 2013).

In particolare, i sintomi sul versante dell'attenzione emergono quando i soggetti con ADHD devono eseguire dei compiti noiosi e ripetitivi, soprattutto se non elicitano un interesse intrinseco (Kieling & Rhode, 2012). Inoltre, vi è un aumento dei *deficit* di attenzione quando i soggetti lavorano su compiti che eccedono la loro capacità di elaborazione cognitiva, come ad esempio in compiti che richiedono una velocità di elaborazione elevata o notevoli capacità di *working memory* (Kofler et al., 2010). Infatti, una carente attenzione sostenuta, necessaria per completare alcune tipologie di compiti, può spesso tradursi in difficoltà a seguire le istruzioni o ad organizzare i compiti, a pianificare un'attività soltanto dopo aver già completato quella precedente, a rimanere

concentrati e ad evitare errori dovuti all'impulsività (American Psychiatric Association, 2000). Per quanto riguarda l'iperattività, invece, è possibile osservarla in comportamenti quali: agitare le mani o i piedi, lasciare il proprio posto in situazioni in cui ci si aspetta che il soggetto rimanga seduto, parlare eccessivamente, o muoversi come se si fosse guidati da un motore (Kieling & Rhode, 2012).

Per quanto riguarda l'epidemiologia del disturbo, si evidenzia una prevalenza mondiale del 5,29% nei soggetti di età inferiore ai 18 anni (Polanczyk et al., 2007), e una prevalenza del 2,5% nei soggetti adulti (Simon et al., 2009). Inoltre, l'ADHD si presenta con maggior frequenza nel genere maschile, con un rapporto maschi-femmine che varia da 3:1 a 9:1 (Polanczyk & Rohde, 2007; Marzocchi & Valagussa, 2011). La ragione di questa maggiore prevalenza nei maschi non è chiara. Essa potrebbe essere dovuta a una più elevata predisposizione all'ADHD nel genere maschile rispetto a quello femminile oppure all'espressione di geni differenti per l'ADHD nei maschi rispetto alle femmine. Un'altra possibilità è che la popolazione maschile manifesti maggiormente tale disturbo tramite comportamenti esternalizzanti (ad esempio, oppositività e iperattività) e, di conseguenza, l'ADHD risulta essere più facilmente riconoscibile e diagnosticabile (Kieling & Rohde, 2012).

2.2 Aspetti evolutivi dell'ADHD

Nonostante i primi sintomi siano spesso presenti già nel periodo infantile, nella maggior parte dei casi l'ADHD viene riconosciuto solo quando i bambini iniziano la scuola primaria (Vicari & Caselli, 2017).

Già a partire dalla nascita, i genitori definiscono questi bambini come facilmente irritabili, con poca tolleranza alle frustrazioni e con dei tratti temperamentali imprevedibili ed irregolari, ad esempio nel sonno, nel pianto e nell'alimentazione (Vicari & Caselli, 2017). Durante il periodo prescolare l'attività motoria risulta costante ed elevata, traducendosi in una scarsa controllabilità e un'eccessiva vivacità, che fanno sembrare il bambino con ADHD meno maturo rispetto ai suoi coetanei (Re et al., 2010). In base al tipo di situazione in cui il bambino si ritrova, il suo comportamento può risultare più o meno problematico: in un contesto di gioco libero, in cui il bambino può muoversi liberamente, non si evidenziano particolari difficoltà, mentre in quelle situazioni in cui viene richiesto di

rispettare una serie di regole, emerge la difficoltà nel rimanere in determinati schemi (Re et al., 2010). Questi bambini, anche in contesti ludici, sono soliti annoiarsi molto velocemente e andare alla continua ricerca di nuovi stimoli e nuovi giochi; infatti, è molto raro che questi bambini riescano a concentrarsi sulla stessa attività e a portarla a termine (Re et al., 2010). In età scolare, le difficoltà di questi bambini diventano sempre più evidenti, in quanto sono inseriti in un contesto che richiede loro di seguire una serie di regole individuali e di gruppo, di mantenere un'attenzione costante e di eseguire dei compiti nei tempi stabiliti (Re et al., 2010; Vicari & Caselli, 2017). La loro iperattività è spesso riscontrabile nell'incapacità a stare fermi e rimanere seduti al proprio posto in classe, mentre i problemi di attenzione portano ad una scarsa concentrazione, a difficoltà nella pianificazione e organizzazione autonoma dello studio, e all'incapacità di trovare una motivazione intrinseca e a lungo termine (Re et al., 2010; Vicari & Caselli, 2017). Durante la preadolescenza e l'adolescenza, l'iperattività e l'impulsività iniziano a diventare meno evidenti, dando spazio a un'irrequietezza interiore, che si presenta soprattutto sottoforma di impazienza ed insofferenza (Re et al., 2010). Inoltre, i diversi fallimenti scolastici e relazionali che i soggetti con ADHD hanno accumulato nel tempo e che, con molta probabilità, hanno portato a sentimenti di demoralizzazione e bassa autostima, possono fungere da fattori di rischio per eventuali traiettorie di sviluppo disadattive (Kieling & Rohde, 2012). Gli adolescenti con ADHD hanno inoltre un rischio maggiore di presentare comorbidità con quadri clinici invalidanti, come il Disturbo Oppositivo-Provocatorio (DOP), il Disturbo della Condotta (DC) o i Disturbi dell'Umore (Marzocchi et al., 2022). In età adulta, in termini di funzionamento sociale, hanno tassi più alti di insoddisfazione e discordia coniugale, tassi di divorzio più elevati e difficoltà genitoriali maggiori (Barkley & Fischer 2010; Eakin et al., 2004). Inoltre, in ambito lavorativo, accade spesso che si licenzino o vengano licenziati e, solitamente, ricoprono posizioni occupazionali di rango inferiore rispetto alle altre persone (Barkley & Murphy, 2010; Stein, 2008).

2.3 Modelli interpretativi dell'ADHD

Nel corso degli anni, sono emerse diverse teorizzazioni neuropsicologiche riguardo al *deficit* cardine dell'ADHD (Marzocchi et al., 2022). In particolare, sono presenti due linee

di ricerca che prendono in considerazione due differenti meccanismi in tale disturbo: il primo filone di studi si concentra sul *deficit* delle funzioni esecutive, mentre il secondo considera l'ADHD come primariamente caratterizzato da un *deficit* motivazionale (Marzocchi et al., 2022).

2.3.1 Modelli cognitivi e neuropsicologici

Nella prima linea di ricerca sono presenti diversi modelli che teorizzano l'ADHD come principalmente caratterizzato da un *deficit* delle funzioni esecutive.

Uno dei modelli maggiormente riconosciuti è il modello di Barkley (1997) (Figura 6), secondo il quale l'ADHD sarebbe causato da un *deficit* molto precoce nell'inibizione comportamentale. Tale *deficit* inibitorio può essere considerato come il precursore delle problematiche osservabili a carico dei processi cognitivi più complessi, come la *working memory*, la flessibilità cognitiva e l'autoregolazione emotiva, motoria e motivazionale (Barkley, 2011). Per quanto riguarda la compromissione a livello inibitorio, nei bambini con ADHD si osserva una grande difficoltà nel controllo motorio, come dimostrato anche dalle scarse prestazioni nei compiti sperimentali di *Go-NoGo* che richiedono la capacità di inibire le risposte motorie o sopprimere le risposte già in corso (Marzocchi et al., 2022). Dunque, l'ADHD rappresenta un disturbo dell'autoregolazione, data l'incapacità di questi soggetti di regolare il proprio comportamento a seconda delle richieste ambientali (Barkley, 2011).

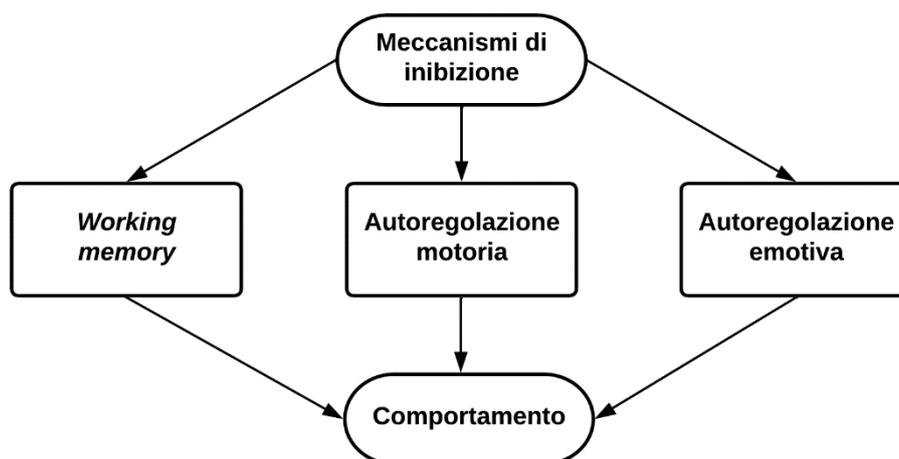


Figura 6: Struttura del modello di inibizione di Barkley (1997)

Un altro modello è quello cognitivo-energetico (Figura 7) (Sergeant, 2000; Sergeant et al., 1999; Van der Meere, 2005), secondo il quale la principale caratteristica dell'ADHD sarebbe una difficoltà nella capacità di autoregolazione derivante da un'alterazione nell'allocatione delle risorse energetiche adatte ai compiti richiesti (Sergeant, 2000; Sergeant et al., 1999; Van der Meere, 2005). Da questo ne consegue che per i soggetti con ADHD sia più complesso soddisfare le richieste che provengono dall'ambiente date le loro scarse capacità nel regolare il proprio stato fisiologico. A tal proposito, Van der Meere sostiene che è molto probabile che la capacità di mantenere lo sforzo nel tempo e di modulare lo stato di attivazione sia compromessa nell'ADHD (Van der Meere, 1996). Nello specifico, è stato osservato che i bambini con ADHD, rispetto ai loro coetanei, mostrano alcune difficoltà nella regolazione del proprio stato di attivazione in quei compiti che presentano delle variazioni nel tempo di presentazione degli stimoli (Van der Meere, 1996). Difatti, di fronte a prove con intervalli di tempo più lunghi tra i diversi stimoli, nei bambini si rileva una scarsa attivazione causata dalla lenta presentazione degli stimoli (Van der Meere et al, 1999). Al contrario, di fronte a prove con intervalli di tempo più brevi tra i diversi stimoli, i bambini presentano un'eccessiva attivazione causata dalla veloce presentazione degli stimoli (Van der Meere et al, 1999).

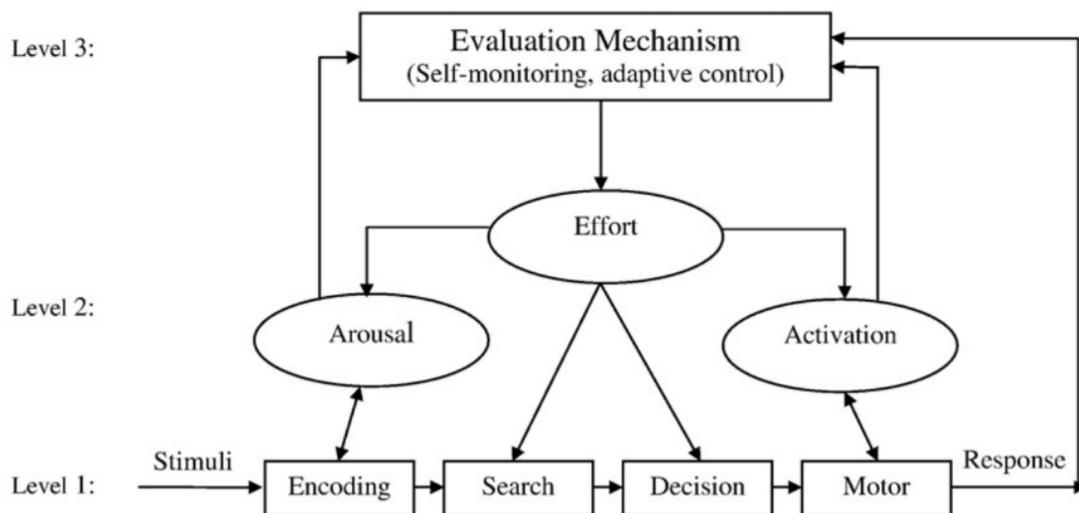


Figura 7: Struttura del modello cognitivo-energetico (Sergeant, 2000; Van der Meere, 2005)

2.3.2 Modelli basati su *deficit* motivazionali

Un'altra tipologia di modello esplicativo dell'ADHD, ritenuto complementare ai modelli cognitivi e neuropsicologici precedentemente descritti, è quello motivazionale, secondo cui le difficoltà nella posticipazione della gratificazione o ricompensa e l'avversione all'attesa, definita anche *delay aversion*, giocherebbero un ruolo cruciale nell'ADHD (Marzocchi et al., 2022). In particolare, nel modello di Sonuga-Barke, si propone la presenza di due vie compromesse nei soggetti con ADHD (Figura 8) (Sonuga-Barke, 2002). Da un lato, vi sarebbe una difficoltà di regolazione dell'azione e del pensiero, con una compromissione del controllo inibitorio: questo tipo di problematiche inciderebbero soprattutto nei compiti cognitivi e a livello comportamentale (Sonuga-Barke, 2002; 2005). Dall'altro lato, invece, questi soggetti presenterebbero uno stile motivazionale caratterizzato da una ridotta tolleranza dell'attesa e delle frustrazioni (Marzocchi et al., 2022; Sonuga-Barke, 2002; 2005; Sonuga-Barke et al., 1992).

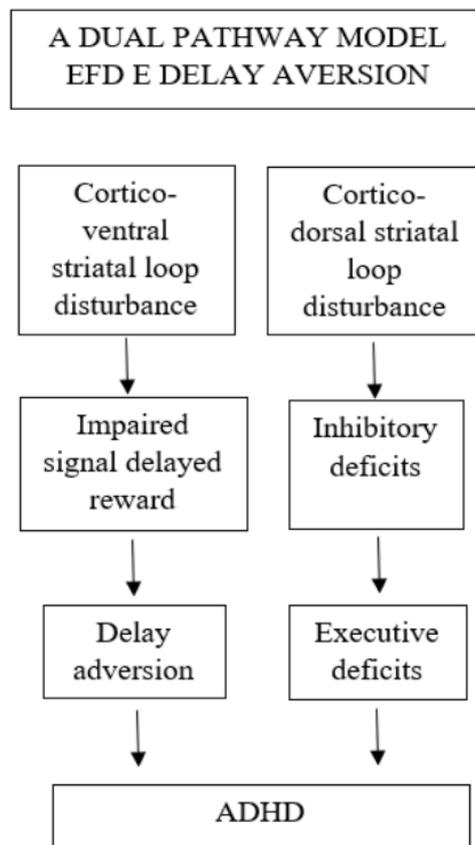


Figura 8: Struttura del modello motivazionale (Sonuga-Barke, 2002)

L'ipotesi di un *deficit* motivazionale è sostenuta da diversi studi sperimentali: ad esempio, in uno studio è stato riscontrato che quando venivano offerti dei forti rinforzi motivazionali, i bambini con ADHD presentavano delle prestazioni nettamente migliori nei test di inibizione, simili a quelle del gruppo di controllo (Slusarek et al., 2001). Inoltre, in una *review* del 2005, è stato evidenziato come, nella maggior parte degli studi pubblicati riguardo alle strategie decisionali di soggetti con ADHD, questi ultimi avessero una notevole tendenza a preferire le piccole ricompense immediate rispetto a ricompense più grandi ma posticipate nel tempo (Luman et al., 2005). Nel 2010, Sonuga-Barke e Halperin hanno proposto un modello a tre vie in cui vengono identificati tre principali *deficit* che caratterizzano l'ADHD: un *deficit* nell'inibizione, un *deficit* nella *delay aversion* e un *deficit* nell'informazione temporale (*timing*) (Sonuga-Barke & Halperin, 2010). Secondo questo modello, i tre *deficit* si appoggiano su tre componenti neuropsicologiche differenti e indipendenti.

2.4 Verso un approccio transdiagnostico

Classicamente, si è cercato di individuare il *deficit* specifico che caratterizza i soggetti con un determinato disturbo, data la concettualizzazione dei disturbi come entità o categorie distinte (Astle et al., 2022). Infatti, la comprensione delle difficoltà che gli individui incontrano durante lo sviluppo è attualmente limitata da quadri diagnostici caratterizzati da un elenco di sintomi che collocano gli individui in una o più categorie discrete, in un determinato momento dello sviluppo (Astle et al., 2022). Per questo motivo, l'approccio categoriale degli attuali sistemi di classificazione, come il DSM-V (American Psychiatric Association, 2013) e/o l'ICD-11 (Organizzazione Mondiale della Sanità, 2019), è stato criticato in letteratura (Astle et al., 2021; Astle et al., 2022; Astle & Fletcher-Watson, 2020; Happé et al., 2006; Pennington, 2006). Nello specifico, le critiche che sono state mosse agli attuali quadri diagnostici riguardano il fatto che questi non siano in grado di: gestire l'elevato grado di sovrapposizione dei sintomi tra le diverse diagnosi (Astle et al., 2022); incorporare la variabilità all'interno delle diagnosi (Astle et al., 2022; Kofler et al., 2019; Masi et al., 2017); e/o cogliere i bisogni di coloro che presentano delle difficoltà non conformi a uno *standard* diagnostico (Astle et al., 2022). Tali preoccupazioni e incertezze, relative ai quadri diagnostici esistenti, hanno portato molti

studiosi a chiedere il passaggio ad un approccio "transdiagnostico", in cui i confini categoriali vengono allentati, ridisegnati o eliminati del tutto (Coghill & Sonuga-Barke, 2012; Levy & Ebstein, 2009; Sonuga-Barke et al., 2016; Sonuga-Barke & Coghill, 2014), tanto da arrivare a parlare di “dimensioni” e non più di “categorie discrete” (Dalglish et al., 2020; Newby et al., 2015; Reininghaus et al., 2019; Sakiris & Berle, 2019; Titov et al., 2011). In generale, l’approccio transdiagnostico si concentra sulla variabilità di particolari caratteristiche all’interno della popolazione piuttosto che su categorie predefinite. Nei contesti di ricerca, l’impiego di un quadro transdiagnostico implica l’ampliamento delle strategie di reclutamento e l’applicazione di metodologie *data-driven*, in grado di cogliere dimensioni (Astle et al., 2019) o *cluster* (Astle et al., 2019; Bathelt et al., 2021; Kushki et al., 2019; Siugzdaite et al., 2020) che forniscono resoconti parsimoniosi della variabilità all’interno di queste coorti più rappresentative (Figura 9).

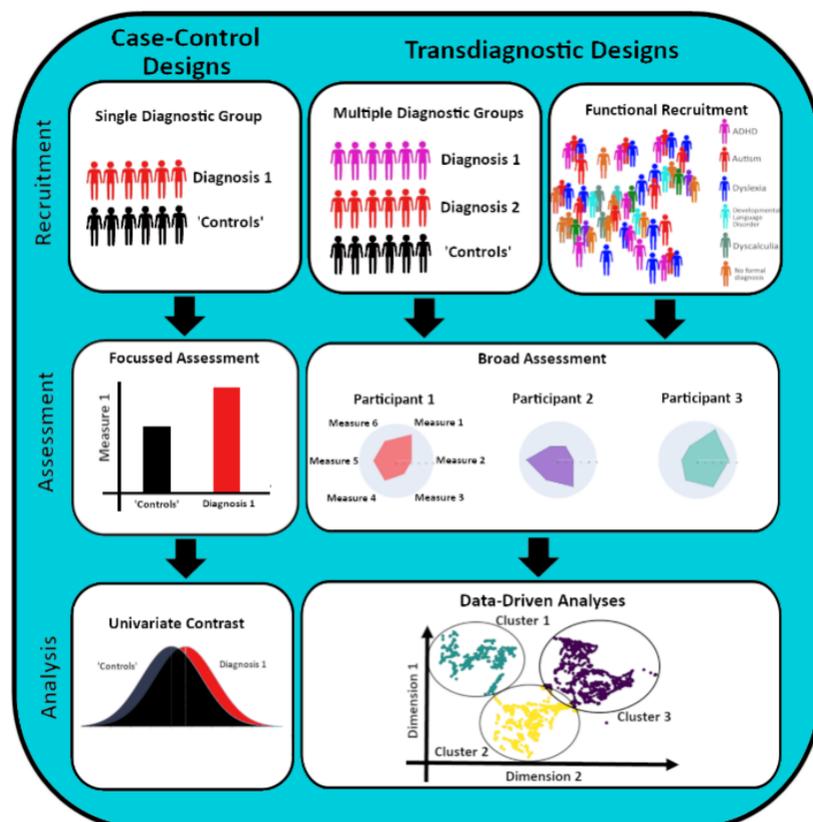


Figura 9: Schema che fornisce un contrasto tra il reclutamento, la valutazione e gli approcci analitici tipicamente impiegati negli studi caso-controllo e negli studi transdiagnostici (Astle et al., 2022). Nei disegni caso-controllo vengono tipicamente reclutati gruppi diagnostici specifici e un gruppo di "controllo" separato, la valutazione è

tipicamente focalizzata su un dominio di interesse e l'analisi dei dati solitamente mette a contrasto i gruppi sulle singole misure. I disegni transdiagnostici, invece, possono reclutare più gruppi diagnostici o avere un quadro di campionamento funzionale meno vincolato ai criteri originali; la valutazione è tipicamente più ampia, nel tentativo di catturare un profilo di *performance* per ciascun partecipante; e l'analisi è spesso guidata dai dati, tentando di stabilire dimensioni o *cluster* che caratterizzano in modo ottimale le differenze all'interno del campione (Astle et al., 2022).

Dunque, tale spostamento permette di concentrarsi sulla comprensione delle caratteristiche dell'individuo che hanno un impatto nella sua vita quotidiana, a prescindere dal fatto che corrispondano o meno ad un prototipo diagnostico. Dato che la maggior parte delle conoscenze che ad oggi si hanno sullo sviluppo neurocognitivo deriva da un approccio di gruppo, è possibile dire lo stesso anche per le conoscenze che si hanno sulle diverse condizioni del neurosviluppo (Astle et al., 2022). Infatti, solitamente si parte con l'identificazione di bambini appartenenti alla stessa etichetta diagnostica, per poi passare al loro raggruppamento, e concludere con un confronto, tra gruppi differenti, sulle medesime misure neurali e cognitive (Astle et al., 2022). Si ritiene, dunque, che una differenza significativa in una determinata misura rifletta il "*deficit* di base" sottostante che dà origine al fenotipo diagnostico più ampio (Astle et al., 2022). Questa logica ha dato origine alla maggior parte dei resoconti teorici, presenti attualmente in letteratura, sulle condizioni del neurosviluppo, tra cui la teoria del *deficit* delle funzioni esecutive dell'ADHD (Willcutt et al., 2005). Tuttavia, questa logica è stata ampiamente criticata (Bishop, 1997; Happé et al., 2006; Pennington, 2006), in quanto i *deficit* apparentemente "centrali" di una particolare condizione sono spesso presenti in altri gruppi e, quindi, non sono così distintivi (Astle et al., 2022). Infatti, non tutti gli individui con una particolare diagnosi presentano il presunto *deficit* e, di conseguenza, non risultano così condivisi come si pensava in precedenza (Astle et al., 2022) in quanto non riescono a rendere conto dell'ampia gamma di differenze riscontrate tra gli individui con la stessa etichetta diagnostica (per una rassegna, si veda Astle & Fletcher-Watson, 2020). In linea con questo, in letteratura è presente uno studio molto recente (Vaidya et al., 2020) che ha seguito tale logica transdiagnostica. Infatti, si è partiti dalla premessa che un'alterazione delle funzioni esecutive e della regolazione di pensieri, azioni ed emozioni, è comune a

tutti i disturbi del neurosviluppo e, in particolare, all'ADHD e al Disturbo dello Spettro dell'Autismo (ASD). A tal proposito, data la possibilità di individuare sottotipi di funzionamento esecutivo trasversale a più diagnosi, è possibile che vi sia un'alterazione dei meccanismi di base (ad esempio, *statistical learning*) che – interagendo con fattori genetici e ambientali – si manifesta poi con una sintomatologia che viene etichettata come ADHD piuttosto che ASD (Astle et al., 2022; Vaidya et al., 2020). Da qui, emerge l'importanza di studiare la capacità adattiva del controllo cognitivo, piuttosto che il controllo cognitivo come entità statica: è possibile vi sia un endofenotipo di controllo cognitivo adattivo la cui intensità e caratteristiche correlano con la presenza o meno di ADHD o altre diagnosi.

2.5 Il controllo cognitivo adattivo nell'ADHD

Un elemento centrale del CC è la capacità di adattare il proprio comportamento in base alle richieste del contesto attuale e di modificarlo, in maniera flessibile, a seconda delle esperienze precedenti (Bluschke et al., 2020; Braem et al., 2019). Diversi studi in letteratura hanno sottolineato come i soggetti con ADHD sembrano avere alcune difficoltà a tenere conto dell'ambiente e delle esperienze precedenti quando si ritrovano a dover affrontare un compito impegnativo (Garon et al., 2006; Marzinzik et al., 2012; McLoughlin et al., 2009). Questa generale incapacità dei soggetti con ADHD di tenere in considerazione il loro contesto quando selezionano, pianificano ed eseguono azioni, è stata causalmente collegata a un *deficit* nel monitoraggio e nella regolazione delle proprie azioni (Albrecht et al., 2008; Dockstader et al., 2009; Karatekin et al., 2009; Sergeant & Van der Meere, 1988; Spinelli et al., 2011; van Meel et al., 2007). Difatti, alla base del successo del monitoraggio e della regolazione delle proprie azioni e dei propri errori c'è la capacità intrinseca di rilevare e monitorare i conflitti, sia quelli che si verificano all'interno dell'ambiente, sia le discrepanze tra gli stimoli ambientali e le proprie azioni (Beste et al., 2010; Beste et al., 2013; Mückschel & Beste, 2015; Willemsen et al., 2011). Inoltre, è noto che i processi di monitoraggio dei conflitti sono modulati da aspetti contestuali (Bluschke et al., 2020).

Nello specifico, alcuni autori hanno messo in evidenza che i bambini con ADHD sembrano non essere in grado di utilizzare gli errori di prestazione e le tendenze di risposta

inappropriate per determinare se i processi di controllo debbano essere rafforzati (Barkley, 1997; Douglas, 1999; Sergeant, 2000). Tale difficoltà porterebbe a un *deficit* nella regolazione flessibile della *performance* del compito, che si riflette in alti tassi di errore e latenze di risposte variabili (Sergeant, 1988; Leth-Steensen et al., 2000; Kuntsi et al., 2001; Castellanos & Tannock, 2002). Infatti, alcuni studi in letteratura hanno messo in luce l'inefficiente utilizzo degli errori per aggiustare le prestazioni, il quale causa, a sua volta, un maggior rallentamento della risposta, dopo che i soggetti hanno commesso un errore in attività con tempi di reazione accelerati. Dai risultati emerge che, mentre i bambini a sviluppo tipico hanno la tendenza a spostarsi verso un equilibrio velocità/precisione più conservativo, a seguito di un errore, i bambini con ADHD, invece, non usano tale strategia per prevenire errori futuri (Krusch et al., 1996; Schachar et al., 2004; Sergeant & Van der Meere, 1988). In particolare, in uno studio condotto da van Meel e collaboratori si è cercato di indagare eventuali differenze di prestazioni tra un gruppo di bambini con ADHD e un gruppo di controllo, in un compito di *Flanker* modificato con due livelli di pressione temporale (van Meel et al., 2007). Dai risultati è emerso che, nonostante le prestazioni del gruppo con ADHD non fossero compromesse in termini di velocità e regolarità di risposta, questi bambini non sono riusciti a raggiungere lo stesso livello di accuratezza del gruppo di controllo, in particolar modo quando si sono trovati di fronte alla pressione del tempo e al conflitto di risposta, come indicato dall'aumento dei tassi di errore (van Meel et al., 2007).

Una differente linea di ricerca, si è invece focalizzata sulle difficoltà nella memoria di lavoro (Becker, 1994) e nel linguaggio (Hartsough & Lambert, 1985; Szatmari et al., 1989), che caratterizzano i soggetti con ADHD e che sono provocate dal *deficit* nell'inibizione (Barkley, 1997). Questo suggerisce che le difficoltà di linguaggio che possiedono i bambini con ADHD possono dipendere da una compromissione a livello dei meccanismi di apprendimento implicito, i quali consentono all'individuo di apprendere regolarità statistiche implicite nell'ambiente (Barnes et al., 2010; Domuta & Pentek, 2003; Klorman et al., 2002; Sakreida, 2011). In uno studio di Domuta e Pentek (2003) si è cercato di analizzare il processo di apprendimento implicito nei bambini con ADHD in età prescolare. Nello specifico, è stato progettato un compito di grammatica artificiale che consentisse di valutare i meccanismi di apprendimento implicito nei bambini del gruppo di controllo e nei bambini con ADHD (Domuta & Pentek, 2003). L'esperimento

prevedeva una prima fase di apprendimento e una successiva fase di test. Nella prima fase, ai partecipanti veniva richiesto di memorizzare una serie di stringhe di lettere, costruite grazie a un sistema di regole grammaticali artificiali. In questa fase, i partecipanti erano inconsapevoli che tali stimoli seguissero uno schema di regole grammaticali. Dopodiché, nella fase di test, il compito dei partecipanti consisteva nel classificare le stringhe di lettere in due differenti categorie (“stimoli grammaticali” o “stimoli non grammaticali”), a seconda delle regole a cui erano stati esposti in precedenza (Domuta & Pentek, 2003). Nel caso in cui la percentuale di stringhe di lettere classificate in modo corretto risultasse superiore al livello casuale, allora l’apprendimento implicito si poteva considerare riuscito (Domuta & Pentek, 2003). Dal confronto delle prestazioni di bambini a sviluppo tipico e bambini con ADHD sono emerse delle differenze statisticamente significative, suggerendo che i primi hanno delle prestazioni di gran lunga migliori dei secondi nel compito di apprendimento implicito della grammatica artificiale (Domuta & Pentek, 2003). Dunque, i risultati di questo studio supportano la presenza di una difficoltà a livello dei meccanismi di apprendimento implicito nell’ADHD (Domuta & Pentek, 2003). Questi dati possono essere meglio compresi se si tengono in considerazione le basi cerebrali che supportano l’apprendimento implicito e le alterazioni cerebrali che sono state riscontrate nei bambini con ADHD (Curran, 1995). A tal proposito, è stato scoperto che disfunzioni a carico dei gangli della base e di alcune zone del tronco encefalico possono avere degli effetti negativi sui meccanismi di apprendimento implicito, provocando delle difficoltà a livello motorio e attentivo tipiche nei soggetti con ADHD (Curran, 1995). In uno studio recentemente pubblicato da Parks e Stevenson (2018) è stato usato un paradigma di *statistical learning* uditivo e un altro visivo. Dai risultati di questo studio è emersa una compromissione nella capacità di apprendimento statistico nei soggetti con ADHD (Parks & Stevenson, 2018), in linea con altre evidenze in letteratura che sostengono una minore sensibilità, a livello neurale, alle violazioni nelle sequenze di stimoli che seguono una struttura probabilistica (Klorman et al., 2002). Oltre a ciò, è stata avanzata l’ipotesi che i circuiti neurali responsabili della previsione di indizi probabilistici nell’ambiente, tra cui “cosa” (fronto-striatale) può accadere e “quando” (fronto-cerebellare) quell’evento può verificarsi, siano entrambi compromessi nell’ADHD, con il risultato di aspettative meno accurate sull’ambiente e di una scarsa capacità di rilevare le violazioni e di regolare il proprio comportamento in base

a tali violazioni (Nigg & Casey, 2005).

Nel complesso, tali studi suggeriscono che l'ADHD sia caratterizzato dalla presenza di una compromissione a livello dei meccanismi di apprendimento implicito con molta probabilità dovuti ad una disfunzione dei gangli della base. Ciò si traduce in una ridotta capacità di utilizzare le regolarità ambientali per introiettare modelli interni della realtà sulla cui base adattare il proprio comportamento. A sua volta, questo potrebbe spiegare la difficoltà che i soggetti con ADHD incontrano nella capacità di adeguare l'uso del CC in funzione dell'ambiente, dato che questo dipende dalla capacità di utilizzare regole apprese implicitamente dall'ambiente circostante al fine di adattare il proprio comportamento. Nonostante questa recente linea di ricerca sia molto promettente, gli studi che al momento hanno avvalorato l'ipotesi di una compromissione nei meccanismi di apprendimento implicito e nel CC adattivo nei soggetti con ADHD sono ancora limitati in letteratura.

CAPITOLO 3

LA RICERCA

3.1 Obiettivi

La ricerca presente in questo elaborato si pone l'obiettivo di indagare il controllo cognitivo adattivo in bambini a sviluppo tipico (TD) e bambini con Disturbo da Deficit dell'Attenzione e dell'Iperattività (ADHD). Grazie al progetto di ricerca CALM (sviluppo del Controllo cognitivo Adattivo: un Lavoro Multicentrico), coordinato dal Prof. Giovanni Mento, si è andati ad indagare i differenti aspetti del controllo cognitivo adattivo (ad esempio, inibizione, flessibilità cognitiva, autoregolazione). Nello specifico, questo elaborato si concentrerà sulla capacità di autoregolazione, che è stato possibile approfondire grazie ad una versione modificata del compito sperimentale *Balloon Analogue Risk Task* (BART) (Lejuez et al., 2002).

3.2 Metodo

3.2.1 Partecipanti

Al presente studio hanno partecipato 66 bambini di età compresa tra i 7 e gli 11 anni, di cui 8 femmine e 54 maschi. I partecipanti sono stati suddivisi in un gruppo di controllo composto da 33 bambini a sviluppo tipico (TD) (età media in anni = 8.9, sd = 1.2) e in un gruppo sperimentale composto da 33 bambini con Disturbo da Deficit dell'Attenzione e dell'Iperattività (ADHD) (età media in anni = 8.9, sd = 1.2). I due gruppi sono stati appaiati per genere ed età.

I soggetti del gruppo di controllo (TD) sono stati reclutati presso la Scuola Primaria "R. Sanzio" di Marina di Montemarciano (AN). I soggetti del gruppo sperimentale (ADHD), invece, sono stati reclutati presso l'IRCCS "E. Medea – La Nostra Famiglia" di Treviso (TV), l'IRCCS "E. Medea – La Nostra Famiglia" di Oderzo (TV) e lo "Studio di Psicologia e Psicoterapia – Dott.ssa Cagnin e Dott.ssa Benetti" (VE).

I criteri di esclusione che sono stati utilizzati in questa ricerca erano:

1. Comorbidità con Disturbo dello Spettro dell'Autismo;

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

Nel corso della ricerca è stato escluso un bambino del gruppo di controllo con epilessia (1 soggetto) e un bambino con ADHD per epilessia focale (1 soggetto). Tutti i partecipanti inclusi nella ricerca presentavano una vista normale o corretta.

Le caratteristiche demografiche del campione sono presentate nella Figura 10.

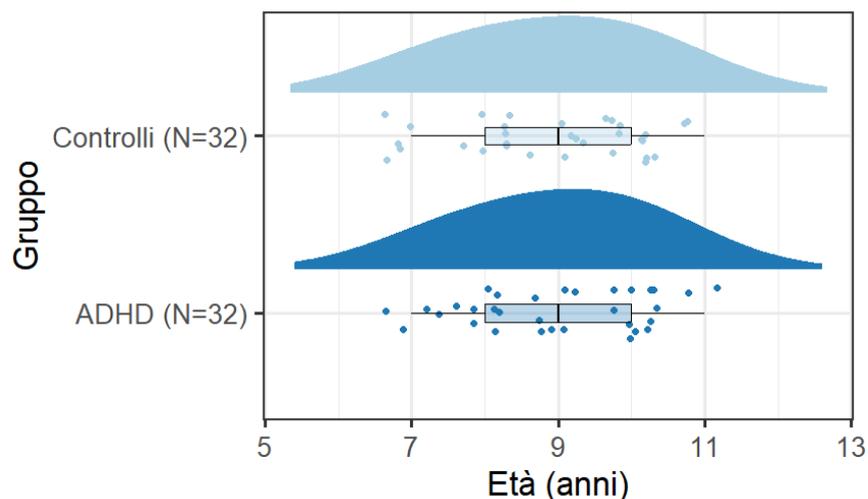


Figura 10: Caratteristiche demografiche del campione

3.2.2 Conformità etica

I genitori dei bambini che hanno preso parte alla ricerca hanno fornito il loro consenso scritto, mentre i bambini hanno fornito il loro assenso orale alla partecipazione. Tutte le procedure sperimentali sono state approvate dal Comitato Etico della Scuola di Psicologia dell'Università di Padova (protocollo n. 4920) e sono state condotte secondo i principi espressi dalla Dichiarazione di Helsinki.

3.3 Stimoli e procedure

3.3.1 Procedura sperimentale

All'inizio della procedura sperimentale, ogni famiglia è stata contattata attraverso il numero telefonico della struttura di riferimento (IRCCS "E. Medea – La Nostra Famiglia")

di Treviso, IRCCS “E. Medea – La Nostra Famiglia” di Oderzo e “Studio di Psicologia e Psicoterapia – Dott.ssa Cagnin e Dott.ssa Benetti”) ed è stata spiegata, in modo generale, la ricerca che si stava conducendo in collaborazione con il Dipartimento di Psicologia Generale dell’Università degli Studi di Padova. Con le famiglie che in questa fase preliminare accettavano di partecipare alla ricerca, veniva concordato un appuntamento dalla durata di 1 ora e mezza o due appuntamenti dalla durata di 45 minuti ciascuno presso la struttura di riferimento. Nel giorno e nell’ora stabiliti precedentemente, prima di iniziare con la somministrazione dei compiti sperimentali, ogni famiglia è stata fatta accomodare in sala d’attesa, nella quale venivano consegnate loro due copie del medesimo consenso informato: una copia per il clinico e una per la famiglia. Una volta spiegati alla famiglia i dettagli della ricerca, gli obiettivi e le metodologie utilizzate, si procedeva con la firma di entrambi i consensi informati alla partecipazione e al trattamento dei dati, in modo tale da poter cominciare la somministrazione dei compiti sperimentali e dei test neuropsicologici. Ai genitori veniva anche detto che sarebbe stato inviato loro, tramite *mail*, un *link* che rimandava alla compilazione di questionari online, attraverso la piattaforma *Qualtrics* (Qualtrics, 2019). Lo scopo principale dei questionari consisteva nel raccogliere le informazioni sulla famiglia e sullo sviluppo del bambino, passando da informazioni più generali (ad esempio, sport, rendimento scolastico, etc.) a informazioni sulla sfera comportamentale, emotiva e sociale. Successivamente, ogni bambino veniva portato in una stanza accogliente, silenziosa e ben illuminata, e lo si invitava a sedersi su una sedia comoda, ad una distanza di 60 cm circa dallo schermo del *computer*. Una volta che il bambino veniva messo a proprio agio, si cominciava con la spiegazione di ciò che si sarebbe andati a fare insieme. I diversi stimoli erano presentati in un *monitor* di 15,6 pollici con una risoluzione di 1920x1080 *pixels*.

3.3.2 Materiali

3.3.2.1 I tre *task* sperimentali

Il protocollo sperimentale era costituito da due fasi principali: una prima fase di *task* computerizzati, e una seconda fase di test neuropsicologici.

Nella prima fase sono stati somministrati ai bambini tre *task* sperimentali computerizzati, seguendo un ordine fisso: *ADDY task* (Toffoli et al., in prep.), *FLANKER task* (Mento et

al., in prep.) e *BART* (Mento et al., in prep.). Ogni compito era suddiviso in una prima parte di “allenamento”, in cui il bambino aveva la possibilità di apprendere le modalità del compito, e quattro prove intervallate da una schermata, che variava a seconda del gioco, in cui veniva richiesto al bambino di dare un giudizio sulla difficoltà del compito (“Molto difficile”, “Difficile”, “Facile”, “Molto facile”). Durante ogni intervallo il bambino veniva rinforzato tramite un brillantino colorato da attaccare sopra le stelline presenti sulla “Scheda di rinforzo” (Figura 11).



Figura 11: Scheda di rinforzo

Nella Tabella 1 sono riportati brevemente i tre compiti e che cosa misurano.

Task sperimentali computerizzati	
Nome del task	Cosa valuta
ADDY task (Toffoli et al., in prep.)	La capacità di adattare in maniera implicita l'uso reattivo-proattivo del controllo cognitivo al variare della predicibilità del contesto.
FLANKER task (Mento et al., in prep.)	La capacità di ridurre in maniera adattiva il costo legato al conflitto cognitivo al variare della difficoltà del compito.

BART adattivo (Mento et al., in prep.)	La capacità di ottimizzare la spinta impulsiva in base al livello di rischio insito nel contesto. Quest'ultimo dev'essere implicitamente inferito e si modifica lungo il compito.
---	---

Tabella 1: Task sperimentali computerizzati utilizzati

3.3.2.2 I test neuropsicologici

Una volta completati i tre *task* sperimentali computerizzati, ai bambini sono stati somministrati alcuni test neuropsicologici, presentati nella Tabella 2.

Test neuropsicologici	
Nome del test	Cosa valuta
RAVEN Coloured Progressive Matrices (Raven & Court, 1938)	Ragionamento non verbale
WISC-IV. "Memoria di cifre" (Wechsler, 2003)	Memoria di lavoro verbale
BIA. "Stroop numerico" (Marzocchi et al., 2010)	Inibizione
BIA. "Completamento frasi" (Marzocchi et al., 2010)	Inibizione
NEPSY. "Inibizione" (Urgesi et al., 2011)	Inibizione
BVN. "Trail Making Test" (Bisiacchi et al., 2005)	Flessibilità cognitiva
BVN. "Fluenze fonemiche" (Bisiacchi et al., 2005)	Flessibilità cognitiva
WISCONSIN CARD SORTING TASK (Grant & Berg, 1948) – versione computerizzata a 64 carte	Flessibilità cognitiva

Tabella 2: Test neuropsicologici utilizzati

Una volta conclusa anche la fase dei test neuropsicologici, al bambino veniva consegnato il “Diploma di Piccolo/a Ricercatore/trice” con scritto il suo nome, come premio finale per aver partecipato alla ricerca (Figura 12).



Figura 12: Diploma di Piccolo/a Ricercatore/trice

3.3.3 BART (*Balloon Analogue Risk Task*)

Il *Balloon Analogue Risk Task* (BART) è un compito computerizzato di natura comportamentale che ha lo scopo di valutare la propensione al rischio del soggetto (Lejuez et al., 2002). In particolare, il BART è stato costruito in modo da essere emotivamente evocativo, grazie alla presenza di una ricompensa immediata, andando ad agire sulla regolazione emotiva e sui processi *hot* del controllo cognitivo (Bell et al., 2019; Lejuez et al., 2002). Grazie alla sua capacità di far emergere la componente emotiva, il BART viene considerato come un compito fortemente ecologico per la valutazione dell'autoregolazione (Bell et al., 2019).

In questo compito, originariamente ideato da Lejuez e collaboratori (2002), è prevista la presentazione di un palloncino che si gonfia tutte le volte che viene premuto un determinato tasto: ad ogni “soffio”, definito *pump*, è possibile guadagnare dei soldi, che vengono persi nel momento in cui il palloncino esplode. Il partecipante può scegliere, in qualsiasi momento, di fermarsi nel gonfiare il palloncino e ottenere tutti i soldi guadagnati nel singolo *trial*, premendo un altro tasto (Lejuez et al., 2002). Nella versione originale, sono presenti dei palloncini di tre diversi colori (blu, giallo, arancione), ognuno associato a una differente probabilità di esplosione (alta, media e bassa), senza che i partecipanti ne siano a conoscenza. Nei partecipanti adulti, è stato possibile osservare che i punteggi ottenuti al BART sono correlati in modo significativo ai punteggi rilevati in misure *self-report*, le quali sono volte a indagare la presenza di propensione al rischio o comportamenti a rischio (ad esempio, impulsività, *sensation seeking*, abuso di alcool, uso di droghe, *gambling*). Questi risultati portano a considerare il BART come una misura comportamentale affidabile in grado di catturare la propensione al rischio (Lejuez et al., 2002; 2003). In particolare, il BART misura la propensione al rischio in base a quanti soldi i partecipanti riescono a guadagnare in maniera complessiva (*Total score*) e, soprattutto, quanto essi sono in grado di avvicinarsi alla media di *pumps* necessari per gonfiare al massimo i palloncini senza che questi esplodano (*Adjusted Pumps*) (Bell et al., 2019; Lejuez et al., 2002). A questo proposito, è importante notare che un’elevata propensione al rischio, ovvero un alto punteggio di *Adjusted pumps*, è associata a un alto *Total score* e può essere considerata adattiva, dal momento che viene correlata a migliori punteggi nel funzionamento del controllo cognitivo (Bell et al., 2019).

Nella presente ricerca è stata creata e utilizzata una versione modificata del BART adatta all’età evolutiva, in quanto l’obiettivo principale consisteva nel valutare se i bambini fossero in grado di ottimizzare la loro capacità di autoregolazione in un contesto predittivo mutevole. Grazie ad una manipolazione *Item-Specific Proportion Congruency* (ISPC) (Figura 13), si è andati ad associare una diversa probabilità di esplosione (bassa o alta) in base al colore del palloncino (giallo o viola), e tale associazione veniva modificata, da un blocco di *trials* all’altro, all’insaputa dei bambini. Pertanto, per raggiungere un punteggio elevato, i bambini dovevano apprendere l’associazione implicita tra il colore del palloncino e la sua probabilità di esplosione, e poi utilizzarla per costruirsi un modello predittivo interno con lo scopo di riuscire a guidare il proprio comportamento,

controllando ogni volta la loro impulsività in base al vantaggio appreso. Oltre a ciò, essi dovevano aggiornare questo modello predittivo, in maniera flessibile, sulla base del cambio di regola che veniva introdotto implicitamente durante in compito. Questa versione modificata del BART è stata creata e somministrata attraverso il software *OpenSesame* (Mathôt et al., 2012).

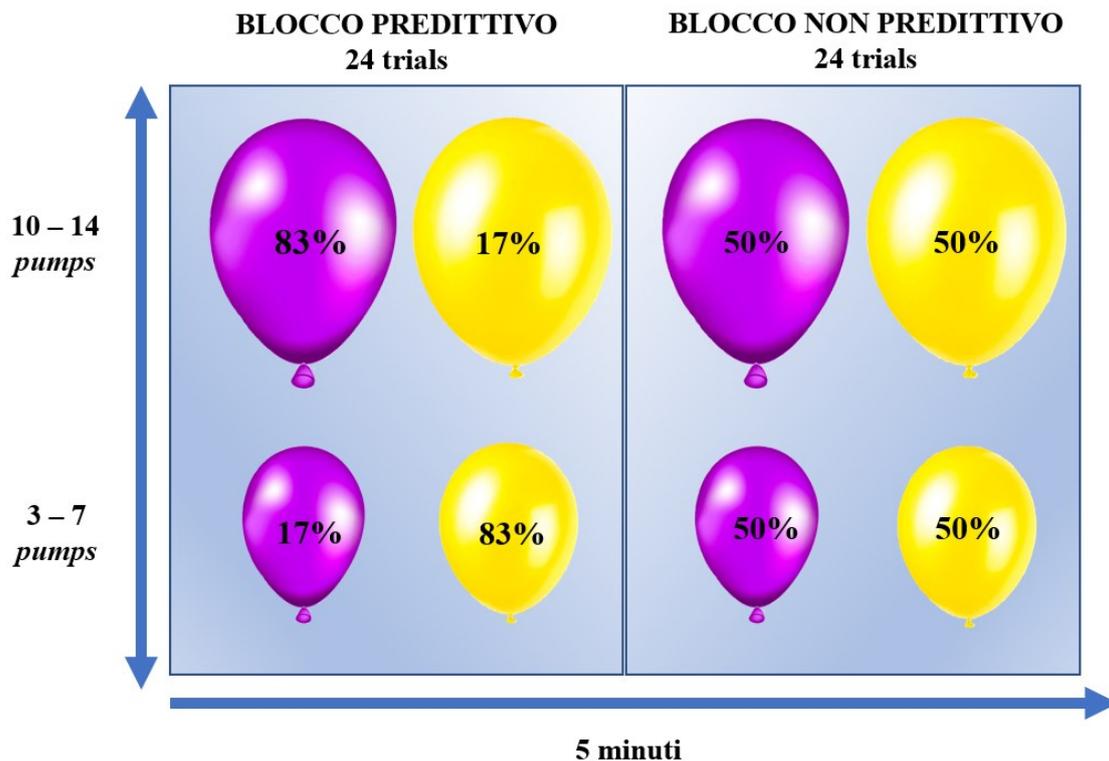


Figura 13: Struttura della versione modificata del BART utilizzata in questa ricerca. Nell'immagine viene rappresentata la manipolazione ISPC utilizzata in questo compito. In particolare, nel blocco predittivo è possibile osservare che il palloncino viola è vantaggioso per l'83% dei casi, a differenza del palloncino giallo che risulta essere vantaggioso soltanto nel 17% dei casi. Nel blocco non predittivo, invece, notiamo che sia i palloncini viola, sia i palloncini gialli, hanno la stessa proporzione di vantaggiosità: sono vantaggiosi nel 50% dei casi, e svantaggiosi per i restanti casi.

3.3.3.1 Struttura del *trial*

Ogni *trial* è iniziato con la presentazione dello stimolo *target*, ovvero un palloncino virtuale viola o giallo. I bambini sono stati istruiti a premere il tasto "barra spaziatrice" sulla tastiera del computer per gonfiare il palloncino, ed è stato detto loro che ogni volta

che premevano il tasto indicato il palloncino diventava più grande e loro guadagnavano una caramella in più. I bambini erano liberi di scegliere quando fermarsi: per guadagnare la/le caramella/e a cui erano arrivati con quel palloncino dovevano premere il tasto “invio”. Quindi, più il palloncino veniva gonfiato e più caramelle venivano guadagnate ma, se il palloncino fosse scoppiato, i bambini avrebbero perso la vincita di quel *trial* (Figura 14).

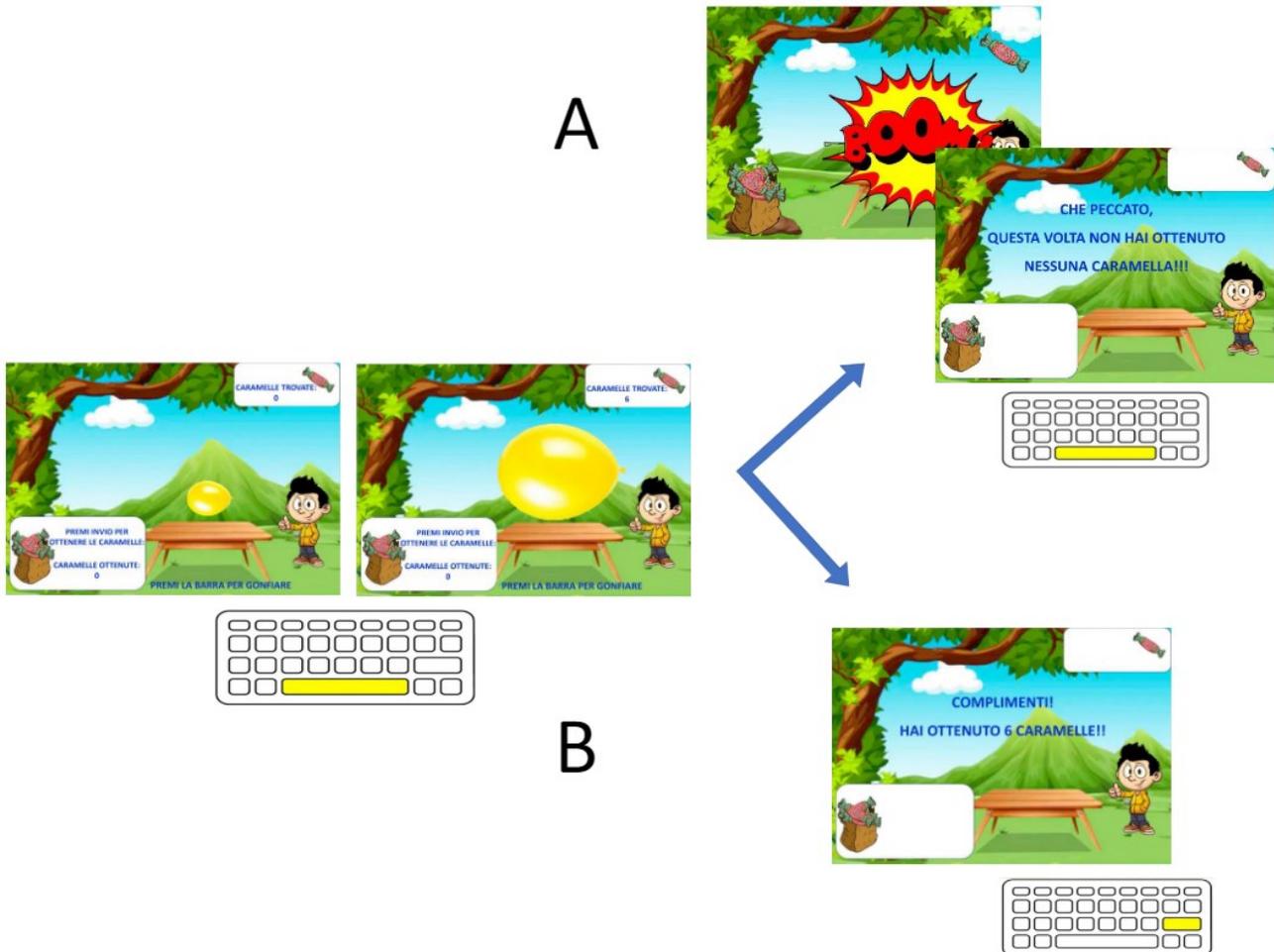


Figura 14: Struttura del trial. All’inizio di ogni *trial*, al centro dello schermo compare un palloncino giallo o viola. Ogni volta che il bambino preme la “barra spaziatrice” (il tasto lungo giallo nell’immagine), si osserva e si sente il palloncino che si gonfia e una caramella in più viene aggiunta nel riquadro “Caramelle trovate”. Opzione A (in alto). In questo caso il bambino ha premuto la “barra spaziatrice” più del numero massimo di *pumps* consentiti per quel *trial* e il palloncino è scoppiato, accompagnato anche dal *feedback* uditivo “boom”. Pertanto, il bambino non guadagna alcuna caramella dal singolo *trial* e il numero di “caramelle ottenute”

rimane invariato. Opzione B (in basso). In ogni *trial*, il bambino ha la possibilità di scegliere quando fermarsi nel gonfiare il palloncino e premere “invio” (il tasto piccolo giallo nell’immagine) per raccogliere le caramelle guadagnate con quel palloncino. In questo caso, il numero di “Caramelle trovate” sarà aggiunto al numero di “Caramelle ottenute”. In entrambi i casi, il *trial* seguente comincia con la presentazione di un nuovo palloncino.

In nessun *trial* c’era un limite temporale. Per rendere il *trial* più interessante, sono stati inseriti dei *feedback* uditivi: uno per quando veniva gonfiato il palloncino, uno per quando il palloncino scoppiava e un altro per quando le caramelle ottenute venivano ritirate. Oltre ai *feedback* uditivi, vi era anche un *feedback* visivo, rappresentato dal totale di caramelle che il bambino man mano era in grado di guadagnare. Inoltre, all’inizio del *trial*, per incrementare l’attenzione del bambino, è stata inserita la seguente didascalia: “*Gonfia i palloncini! Aiuta Nick a gonfiare i palloncini. Ogni volta che soffi ottieni una caramella da regalare a Maty e agli altri amici! Premi “invio” per mettere da parte le caramelle ottenute. Più gonfi il palloncino, più caramelle ottieni! Ma fai molta attenzione a non gonfiare troppo, altrimenti il palloncino scoppia e non vinci caramelle*”. Nessun *trial* presentava un limite di tempo.

3.3.3.2 Struttura del compito

In questa versione modificata del BART sono stati introdotti due blocchi. Il primo blocco è stato definito “predittivo”, mentre il secondo “non predittivo”. Nel blocco “predittivo” (24 *trials*) il palloncino viola risulta essere vantaggioso nell’83% dei casi (i.e., 10 casi su 12), con un *range* di probabilità di esplosione che va dai 10 ai 14 *pumps*; il palloncino giallo, invece, è svantaggioso nell’83% dei casi, con un *range* di probabilità di esplosione che va dai 3 ai 7 *pumps*. Il primo blocco è suddiviso in due sotto-blocchi: un primo sotto-blocco “*learning*” (12 *trials*), in cui l’obiettivo dei bambini è quello di apprendere l’associazione implicita tra colore del palloncino e probabilità di esplosione; e un secondo sotto-blocco, definito “parte A” (12 *trials*), in cui ci si aspetta che le regolarità implicite del gioco siano state apprese. Nel blocco “non predittivo” (24 *trials*), invece, cambia l’associazione tra colore del palloncino e probabilità di esplosione e tutti i palloncini hanno la stessa probabilità di esplosione: sia il palloncino viola, sia il palloncino giallo, sono vantaggiosi nel 50% dei casi e svantaggiosi nel restante 50% dei casi. Anche questo

secondo blocco è suddiviso in due sotto-blocchi: un primo sotto-blocco, definito “*updating*” (12 *trials*), in cui il bambino deve aggiornare le regole implicite precedentemente apprese; e un secondo sotto-blocco, definito “parte B” (12 *trials*), in cui si osserva se il bambino abbia appreso o meno il cambiamento di associazione. La durata complessiva è di circa 5 minuti. I bambini non erano a conoscenza della manipolazione ISPC. Non sono state introdotte pause tra i blocchi, per non scandire il cambio dell’associazione. Inoltre, entrambi i blocchi erano equivalenti per la richiesta sensomotoria. L’unica differenza presente tra i due blocchi riguardava il contesto predittivo, dovuto alla manipolazione ISPC. Prima di iniziare con il compito sperimentale vero e proprio, sono stati somministrati 5 *trials* di prova per verificare che le istruzioni fossero state comprese correttamente.

3.4 Ipotesi sperimentali

1. La prima ipotesi sperimentale (H1) riguarda la capacità di adattare la propria autoregolazione in funzione del contesto predittivo. In particolare, nel blocco predittivo (*learning* + parte A) ci attendiamo più *pumps* e meno esplosioni nel palloncino vantaggioso (viola) rispetto allo svantaggioso (giallo) (H1a). D’altra parte, nel blocco non predittivo (*updating* + parte B) ci attendiamo lo stesso numero di *pumps* e di esplosioni tra i due palloncini (H1b). Infatti, diversi studi in letteratura che hanno usato manipolazioni implicite, tra cui la ISPC, hanno dimostrato che, già dai 5-6 anni, i bambini risultano capaci sia di apprendere implicitamente la probabilità del conflitto, sia di regolare l’implementazione delle risorse cognitive blocco per blocco o prova per prova (Gonthier & Blaye., 2021; Marcovitch et al., 2007; Marcovitch et al., 2010; Surrey et al., 2019; Wilk & Morton, 2012). Questa ipotesi è supportata anche da altri studi in letteratura nei quali è stato dimostrato che i bambini sono in grado di attuare un CC implicito (Ambrosi et al., 2016; Del Popolo Cristaldi et al., 2023; Gupta et al., 2009; Iani et al., 2014; Larson et al., 2012; McDermott et al., 2007; Mento & Granzio, 2020; Wiersema et al., 2007; Wilk & Morton, 2012) che, più in generale, risulta essere maggiormente efficace quando supportato dal contesto (Chevalier et al., 2015; Elke e Wiebe, 2017). Inoltre, ci aspettiamo anche un effetto del gruppo (H1c): migliori prestazioni nel gruppo di controllo e peggiori

- prestazioni nel gruppo ADHD. Infatti, i bambini con ADHD sono caratterizzati da una forte impulsività e da una scarsa inibizione e, proprio per questo motivo potrebbero essere più propensi a rischiare in un compito come il BART che ha lo scopo di valutare l'autoregolazione. In aggiunta, i bambini con ADHD potrebbero avere maggiori difficoltà, rispetto al gruppo di controllo, nel cogliere le associazioni implicite (Domuta & Pentek, 2003; Nigg & Casey, 2005; Parks & Stevenson, 2018).
2. La seconda ipotesi (H2), di tipo esplorativo, si basa sul fatto che, in linea con un approccio transdiagnostico ai disturbi del neurosviluppo, l'etichetta diagnostica potrebbe non essere in grado di spiegare i profili di funzionamento del CC adattivo. Pertanto, ci attendiamo diversi profili trasversali ai due gruppi. Inoltre, i differenti profili trasversali potrebbero essere maggiormente rappresentativi dell'uno o dell'altro gruppo (Astle et al., 2022).

3.5 Analisi dei dati

Questo studio ha un disegno misto 2 (colori dei palloncini: viola, giallo) x 2 (blocchi: predittivo, non predittivo) *within-subjects*. Infatti, dal momento che non sono emerse differenze significative tra i due sotto-blocchi (*learning* vs parte A, *updating* vs parte B) per le successive analisi sono stati considerati solo i due blocchi principali (predittivo (P), non predittivo (NP)). Per testare le ipotesi (H1a e H1b) sono stati adottati differenti Modelli Generalizzati Lineari Misti (GLMMs) (R packages: lme4, Bates et al., 2015), utilizzando la migliore distribuzione per i *pumps* (i.e., Poisson) e per le esplosioni (i.e., Binomiale). Nel modello dei *pumps* sono stati esclusi i *trials* in cui il palloncino era esploso (i.e., esplosione = 1). Di seguito i due modelli fittati utilizzando, rispettivamente, “log” e “logit” come *link functions*:

- *pumps*: blocco, colore e gruppo e le loro interazioni come predittori, e un'intercetta random per i soggetti (i.e., 1|partecipante).
- esplosioni: blocco, colore e gruppo e le loro interazioni come predittori, e un'intercetta random per i soggetti (i.e., 1|partecipante).

Le assunzioni dei modelli (i.e., *posterior predictive check*, collinearità, *influential observations*) sono state verificate attraverso un'esplorazione visiva utilizzando il

pacchetto “*performance*” di R (Lüdecke et al., 2021). Un campione finale di 64 partecipanti è stato incluso nell'analisi dei dati.

Per testare la nostra ipotesi esplorativa (H2), abbiamo condotto una *k-means cluster analysis*, ovvero un algoritmo di apprendimento automatico non supervisionato che consente l'identificazione di sottogruppi basati su differenze discrete tra diverse misure. Innanzitutto, le quattro condizioni (2 colore x 2 blocco) sono state condensate in un'unica variabile con 4 livelli. Per ogni livello di questa variabile (i.e., viola predittivo, viola non predittivo, giallo predittivo, giallo non predittivo) è stato calcolato il numero medio di *pumps* nelle prove riuscite (i.e., esplosioni = 0) e il numero totale di esplosioni, per un totale di 8 misure. In secondo luogo, i dati sono stati standardizzati per rendere le variabili comparabili e il numero ottimale di *cluster* ($N = 2$) è stato valutato utilizzando il pacchetto R “*NbClust*” (Charrad et al., 2014). Infine, il *clustering k-means* è stato calcolato utilizzando la funzione *kmeans* fornita nel pacchetto R “*stats*” (R Core Team, 2013).

CAPITOLO 4

RISULTATI

4.1 H1: *pumps* ed esplosioni

Per quanto riguarda i *pumps* nei *trials* senza esplosioni, in linea con quanto atteso (H1a) è emerso un effetto di interazione tra il tipo di blocco e il colore del palloncino ($z_{\text{Inf}} = 3.88, p < .001$). Nello specifico, analizzando i confronti appaiati tra queste due variabili si è rilevato un maggior numero di *pumps* per il palloncino viola rispetto al palloncino giallo nel blocco predittivo (P) ($z_{\text{Inf}} = 5.43, p < .001$), ma non nel blocco non predittivo (NP) ($z_{\text{Inf}} = 0.15, p = .883$). Ciò suggerisce che i bambini di entrambi i gruppi sono riusciti ad utilizzare il colore per adattare il CC adattivo in base al contesto.

Inoltre, lungo il compito il numero di *pumps* è rimasto costante per il palloncino viola ($z_{\text{Inf}} = 0.19, p = .848$) mentre è aumentato significativamente dal primo al secondo blocco per il palloncino giallo ($z_{\text{Inf}} = -4.92, p < .001$). Ciò suggerisce che per i palloncini di colore viola i bambini tendono a mantenere la stessa strategia in entrambi i blocchi, che complessivamente risulta essere funzionale. Per quanto riguarda i palloncini di colore giallo, i bambini cambiano strategia e rischiano di più nel blocco NP, in linea con il cambiamento implicito del contesto che rende il palloncino giallo più vantaggioso nel blocco NP rispetto al blocco P. A differenza di quanto atteso (H1c), non è emerso alcun effetto del gruppo ($z_{\text{Inf}} = 3.88, p < .001$). Si veda Figura 15.

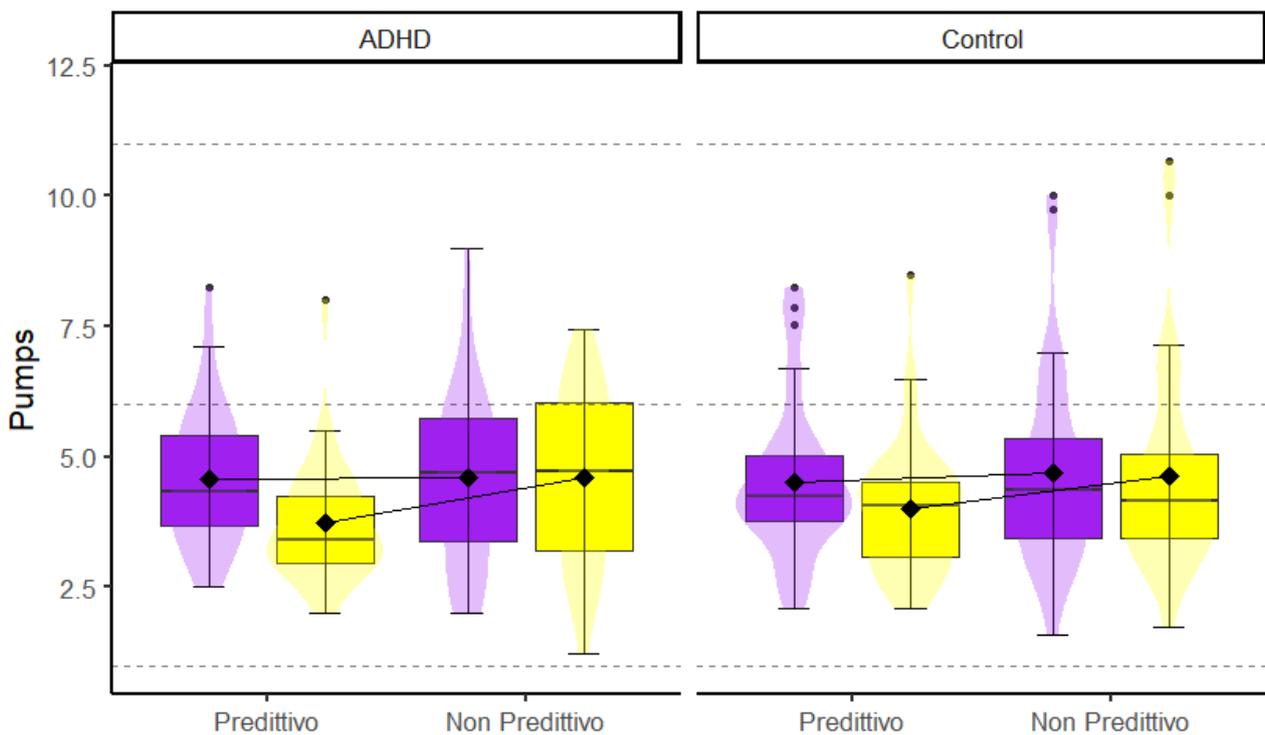


Figura 15: Grafico dei pumps. In questo grafico viene rappresentata la distribuzione dei *pumps* all'interno dei due gruppi: gruppo ADHD (a sinistra) e gruppo di controllo (TD) (a destra). Nell'asse delle ascisse (x), sono rappresentati i due blocchi principali (predittivo, non predittivo) presenti nel BART, in modo tale da poter mostrare come cambia la distribuzione dei *pumps* a seconda del blocco che si prende in considerazione. Nell'asse delle ordinate (y), è presente una scala, in ordine crescente, che rappresenta il numero di *pumps* effettuati. Inoltre, i *boxplot* di colore viola rappresentano i palloncini viola, mentre i *boxplot* di colore giallo rappresentano i palloncini gialli.

Per quanto riguarda le esplosioni, in linea con quanto atteso (H1b) è emersa un'interazione significativa tra il tipo di blocco e il colore del palloncino ($z_{\text{Inf}} = -9.41$, $p < .001$). Nello specifico, analizzando i contrasti tra queste due variabili è emerso un maggior numero di esplosioni per il palloncino giallo rispetto al palloncino viola solo nel blocco P ($z_{\text{Inf}} = -12.4$, $p < .001$) ma non in quello NP ($z_{\text{Inf}} = 0.19$, $p = .852$). Inoltre, nel passaggio dal blocco P al blocco NP si è rilevato un aumento significativo nelle esplosioni per il palloncino viola ($z_{\text{Inf}} = -7.22$, $p < .001$) e una diminuzione per il palloncino giallo ($z_{\text{Inf}} = 6.06$, $p < .001$). Ciò suggerisce che nel blocco NP i bambini fanno più fatica ad apprendere che la vantaggiosità del palloncino viola è diminuita al 50% dei casi. D'altra

parte, i bambini apprendono che il palloncino giallo non è più svantaggioso come nel blocco P, ma che la sua vantaggiosità è aumentata rispetto al blocco precedente.

A differenza di quanto atteso (H1c), non è emerso nessun effetto di gruppo ($z_{\text{Inf}} = -0.06$, $p = .954$). Si veda Figura 16.

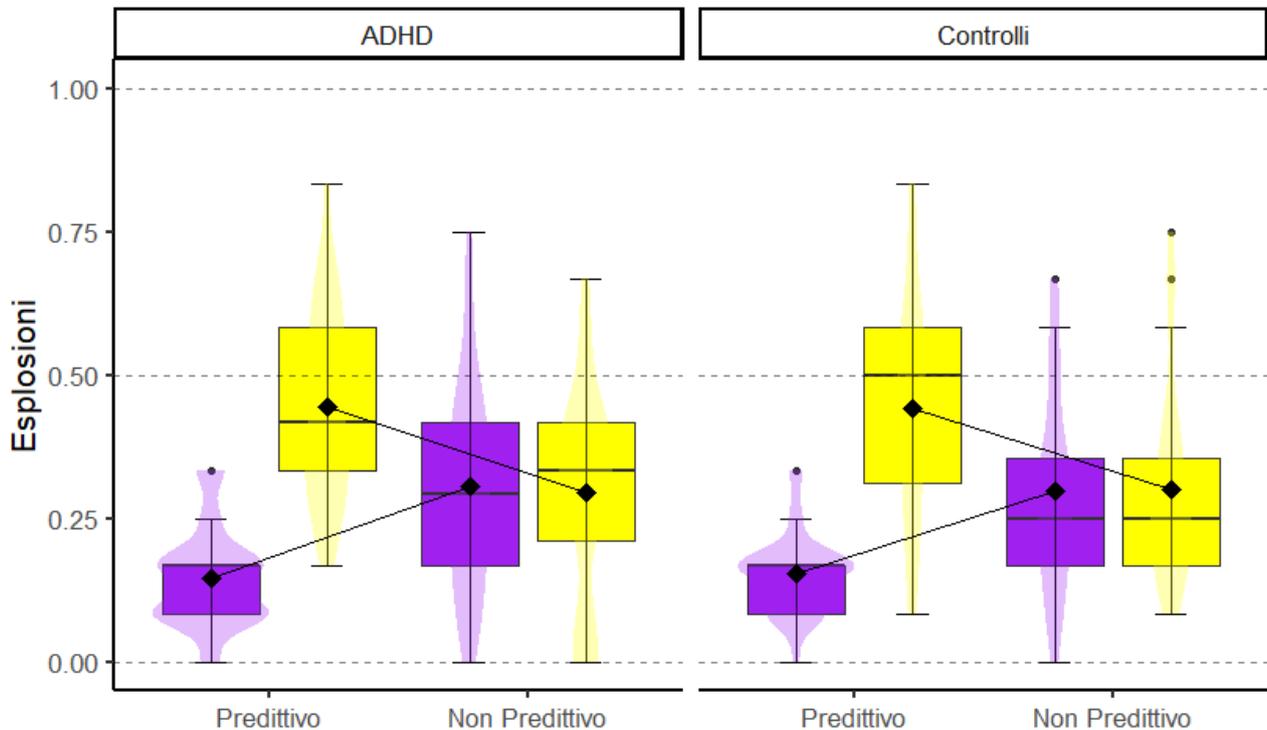


Figura 16: Grafico delle esplosioni. In questo grafico viene rappresentata la distribuzione delle esplosioni all'interno dei due gruppi: gruppo ADHD (a sinistra) e gruppo di controllo (TD) (a destra). Nell'asse delle ascisse (x), sono rappresentati i due blocchi principali (predittivo, non predittivo) presenti nel BART, in modo tale da poter mostrare come cambia la distribuzione delle esplosioni a seconda del blocco che si prende in considerazione. Nell'asse delle ordinate (y), è presente una scala, in ordine crescente, che rappresenta in proporzione il numero di esplosioni effettuate. Inoltre, i *boxplot* di colore viola rappresentano i palloncini viola, mentre i *boxplot* di colore giallo rappresentano i palloncini gialli.

4.2 H2: profili di controllo cognitivo adattivo

Abbiamo identificato 2 cluster (*within-cluster sum of squares*, rispettivamente: 121.3, 129.4; *between-cluster sum of squares/total sum of squares* = 49.5 %; si veda Figura 17 per una rappresentazione visiva della *cluster analysis*).

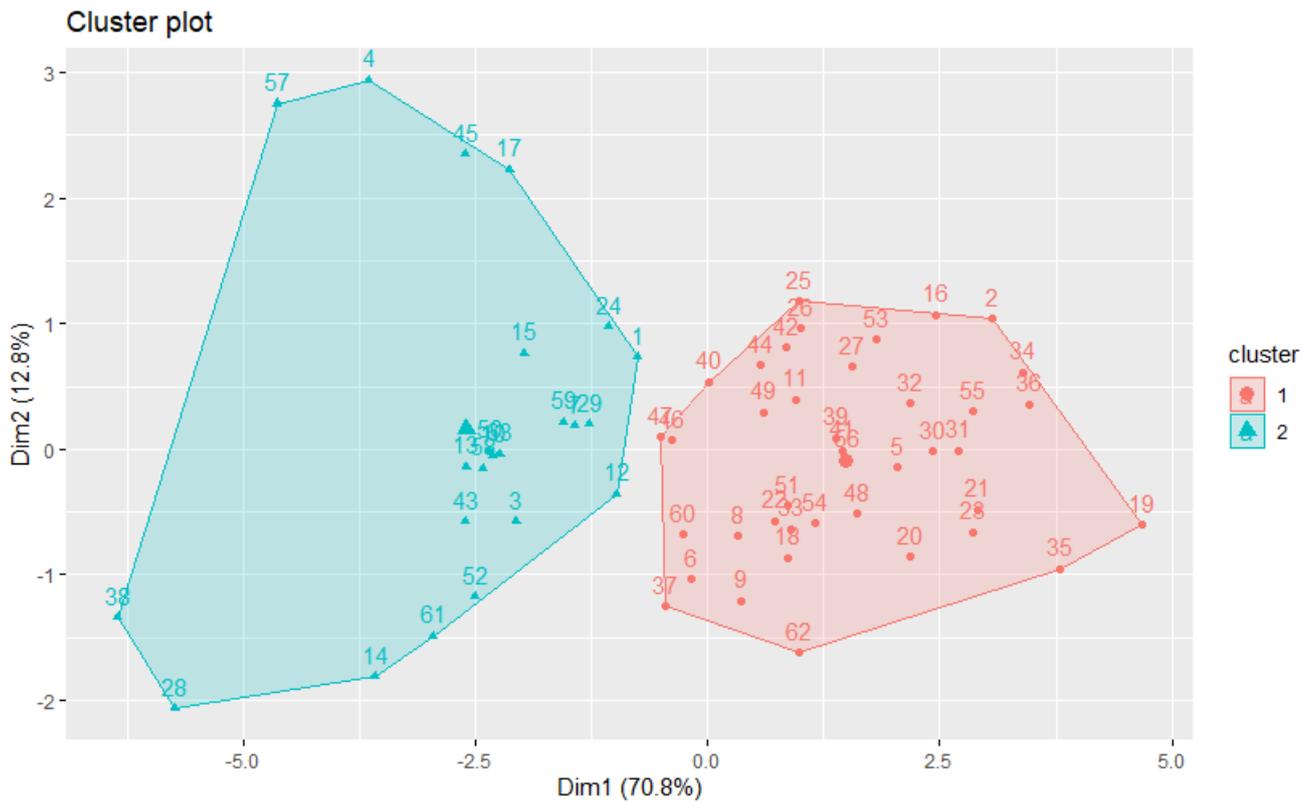


Figura 17: Rappresentazione visiva dell'analisi dei cluster. Per la rappresentazione visiva, le 8 dimensioni sono state ridotte utilizzando la decomposizione PCA. Gli assi x e y rappresentano le due dimensioni principali che spiegano, rispettivamente, 70.8% e 12.8% della varianza totale tra i due cluster (“Cautious” in rosso, “Riskers” in azzurro).

I centroidi dei cluster lungo le 8 dimensioni e le caratteristiche demografiche sono riportate in Tabella 3.

Cluster	N (F)	Età media (anni) ± SD (range)	Gruppo		Media pumps ± SD				% esplosioni (media ± SD)				Punteggio medio ± SD (range)	
			ADHD	Controlli	G-P	G-NP	V-P	V-NP	G-P	G-NP	V-P	V-NP		
1 “Cautious”	40 (2)	9.0 ± 1.2 (7-11)	18	22	3.2 ± 0.6	3.7 ± 1.1	3.8 ± 0.8	3.7 ± 1.0	3.7 ± 1.0	33.3% ± 12.5	20.4% ± 12.7	11.3% ± 5.2	20.6% ± 10.8	132 ± 19.0 (79-166)
			13	10	5.0 ± 1.2	6.2 ± 1.6	5.9 ± 1.2	6.3 ± 1.6	62.3% ± 10.6	45.7% ± 14.0	21.4% ± 7.5	46.7% ± 13.9	153 ± 18.0 (124-183)	

Tabella 3: In questa tabella sono riportati i centroidi dei due *cluster* (“Cautious” in rosso, “Riskers” in azzurro) lungo le 8 dimensioni (“Giallo-Predittivo” (G-P), “Giallo-Non Predittivo (G-NP), “Viola-Predittivo” (VP), “Viola-Non Predittivo” (V-NP), ognuna di queste dimensioni è stata valutata per *pumps* ed esplosioni) e le caratteristiche demografiche. Nell’ultima colonna è riportato il punteggio medio ottenuto dai due *cluster*.

Nel complesso, i due *cluster* differiscono nella propensione al rischio, ovvero nel numero di *pumps* effettuati al netto delle esplosioni lungo il compito. In particolare, il *cluster* dei “*Cautious*” adotta un approccio più cauto, e riesce ad apprendere l’associazione “colore del palloncino” – “rischio di esplosione” nel blocco P, effettuando più *pumps* nel colore viola rispetto al giallo e mantenendo, per entrambi, un numero di esplosioni < 50%. Inoltre, i *Cautious* risultano in grado di aggiornare tale associazione nel NP, effettuando lo stesso numero di *pumps* ed esplosioni < 50%, in entrambi i palloncini. Al contrario, il *cluster* dei “*Riskiers*” adotta un approccio più rischioso, mostrando maggiore difficoltà nell’apprendere l’associazione “colore del palloncino” – “rischio di esplosione” nel blocco P. Infatti, il numero di esplosioni nel palloncino di colore giallo è superiore al 50%. Tuttavia, risultano in grado di ottimizzare la prestazione nel blocco NP, effettuando lo stesso numero di *pumps* ed esplosioni < 50%, per entrambi i colori. Si vedano Figure 18a e 18b per una rappresentazione visiva dell’andamento dei *cluster*.

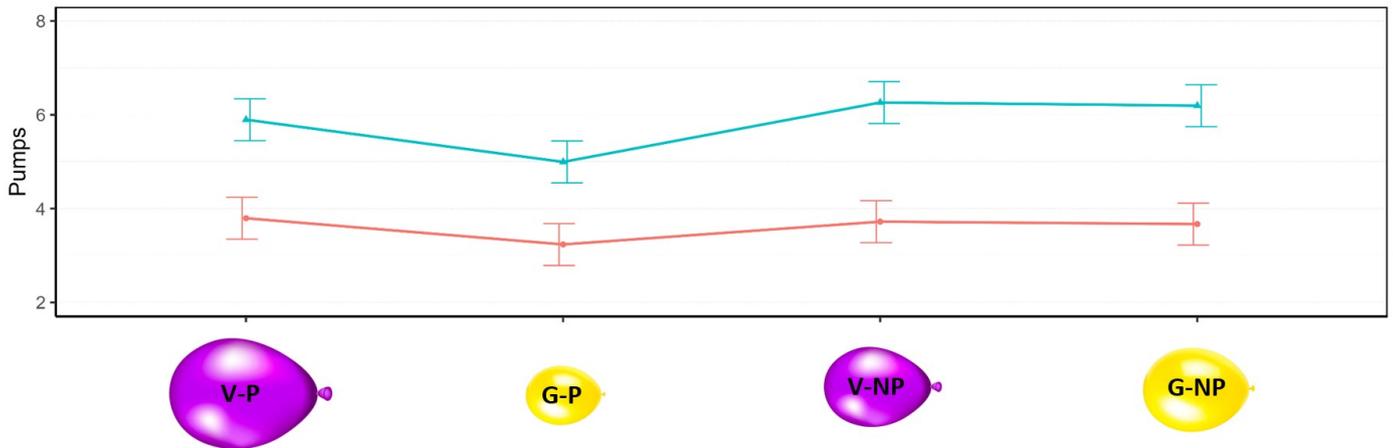


Figura 18a: Rappresentazione visiva dell’andamento dei cluster nei *pumps*. In rosso è rappresentato il cluster dei “*Cautious*”, mentre in azzurro il cluster dei “*Riskiers*”.

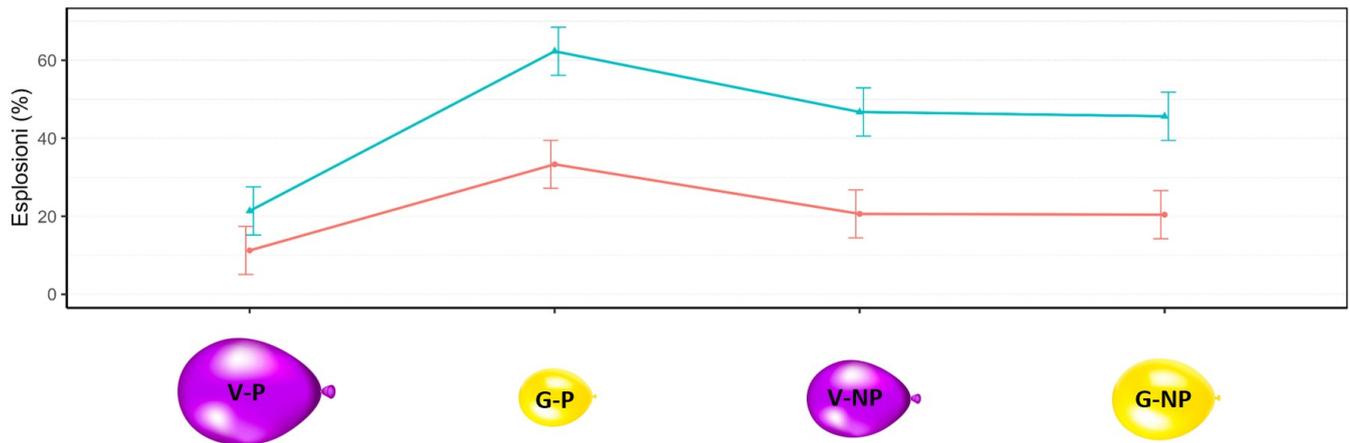


Figura 18b: Rappresentazione visiva dell'andamento dei *cluster* nelle esplosioni. In rosso è rappresentato il *cluster* dei "Cautious", mentre in azzurro il *cluster* dei "Riskers".

Come ipotizzato (H2) l'etichetta diagnostica non discrimina il funzionamento del CC adattivo. Inoltre, i gruppi ADHD e controlli risultano equamente distribuiti nei due *cluster* (si veda Figura 19), e ciò suggerisce che questi due profili sono trasversali nei due gruppi.

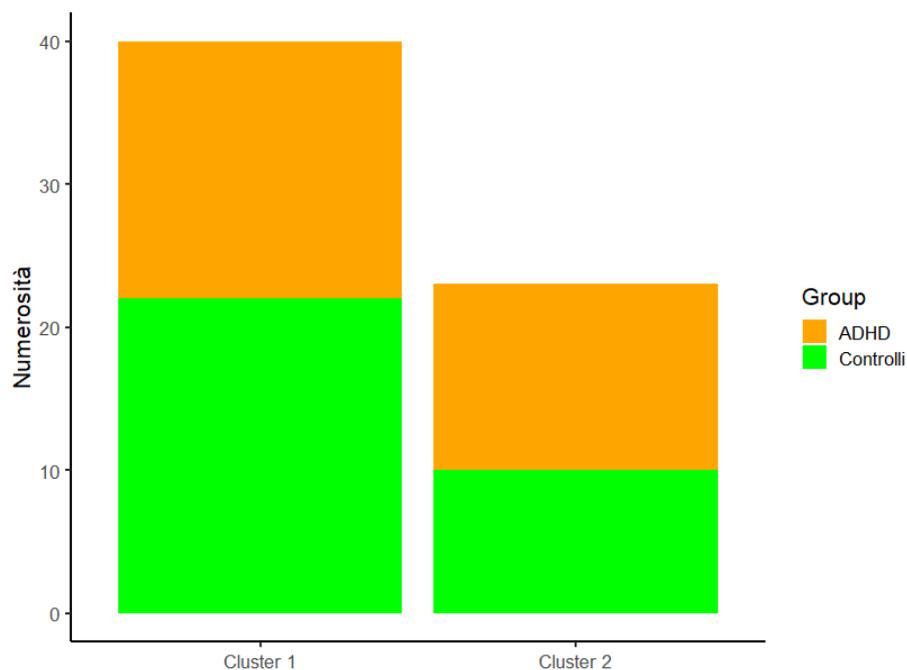


Figura 19: Distribuzione del gruppo ADHD e del gruppo di controllo nei due *cluster*. In questa figura è presente una rappresentazione della distribuzione dei due gruppi (ADHD e controlli) all'interno dei due *cluster* emersi dalla *cluster analysis*. In arancione è rappresentato il gruppo degli ADHD, mentre in verde il gruppo di controllo.

CAPITOLO 5

DISCUSSIONE

Il presente elaborato si inserisce in un più ampio progetto di ricerca denominato CALM (sviluppo del Controllo cognitivo Adattivo: un Lavoro Multicentrico), che si propone di indagare il controllo cognitivo (CC) adattivo mediante *task* sperimentali appositamente ideati, in bambini a sviluppo tipico (TD) e in bambini con Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD). In questo specifico elaborato di ricerca ci si è limitati ad indagare come la capacità di autoregolazione, una delle diverse componenti del CC, venga modulata, in maniera adattiva, in funzione del contesto. Al fine di raggiungere tale scopo è stato somministrato un compito sperimentale, il *Balloon Analogue Risk Task* (BART; Lejuez et al., 2002), a 64 bambini di età compresa tra i 7 e gli 11 anni, suddivisi in due gruppi: 32 bambini a sviluppo tipico (gruppo TD o gruppo di controllo) e 32 bambini con ADHD (gruppo ADHD). Nella versione modificata del BART utilizzata in questa ricerca, è stata introdotta una manipolazione *Item-Specific Proportion Congruency* (ISPC) che ha permesso di associare una differente probabilità di esplosione (bassa o alta) a seconda del colore del palloncino (viola o giallo): tale associazione cambiava da un blocco all'altro. I bambini non erano informati di tale manipolazione e dei suoi cambiamenti.

In questo capitolo verranno discussi i risultati ottenuti nella presente ricerca e si cercherà di trarre delle conclusioni coerenti con il quadro teorico descritto nei primi due capitoli, definire eventuali limiti e implicazioni cliniche, e delineare le potenziali prospettive di ricerca future.

5.1 Autoregolazione adattiva (H1): quali sono le differenze tra ADHD e controlli?

Complessivamente, per quanto riguarda i *pumps* (H1a) è emerso un effetto di interazione tra il tipo di blocco e il colore del palloncino: nel blocco predittivo (P) entrambi i gruppi fanno più *pumps* per il palloncino viola rispetto a quello giallo, mentre nel blocco non predittivo (NP) i *pumps* per il palloncino viola rimangono invariati rispetto al primo blocco e aumentano i *pumps* per il palloncino giallo. La manipolazione ISPC adottata in

questo compito, infatti, prevedeva la modifica della probabilità di esplosione associata a ciascun colore del palloncino, nel passaggio dal primo al secondo blocco: nel blocco P, il palloncino viola era vantaggioso nell'83% dei casi, mentre il giallo era vantaggioso soltanto nel 17% dei casi; nel blocco NP entrambi i palloncini erano vantaggiosi nel 50% dei casi. Dunque, i risultati ottenuti suggeriscono che, nel blocco P, la maggior parte dei bambini è stata in grado di apprendere per quale colore fosse più conveniente fare più *pumps*. Nel blocco NP, invece, il dato interessante riguarda i *pumps* del palloncino giallo che aumentano significativamente, rispetto al blocco P. Tuttavia, i risultati ottenuti per i *pumps* vanno letti anche alla luce dei risultati ottenuti per le esplosioni (H1b). Infatti, è possibile osservare che, nel blocco P, il palloncino giallo ha ottenuto meno *pumps* proprio perché ci sono state molte più esplosioni. Nel blocco NP, invece, le esplosioni del palloncino giallo diminuiscono anche grazie al fatto che aumenta la sua vantaggiosità (i.e., dal 17% al 50% dei casi). Per quanto riguarda il palloncino viola, nel blocco P le esplosioni sono nettamente inferiori rispetto al palloncino giallo, mentre nel blocco NP tendono ad aumentare a causa di una riduzione della vantaggiosità (i.e., dall'83% al 50% dei casi) operata attraverso la manipolazione ISPC. Complessivamente, da questi risultati sembrerebbe che, data la percentuale media di esplosioni al di sotto del 50% dei casi, i bambini siano in grado di apprendere le regole implicite sottostanti al compito.

A differenza di quanto atteso, non sono emerse differenze di gruppo: lungo tutto il compito sia i bambini TD, sia i bambini con ADHD hanno avuto un andamento molto simile. Tuttavia, sulla base della letteratura ci si aspettava una differenza di gruppo (H1c) come evidenziato da uno studio molto recente (Cai et al., 2023) che ha messo in luce come, in un compito di controllo cognitivo, i bambini TD sono in grado di adattare in modo proattivo le loro strategie di risposta, mentre i bambini con ADHD mostrano maggiori difficoltà nell'implementazione di strategie di controllo proattive. Infatti, sembrerebbe che i bambini siano in grado di apprendere la storia dei *trials*, di aggiornare le loro convinzioni sui segnali in arrivo e di adattare, successivamente e in maniera efficiente, la loro strategia di risposta: in particolare, questa capacità è maggiore nei bambini TD rispetto ai bambini con ADHD, suggerendo che l'adattamento comportamentale è meno sviluppato in questi ultimi (Cai et al., 2023). Una spiegazione di questo minor adattamento comportamentale potrebbe essere legata al fatto che, in un contesto poco motivazionale, i bambini con ADHD sarebbero meno motivati a compiere

sforzi e aggiustamenti della strategia di risposta in base alle prove (Cai et al., 2023). In linea con quest'ultima assunzione, i risultati del presente elaborato hanno portato a sostenere che, in un contesto fortemente motivazionale, come quello utilizzato nell'attuale ricerca (ad esempio, uso di rinforzi *trial-by-trial*, contesto *gamificato* del *task*), le differenze tra bambini TD e bambini con ADHD tendano ad appiattirsi. Infatti, è emerso che nei bambini con ADHD, se sufficientemente motivati, si ha una compensazione a livello psicofisiologico che consente di spiegare l'assenza di differenze con il gruppo di controllo e la loro capacità di sfruttare le contingenze e le regolarità presenti nel contesto al fine di ottimizzare la propria autoregolazione (Bellato et al., 2020).

5.2 Profili di controllo cognitivo adattivo trasversali ad ADHD e controlli

Data la difficoltà nel comprendere i processi sottostanti al compito, si è deciso di indagare l'eventuale presenza di differenti *cluster* trasversali ai gruppi. Dalla *k-means cluster analysis* che è stata condotta sono emersi due profili principali. Un primo profilo, definito “*Riskiers*”, riguarda i bambini che rischiano di più e compiono un elevato numero di *pumps*. Questi bambini mostrano maggiori difficoltà nell'apprendere l'associazione presente tra il colore del palloncino e il rischio di esplosione nel blocco P. Infatti, si osserva che nel blocco P, per quanto riguarda il palloncino svantaggioso (i.e., giallo), sbagliano sopra il 50% dei casi, a suggerire che non stanno adattando il loro controllo cognitivo: se stessero adattando il CC, si fermerebbero in tempo, prima che il palloncino esploda. Nel secondo *cluster*, definito “*Cautious*”, si osserva invece un apprendimento dell'associazione tra il colore del palloncino e la probabilità di esplosione nel blocco P: per quanto riguarda il palloncino svantaggioso (i.e., giallo), i bambini si fermano in tempo, anche se complessivamente hanno una media di *pumps* bassa. La cosa interessante di questi due profili è che, nel passaggio al blocco NP, entrambi vanno a rimodulare il loro CC adattivo: si comportano allo stesso modo con i palloncini di colore diverso nel blocco NP, sia a livello di esplosioni, sia a livello di *pumps*. Un altro dato interessante è che il gruppo dei *Riskiers* si comporta in maniera rischiosa anche nel blocco NP, come se non stesse affatto apprendendo. I bambini del *cluster Cautious*, invece, sembrerebbero apprendere data la diminuzione di esplosioni del palloncino giallo nel blocco NP.

L'aspetto più rilevante di questi risultati consiste nella natura trasversale dei due profili all'interno dei due gruppi che costituiscono il campione. Quindi, la presenza di questi due profili trasversali è in linea con l'approccio transdiagnostico, il quale sottolinea l'importanza di prendere in considerazione il funzionamento individuale del soggetto, oltre che la diagnosi (Astle et al., 2022).

5.3 Implicazioni in ambito sperimentale e clinico, limiti e prospettive di ricerca future

A livello clinico, questi risultati ci suggeriscono che i bambini con ADHD, se inseriti in un contesto fortemente motivazionale, non differiscono dai bambini a sviluppo tipico in un meccanismo solitamente deficitario in tale popolazione clinica. Questo va a conferma dell'importanza dell'uso della motivazione sia nel contesto clinico, sia in quello scolastico. Difatti, è ampiamente noto in letteratura il ruolo fondamentale della motivazione, degli incentivi e dei rinforzi con i soggetti con ADHD (Bellato et al., 2020; Luman et al., 2005; Marzocchi et al., 2022; Slusarek et al., 2001). Dunque, questi risultati estendono l'importanza della motivazione per i soggetti con ADHD affinché possano adattarsi in maniera funzionale all'ambiente che li circonda e cogliere le regolarità implicite presenti.

Inoltre, il presente elaborato di ricerca è caratterizzato da una serie di limiti che potrebbero aver influenzato i risultati ottenuti e che, quindi, hanno bisogno di essere discussi ed approfonditi, tenendo in considerazione anche eventuali direzioni future. Un primo limite, dal punto di vista sperimentale, riguarda il fatto che, in generale, i bambini hanno effettuato un basso numero di *pumps* (media ~ 4/5 *pumps* per *trial*) e questo, di conseguenza, può aver inficiato la capacità del BART di discriminare i due gruppi di bambini (ADHD e controlli). Infatti, la manipolazione ISPC utilizzata in questa versione del BART non si è rivelata ottimale nel cogliere e comprendere le diverse strategie con cui i bambini a sviluppo tipico (TD) e i bambini con ADHD cercano di adattare i propri meccanismi cognitivi, come dimostrato da diversi studi in letteratura (Domuta & Pentek, 2003; Nigg & Casey, 2005; Parks & Stevenson, 2018). Ricerche future potrebbero provare a costruire nuove versioni modificate del BART utilizzando delle manipolazioni differenti da quella adottata in tale ricerca, al fine di cogliere meglio i meccanismi di CC

adattivo e di autoregolazione. Si potrebbe anche pensare di aumentare il numero dei *trials* per osservare eventuali differenze tra i bambini TD e i bambini con ADHD nel CC adattivo. Un secondo limite riguarda il fatto che il campione di bambini che è stato reclutato presenta una numerosità limitata. Pertanto, è auspicabile la realizzazione di studi futuri, condotti su campioni più numerosi, in quanto potrebbero emergere differenze di *performance* tra i diversi blocchi e tra i diversi sottotipi di ADHD (disattento, iperattivo/impulsivo, misto) che non sono state evidenziate dalle analisi condotte nella presente ricerca. Infatti, si potrebbe pensare di confrontare le *performance* nel BART dei differenti sottotipi di ADHD per osservare l'eventuale presenza di differenze significative. Infine, un terzo limite riguarda il contesto fortemente motivazionale utilizzato in questa ricerca che potrebbe aver interferito con l'emergere di differenze di *performance* tra i due gruppi. Difatti, una recente *review* in letteratura ha sottolineato che manipolare la natura delle ricompense, del contesto e dei rinforzi forniti ai soggetti con ADHD può aiutarli ad autoregolare al massimo il loro stato di attenzione e di eccitazione con evidenti benefici in molteplici contesti (ad esempio, scuola o lavoro) (Bellato et al., 2020). Data la natura di questo progetto di ricerca, però, sarebbe molto interessante sviluppare studi futuri che possano comparare lo stesso *task* adattivo con e senza gli aspetti motivazionali, per comprendere eventuali cambiamenti nella capacità di autoregolazione nei bambini con ADHD.

In conclusione, il progetto di ricerca CALM, di cui fa parte questo elaborato, è il primo ad essersi posto l'obiettivo di studiare e approfondire il costrutto di CC adattivo nel Disturbo da Deficit di Attenzione e di Iperattività. I risultati ottenuti, anche se completamente in linea con le ipotesi, sono molto rilevanti per la comprensione dell'importanza del contesto nel promuovere e potenziare i diversi aspetti del CC.

BIBLIOGRAFIA

- Abrahamse, E., Braem, S., Notebaert, W., & Verguts, T. (2016). Grounding cognitive control in associative learning. *Psychological Bulletin*, *142*(7), 693–728.
<https://doi.org/10.1037/bul0000047>
- Albrecht, B., Brandeis, D., Uebel, H., Heinrich, H., Mueller, U. C., Hasselhorn, M., Steinhausen, H.-C., Rothenberger, A., & Banaschewski, T. (2008). Action Monitoring in Boys With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, Their Nonaffected Siblings, and Normal Control Subjects: Evidence for an Endophenotype. *Biological Psychiatry*, *64*(7), 615–625.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.12.016>
- Ambrosi, S., Lemaire, P., & Blaye, A. (2016). Do Young Children Modulate Their Cognitive Control?: Sequential Congruency Effects Across Three Conflict Tasks in 5-to-6 Year-Olds. *Experimental Psychology*, *63*(2), 117–126.
<https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000320>
- American Psychiatric Association, & American Psychiatric Association (Eds.). (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV-TR* (4th ed., text revision). American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association, & American Psychiatric Association (Eds.). (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5* (5th ed). American Psychiatric Association.
- 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>
- Anderson, P. J., & Reidy, N. (2012). Assessing Executive Function in Preschoolers. *Neuropsychology Review*, *22*(4), 345–360.
<https://doi.org/10.1007/s11065-012-9220-3>
- Astle, D., Bassett, D. S., & Viding, E. (2022). *Capturing developmental dynamics within a transdiagnostic framework: Challenges and promises* [Preprint]. PsyArXiv.
<https://doi.org/10.31234/osf.io/jfyps>

- Astle, D. E., Bathelt, J., The CALM Team, & Holmes, J. (2019). Remapping the cognitive and neural profiles of children who struggle at school. *Developmental Science*, 22(1), e12747. <https://doi.org/10.1111/desc.12747>
- Astle, D. E., & Fletcher-Watson, S. (2020). Beyond the Core-Deficit Hypothesis in Developmental Disorders. *Current Directions in Psychological Science*, 29(5), 431–437. <https://doi.org/10.1177/0963721420925518>
- Astle, D. E., Holmes, J., Kievit, R., & Gathercole, S. E. (2021). Annual Research Review: The transdiagnostic revolution in neurodevelopmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 63(4), 397–417. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13481>
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255(5044), 556–559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. (1998). Working memory. *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences - Series III - Sciences de La Vie*, 321(2–3), 167–173. [https://doi.org/10.1016/S0764-4469\(97\)89817-4](https://doi.org/10.1016/S0764-4469(97)89817-4)
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), R136–R140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 8, pp. 47–89). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65–94. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65>

Barkley, R. A. (2011). The Important Role of Executive Functioning and Self-Regulation in ADHD. *J Child Neuropsych*, 113, 41-56.

Barkley, R. A., & Fischer, M. (2010). The Unique Contribution of Emotional Impulsiveness to Impairment in Major Life Activities in Hyperactive Children as Adults. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 49(5), 503–513.

<https://doi.org/10.1016/j.jaac.2010.01.019>

Barkley, R. A., & Murphy, K. R. (2010). Impairment in Occupational Functioning and Adult ADHD: The Predictive Utility of Executive Function (EF) Ratings Versus EF Tests. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 25(3), 157–173.

<https://doi.org/10.1093/arclin/acq014>

Barnes, K. A., Howard, J. H., Howard, D. V., Kenealy, L., & Vaidya, C. J. (2010). Two Forms of Implicit Learning in Childhood ADHD. *Developmental Neuropsychology*, 35(5), 494–505.

<https://doi.org/10.1080/87565641.2010.494750>

Bates, D., Kliegl, R., Vasishth, S., & Baayen, H. (2015). *Parsimonious Mixed Models*.

<https://doi.org/10.48550/ARXIV.1506.04967>

Bathelt, J., Vignoles, A., & Astle, D. E. (2021). Just a phase? Mapping the transition of behavioural problems from childhood to adolescence. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 56(5), 821–836.

<https://doi.org/10.1007/s00127-020-02014-4>

Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Anderson, S. W. (1998). Dissociation Of Working Memory from Decision Making within the Human Prefrontal Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 18(1), 428–437.

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.18-01-00428.1998>

Becker, J. T. (1994). Introduction to the special section: Working memory and neuropsychology—Interdependence of clinical and experimental research. *Neuropsychology*, 8(4), 483–484.

<https://doi.org/10.1037/h0092737>

- Bell, M. D., Imal, A. E., Pittman, B., Jin, G., & Wexler, B. E. (2019). The development of adaptive risk taking and the role of executive functions in a large sample of school-age boys and girls. *Trends in Neuroscience and Education, 17*, 100120.
<https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.100120>
- Bellato, A., Arora, I., Hollis, C., & Groom, M. J. (2020). Is autonomic nervous system function atypical in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? A systematic review of the evidence. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 108*, 182–206.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.11.001>
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function: Development of Executive Functions. *Child Development, 81*(6), 1641–1660.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Beste, C., Baune, B. T., Falkenstein, M., & Konrad, C. (2010). Variations in the *TNF- α* Gene (TNF- α -308G→A) Affect Attention and Action Selection Mechanisms in a Dissociated Fashion. *Journal of Neurophysiology, 104*(5), 2523–2531.
<https://doi.org/10.1152/jn.00561.2010>
- Beste, C., Konrad, C., Uhlmann, C., Arolt, V., Zwanzger, P., & Domschke, K. (2013). Neuropeptide S receptor (NPSR1) gene variation modulates response inhibition and error monitoring. *NeuroImage, 71*, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.01.004>
- Bishop, D. V. M. (1997). Cognitive Neuropsychology and Developmental Disorders: Uncomfortable Bedfellows. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 50*(4), 899–923.
<https://doi.org/10.1080/713755740>
- Bluschke, A., Chmielewski, W. X., Roessner, V., & Beste, C. (2020). Intact Context-Dependent Modulation of Conflict Monitoring in Childhood ADHD. *Journal of Attention Disorders, 24*(11), 1503–1510.
<https://doi.org/10.1177/1087054716643388>
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review, 108*(3), 624–652.
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.3.624>

- Braem, S. (2017). Conditioning task switching behavior. *Cognition*, *166*, 272–276.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.05.037>
- Braem, S., Bugg, J. M., Schmidt, J. R., Crump, M. J. C., Weissman, D. H., Notebaert, W., & Egner, T. (2019). Measuring Adaptive Control in Conflict Tasks. *Trends in Cognitive Sciences*, *23*(9), 769–783.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.07.002>
- Braem, S., & Egner, T. (2018). Getting a Grip on Cognitive Flexibility. *Current Directions in Psychological Science*, *27*(6), 470–476.
<https://doi.org/10.1177/0963721418787475>
- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(2), 106–113.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive Functions in Children Aged 6 to 13: A Dimensional and Developmental Study. *Developmental Neuropsychology*, *26*(2), 571–593.
https://doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3
- Bugg, J. M., & Crump, M. J. C. (2012). In Support of a Distinction between Voluntary and Stimulus-Driven Control: A Review of the Literature on Proportion Congruent Effects. *Frontiers in Psychology*, *3*.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00367>
- Burgess, G. C., & Braver, T. S. (2010). Neural Mechanisms of Interference Control in Working Memory: Effects of Interference Expectancy and Fluid Intelligence. *PLoS ONE*, *5*(9), e12861.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012861>
- BVN 5-11: Batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutiva* (10. rist). (2019). Centro studi Erickson.
- Cai, W., Warren, S. L., Duberg, K., Yu, A., Hinshaw, S. P., & Menon, V. (2023). Both reactive and proactive control are deficient in children with ADHD and predictive of clinical

symptoms. *Translational Psychiatry*, 13(1), 179.

<https://doi.org/10.1038/s41398-023-02471-w>

Castellanos, F. X., & Tannock, R. (2002). Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder: The search for endophenotypes. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(8), 617–628.

<https://doi.org/10.1038/nrn896>

Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. C. M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology*, 37(5), 715–730.

<https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.715>

Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V., & Niknafs, A. (2014). NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. *Journal of Statistical Software*, 61(6).

<https://doi.org/10.18637/jss.v061.i06>

Chevalier, N., Martis, S. B., Curran, T., & Munakata, Y. (2015). Metacognitive Processes in Executive Control Development: The Case of Reactive and Proactive Control. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(6), 1125–1136.

https://doi.org/10.1162/jocn_a_00782

Chiu, Y.-C., & Egner, T. (2019). Cortical and subcortical contributions to context-control learning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 99, 33–41.

<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.01.019>

Coghill, D., & Sonuga-Barke, E. J. S. (2012). Annual Research Review: Categories versus dimensions in the classification and conceptualisation of child and adolescent mental disorders - implications of recent empirical study: Categories and dimensions. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(5), 469–489.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02511.x>

Conner, B. T., Stein, J. A., & Longshore, D. (2009). Examining Self-Control as a Multidimensional Predictor of Crime and Drug Use in Adolescents with Criminal Histories. *The Journal of Behavioral Health Services & Research*, 36(2), 137–149.

<https://doi.org/10.1007/s11414-008-9121-7>

- Cragg, L., & Nation, K. (2008). Go or no-go? Developmental improvements in the efficiency of response inhibition in mid-childhood. *Developmental Science*, *11*(6), 819–827.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00730.x>
- Crone, E. A., Somsen, R. J. M., Zanolie, K., & Van der Molen, M. W. (2006). A heart rate analysis of developmental change in feedback processing and rule shifting from childhood to early adulthood. *Journal of Experimental Child Psychology*, *95*(2), 99–116.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.03.007>
- Czernochowski, D. (2015). ERPs dissociate proactive and reactive control: Evidence from a task-switching paradigm with informative and uninformative cues. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *15*(1), 117–131.
<https://doi.org/10.3758/s13415-014-0302-y>
- D’Souza, D., Booth, R., Connolly, M., Happé, F., & Karmiloff-Smith, A. (2016). Rethinking the concepts of ‘local or global processors’: Evidence from Williams syndrome, Down syndrome, and Autism Spectrum Disorders. *Developmental Science*, *19*(3), 452–468.
<https://doi.org/10.1111/desc.12312>
- Dalglish, T., Black, M., Johnston, D., & Bevan, A. (2020). Transdiagnostic approaches to mental health problems: Current status and future directions. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *88*(3), 179–195.
<https://doi.org/10.1037/ccp0000482>
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, *44*(11), 2037–2078.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>
- Del Popolo Cristaldi, F., Toffoli, L., Duma, G. M., & Mento, G. (2023). Little fast, little slow, should I stay or should I go? Adapting cognitive control to local-global temporal prediction across typical development. *PLOS ONE*, *18*(2), e0281417.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281417>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

- Diamond, A. (2020). Executive functions. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 173, pp. 225–240). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00020-4>
- Dockstader, C., Gaetz, W., Cheyne, D., & Tannock, R. (2009). Abnormal Neural Reactivity to Unpredictable Sensory Events in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Biological Psychiatry*, *66*(4), 376–383.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.04.010>
- Douglas, V. I. (1999). Cognitive Control Processes in Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. In H. C. Quay & A. E. Hogan (Eds.), *Handbook of Disruptive Behavior Disorders* (pp. 105–138). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4881-2_5
- Duffy, K. A., Rosch, K. S., Nebel, M. B., Seymour, K. E., Lindquist, M. A., Pekar, J. J., Mostofsky, S. H., & Cohen, J. R. (2021). Increased integration between default mode and task-relevant networks in children with ADHD is associated with impaired response control. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *50*, 100980.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2021.100980>
- Duma, G. M., Granzio, U., & Mento, G. (2020). Should I stay or should I go? How local-global implicit temporal expectancy shapes proactive motor control: An hdEEG study. *NeuroImage*, *220*, 117071.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117071>
- Duthoo, W., Abrahamse, E. L., Braem, S., Boehler, C. N., & Notebaert, W. (2014). The heterogeneous world of congruency sequence effects: An update. *Frontiers in Psychology*, *5*.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01001>
- Eakin, L., Minde, K., Hechtman, L., Ochs, E., Krane, E., Bouffard, R., Greenfield, B., & Looper, K. (2004). The marital and family functioning of adults with ADHD and their spouses. *Journal of Attention Disorders*, *8*(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1177/108705470400800101>

- Egner, T. (2007). Congruency sequence effects and cognitive control. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7(4), 380–390.
<https://doi.org/10.3758/CABN.7.4.380>
- Elke, S., & Wiebe, S. A. (2017). Proactive control in early and middle childhood: An ERP study. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 26, 28–38.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.04.005>
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*, 86, 186–204.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.023>
- Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 72–89.
<https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Garon, N., Moore, C., & Waschbusch, D. A. (2006). Decision Making in Children With ADHD Only, ADHD-Anxious/Depressed, and Control Children Using a Child Version of the Iowa Gambling Task. *Journal of Attention Disorders*, 9(4), 607–619.
<https://doi.org/10.1177/1087054705284501>
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The Structure of Working Memory From 4 to 15 Years of Age. *Developmental Psychology*, 40(2), 177–190.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>
- Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: Performance of children 312–7 years old on a stroop- like day-night test. *Cognition*, 53(2), 129–153.
[https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)90068-X](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)90068-X)
- Gonthier, C., Ambrosi, S., & Blaye, A. (2021). Learning-based before intentional cognitive control: Developmental evidence for a dissociation between implicit and explicit control.

Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 47(10), 1660–1685.

<https://doi.org/10.1037/xlm0001005>

Gonthier, C., & Blaye, A. (2021). Preschoolers are capable of fine-grained implicit cognitive control: Evidence from development of the context-specific proportion congruency effect. *Journal of Experimental Child Psychology*, 210, 105211.

<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105211>

Gonthier, C., Zira, M., Colé, P., & Blaye, A. (2019). Evidencing the developmental shift from reactive to proactive control in early childhood and its relationship to working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 177, 1–16.

<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.07.001>

Grant, D. A., & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, 38(4), 404–411.

<https://doi.org/10.1037/h0059831>

Gupta, R., Kar, B. R., & Srinivasan, N. (2009). Development of task switching and post-error slowing in children. *Behavioral and Brain Functions*, 5(1), 38.

<https://doi.org/10.1186/1744-9081-5-38>

Gurney, K., Hussain, A., Chambers, J., & Abdullah, R. (2009). Controlled and Automatic Processing in Animals and Machines with Application to Autonomous Vehicle Control. In C. Alippi, M. Polycarpou, C. Panayiotou, & G. Ellinas (Eds.), *Artificial Neural Networks – ICANN 2009* (Vol. 5768, pp. 198–207). Springer Berlin Heidelberg.

https://doi.org/10.1007/978-3-642-04274-4_21

Hallett, P. E. (1978). Primary and secondary saccades to goals defined by instructions. *Vision Research*, 18(10), 1279–1296.

[https://doi.org/10.1016/0042-6989\(78\)90218-3](https://doi.org/10.1016/0042-6989(78)90218-3)

Happé, F., Ronald, A., & Plomin, R. (2006). Time to give up on a single explanation for autism. *Nature Neuroscience*, 9(10), 1218–1220.

<https://doi.org/10.1038/nn1770>

- Hartsough, C. S., & Lambert, N. M. (1985). Medical factors in hyperactive and normal children: Prenatal, developmental, and health history findings. *American Journal of Orthopsychiatry*, 55(2), 190–201.
<https://doi.org/10.1111/j.1939-0025.1985.tb03433.x>
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017–2036.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>
- Huizinga, M., & van der Molen, M. W. (2007). Age-Group Differences in Set-Switching and Set-Maintenance on the Wisconsin Card Sorting Task. *Developmental Neuropsychology*, 31(2), 193–215.
<https://doi.org/10.1080/87565640701190817>
- Iani, C., Stella, G., & Rubichi, S. (2014). Response inhibition and adaptations to response conflict in 6- to 8-year-old children: Evidence from the Simon effect. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(4), 1234–1241.
<https://doi.org/10.3758/s13414-014-0656-9>
- Jersild, A. T. (1927). Mental set and shift. *Archives of Psychology*, 14, 89, 81–81.
- Johnson, M. H. (1995). The inhibition of automatic saccades in early infancy. *Developmental Psychobiology*, 28(5), 281–291.
<https://doi.org/10.1002/dev.420280504>
- Johnson, M. H. (2011). Interactive Specialization: A domain-general framework for human functional brain development? *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1(1), 7–21.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2010.07.003>
- Johnson, M. H., & De Haan, M. (2015). *Developmental cognitive neuroscience: An introduction* (Fourth edition). John Wiley and Sons, Inc.
- Karatekin, C., Bingham, C., & White, T. (2009). Regulation of cognitive resources during an n-back task in youth-onset psychosis and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *International Journal of Psychophysiology*, 73(3), 294–307.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.05.001>

- Kieling, R., & Rohde, L. A. (2012). ADHD in Children and Adults: Diagnosis and Prognosis. In C. Stanford & R. Tannock (Eds.), *Behavioral Neuroscience of Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Its Treatment* (Vol. 9, pp. 1–16). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/7854_2010_115
- Klorman, R., Thatcher, J. E., Shaywitz, S. E., Fletcher, J. M., Marchione, K. E., Holahan, J. M., Stuebing, K. K., & Shaywitz, B. A. (2002). Effects of event probability and sequence on children with attention-deficit/hyperactivity, reading, and math disorder. *Biological Psychiatry*, *52*(8), 795–804.
[https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(02\)01415-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(02)01415-4)
- Kofler, M. J., Irwin, L. N., Soto, E. F., Groves, N. B., Harmon, S. L., & Sarver, D. E. (2019). Executive Functioning Heterogeneity in Pediatric ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *47*(2), 273–286.
<https://doi.org/10.1007/s10802-018-0438-2>
- Kofler, M. J., Rapport, M. D., Bolden, J., Sarver, D. E., & Raiker, J. S. (2010). ADHD and Working Memory: The Impact of Central Executive Deficits and Exceeding Storage/Rehearsal Capacity on Observed Inattentive Behavior. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *38*(2), 149–161.
<https://doi.org/10.1007/s10802-009-9357-6>
- Kray, J., Eber, J., & Lindenberger, U. (2004). Age differences in executive functioning across the lifespan: The role of verbalization in task preparation. *Acta Psychologica*, *115*(2–3), 143–165.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2003.12.001>
- Krusch, D. A., Klorman, R., Brumaghim, J. T., Fitzpatrick, P. A., Borgstedt, A. D., & Strauss, J. (1996). Methylphenidate slows reactions of children with attention deficit disorder during and after an error. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *24*(5), 633–650.
<https://doi.org/10.1007/BF01670104>
- Kuntsi, J., Oosterlaan, J., & Stevenson, J. (2001). Psychological Mechanisms in Hyperactivity: I Response Inhibition Deficit, Working Memory Impairment, Delay Aversion, or Something Else? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *42*(2), 199–210.
<https://doi.org/10.1111/1469-7610.00711>

- Kushki, A., Anagnostou, E., Hammill, C., Duez, P., Brian, J., Iaboni, A., Schachar, R., Crosbie, J., Arnold, P., & Lerch, J. P. (2019). Examining overlap and homogeneity in ASD, ADHD, and OCD: A data-driven, diagnosis-agnostic approach. *Translational Psychiatry*, 9(1), 318.
<https://doi.org/10.1038/s41398-019-0631-2>
- Larson, G. E., Merritt, C. R., & Williams, S. E. (1988). Information processing and intelligence: Some implications of task complexity. *Intelligence*, 12(2), 131–147.
[https://doi.org/10.1016/0160-2896\(88\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0160-2896(88)90012-8)
- Larson, M. J., Clawson, A., Clayson, P. E., & South, M. (2012). Cognitive Control and Conflict Adaptation Similarities in Children and Adults. *Developmental Neuropsychology*, 37(4), 343–357.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2011.650337>
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. H. (2013). Developmental Changes in Executive Functioning. *Child Development*, 84(6), 1933–1953.
<https://doi.org/10.1111/cdev.12096>
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59–80.
<https://doi.org/10.1348/026151003321164627>
- Lejuez, C. W., Aklin, W. M., Zvolensky, M. J., & Pedulla, C. M. (2003). Evaluation of the Balloon Analogue Risk Task (BART) as a predictor of adolescent real-world risk-taking behaviours. *Journal of Adolescence*, 26(4), 475–479.
[https://doi.org/10.1016/S0140-1971\(03\)00036-8](https://doi.org/10.1016/S0140-1971(03)00036-8)
- Lejuez, C. W., Read, J. P., Kahler, C. W., Richards, J. B., Ramsey, S. E., Stuart, G. L., Strong, D. R., & Brown, R. A. (2002). Evaluation of a behavioral measure of risk taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART). *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8(2), 75–84.
<https://doi.org/10.1037/1076-898X.8.2.75>
- Leth-Steensen, C., King Elbaz, Z., & Douglas, V. I. (2000). Mean response times, variability, and skew in the responding of ADHD children: A response time distributional approach.

Acta Psychologica, 104(2), 167–190.

[https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(00\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(00)00019-6)

Levy, Y., & Ebstein, R. P. (2009). Research Review: Crossing syndrome boundaries in the search for brain endophenotypes. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50(6), 657–668.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2008.01986.x>

Lezak, M. (1983). *Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford Univ. Press

Logan, G. D. (1994). On the ability to inhibit thought and action: A users' guide to the stop signal paradigm. In *Inhibitory processes in attention, memory, and language*. (pp. 189–239). Academic Press.

Lorsbach, T. C., & Reimer, J. F. (2008). Context Processing and Cognitive Control in Children and Young Adults. *The Journal of Genetic Psychology*, 169(1), 34–50.

<https://doi.org/10.3200/GNTP.169.1.34-50>

Lucenet, J., & Blaye, A. (2014). Age-related changes in the temporal dynamics of executive control: A study in 5- and 6-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 5.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00831>

Lüdecke, D., Ben-Shachar, M., Patil, I., Waggoner, P., & Makowski, D. (2021). performance: An R Package for Assessment, Comparison and Testing of Statistical Models. *Journal of Open Source Software*, 6(60), 3139.

<https://doi.org/10.21105/joss.03139>

Luman, M., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. (2005). The impact of reinforcement contingencies on AD/HD: A review and theoretical appraisal. *Clinical Psychology Review*, 25(2), 183–213.

<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2004.11.001>

Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of Cognitive Processes From Late Childhood to Adulthood. *Child Development*, 75(5), 1357–1372.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00745.x>

- Marcovitch, S., Boseovski, J. J., & Knapp, R. J. (2007). Use it or lose it: Examining preschoolers' difficulty in maintaining and executing a goal. *Developmental Science*, *10*(5), 559–564.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00611.x>
- Marcovitch, S., Boseovski, J. J., Knapp, R. J., & Kane, M. J. (2010). Goal Neglect and Working Memory Capacity in 4- to 6-Year-Old Children: Goal Neglect and Working Memory. *Child Development*, *81*(6), 1687–1695.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01503.x>
- Marzinzik, F., Wahl, M., Krüger, D., Gentschow, L., Colla, M., & Klostermann, F. (2012). Abnormal Distracter Processing in Adults with Attention-Deficit-Hyperactivity Disorder. *PLoS ONE*, *7*(3), e33691.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033691>
- Marzocchi, G. M., Pecini, C., Usai, M. C. & Viterbori, P. (2022). *Le funzioni esecutive nei disturbi del neurosviluppo. Dalla valutazione all'intervento*. Hogrefe.
- Marzocchi, G. M., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2010). *BIA: Batteria italiana per l'ADHD : per la valutazione dei bambini con deficit ...* Erickson.
- Marzocchi, G. M., & Valagussa, S. (2011). *Le funzioni esecutive in età evolutiva: Modelli neuropsicologici, strumenti diagnostici, interventi riabilitativi*. Angeli.
- Masi, A., DeMayo, M. M., Glozier, N., & Guastella, A. J. (2017). An Overview of Autism Spectrum Disorder, Heterogeneity and Treatment Options. *Neuroscience Bulletin*, *33*(2), 183–193.
<https://doi.org/10.1007/s12264-017-0100-y>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, *44*(2), 314–324.
<https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- McDermott, J. M., Pérez-Edgar, K., & Fox, N. A. (2007). Variations of the flanker paradigm: Assessing selective attention in young children. *Behavior Research Methods*, *39*(1), 62–70.
<https://doi.org/10.3758/BF03192844>

- McLoughlin, G., Albrecht, B., Banaschewski, T., Rothenberger, A., Brandeis, D., Asherson, P., & Kuntsi, J. (2009). Performance monitoring is altered in adult ADHD: A familial event-related potential investigation. *Neuropsychologia*, *47*(14), 3134–3142.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.07.013>
- Mehsen, V., Morag, L., Chesta, S., Cleaton, K., & Burgos, H. (2021). Hot Executive Function Assessment Instruments in Preschool Children: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(1), 95.
<https://doi.org/10.3390/ijerph19010095>
- Meiran, N. (1996). Reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *22*(6), 1423–1442.
<https://doi.org/10.1037/0278-7393.22.6.1423>
- Mento, G., & Granzio, U. (2020). The developing predictive brain: How implicit temporal expectancy induced by local and global prediction shapes action preparation across development. *Developmental Science*, *23*(6).
<https://doi.org/10.1111/desc.12954>
- Meuwissen, A. S., & Zelazo, P. (2014). Hot and Cool Executive Function: Foundations for Learning and Healthy Development. *Zero to Three*.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Hot-and-Cool-Executive-Function%3A-Foundations-for-Meuwissen-Zelazo/769604569fbec374cb8fc5dd03c0696008854df>
- Miller, M. R., Giesbrecht, G. F., Müller, U., McInerney, R. J., & Kerns, K. A. (2012). A Latent Variable Approach to Determining the Structure of Executive Function in Preschool Children. *Journal of Cognition and Development*, *13*(3), 395–423.
<https://doi.org/10.1080/15248372.2011.585478>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, *21*(1), 8–14.
<https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*,

41(1), 49–100.

<https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81(2), 111–121.

<https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1990.tb02349.x>

Mückschel, M., & Beste, C. (2015). Psychophysiological mechanisms underlying response selection in multidimensional space. *Scientific Reports*, 5(1), 7759.

<https://doi.org/10.1038/srep07759>

Munakata, Y., Snyder, H. R., & Chatham, C. H. (2012). Developing Cognitive Control: Three Key Transitions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(2), 71–77.

<https://doi.org/10.1177/0963721412436807>

Newby, J. M., McKinnon, A., Kuyken, W., Gilbody, S., & Dalglish, T. (2015). Systematic review and meta-analysis of transdiagnostic psychological treatments for anxiety and depressive disorders in adulthood. *Clinical Psychology Review*, 40, 91–110.

<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2015.06.002>

Nigg, J. T., & Casey, B. J. (2005). An integrative theory of attention-deficit/ hyperactivity disorder based on the cognitive and affective neurosciences. *Development and Psychopathology*, 17(03).

<https://doi.org/10.1017/S0954579405050376>

Parks, K. M. A., & Stevenson, R. A. (2018). Auditory and Visual Statistical Learning Are Not Related to ADHD Symptomatology: Evidence From a Research Domain Criteria (RDoC) Approach. *Frontiers in Psychology*, 9, 2502.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02502>

Pennington, B. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, 101(2), 385–413.

<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.04.008>

Polanczyk, G., de Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The Worldwide Prevalence of ADHD: A Systematic Review and Metaregression Analysis.

American Journal of Psychiatry, 164(6), 942–948.

<https://doi.org/10.1176/ajp.2007.164.6.942>

Polanczyk, G., & Rohde, L. A. (2007). Epidemiology of attention-deficit/hyperactivity disorder across the lifespan. *Current Opinion in Psychiatry*, 20(4), 386–392.

<https://doi.org/10.1097/YCO.0b013e3281568d7a>

Poon, K. (2018). Hot and Cool Executive Functions in Adolescence: Development and Contributions to Important Developmental Outcomes. *Frontiers in Psychology*, 8, 2311.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02311>

Prencipe, A., Kesek, A., Cohen, J., Lamm, C., Lewis, M. D., & Zelazo, P. D. (2011). Development of hot and cool executive function during the transition to adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 621–637.

<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.09.008>

Qualtrics. (2019). Qualtrics software [software]. Utah: Provo.

R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL

<http://www.R-project.org/>

Raven, J. C., & Court, J. H. (1938). *Raven's progressive matrices*. Western Psychological Services Los Angeles.

Re, A. M., Pedron, M., & Lucangeli, D. (2010). *ADHD e learning disabilities: Metodi e strumenti di intervento*. Angeli.

Reininghaus, U., Böhnke, J. R., Chavez-Baldini, U., Gibbons, R., Ivleva, E., Clementz, B. A., Pearlson, G. D., Keshavan, M. S., Sweeney, J. A., & Tamminga, C. A. (2019). Transdiagnostic dimensions of psychosis in the Bipolar-Schizophrenia Network on Intermediate Phenotypes (B-SNIP). *World Psychiatry*, 18(1), 67–76.

<https://doi.org/10.1002/wps.20607>

Roberts, R. J., Hager, L. D., & Heron, C. (1994). Prefrontal cognitive processes: Working memory and inhibition in the antisaccade task. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 374–393.

<https://doi.org/10.1037/0096-3445.123.4.374>

- Roca, M., Parr, A., Thompson, R., Woolgar, A., Torralva, T., Antoun, N., Manes, F., & Duncan, J. (2010). Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Brain*, *133*(1), 234–247.
<https://doi.org/10.1093/brain/awp269>
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*(2), 207–231.
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.124.2.207>
- Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A Model of the Development of Frontal Lobe Functioning: Findings From a Meta-Analysis. *Applied Neuropsychology*, *12*(4), 190–201.
https://doi.org/10.1207/s15324826an1204_2
- Rubia, K. (2011). “Cool” Inferior Frontostriatal Dysfunction in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Versus “Hot” Ventromedial Orbitofrontal-Limbic Dysfunction in Conduct Disorder: A Review. *Biological Psychiatry*, *69*(12), e69–e87.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.09.023>
- Ruffini, C., Marzocchi, G. M., & Pecini, C. (2021). Preschool Executive Functioning and Child Behavior: Association with Learning Prerequisites? *Children*, *8*(11), 964.
<https://doi.org/10.3390/children8110964>
- Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical Learning by 8-Month-Old Infants. *Science*, *274*(5294), 1926–1928.
<https://doi.org/10.1126/science.274.5294.1926>
- Saffran, J. R., & Kirkham, N. Z. (2018). Infant Statistical Learning. *Annual Review of Psychology*, *69*(1), 181–203.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011805>
- Sakiris, N., & Berle, D. (2019). A systematic review and meta-analysis of the Unified Protocol as a transdiagnostic emotion regulation based intervention. *Clinical Psychology Review*, *72*, 101751.
<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2019.101751>

- Sakreida, K. (2011). Neuropsychologie und neuronale Grundlagen der ADHS. *PiD - Psychotherapie im Dialog*, 12(03), 238–244.
<https://doi.org/10.1055/s-0031-1276884>
- Schachar, R. J., Chen, S., Logan, G. D., Ornstein, T. J., Crosbie, J., Ickowicz, A., & Pakulak, A. (2004). Evidence for an Error Monitoring Deficit in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 32(3), 285–293.
<https://doi.org/10.1023/B:JACP.0000026142.11217.f2>
- Schapiro, A., & Turk-Browne, N. (2015). Statistical Learning. In *Brain Mapping* (pp. 501–506). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00276-1>
- Schmidt, J. R. (2019). Evidence against conflict monitoring and adaptation: An updated review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(3), 753–771.
<https://doi.org/10.3758/s13423-018-1520-z>
- 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/10.1016/S0149-7634\(99\)00060-3](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(99)00060-3)
- Sergeant, J. A., Oosterlaan, J., & van der Meere, J. (1999). Information Processing and Energetic Factors in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. In H. C. Quay & A. E. Hogan (Eds.), *Handbook of Disruptive Behavior Disorders* (pp. 75–104). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4881-2_4
- Sergeant, J. A., & van der Meere, J. (1988). What happens after a hyperactive child commits an error? *Psychiatry Research*, 24(2), 157–164.
[https://doi.org/10.1016/0165-1781\(88\)90058-3](https://doi.org/10.1016/0165-1781(88)90058-3)
- Simon, V., Czobor, P., Bálint, S., Mészáros, Á., & Bitter, I. (2009). Prevalence and correlates of adult attention-deficit hyperactivity disorder: Meta-analysis. *British Journal of Psychiatry*, 194(3), 204–211.
<https://doi.org/10.1192/bjp.bp.107.048827>
- Simonds, J., Kieras, J. E., Rueda, M. R., & Rothbart, M. K. (2007). Effortful control, executive attention, and emotional regulation in 7–10-year-old children. *Cognitive Development*,

22(4), 474–488.

<https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2007.08.009>

Simpson, Andrew., & Riggs, K. J. (2005). Inhibitory and working memory demands of the day-night task in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(3), 471–486.

<https://doi.org/10.1348/026151005X28712>

Siugzdaite, R., Bathelt, J., Holmes, J., & Astle, D. E. (2020). Transdiagnostic Brain Mapping in Developmental Disorders. *Current Biology*, 30(7), 1245-1257.e4.

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.01.078>

Slusarek, M., Velling, S., Bunk, D., & Eggers, C. (2001). Motivational Effects on Inhibitory Control in Children With ADHD. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 40(3), 355–363.

<https://doi.org/10.1097/00004583-200103000-00016>

Somsen, R. J. M. (2007). The development of attention regulation in the Wisconsin Card Sorting Task. *Developmental Science*, 10(5), 664–680.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00613.x>

Sonuga-Barke, E. J. S. (2002). Psychological heterogeneity in AD/HD—a dual pathway model of behaviour and cognition. *Behavioural Brain Research*, 130(1–2), 29–36.

[https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(01\)00432-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(01)00432-6)

Sonuga-Barke, E. J. S. (2005). Causal Models of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: From Common Simple Deficits to Multiple Developmental Pathways. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1231–1238.

<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.09.008>

Sonuga-Barke, E. J. S., & Coghill, D. (2014). Editorial Perspective: Laying the foundations for next generation models of ADHD neuropsychology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(11), 1215–1217.

<https://doi.org/10.1111/jcpp.12341>

Sonuga-Barke, E. J. S., Cortese, S., Fairchild, G., & Stringaris, A. (2016). Annual Research Review: Transdiagnostic neuroscience of child and adolescent mental disorders - differentiating decision making in attention-deficit/hyperactivity disorder, conduct

disorder, depression, and anxiety. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 57(3), 321–349.

<https://doi.org/10.1111/jcpp.12496>

Sonuga-Barke, E. J. S., & Halperin, J. M. (2010). Developmental phenotypes and causal pathways in attention deficit/hyperactivity disorder: Potential targets for early intervention?: Developmental phenotypes and causal pathways in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(4), 368–389.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02195.x>

Sonuga-Barke, E. J. S., Taylor, E., Sembi, S., & Smith, J. (1992). Hyperactivity and Delay Aversion?I. The Effect of Delay on Choice. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33(2), 387–398.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1992.tb00874.x>

Spinelli, S., Joel, S., Nelson, T. E., Vasa, R. A., Pekar, J. J., & Mostofsky, S. H. (2011). Different Neural Patterns Are Associated With Trials Preceding Inhibitory Errors in Children With and Without Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 50(7), 705–715.e3.

<https://doi.org/10.1016/j.jaac.2011.03.014>

Stein, M. A. (2008). Impairment Associated with Adult ADHD. *CNS Spectrums*, 13(S12), 9–11.

<https://doi.org/10.1017/S1092852900003187>

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662.

<https://doi.org/10.1037/h0054651>

Surrey, C., Kretschmer-Trendowicz, A., Altgassen, M., & Fischer, R. (2019). Contextual recruitment of cognitive control in preadolescent children and young adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 183, 189–207.

<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.02.002>

Szatmari, P., Offord, D. R., & Boyle, M. H. (1989). Correlates, Associated Impairments and Patterns of Service Utilization of Children with Attention Deficit Disorder: Findings from the Ontario Child Health Study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30(2), 205–

217.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1989.tb00235.x>

Tambelli, R. (2017). *Manuale di psicopatologia dell'Infanzia*. Il mulino.

Thatcher, R. W. (1992). Cyclic cortical reorganization during early childhood. *Brain and Cognition*, 20(1), 24–50.

[https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90060-Y](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90060-Y)

Titov, N., Dear, B. F., Schwencke, G., Andrews, G., Johnston, L., Craske, M. G., & McEvoy, P. (2011). Transdiagnostic internet treatment for anxiety and depression: A randomised controlled trial. *Behaviour Research and Therapy*, 49(8), 441–452.

<https://doi.org/10.1016/j.brat.2011.03.007>

Traverso, L., Viterbori, P., Malagoli, C., & Usai, M. C. (2020). Distinct inhibition dimensions differentially account for working memory performance in 5-year-old children. *Cognitive Development*, 55, 100909.

<https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100909>

Urgesi, C., Campanella, F., & Fabbro, F. (2011). NEPSY-2: contributo alla taratura italiana. Firenze: Giunti.

Usai, M. C., Viterbori, P., Traverso, L., & De Franchis, V. (2014). Latent structure of executive function in five- and six-year-old children: A longitudinal study. *European Journal of Developmental Psychology*, 11(4), 447–462.

<https://doi.org/10.1080/17405629.2013.840578>

Van Der Meere, J. (1996). The role of inattention in hyperactivity disorders. In: Sandberg S, editor. *Monographs on child and adolescent psychiatry: hyperactivity disorders*. Cambridge: Cambridge University Press;

Van der Meere, J. (2005). State regulation and attention-deficit hyperactivity disorder. In D. M. Gozal (Ed.), *Attention deficit hyperactivity disorder: From genes to patients* (pp. 413–433). Totowa, NJ: Human Press Inc.

Van Der Meere, J., Gunning, B., & Stemerding, N. (1999). The Effect of Methylphenidate and Clonidine on Response Inhibition and State Regulation in Children with ADHD. *Journal*

of Child Psychology and Psychiatry, 40(2), 291–298.

<https://doi.org/10.1111/1469-7610.00443>

van Meel, C. S., Heslenfeld, D. J., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2007). Adaptive control deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): The role of error processing. *Psychiatry Research*, 151(3), 211–220.

<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2006.05.011>

Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2008). Automatic and controlled response inhibition: Associative learning in the go/no-go and stop-signal paradigms. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137(4), 649–672.

<https://doi.org/10.1037/a0013170>

Vicari, S., & Caselli, M.C. (2017). *Neuropsicologia dell'età evolutiva. Prospettive teoriche e cliniche*. Bologna: Il Mulino.

Wechsler, D. (2003). *WISC-IV technical and interpretive manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation

Wiersema, J. R., van der Meere, J. J., & Roeyers, H. (2007). Developmental changes in error monitoring: An event-related potential study. *Neuropsychologia*, 45(8), 1649–1657.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.01.004>

Wilk, H. A., & Morton, J. B. (2012). Developmental changes in patterns of brain activity associated with moment-to-moment adjustments in control. *NeuroImage*, 63(1), 475–484.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.06.069>

Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the Executive Function Theory of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1336–1346.

<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.006>

Willemsen, R., Falkenstein, M., Schwarz, M., Müller, T., & Beste, C. (2011). Effects of aging, Parkinson's disease, and dopaminergic medication on response selection and control. *Neurobiology of Aging*, 32(2), 327–335.

<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2009.02.002>

- Wu, K. K., Chan, S. K., Leung, P. W. L., Liu, W.-S., Leung, F. L. T., & Ng, R. (2011). Components and Developmental Differences of Executive Functioning for School-Aged Children. *Developmental Neuropsychology*, 36(3), 319–337.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2010.549979>
- Yntema, D. B. (1963). Keeping Track of Several Things at Once. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 5(1), 7–17.
<https://doi.org/10.1177/001872086300500102>
- Zelazo, P. D. (2020). Executive Function and Psychopathology: A Neurodevelopmental Perspective. *Annual Review of Clinical Psychology*, 16(1), 431–454.
<https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-072319-024242>
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and Cool Executive Function in Childhood and Adolescence: Development and Plasticity. *Child Development Perspectives*, n/a-n/a.
<https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x>
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive Function in Typical and Atypical Development. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (pp. 445–469). Blackwell Publishers Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9780470996652.ch20>

SITOGRAFIA

World Health Organization. (2019). ICD-11: International classification of diseases (11th revision). Retrieved from <https://icd.who.int>

RINGRAZIAMENTI

Vorrei dedicare questo spazio finale della mia tesi di laurea ai ringraziamenti verso tutte le persone che mi hanno supportato nel mio percorso di crescita universitaria e professionale.

Vorrei ringraziare di cuore il Professor Giovanni Mento, referente del progetto di ricerca CALM, per avermi accolta nel suo team, riponendo fiducia nelle mie capacità, e per aver condotto questo progetto con la massima professionalità.

Un doveroso ringraziamento anche alla Dottoressa Lisa Toffoli che, con assoluta cura e dedizione, mi ha seguita lungo tutto il percorso di raccolta dati e di stesura della presente tesi.

Inoltre, vorrei ringraziare tutti i bambini e le famiglie che hanno preso parte e creduto nella ricerca, consentendo la realizzazione di tale progetto.

Un ringraziamento speciale va all' IRCCS "E. Medea – La Nostra Famiglia" di Treviso che mi ha consentito di svolgere la ricerca nel migliore dei modi e che mi ha accolto per quattro mesi come una vera e propria famiglia. In particolare, ci tengo a ringraziare la Dott.ssa Chiara De Candia, la Dott.ssa Monica Conz e la Dott.ssa Viviana Schiavon, che mi hanno seguita passo per passo e dalle quali ho avuto modo di imparare tantissime cose.