



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

**Traiettorie evolutive del controllo cognitivo adattivo nello
sviluppo tipico**

Developmental trajectories of adaptive cognitive control in typical development

Relatore

Prof. Mento Giovanni

Correlatrice esterna

Dott.ssa Toffoli Lisa

***Laureanda:* Manca Giulia**

***Matricola:* 2015077**

Anno Accademico 2021/2022

Sommario

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA	1
PREFAZIONE.....	4
1. IL CONTROLLO COGNITIVO	5
<i>1.1 Introduzione al controllo cognitivo.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2 La regolazione cognitiva ed emotiva</i>	<i>7</i>
<i>1.3 Controllo cognitivo proattivo e reattivo</i>	<i>9</i>
1.3.1 Basi neurali controllo proattivo e reattivo	13
1.3.2 Controllo proattivo e reattivo nella regolazione emotiva	13
<i>1.4 Come si misura il controllo cognitivo</i>	<i>14</i>
1.4.1 Working Memory	14
1.4.2 Controllo inibitorio	15
1.4.3 Flessibilità Cognitiva	16
1.5 Il controllo cognitivo adattivo	18
2. SVILUPPO DEL CONTROLLO COGNITIVO	21
<i>2.1 Traiettorie evolutive del controllo cognitivo</i>	<i>21</i>
2.1.1 La memoria di lavoro	23
2.1.2 Il controllo inibitorio.....	24
2.1.3 La flessibilità cognitiva	26
3. LA RICERCA.....	28
3.1 Obiettivi	28
3.2 Partecipanti.....	28
3.3 Metodo	29
3.3.1 Procedura	29
3.3.2 Materiali	30
3.3.3 I Questionari.....	30
3.3.4 Task Switch.....	31
3.3.4.1 Struttura del trial	32
3.5 Analisi dei dati	35
4. RISULTATI.....	38
4.1 H1: adeguatezza e sensibilità del compito TS.....	38
4.1.1 H1a: Accuratezza e Tempi di reazione.....	38

4.1.2 H1b e H1c Effetto del Trial ed Effetto del blocco	39
4.2 H2: efficacia della manipolazione adattiva	43
4.3 H3: traiettorie evolutive della flessibilità cognitiva	44
4.3.1 H3a: Effetto Switch Cost Globale	44
4.3.2 H3b: delta Switch Cost Adaptive.....	46
4.4 Questionari.....	47
5. DISCUSSIONE.....	52
BIBLIOGRAFIA.....	57
APPENDICI.....	64

PREFAZIONE

Il presente elaborato nasce dal progetto di ricerca intitolato “*Attenzione e Concentrazione a scuola: traiettorie evolutive e differenze individuali*”, il cui scopo è quello di studiare le traiettorie evolutive del controllo cognitivo adattivo. I partecipanti (N=20, 4-9 anni) hanno svolto una versione modificata del compito Task Switch (TS), in cui si è adottata una manipolazione *block-wise* della proporzione dei trial di ripetizione e di cambio al fine di verificare la capacità dei bambini di ottimizzare la prestazione comportamentale in base alle caratteristiche implicite del compito. I seguenti blocchi sperimentali sono stati somministrati: due blocchi singoli (solo trial di ripetizione) e uno misto (trial di ripetizione e switch); quest’ultimo era suddiviso in blocco non predittivo (ripetizione-switch 50:50) e predittivo (ripetizione-switch 75:50). In linea con la letteratura ci si attende tempi di reazione più lenti nei trial di switch dal momento che sono associati ad un maggior costo cognitivo legato al dover utilizzare una regola diversa da quella precedentemente attivata. Questa differenza tra i tipi di trial si riflette in un indice Switch Cost (tempi di reazione dei trial incongruenti – tempi di reazione dei trial congruenti) positivo. Nella presente ricerca è stato nello specifico indagata la traiettoria evolutiva della flessibilità cognitiva (Switch Cost) e della flessibilità cognitiva adattiva (Switch Cost blocco predittivo – Switch Cost blocco non predittivo = Delta Switch Cost Adaptive). L’analisi dello Switch Cost nelle due fasi di valutazione ha mostrato un effetto combinato del tempo e della scolarità. Confrontando i due gruppi è emersa una differenza significativa nel gruppo della scuola materna che mostra al tempo t1 una forte diminuzione dell’effetto, forse legato ad una minor interferenza ai trial di switch e quindi una migliore flessibilità rispetto ai bambini delle elementari. La distribuzione dei dati Delta Switch Cost Adaptive non è spiegata da nessun effetto in particolare. Solo nella classe materna il delta è risultato positivo, e si può parlare di adattamento nonostante nel tempo t1 il dato si sia lievemente ridotto, al contrario nelle classi elementari il delta ha subito un lieve aumento. Si ipotizza che la facilità del compito e la frequente presentazione di trial di ripetizione nel blocco predittivo abbia permesso di rispondere con maggiore velocità alle prove di switch considerato una “novità” e rendendo il compito poco sensibile per i bambini delle elementari. Le conclusioni del presente studio sono quindi da considerare solo per il gruppo della scuola materna.

1. IL CONTROLLO COGNITIVO

1.1 Introduzione al controllo cognitivo

Nelle situazioni di vita quotidiana, l'ambiente ci obbliga a essere sempre pronti a dover intervenire, agire e coordinare i gesti di quell'esatto momento, senza lasciarsi sopraffare da ciò che ci viene richiesto, modificando l'azione che stavamo svolgendo ormai in automatico, e cercando di rispondere nel modo più adeguato possibile per raggiungere lo scopo che ci siamo prefissati. Per permettere ciò, è indispensabile coinvolgere quello che chiamiamo controllo cognitivo. Esso viene definito come *l'insieme dei processi di controllo top-down che vengono utilizzati nel momento in cui le risposte istintive o automatizzate sono sconsigliate* (Diamond, 2013). È pensato perciò come un processo in antitesi a quelli automatici ed è caratterizzato da una maggiore lentezza nella sua messa in atto, facilità con cui può subire un'interferenza esterna e dalla notevole richiesta di risorse da parte dell'individuo. All'interno di questo elaborato verrà utilizzato il termine controllo cognitivo come sinonimo di funzioni esecutive, seguendo gli studi di Diamond.

Lo studio di questo costrutto fonda le sue radici nella neuropsicologia, in particolare nelle ricerche che coinvolgono i pazienti con lobo frontale danneggiato. I modelli teorici considerati i primi approcci allo studio del controllo cognitivo, sono quelli di Baddeley (1986) e di Norman e Shallice (1988) riferiti allo studio del controllo dell'attenzione. Essi hanno postulato l'esistenza di alcuni processi molto simili a quelli che ora noi generalmente definiamo con il termine "controllo cognitivo" (Diamond, 2013), ma a differenza dei modelli più recenti ne concepivano una natura unitaria e non multicomponentiale. La maggioranza della comunità scientifica oggi, infatti, condivide l'assunto teorico secondo cui il controllo cognitivo è formato da componenti tra loro solo parzialmente indipendenti. Questo modello teorico è conosciuto come modello integrato (Miyake et al., 2000) e individua tre componenti centrali del controllo cognitivo sottese dal meccanismo dell'attenzione: l'inibizione, la memoria di lavoro (*working memory*) e la flessibilità cognitiva (*shifting*). Queste tre componenti fungono da pilastri base di più alte capacità cognitive come il ragionamento, la pianificazione e il *problem solving*. Attraverso lo *shifting*, l'individuo è in grado di spostarsi tra i diversi compiti, regole, priorità o richieste ambientali (Miyake et al., 2000). Questo è supportato dal continuo aggiornamento di regole all'interno della *working memory*, che consente al soggetto di mantenere attive quelle che sono le regole fondamentali, di poterle manipolare volontariamente e di non considerare

quelle non necessarie. L'inibizione, infine, supporta la capacità di impedire la messa in atto di una risposta automatica, dominante, bloccando uno specifico comportamento e impedendo l'aggancio del focus attentivo su un'attività o una regola momentaneamente irrilevante, per proseguire con quella attuale. Il costrutto del controllo cognitivo viene interpretato in termini generali, anche se esso può essere giudicato secondo due prospettive differenti in base al coinvolgimento o meno di aspetti emotivo-motivazionali, come anche nel caso della presenza di una ricompensa, si parla perciò di aspetti di controllo Hot e Cool. Il controllo cognitivo è considerato hot in contesti caratterizzati da attivazione emotiva e incentivi motivazionali, e cool, nel caso invece di un contesto che non coinvolge tali aspetti. Gran parte della ricerca ad oggi, si è particolarmente dedicata allo studio del controllo cognitivo cool, permettendo di ottenere preziose informazioni; tuttavia, solo recentemente si è iniziato a studiare il ruolo della componente di controllo cognitivo hot. In particolare, lo scopo è quello di indagare come le emozioni, la motivazione interna/esterna e le ricompense possano modificare la performance nei singoli *task* riferiti alle tre componenti del controllo cognitivo. Risultati preliminari suggeriscono che le emozioni positive facilitino la flessibilità cognitiva, ma rendano difficile l'inibizione e come, l'aspettativa di una ricompensa migliori sia la componente di memoria di lavoro che quella dell'inibizione (Jin et al., 2020).

Nella complessità e moltitudine dei comportamenti dell'essere umano, i gesti automatici e semplici sono vantaggiosi nel momento in cui ci si trova all'interno di situazioni abituali e alle quali si può rispondere in maniera rapida e meccanicistica. Il problema si riscontra nel momento in cui, queste azioni, nate da stimolazioni bottom-up, non forniscono più una soluzione corretta e appropriata al contesto. Ecco che, a questo livello, entrano in gioco i processi top-down, ovvero quei processi che permettono di modificare il proprio comportamento volontariamente attraverso la guida di stati interni o intenzioni e che definiamo controllo cognitivo. Il contesto ambientale infatti è ricco di informazioni, ma le nostre risorse attentive sono limitate e per poter garantire un'azione diretta ad uno scopo, bisogna selezionare le informazioni più utili. Il processamento delle informazioni nel cervello umano avviene mediante un processo "competitivo", per cui la fonte di informazione più saliente prevale sulle altre e permette di generare una risposta (Miller & Cohen, 2001). Tuttavia, in alcuni momenti, per poter selezionare la risposta più adeguata è necessario risolvere le interferenze cognitive che informazioni contrastanti, ma egualmente rilevanti possono generare, ad esempio durante la visione degli stimoli ambigui o di risposte multiple. In queste circostanze, a livello neurofisiologico il ruolo centrale è occupato dal lavoro corteccia prefrontale (PFC) che permette

di esercitare un controllo top-down sulle informazioni a cui siamo esposti (Miller & Cohen, 2001). Al fine di attivare l'implementazione del comportamento corretto, la PFC attiva una specifica rappresentazione interna dell'azione comportamentale appropriata alla richiesta ambientale sulla base dei cue presenti nell'ambiente in cui si agisce. Il comportamento che viene scelto è stato precedentemente rinforzato grazie al successo che si è ottenuto mettendolo in atto nel passato e attraverso ciò, si permette di rinforzare anche le connessioni tra i neuroni della stessa PFC. Questa rappresentazione delle regole dei *task* o delle intenzioni interne e l'associata attivazione neurale, devono essere mantenute attive il tempo necessario per raggiungere l'obiettivo prefissato, e contemporaneamente, l'individuo deve far fronte alle interferenze che si possono presentare. Normalmente il controllo cognitivo deve essere il più dinamico e flessibile possibile, in modo da rispondere in maniera appropriata e rapida (Miller & Cohen, 2001). Questo processo è facilitato dalla presenza di numerose rappresentazioni già apprese, che ci consentono in tal caso di passare dall'una all'altra in maniera flessibile, con un basso costo di risorse, cosa che invece non accadrebbe se questi pattern di risposta dovessero essere ancora elaborati. Si considera nel prossimo paragrafo, cosa è necessario per generare un comportamento diretto ad uno scopo insieme all'attivazione della corteccia prefrontale.

1.2 La regolazione cognitiva ed emotiva

Si immagini di porsi come obiettivo quello di perdere peso e di fare attività fisica prima di andare al lavoro. Per fare ciò le tre componenti del controllo cognitivo devono collaborare, sostenute anche dall'attenzione che permette lo sviluppo dello scopo che ci siamo prefissati, consentendo di incanalare le risorse a disposizione. Bisogna mantenere nella memoria di lavoro il nostro obiettivo, inibire la pigrizia o le tentazioni e dobbiamo essere flessibili nel momento in cui gli imprevisti della giornata ci impediscono di andare a correre, magari posticipando il nostro buon proposito. Si può riassumere che il controllo cognitivo collaborando insieme al processo attenzionale ci permette di modificare il comportamento a seconda delle necessità. La pianificazione del comportamento, come anche la capacità di mettere in atto le azioni stesse e di monitorarle durante il loro svolgimento, è permesso dalla gestione ottimale delle componenti del controllo cognitivo e attentive grazie all'operato e alla supervisione del *self-regulation* o autoregolazione. Questo costrutto non riguarda solo la regolazione del comportamento, ma anche quello dei pensieri e delle emozioni; quindi, ci consente di decidere quale scopo attivare e come fare per perseguirlo. La regolazione cognitiva può essere definita come una forma di

autoregolazione che tenta di risolvere i conflitti tra diversi tipi di obiettivi tra loro in competizione, inibendo gli impulsi, i pensieri, le emozioni e i comportamenti momentaneamente indesiderati (Inzlicht et al., 2020). Nel nostro esempio, la regolazione cognitiva ci permette di scegliere come opzione la preferenza di mangiare dei pasti salutar piuttosto che del cibo ricco di calorie. Parallelamente, esiste anche un meccanismo che permette di automonitorare le emozioni, definito generalmente “regolazione emotiva”. Tuttavia, mentre alcune ricerche si sono concentrate su come le emozioni regolino e influenzano i differenti processi psicologici, e altre hanno preferito focalizzarsi sulle differenze individuali nella regolazione delle emozioni stesse. Quindi oltre ad utilizzare lo stesso termine per definire dei fenomeni differenziabili, le ricerche hanno impiegato metodi che non hanno permesso di distinguere tra l’emozione in sé e la sua regolazione (Cole et al., 2004). Un ruolo importante nella regolazione emozionale è attribuito all’ *Effortful control*, definito in termini di efficiente esecuzione del controllo cognitivo e considerato parte del temperamento individuale. (Eisenberg et al., 2010). Gli autori propongono di differenziare la regolazione emotiva esterna al sé, da quella che coinvolge dei processi più interni. Infatti, nello sviluppo della regolazione emotiva e dell’*effortful control* i primi anni di vita sono fondamentali, in quanto si assiste ad uno spostamento graduale da una forma di etero-regolazione (caregivers) ad una fonte di autoregolazione mediante strategie per la gestione della frustrazione, quali ad esempio il riorientamento dell’attenzione o la suzione del pollice. È importante sottolineare che oltre agli aspetti temperamentali e alle influenze biologiche, la regolazione emotiva è influenzata anche dall’ambiente stesso, che può modificarne le traiettorie di sviluppo. Sono tre i fattori ambientali più rilevanti e che influenzano questo processo: la reazione che gli stati emotivi del bambino suscitano in chi lo circonda, le modalità di espressione emotiva caratterizzanti il nucleo familiare e le esperienze di condivisione e discussione circa il significato delle emozioni stesse (Eisenberg et al., 2010). Tuttavia, gli studi ad oggi non consentono una chiara differenziazione tra la regolazione emotiva reattiva e proattiva in relazione a stimoli e situazioni. Le strategie di regolazione emotiva collaborano in ogni caso con molti processi di controllo cognitivo, ad esempio nella tecnica del reappraisal, una delle tecniche che è possibile utilizzare giornalmente dagli individui adulti, partendo da una prima interpretazione iniziale di una situazione, si va a modificare l’emozione negativa nata da essa attraverso una riconsiderazione più adatta dell’evento (McRae, 2020). La strategia è associata ad un aumento degli effetti positivi, riducendo le emozioni negative, tuttavia sembra essere la strategia meno utilizzata se comparata con la messa in atto di strategie come la ruminazione, la soppressione emotiva, la distrazione e

la condivisione sociale (Brockman et al., 2017). Il successo di questa strategia è correlato al lavoro delle tre componenti del controllo cognitivo individuate da Miyake (Miyake et al., 2000).

1.3 Controllo cognitivo proattivo e reattivo

Finora si è esternato come le componenti del controllo, intervengono e collaborano tra loro nel determinare i nostri comportamenti, pensieri e emozioni. Una domanda, quindi, sorge piuttosto spontanea: cosa differenzia i diversi individui nella scelta, nella pianificazione e nel monitoraggio di azioni dirette ad uno scopo? Per rispondere a tale quesito è necessario comprendere come si applica il controllo cognitivo alla vita di tutti i giorni. Il modello teorico *Dual mechanisms of control* (Braver, 2012) propone due possibili modalità con cui il controllo cognitivo si attiva per determinare il comportamento diretto ad uno scopo: una modalità proattiva e una reattiva. Nel primo caso, il controllo cognitivo mantiene le informazioni in memoria di lavoro in maniera sostenuta e permette al soggetto di essere preparato all'azione che si andrà a svolgere, attraverso l'attivazione delle informazioni rilevanti. Questo meccanismo dipende dall'anticipazione e prevenzione dell'interferenza e sfrutta le informazioni ambientali, estraendo da esse la probabilità che possano verificarsi, generando quindi un'aspettativa circa la manifestazione della richiesta, determinando perciò una maggiore prontezza e preparazione cognitiva nel risolvere le situazioni di interferenza. Dalla messa in luce delle caratteristiche di questo tipo di meccanismo di controllo, si può dedurre come esso racchiuda a pieno una supervisione *top-down* del comportamento (Mäki-Marttunen et al., 2019). Nel secondo caso, il controllo cognitivo viene elicitato nel momento stesso in cui l'interferenza si presenta, determinando un'attivazione transitoria dell'attenzione che consente di modificare il comportamento in risposta al conflitto. Viene considerato pertanto, un meccanismo di correzione tardiva e *bottom up*, che fa affidamento sulla risoluzione dell'interferenza nell'istante in cui è presente (Mäki-Marttunen et al., 2019). La suddivisione tra meccanismo di elaborazione *top-down* e *bottom-up* riguarda il processamento delle informazioni. In particolare, nel meccanismo *bottom-up*, l'elaborazione è guidata dallo stimolo stesso e di conseguenza, l'attenzione è momentanea. Al contrario il meccanismo *top-down*, prevede l'elaborazione di aspetti a cui volutamente si presta attenzione o che ci si aspetta che compaiano, garantendo una forma di attenzione sostenuta nel tempo, proprio come nel controllo proattivo (Andersson et al., 2008). Spesso i due meccanismi sono stati considerati come due poli di un continuum; quindi, l'uso di una strategia ridurrebbe l'uso della seconda, dimostrando

una forte dipendenza tra le due. In realtà alcuni studi hanno messo in dubbio questa visione, proponendo l'ipotesi che i due processi possano essere tra loro indipendenti e che quindi l'attivazione di uno di essi potrebbe non inibire l'ingaggio del secondo, consentendo eventualmente anche un loro operato simultaneo (Mäki-Marttunen et al., 2019). L' *AX continuous performance task* è stato ampiamente utilizzato per studiare singolarmente questi due (MacDonald, 2007; Rosvold et al., 1956). Esso è considerato una forma di *delayed response task* che richiede di mantenere in memoria e aggiornare contemporaneamente le informazioni del contesto. Nello specifico, si chiede ai partecipanti di rispondere premendo uno specifico tasto quando si vede il target "X" preceduto dal cue valido "A" (condizione AX) e di rispondere premendo un tasto diverso quando esso non è preceduto da "A" ma da un cue invalido (condizione BX). La condizione corretta AX, nelle prove è la più frequente e compare il 70% delle volte creando un'associazione stimolo-risposta in cui il cue A predice quasi sempre la comparsa del target X e consente quindi l'implementazione di controllo proattivo. Le restanti condizioni sono meno frequenti (10% ciascuna) e prevedono che il cue valido sia seguito da un target invalido (condizione AY), che il cue invalido sia seguito dal target valido (condizione BX) oppure che il cue invalido sia seguito da target invalido (condizione BY). Quando il target è invalido il soggetto non deve rispondere. Nella condizione AY, il cue valido "A" essendo quasi sempre associato alla comparsa del target valido, dovrebbe consentire una preparazione proattiva alla risposta. Quindi nel caso di un target invalido ("Y"), si risponde in maniera più lenta o si presenta un falso allarme (il soggetto risponde anche se il target è invalido. Al contrario, nella condizione BX, il soggetto non può preparare la risposta in base al cue e quindi adotterà una strategia reattiva alla comparsa del target valido "X" esitando di conseguenza in risposte più lente e inaccurate (Truong & Yang, 2015). Questi studi però non hanno indagato il legame tra i due meccanismi. Mäki-Marttunen e colleghi (2019) hanno dunque proposto una versione modificata del task appena descritto, in cui si andava a manipolare la presenza o meno di una ricompensa a seguito di una risposta rapida e corretta alla condizione valida "AX", promuovendo in tal modo il controllo proattivo, inoltre è stata manipolata la quantità di carico cognitivo nel trial stesso, fornendo da uno a tre cue diversi (non solo "A" ma anche "D" e "N") rendendo così il cue in alcuni casi valido ma non anche predittivo (ingaggio controllo reattivo). Lo scopo era quello di sondare l'ipotesi dell'indipendenza tra le due strategie di controllo e la possibilità che possano essere coinvolte entrambe in alcune situazioni. I risultati emersi vanno a sostegno di questa ipotesi, in quanto l'effetto combinato del controllo proattivo e reattivo, si manifestava anche a livello dei dati comportamentali (minor accuratezza e maggiori tempi di reazione) (Mäki-Marttunen et al., 2019). Altri studi hanno proposto invece ai partecipanti il

recent probe task per indagare il DMC model all'interno della working memory verbale. In questo compito i partecipanti sono esposti ad un set di stimoli da memorizzare, dopo un intervallo di tempo compare sullo schermo un singolo item. I soggetti devono poi indicare se quello stimolo fa parte o meno del set di target proposto nella fase di memorizzazione. Una piccola percentuale delle prove proponeva però nella fase di testing, un item che faceva parte del set da memorizzare della prova precedente. In questa situazione di negative trials, proposta solo sporadicamente, si genererebbe un'interferenza che induce l'uso di una strategia di tipo reattiva. La strategia proattiva al contrario, si manifesterebbe alla proposta di un'alta probabilità di negative trials in una sessione sperimentale. (Burgess & Braver, 2010; Irlbacher et al., 2014).

Dopo aver presentato il modello DMC, è possibile rispondere alla domanda posta ad inizio paragrafo: cosa differenzia i diversi individui nell'uso del controllo cognitivo? Per cogliere l'essenza della variabilità intraindividuale, interindividuale e tra gruppi circa il funzionamento del controllo cognitivo, Braver individua dei fattori interni ed esterni che possono determinare differenze a questi vari livelli. In particolare a livello intra-individuale la scelta preferenziale di un tipo di strategia proattiva oppure reattiva sembra influenzata da cambiamenti situazionali, ad esempio nell'alterazione dell'aspettativa, mentre a livello inter-individuale, la scelta è spiegata da fattori individuali come lo span della working memory, dalle caratteristiche stabili della personalità e dall'intelligenza fluida (Braver, 2012). In linea con queste evidenze, alcune ricerche, hanno dimostrato che l'aspettativa dell'interferenza e le misure di intelligenza fluida influenzano la scelta di utilizzare un controllo cognitivo di tipo proattivo o reattivo. Ad esempio, manipolando l'aspettativa dei partecipanti variando la frequenza di situazioni di interferenza, si osserva che quando la frequenza associata all'interferenza è bassa viene elicitato un controllo di tipo reattivo, più efficiente e rapido rispetto al proattivo, che invece viene impiegato come strategia preferenziale quando le interferenze da risolvere sono frequenti (Burgess & Braver, 2010). Infine, è stato dimostrato che i soggetti che hanno un alto livello di intelligenza fluida mostrano un maggior controllo dell'interferenza; con una conseguente minore tendenza a commettere errori nei trial negativi del *recent probe task* (Burgess & Braver, 2010).

A volte la semplicità dei modelli teorici non riesce a spiegare la complessità del comportamento umano e per questo il DMC model, nonostante la sua complessità rappresenta una soluzione più adatta per spiegare il processamento di informazioni in un ampio ventaglio di situazioni. Il vantaggio di un controllo di tipo proattivo è che le risorse cognitive vengono ingaggiate in anticipo, consentendo un'ottimizzazione del comportamento nel raggiungimento di uno scopo. Tuttavia, ciò comporta un consumo rilevante di risorse attentive che esita in un indebolimento

del focus attentivo e un sovra-utilizzo di spazio in memoria di lavoro. Questo genera un set mentale meno predisposto a rispondere a informazioni rilevanti inaspettate che provengono da fonti ambientali (Braver, 2012). Un controllo cognitivo di tipo reattivo è efficiente e rapido, ma al contempo necessita di una continua riattivazione dello scopo prefissato per poterlo mantenere in memoria. Inoltre, essendo stimolo- dipendente, è vulnerabile al riorientamento dell'attenzione verso stimoli non inerenti all'obiettivo stesso (Braver, 2012). Un adattamento ottimale alle richieste interne ed esterne sembra dunque dipendere dall'uso sinergico e flessibile di entrambi i tipi di controllo, reattivo e proattivo. I soggetti in età evolutiva mostrano tuttavia una minor flessibilità nella scelta della strategia di controllo cognitivo più ottimale. Infatti, fino all'età di 8 anni i bambini tendono a reagire sempre in maniera reattiva alle situazioni, anche a quelle in cui un controllo proattivo garantirebbe maggior vantaggio in termini di prestazione (Chevalier et al., 2015). Secondo l'ipotesi avanzata da Chevalier, i bambini oltre ad avere una limitata capacità di risorse cognitive utilizzabili, sono già in grado di implementare forme di controllo proattivo; ciononostante, essi possiedono soglie più alte di attivazione rispetto agli adulti e di conseguenza sono meno propensi ad adottare spontaneamente strategie di controllo proattivo (Chevalier et al., 2015). Niebaum et al. (2021) ha indagato se bambini con un'età inferiore agli 8 anni riescono a ingaggiare forme di controllo proattivo se queste risultano particolarmente vantaggiose. Bambini di 5 e 10 anni e un gruppo di adulti hanno svolto un *demand selection* task, in cui potevano scegliere tra un compito che ingaggiava il controllo proattivo e un compito che permetteva il solo utilizzo di controllo cognitivo reattivo. I risultati suggeriscono che all'aumentare dell'età aumenta non solo la capacità di ingaggiare con successo forme di controllo proattivo, ma anche la preferenza per questa tipo di strategie. A differenza degli adulti che hanno preferito il compito proattivo, riportando consapevolezza rispetto al maggiore carico cognitivo insito nel compito reattivo, bambini di 5 anni non hanno colto in modo consapevole la diversità tra i due compiti e hanno ritenuto più facile il compito che coinvolgeva l'utilizzo di controllo cognitivo reattivo e lo sceglievano più spesso. Tuttavia, quando il compito che richiedeva controllo cognitivo di tipo reattivo veniva reso più difficile (ad esempio rimuovendo la regola di ordinamento prima della comparsa del target), anche i bambini utilizzavano spontaneamente un controllo cognitivo proattivo, suggerendo che già a 5 anni i bambini sono in grado di ingaggiare forme di controllo proattivo, quando queste risultano più vantaggiose. I bambini di 10 anni hanno ottenuto un risultato intermedio tra i due gruppi: se da un lato erano consapevoli delle differenze insite nei due compiti, dall'altro li hanno comunque scelti in maniera casuale senza riferire quindi una preferenza (Niebaum et al., 2021).

Possiamo perciò concludere che la fascia d'età tra i 5 e i 10 anni risulti sensibile per il passaggio dall'utilizzo di una forma di controllo reattivo a proattivo.

1.3.1 Basi neurali controllo proattivo e reattivo

È comune l'idea che i due tipi di controllo cognitivo siano supportati da processi di analisi di informazione differenti, in particolare, il controllo proattivo emergerebbe da un processo di tipo top-down e quello reattivo da uno di tipo bottom-up. Da queste conoscenze di partenza si è quindi presupposto che, anche a livello neurale, i due meccanismi attivassero regioni diverse, ma in realtà la letteratura ci mostra come la differenza tra i due meccanismi, non si trovi più di tanto a questo livello, ma sul piano della temporalità. Il controllo proattivo sembra essere ingaggiato relativamente presto rispetto al controllo di tipo reattivo, che, viene impiegato più tardivamente (Mäki-Marttunen et al., 2019). A livello neurale invece l'area comune di attivazione risulta essere la corteccia prefrontale, ma il controllo cognitivo reattivo sembra attivare maggiormente la corteccia prefrontale dorsolaterale sinistra (corrispondente all'area di Brodmann) mentre, il controllo cognitivo proattivo correla con il funzionamento della corteccia prefrontale laterale e altre aree circostanti tra cui il precuneo, parte della corteccia prefrontale dorsolaterale, in particolare il giro frontale inferiore, e il lobo parietale inferiore sinistro (Irlbacher et al., 2014).

1.3.2 Controllo proattivo e reattivo nella regolazione emotiva

Uno studio recente di Martins-Klein e colleghi (2020) ha cercato di applicare il DMC model alla regolazione emotiva. Il legame tra il meccanismo di regolazione cognitiva ed emotiva è stato ampiamente studiato e dimostrato, l'ipotesi di fondo è che i meccanismi che riscontrano nella regolazione cognitiva si possano riscontrare anche a livello della regolazione emotiva. Sembrano esistere infatti differenze temporali tra il momento in cui una situazione genera un'emozione, e il momento in cui si adottano delle strategie di regolazione della stessa. Nello specifico una strategia può essere adottata in anticipo rispetto alla generazione dell'emozione, la quale viene prevista sulla base delle regolarità statistiche del contesto che consentono di adottare strategie per il controllo della situazione come: il reindirizzamento dell'attenzione, la distrazione o l'evitamento dell'emozione imminente. Al contrario, altre strategie possono

essere adottate in risposta all'insorgere dell'emozione, come ad esempio nel caso della soppressione emozionale. Si può concludere quindi che, essendo il compito della regolazione emotiva quello di valutare e modificare gli outcome emotivi, similmente al controllo cognitivo, essa può essere ingaggiata in tempi precoci o tardivi rispetto alla comparsa dello stimolo emotivo (Martins-Klein et al., 2020.).

Al seguito della descrizione e discussione delle due principali forme di controllo cognitivo, della loro modalità di intervento nei compiti e del modo in cui avviene la scelta tra i due, consideriamo lo studio dei task che vengono adottati per misurare le diverse componenti delle funzioni esecutive.

1.4 Come si misura il controllo cognitivo

Essendo le funzioni esecutive un costrutto multi-componenziale, per studiarlo è necessario indagarne componenti, quali: working memory, inibizione e flessibilità cognitiva. Verranno di seguito introdotte queste componenti del controllo cognitivo con una panoramica dei relativi principali compiti di valutazione.

1.4.1 Working Memory

Il concetto di working memory nasce dagli studi di Baddeley, con la ridefinizione del termine di memoria a breve termine come un sistema che permette l'immagazzinamento temporaneo di un'informazione e la contemporanea manipolazione della stessa. Nel modello teorico elaborato da Baddeley sono previste tre sottocomponenti della memoria di lavoro: l'esecutivo centrale che coordina le informazioni provenienti dagli altri due sottosistemi indirizzando il focus attentivo, il magazzino visuo-spaziale il cui compito è quello di processare le percezioni visive e le azioni e il loop fonologico che include un magazzino fonologico capace di contenere le informazioni per pochi secondi e il loop articolatorio che consente di mantenere attiva l'informazione grazie alla ripetizione subvocalica. (Baddeley, 1992). La memoria di lavoro è quindi necessaria per ragionare, dare senso alle informazioni che provengono dall'ambiente e per mettere in atto azioni secondo una sequenza pianificata correttamente.

Uno dei compiti classicamente utilizzati per studiare il costrutto della working memory è il *Backward-digit span task*, in cui si chiede al soggetto o di riordinare in ordine crescente/decrecente i numeri che vengono uditi oppure di ripeterli in ordine inverso rispetto

alla sequenza originale (Rosen & Engle, 1997). Questo compito differisce dal Forward-digit span task in cui viene chiesto di ripetere l'esatta sequenza di numeri appena udita. Quest'ultimo è pertanto considerato un compito di memoria a breve termine, in quanto non richiede un'elaborazione attiva del materiale da ricordare, a differenza del *Backward-digit span task*. (Giofrè et al., 2016). Un secondo compito molto usato per studiare la Working Memory, in particolare la componente visuo-spaziale è il *Test di Corsi*. Nel compito 9 blocchi vengono posizionati su una piattaforma 23 x 28 cm, e il partecipante vede lo sperimentatore toccare i cubi in una sequenza gradualmente più lunga. Il soggetto deve riuscire a riprodurre l'ordine corretto in cui sono stati toccati i blocchi, finché si perde l'accuratezza. La rievocazione della sequenza può essere richiesta nell'ordine presentato oppure partendo dall'ultimo cubo toccato, fino al primo. Solitamente il ricordo forward è associato ad una performance migliore rispetto al compito eseguito in backward, forse a causa della forte richiesta di risorse nella memoria di lavoro per elaborare gli stimoli proposti (Berch et al., 1998).

Tra i compiti sperimentali largamente utilizzati per lo studio della memoria di lavoro, troviamo il *N-back task*. Il paradigma tipico prevede che vengano presentati ai partecipanti una sequenza di stimoli e viene chiesto loro di riportare quando lo stimolo corrente è il medesimo di quello che era stato presentato “*n*” trials precedenti; quindi, i partecipanti si trovano di fronte ad un doppio compito: il mantenimento in memoria degli stimoli a cui erano stati precedentemente esposti e la codifica degli stimoli presentati nel presente, con l'aggiornamento di quelli già codificati. Il compito può essere eseguito verbalmente (lettere) o in modalità non verbale, indicando lo stimolo o la posizione (Yaple & Arsalidou, 2018).

1.4.2 Controllo inibitorio

L'inibizione consente il controllo dell'attenzione, del comportamento, dei pensieri e delle emozioni per contrastare un comportamento automatico o non adeguato al momento. Tra i compiti sperimentali principali che permettono di studiare questo meccanismo, troviamo lo *Stroop Task*, il *Flanker task* e il *Go No-go task* (Diamond, 2013). Nello *Stroop task* (Stroop, 1935) i partecipanti devono riferire il colore dell'inchiostro con cui è scritta la parola target, che può essere congruente o meno con il significato semantico della parola stessa che fa sempre riferimento ad un colore. Dunque, per poter eseguire correttamente il compito è necessario inibire il comportamento automatico di lettura della parola per concentrarsi sullo stimolo rilevante per il compito, ovvero, il colore dell'inchiostro (Parris et al., 2019). I risultati hanno

messo in luce che i tempi di risposta erano maggiori per le prove incongruenti (“Blu” scritto in giallo), rispetto alle prove congruenti (“Blu” scritto in blu) e neutre (“Casa” scritta in rosso). La differenza tra le condizioni è denominata “effetto d’interferenza Stroop” e mostra come, nonostante ai soggetti non venga richiesto nel task, il processamento della parola non viene inibita e avviene ugualmente in maniera automatica, peggiorando la performance (Burca et al., 2021).

Nel Flanker task lo stimolo target viene posto in mezzo ad altri stimoli interferenti, definiti “distrattori”, i quali veicolano un’informazione che può essere congruente o meno a quella del target. Il compito del soggetto è quello di rispondere correttamente allo stimolo target premendo rapidamente un tasto alla sua comparsa, inibendo nel frattempo l’interferenza proveniente dai distrattori. Nelle prove incongruenti, l’interferenza cognitiva indotta dai distrattori si riflette in aumentati tempi di reazione e una riduzione dell’accuratezza: minore sarà l’effetto dell’interferenza cognitiva sulla prestazione, maggiore sarà la capacità inibitoria del soggetto (Eriksen, 1995). Questo task può essere considerato non solo una misura della distrazione indotta dagli stimoli irrilevanti, ma piuttosto come una misura del successo attentivo nel focalizzarsi sul target ignorando i flanker distraenti (Buetti et al., 2014). Un altro compito sperimentale largamente utilizzato è il Go No-go task. In questo caso i soggetti devono rispondere rapidamente alla comparsa di uno o più stimoli target (Go trials), mentre devono inibire la risposta alla comparsa di uno o più stimoli non target (NoGo trials).

Il controllo inibitorio lavora a stretto contatto con la working memory; infatti, quest’ultima lo supporta permettendo all’individuo di mantenere la rappresentazione dello scopo prefissato in mente, riuscendo a inibire le distrazioni interne ed esterne e allo stesso tempo, rimanendo concentrati. Inoltre, l’inibizione permette di liberare spazio nella working memory, in modo da conservare solo le informazioni necessarie al momento. Considerando che questi due meccanismi sono particolarmente in sinergia l’uno con l’altro, i compiti che li studiano tentano di separarli il più possibile.

1.4.3 Flessibilità Cognitiva

La flessibilità cognitiva è una componente del controllo cognitivo che ci permette di essere dinamici, ovvero di passare rapidamente da un set mentale ad un altro sulla base delle mutevoli richieste interne ed esterne, correggendo rapidamente eventuali errori di esecuzione. Il

meccanismo sembra emergere tra i 3 e i 5 anni, ma più le regole sono complesse, più i bambini commettono errori mostrando ancora la loro immaturità (Jurado & Rosselli, 2007).

Classicamente questo costrutto è studiato mediante il *Wisconsin Card Sorting Test*. Il compito prevede l'utilizzo di carte in cui sono raffigurate delle forme con colori e numerosità diverse. Ad ogni turno, al soggetto è presentato un set di 4 carte e il suo compito è quello di abbinare la sua carta con una carta del set scegliendo tra le caratteristiche rilevanti (colore, forma o numero). Tuttavia, il soggetto non è a conoscenza della regola stabilita dal somministratore per l'abbinamento delle carte e dovrà dunque individuarla mediante una serie di prove ed errori. Una volta che il soggetto ha identificato la regola stabilita, questa viene modificata dopo una serie di prove svolte correttamente dal soggetto che deve essere il più flessibile possibile per inibire la regola precedentemente appresa e individuare quella aggiornata (Miles et al., 2021). Per valutare la flessibilità cognitiva si considerano le perseverazioni di risposta, ovvero una serie di risposte date dal partecipante sulla base della dimensione scorretta, nonostante venga dato un feedback negativo. Il partecipante che commette questo tipo di errore mostra difficoltà nell'inibire il primo set di regole appreso e di conseguenza non è in grado di essere flessibile tra le regole che vengono presentate. (Miles et al., 2021). Diversi studi hanno cercato di mettere in guardia i clinici dall'utilizzo di questo task, evidenziando come il WCST sia particolarmente complesso e che richieda l'utilizzo di tutte le funzioni esecutive, non solo la flessibilità cognitiva, per cui non è permesso il suo isolamento (Miles et al., 2021). Un secondo task utilizzato nello studio dello shifting è il task switching paradigm, il quale prevede due diverse condizioni: una di ripetizione e una di switching. Nella prima condizione il compito da svolgere è sempre il medesimo, mentre nella seconda vi è un'alternanza di compiti. La misura definita "Switch Cost" che si estrae da questo compito riflette l'impegno cognitivo associato alla riconfigurazione del set di regole rispetto a quello precedentemente attivato oppure alla risoluzione dell'interferenza che il partecipante si trova ad affrontare durante l'alternanza tra compiti diversi. Questa misura si riflette a livello comportamentale in un aumento dei tempi di reazione e una peggiore performance nella condizione di switch (Eckart et al., 2021). È interessante notare che la differenza di performance tra prove di switch e di ripetizione, emerge solo quando vengono utilizzati gli stessi stimoli per entrambe le condizioni a indicare che l'associazione di una stessa categoria di stimoli a due o più azioni tra loro incompatibili coinvolge inevitabilmente il sistema attentivo con lo scopo di mettere in atto l'azione appropriata (Wylie & Allport, 2000).

1.5 Il controllo cognitivo adattivo

Generalmente, il controllo cognitivo è considerato come un'entità rigida e imm modificabile. I compiti in laboratorio, infatti, studiano il funzionamento senza considerare potenziali interazioni con aspetti contestuali. Nella vita quotidiana i diversi meccanismi sono modificati dall'ambiente in cui si agisce. Il controllo cognitivo è sempre stato considerato come l'elemento fondamentale di quello che siamo, di come pensiamo e come agiamo, ma pochi nel passato hanno intuito che proprio l'ambiente è in grado, attraverso meccanismi di natura bottom up di influenzare e potenzialmente ottimizzare il controllo cognitivo stesso, ad esempio condizionando questo meccanismo high-level attraverso degli stimoli ambientali come le ricompense o le caratteristiche del contesto circostante (Braem & Egner, 2018). In tal senso, il controllo cognitivo rappresenta un costrutto fluido e abbastanza malleabile, che rende l'uomo capace di adattarsi. Recenti evidenze sembrano infatti sostenere l'ipotesi che il controllo cognitivo sia "adattivo" (Braem & Egner, 2018).

L'ipotesi appena accennata, è stata meglio sviluppata da Braem e colleghi (2018) e dal modello della monitoraggio del conflitto (Botvnick, Braver, Barch, Carter & Cohen, 2001). La flessibilità del controllo cognitivo, secondo questo gruppo di ricerca, potrebbe essere facilitata e sostenuta da un apprendimento di tipo associativo. Questa proposta è particolarmente innovativa, considerando la letteratura sul controllo cognitivo conosciuta fino ad ora. Storicamente l'apprendimento associativo automatico stimolo-risposta è stato posto in antitesi al controllo cognitivo a causa delle caratteristiche opposte che li contraddistinguono. Tuttavia, il dubbio che possa sussistere una relazione tra questi due meccanismi ha spinto i ricercatori a domandarsi in che modo la flessibilità cognitiva è gestita dai singoli individui, e grazie a quale processo l'essere umano è in grado di adattarsi a ciò che lo circonda, proponendo l'idea di un processo low-level alla base di ciò (Braem & Egner, 2018). L'attenzione selettiva verso stimoli rilevanti sarebbe quindi dinamicamente e flessibilmente influenzata in risposta alle caratteristiche degli stimoli ambientali che determinano l'introduzione di modelli probabilistici interni (Chiu & Egner, 2019). Per indagare quanto appena discusso, si è scelto di modificare un compito di task switch focalizzandosi sullo Switch Cost, ovvero una maggiore lentezza e peggiore accuratezza nella performance durante uno switch piuttosto che nella ripetizione del task. Questo costo in termini di tempo sarebbe dovuto alla riconfigurazione del set di regole oppure al tentativo di risoluzione dell'interferenza tra il nuovo e il vecchio task. Nello studio, in una prima fase veniva fornito un cue che indicava ai partecipanti quale task sarebbero andati

a svolgere e venivano ricompensati dopo ogni trial di task switch e non dopo le prove di ripetizione. I risultati mostrano come, nel momento in cui veniva fatto scegliere liberamente ai partecipanti quale tipo di esercizio si volesse fare tra i due proposti, essi sceglievano maggiormente il task switch mostrando anche una migliore performance durante il compito, dimostrando come la regolarità del reward (stimolo bottom up) ha permesso di predire il tipo di controllo da mettere in pratica per adattarsi al meglio (Braem & Egner, 2018). A partire da questo e altri studi, si è iniziato a pensare alla possibilità che l'adattabilità e la flessibilità del controllo cognitivo sia dettata dalla regolarità statistica delle caratteristiche dell'ambiente, dimostrando come esso possa essere condizionato da una ricompensa, da un cue specifico o da un contesto ambientale senza la necessaria presenza di consapevolezza (Chiu & Egner, 2019). Per rendere più chiaro il percorso appena descritto, si può affermare che il controllo cognitivo, supervisore generale, volontario e consapevole, derivi da associazioni tra diverse rappresentazioni mentali, nate da apprendimento associativo, che si attivano creando un network in grado di pianificare un comportamento specifico. Questo viene poi generalizzato in altre situazioni, sovrapponendo gli obiettivi o le caratteristiche simili. L'apprendimento rapido e associativo (stimolo-risposta) dei diversi set di risposta, che ci consente di adattarci al contesto, diventa un allenamento per l'apprendimento lento nel momento in cui l'ambiente è sistematico e prevedibile. Quindi, una risposta rapida e specifica viene generalizzata attraverso la regolarità del contesto ambientale (Abrahamse et al., 2016). Un esempio di quanto appena detto lo troviamo nella descrizione del fenomeno del conflitto adattivo, secondo cui l'attenzione top-down verso gli stimoli rilevanti in un task, viene reindirizzata e aggiustata a seconda della difficoltà del conflitto nel compito. Questo fenomeno si può notare studiando l'effetto congruenza durante uno stroop task (ovvero un costo nella risposta durante una forte incongruenza nel compito, con un ingaggio basso del controllo top down) in cui la performance nelle prove incongruenti risulta migliore quando queste sono precedute da altre prove incongruenti, permettendo alla corteccia prefrontale dorsolaterale di apprendere e adattarsi al contesto grazie alla regolarità dell'ambiente (continuità nella difficoltà del compito), garantendo un minor effetto congruenza, ingaggiando poi maggiormente il controllo cognitivo e mostrando una predisposizione alla gestione del conflitto (Chiu & Egner, 2019). L'interesse dei ricercatori per questo fenomeno ha permesso di osservare che l'effetto congruenza poteva essere modulato sia dalla recente storia di congruenza o incongruenza sia dalla frequenza assoluta degli stimoli congruenti o incongruenti. Nel primo caso si parla di *congruency sequence effect* e consiste in una riduzione dell'effetto congruenza quando un trial incongruente viene seguito dallo stesso tipo di trial. Nel secondo caso si parla invece di *proportion*

congruency effect. Parallelamente al primo effetto, si mostra una riduzione dell'effetto congruenza quando all'interno di un set sperimentale vengono proposti più trial incongruenti rispetto a quelli congruenti (Botvinick et al., 2001.). Quest'ultimo effetto è stato manipolato sperimentalmente per studiare come si adatta il controllo cognitivo, nello specifico, sono state adottate manipolazioni *list wide*, modificando la proporzione di trial incongruenti rispetto a quelli congruenti nella prova; *context specific*, associando uno specifico spazio dello schermo ad una maggiore probabilità statistica di apparizione dei trial incongruenti; infine, *item specific*, che associava un certo stimolo al trial incongruente. Dai risultati, si deduce che uno specifico contesto, cue (spaziale o temporale) o stimolo possa diventare predittivo di una sfida cognitiva nel compito permettendo di mettere in atto l'appropriata strategia di controllo (Braem & Egner, 2018).

Concludendo, possiamo riassumere quanto detto, affermando che il controllo cognitivo non è solo un meccanismo di controllo, ma esso si modifica sulla base di meccanismi considerati di basso livello quale l'apprendimento associativo. Da queste evidenze si riconosce la potenzialità che questo tipo di modello ha, come possa essere considerato un aiuto fondamentale nel sostegno dello sviluppo, e come per la prima volta sia stata avanzata l'idea di lavorare sui processi dominio generali come l'apprendimento di regolarità statistiche nell'ambiente, per riabilitare e intervenire sulle funzioni specifiche, andando a modificare l'adattamento del singolo, attraverso l'ambiente in cui vive.

2. SVILUPPO DEL CONTROLLO COGNITIVO

2.1 Traiettorie evolutive del controllo cognitivo

Per approfondire le conoscenze riguardanti il controllo cognitivo, gli studi neuropsicologici sugli individui adulti hanno fornito molti dati considerevoli. Quello che però questi studi non possono fare è aiutarci a comprendere lo sviluppo del controllo cognitivo, dalla nascita fino all'età adulta. Studi evolutivi hanno infatti dimostrato che il controllo cognitivo viene acquisito gradualmente nel corso dello sviluppo ed è presente già nei primi anni di vita seppur in forma non assimilabile a quella dell'età adulta. Il controllo cognitivo è supportato principalmente dalla corteccia prefrontale, la quale mostra uno sviluppo lento e protratto fino alla giovane età adulta (Jurado & Rosselli, 2007). In linea con la prospettiva teorica del neurocostruttivismo, lo sviluppo è un processo dinamico e in continua interazione con l'ambiente in cui si cresce e procede da uno stato iniziale di indifferenziazione verso un processo graduale di modularizzazione delle aree cerebrali, che diventano specializzate in età (Karmiloff-Smith, 2009). In linea con questa prospettiva teorica, diversi studi hanno fallito nel dimostrare la struttura triadica del controllo cognitivo anche in giovane età, questo proprio a causa della protratta maturazione della corteccia prefrontale fino alla prima età adulta (Glisky et al., 2021; Miyake et al., 2000). Per spiegare tali risultati, è stata proposta l'ipotesi della differenziazione secondo cui i cambiamenti nella struttura delle componenti del controllo cognitivo avverrebbero gradualmente passando da un costrutto unitario fino ad arrivare a un costrutto differenziato in diverse componenti. Gli studi evolutivi che hanno indagato lo sviluppo del controllo cognitivo presentano diverse limitazioni, come ad esempio l'uso di task complessi (ad esempio, il WCST e la Torre di Londra) e che richiedono una comprensione di regole che, date le limitate capacità di linguaggio dei bambini prescolari, può risultare limitata (Jurado & Rosselli, 2007; Lee et al., 2013). Data la difficoltà dello studio di questo costrutto in età evolutiva, il gruppo di ricerca di Lee, ha cercato di fare chiarezza applicando l'ipotesi di differenziazione allo studio del controllo cognitivo su un campione di bambini di età compresa tra i 6 e i 15 anni, dimostrando come ci fosse una differenza qualitativa e non solo quantitativa nelle strutture con il crescere dell'età. In particolare, il modello a 3 fattori sembra svilupparsi nel corso del tempo, manifestando i primi segni di differenziazione intorno agli 11 anni di età e raggiungendo la stabilità verso i 15 anni. (Lee et al., 2013). Ulteriori ricerche, hanno poi supportato l'ipotesi della differenziazione, dimostrando che il controllo cognitivo nella prima infanzia risulta essere meglio spiegato da un modello unitario, in cui l'inibizione è il perno

centrale, mentre all'aumentare dell'età le componenti del controllo cognitivo vengono meglio supportate da un modello a due o tre fattori (Glisky et al., 2021).

Lo studio del controllo cognitivo nella prima infanzia è molto complesso, questo perché sono relativamente pochi i task a disposizione e difficilmente sono appropriati, ma si è provato ad applicare il modello integrativo di Miyake per spiegare i passaggi evolutivi dell'emergenza delle singole componenti del controllo cognitivo (Miyake et al., 2000). È riconosciuto il coinvolgimento centrale del sistema attentivo per riuscire a concentrarsi su un compito, ignorare le informazioni non necessarie e quindi riuscire ad avanzare i primi passi per raggiungere uno scopo. I cambiamenti nel focus attentivo sono dovuti in una prima fase, allo sviluppo del sistema di orientamento dell'attenzione, che permette di spostare la stessa tra diversi stimoli esterni; solo successivamente, emerge il sistema anteriore dell'attenzione che dirige l'attenzione a seconda degli stati interni, inibendo in parte il sottosistema di orientamento (Diamond, 2013). Alcuni studi hanno dimostrato come effettivamente i bambini, all'aumentare del controllo del focus attentivo da parte del sistema anteriore dell'attenzione intorno ai 26 mesi, diminuiscano il coinvolgimento dell'attenzione **casuale** (Ruff et al., 1998). Il requisito indispensabile per affrontare un compito volto a misurare le componenti del controllo cognitivo è però la capacità di spostare il focus flessibilmente tra gli obiettivi personali e le richieste ambientali, capacità raggiunta solo dopo aver imparato a muovere l'attenzione volontariamente tra due oggetti, perciò intorno al secondo anno di vita. Il focus attentivo e il suo shift sono quindi in alcuni contesi rivali e la loro cooperazione si manifesterà solo con la maturazione del sistema anteriore dell'attenzione, che consentirà di mantenere l'attenzione sostenuta per un tempo prolungato su un compito. L'attenzione è condizione necessaria per il potenziamento del controllo delle informazioni, parte integrante dello sviluppo delle funzioni esecutive (Garon et al., 2008).

Un'ipotesi di sviluppo delle componenti del controllo cognitivo particolarmente interessante è quella che postula l'esistenza di tre "passi" di transizione (Munakata et al., 2012). Lo spunto di partenza è la capacità dei bambini di individuare le regolarità nell'ambiente. Questo permette loro di imparare una routine, ma allo stesso tempo li rende più inclini ad avere difficoltà nel rompere le loro abitudini. Il superamento delle perseverazioni e delle abitudini quando necessario, è il primo passo per lo sviluppo dell'individuo e della sua crescita. L'aspetto che permette al bambino di sviluppare il controllo cognitivo, secondo questo gruppo di ricerca, è il miglioramento della capacità di mantenimento delle rappresentazioni astratte degli scopi. Nel momento in cui i bambini riescono a mantenere in memoria di lavoro lo scopo prefissato,

diventano capaci di mantenere a mente le regole dei task da svolgere e questo permette successivamente di rispondere in maniera flessibile alle modifiche ambientali senza ricadere nelle routine (Munakata et al., 2012). Il secondo step dello sviluppo prevede la transizione dal controllo cognitivo di tipo reattivo e quello di tipo proattivo. Come è stato già affrontato, questa modifica nel coinvolgimento temporale del controllo cognitivo al crescere dell'età è confermata dagli studi con il AX-CPT (Burgess & Braver, 2010). I partecipanti di 3 anni attivano la regola di premere uno specifico tasto, esclusivamente nel momento in cui vedono il target, mostrando un coinvolgimento maggiore del controllo reattivo e quindi una performance peggiore nella condizione BX, al contrario i bambini di 8 anni tendono a commettere più errori quando il cue valido (predittivo della comparsa del target), in quanto il controllo proattivo li rende più pronti all'azione già durante la visione del cue. In realtà anche i bambini più piccoli riescono a usare il controllo cognitivo di tipo proattivo, ma solo quando quello reattivo risulta più difficile da mettere in atto (Niebaum et al., 2021). Infine, l'ultimo step dello sviluppo del controllo cognitivo prevede la transizione da un controllo cognitivo esogeno a uno di tipo endogeno (Munakata et al., 2012). Più i bambini sono abili a mantenere attive in memoria di lavoro le rappresentazioni astratte degli scopi e delle regole, più il comportamento che si mette in atto è flessibile. Gli studi che utilizzano il DCCS task confermano questa traiettoria. Infatti, i bambini di 4 anni riescono a spostarsi da una regola all'altra, solo quando lo sperimentatore le rende esplicite, mentre a partire dai 7 anni riescono a infierire autonomamente le regole adattando conseguentemente le capacità di controllo cognitivo alla base delle stesse (Zelazo e al., 2006.). Consideriamo però ora lo sviluppo delle singole componenti.

2.1.1 La memoria di lavoro

Lo sviluppo della memoria di lavoro è stato indagato mediante il *Delayed Response task*, un compito in cui un gioco viene nascosto e il bambino deve riuscire ad individuarlo dopo un certo periodo di tempo. Questo compito è molto simile al compito *A non B* proposto da Piaget. La differenza sta nel fatto che la posizione dell'oggetto nel task sviluppato da Piaget non viene modificata finché il partecipante non sceglie correttamente il luogo esatto in cui esso si trova (Piaget, 1955). Questa capacità di mantenere in memoria una rappresentazione dopo un intervallo di tempo si sviluppa già prima dei 6 mesi e successivamente aumenta la durata di mantenimento della rappresentazione e il numero di item che si riescono a mantenere attivi. La capacità di manipolare l'informazione invece si sviluppa solo più tardi verso i 24 mesi e si prolunga fino a tutto il periodo prescolare. (Garon et al., 2008). Nonostante la memoria di lavoro sia già presente a 24 mesi, diversamente da quanto accade in età adulta, il numero di

informazioni che il bambino riesce ad immagazzinare ed elaborare attivamente risulta limitato. Per spiegare questo fenomeno, sono state formulate due teorie in letteratura che hanno permesso di sviluppare due prospettive differenti circa lo sviluppo di questa funzione esecutiva. La teoria delle risorse limitate afferma che solo un numero contenuto di item possono essere mantenuti in memoria di lavoro senza perderne la rappresentazione; quindi, ogni individuo avrebbe a disposizione un numero ridotto di “slot” oppure una capacità limitata di risorse che possono essere ingaggiate nel processamento degli stimoli. Se questa teoria fosse veritiera, nel corso dello sviluppo la disponibilità di risorse che si possono coinvolgere nell’analisi delle informazioni dovrebbe aumentare, accrescendo di conseguenza il numero di item che si riescono ad immagazzinare ed elaborare (Plebanek & Sloutsky, 2017). La seconda teoria invece riguarda il concetto di interferenza. Nello specifico, si fa riferimento al fatto che più item sono presenti nella memoria di lavoro, più è probabile che si presentino interferenze e che essi vengano distorti. Nel caso in cui questo accadesse, lo sviluppo di questa componente del controllo cognitivo, avverrebbe attraverso il miglioramento nell’abilità di resistere alle interferenze (Plebanek & Sloutsky, 2017.). Un’ultima possibilità però nasce dall’unione di entrambe le ipotesi appena presentate. Lo sviluppo della memoria di lavoro sarebbe permesso infatti, da un uso efficiente delle risorse disponibili e dalla capacità di filtraggio delle informazioni non necessarie. Studi che supportano questa ipotesi hanno mostrato che se i bambini, raggiungono il livello dello span degli adulti intorno all’età di 7 anni, l’efficienza del filtraggio delle informazioni continua a migliorare fino all’età adulta. Dunque, i due meccanismi (elaborazione degli stimoli e il controllo dell’interferenza) sono tra loro relati e che la capacità di filtrare le informazioni sostiene lo sviluppo della memoria di lavoro (Plebanek & Sloutsky, 2017).

2.1.2 Il controllo inibitorio

La stretta connessione tra inibizione e memoria di lavoro ha permesso lo sviluppo di compiti che permettono lo studio di entrambi i meccanismi. Questi compiti possono essere suddivisi in *simple response inhibition task* e *complex response inhibition task*. Questi compiti hanno permesso di studiare il coinvolgimento dei meccanismi di controllo e di risoluzione del conflitto. Analizzando l’effetto congruenza, ovvero la differenza di performance tra le prove congruenti (meno dispendiose da un punto di vista cognitivo in quanto semplici) e incongruenti (più dispendiose dal punto di vista cognitivo in quanto complesse). L’effetto congruenza può

essere considerato il riflesso della capacità dei nostri meccanismi di controllare i conflitti e le interferenze (Hübner & Töbel, 2019).

Il primo gruppo di task, ovvero il *simple response inhibition task*, ha permesso di verificare come l'abilità del bambino di sopprimere una risposta automatica e dominante, si sviluppi già nel primo anno di vita. Studiando la performance dei bambini nell'*object retrieval task*, compito in cui lo scopo è raggiungere un oggetto inserito in un contenitore trasparente passando dall'apposita fessura al lato (inibendo dunque la tendenza a raggiungerlo in maniera diretta) si è notato che la performance migliora a partire dai 6 mesi e che già dai 12 riescono a completare il task senza l'aiuto di un adulto (Garon et al., 2008). Nell'analisi del compito si vede come risulti essenziale il controllo e la precisione del *grasping*. I bambini di 5 mesi tendono a non riuscire ad afferrare un oggetto quando è posto contiguo ad un altro, in quanto nel raggiungerlo il loro grasping ancora poco preciso, va a toccare l'oggetto non desiderato, generando un ritiro della mano del bambino che impedisce di completare l'azione. L'afferramento è svolto con successo dai bambini di 7 mesi, che però non riescono a compiere ancora delle traiettorie diverse da quella in linea retta, ritirando anch'essi la mano quando vanno a toccare i bordi di una scatola trasparente, ad esempio. Il problema, quindi, è la difficoltà del bambino di inibire questa risposta automatica di ritirata dell'arto e della mano. Si può parlare di una spinta maturazionale tra i 6 e i 12 mesi, tanto che il problema a quest'età diventa proprio quello di inibire la traiettoria diretta verso lo stimolo e non più il blocco dell'azione stessa. Nel risolvere ciò i bambini possono ad esempio muovere il proprio corpo o la scatola per raggiungere l'oggetto. Il fallimento nel raggiungere lo stimolo nasce da una difficoltà nell'inibizione del comportamento automatico a causa dell'imaturità della corteccia prefrontale (Diamond, 1990).

All'interno dei compiti complessi che studiano il costrutto dell'inibizione nei bambini, ovvero i *complex response inhibition task*, individuiamo ad esempio il *Flanker task*, il *Simon Says* e il *Bear and Dragon Game*. Il Simon Says task prevede che lo sperimentatore dia al bambino dei comandi verbali (ad esempio, "tocca il tuo naso"), mostrando contemporaneamente l'azione da svolgere. Ai bambini viene chiesto di eseguire l'istruzione solo quando la richiesta è preceduta dalla frase "Simon says", in caso contrario il comportamento dev'essere inibito. Una versione semplificata di questo compito è il Bear and Dragon game. Qui, si presenta al bambino un pupazzo a forma di orsetto descritto al bambino come "gentile" e un pupazzo a forma di drago descritto come "cattivo". Lo sperimentatore chiede al piccolo partecipante di seguire le istruzioni del pupazzo buono e di ignorare quelle del cattivo (Carlson, 2005). Quest'ultimo

compito risulta meno complesso per i bambini rispetto al Simon Says, in quanto non richiede al soggetto di inibire la sua azione nel momento in cui non è richiesta e contemporaneamente inibire la tendenza a seguire l'adulto di riferimento. Ecco perché all'interno del bear and dragon game la performance migliora. I due tipi di comandi (quelli da eseguire e quelli da inibire) sono solo esposti verbalmente dai due pupazzi e inoltre sono associati a due identità differenti (Marshall & Drew, 2014). Una prima forma di inibizione è già presente nel primo anno di vita, ma dall'infanzia fino ai 5 anni i bambini imparano gradualmente a inibire per tempi sempre più lunghi non solo risposte automatiche, ma anche quelle associate a dei rinforzi. Le forme più complesse di inibizione però si iniziano a intravedere solo poco prima l'ingresso a scuola (Garon et al., 2008). Alcune ricerche hanno però ipotizzato che la performance nei compiti di inibizione nei bambini più piccoli può essere migliorata quando il controllo è associato ad un contesto simbolico. Ad esempio, nel *Less is more task*, si è cercato di dirigere l'attenzione del bambino dalle caramelle che fungevano da stimoli ricompensa e che coinvolgevano le *hot functions*, a stimoli simbolo che venivano convertiti solo alla fine della prova in caramelle e che implicavano il coinvolgimento delle *cool functions*. Il compito era stato eseguito da bambini di 3 e 4 anni, a cui venivano mostrate due file di caramelle di diversa quantità. Veniva poi presentato un pupazzo descritto dallo sperimentatore come egoista e si chiedeva al bambino di scegliere quale fila di caramelle dare proprio al peluche. Nonostante la consegna venisse ripetuta più volte i bambini erano più inclini a regalare la fila di caramelle più numerosa, tenendo la fila meno numerosa per sé (Carlson et al., 2005). In una modificazione del compito, si è deciso di trasformare le file di caramelle in un simbolo, proponendo al bambino il disegno di un topolino e di un elefante per raffigurare la quantità di caramelle, mentre le procedure di somministrazione sono rimaste invariate. I risultati hanno mostrato una performance migliore, in quanto eliminando la componente motivazionale della ricompensa, i bambini tendevano a scegliere l'immagine del topo e quindi la quantità minore di caramelle da regalare al pupazzo, tenendo la quantità maggiore (Carlson et al., 2005). Per concludere, cercando di capire se gli studi sul controllo inibitorio in bambini tra i 5 e i 7 hanno mostrato come tale prestazione può variare in base al compito usato. Complessivamente, alcune forme di controllo inibitorio risultano presenti già a 3 anni nonostante non sia ancora raggiunta la piena maturazione della struttura cerebrale associata (Ambrosi et al., 2016).

2.1.3 La flessibilità cognitiva

Questa terza e ultima componente del controllo cognitivo, si costruisce sulle fondamentali poste dalle altre due componenti, ovvero inibizione e memoria di lavoro, per cui si sviluppa più

tardivamente rispetto ad esse. La capacità di spostarsi da un set mentale di risposte ad un altro è un'attività dispendiosa e richiede diverse operazioni. In primo luogo, i bambini devono imparare a formare un set mentale sulla base di associazioni stimolo- risposta; successivamente, devono inibire il set mentale appreso a favore di uno nuovo in conflitto con quello precedente. È da notare che esistono due tipi di flessibilità: lo spostamento della risposta (*response shifting*) e quello dell'attenzione (*shifting attenzionale*) (Garon et al., 2008). Nel primo caso, il set di risposte iniziale è quasi sempre arbitrario, per cui si modella proprio nelle diverse fasi dei task e non è una risposta automatica e “prepotente” dettata dal compito stesso. Un esempio di *response shifting task* è un compito denominato *object reversal task*. Viene richiesto al partecipante di formare un'associazione stimolo risposta e una volta presa viene chiesto di modificare la risposta. Nello specifico, vengono presentati due stimoli adiacenti per un numero definito di prove e il bambino viene ricompensato ogni volta che sceglie il medesimo stimolo ripetutamente. Una volta che l'associazione viene imparata, la ricompensa viene assegnata allo stimolo che prima non era stato scelto; quindi, lo scopo del bambino sarà quello di inibire la sua prima risposta per rispondere al nuovo stimolo (Overman et al., 1996.). Un forte miglioramento in questa tipologia di task si manifesta tra il primo e il terzo anno di vita, con dei piccoli miglioramenti fino ai 5 anni (Garon et al., 2008). Per quanto riguarda invece lo *shifting attenzionale*, lo studio viene effettuato attraverso il Dimensional change card sort (DCCS), una versione semplificata del Wisconsin Card Sorting Test (WCST), nel quale le carte possono variare su due dimensioni (colore e forma) e viene chiesto di raggrupparle secondo un criterio stabilito dallo sperimentatore. Dopo diverse prove corrette viene richiesto al bambino di raggruppare le carte secondo l'altra dimensione (Zelazo, 2006). La capacità di spostare l'attenzione da una regola mentale ad un'altra si sviluppa dopo lo stabilizzarsi dell'abilità di modificare la propria risposta. I bambini di 3 anni infatti tendono a commettere perseverazioni nel DCCS, continuando a dividere le carte secondo la prima regola appresa, nonostante la nuova regola venisse ripetuta più volte. Solo intorno ai 5 anni, la performance risulta migliore e riescono a svolgere il compito correttamente (Zelazo, 2006).

3. LA RICERCA

3.1 Obiettivi

Il progetto intitolato “Attenzione e concentrazione a scuola: traiettorie evolutive e differenze individuali”, il cui responsabile scientifico è il Prof. Giovanni Mento, ha l’obiettivo di studiare e comprendere le traiettorie evolutive dei diversi aspetti del controllo cognitivo, quali flessibilità, inibizione e autocontrollo, secondo la prospettiva teorica del controllo cognitivo adattivo (Braem & Egner, 2018). Nello specifico, attraverso una serie di compiti sperimentali appositamente creati o adattati da versioni precedenti, si mira ad indagare la capacità dei bambini in età evolutiva, di cogliere le regolarità statistiche presenti nell’ambiente, al fine di formulare un modello predittivo interno da utilizzare per adattare il controllo cognitivo e produrre il comportamento più adeguato ed efficace in base alle richieste ambientali. Il progetto ha ricevuto l’approvazione del Comitato Etico della Scuola di Psicologia dell’Università di Padova (protocollo n.3666) e origina da un finanziamento d’Ateneo erogato specificatamente per studiare in che modo lo sviluppo cognitivo, soprattutto relativamente alla capacità di attenzione e concentrazione, interagisce con l’apprendimento scolastico.

3.2 Partecipanti

Al presente studio hanno partecipato 24 bambini di età compresa tra i 5 e i 9 anni, di cui 9 femmine e 15 maschi. Le caratteristiche demografiche sono meglio descritte in *Tabella 1*. Tutti i partecipanti fanno parte del gruppo di controllo della ricerca “Yoghiamo a scuola”. I soggetti sperimentali sono reclutati e testati in parte presso la scuola primaria “G. Segantini” (Istituto Comprensivo Bassa Atesina) di Bronzolo (BZ) e in altra parte presso la scuola dell’infanzia “Casanova” di Bolzano (primo circolo scolastico della regione Alto Adige). Sono stati applicati come criteri di inclusione la presenza di un quoziente di intelligenza non verbale, misurato mediante le Matrici di Raven (Raven, 1941), nella norma e l’assenza di disturbi neurologici (ad esempio, epilessia) o psichiatrici. Dal campione finale (N=20) sono stati esclusi un totale di 4 bambini (di cui 3 maschi e 1 una femmina): tre di essi a causa di problemi tecnici e uno perché certificato ai sensi della L.104. A causa della numerosità campionaria ridotta, si è deciso di considerare i bambini della seconda e della terza elementare in un unico gruppo.

Tabella 1. Principali caratteristiche demografiche dei partecipanti

Gruppo	Età media e ds	Femmine	Maschi	n
Materna	5.5 ± 0.5 (5-6)	4	5	9
Seconda e terza elementare	8.1 ± 0.7 (7-9)	4	7	11

3.3 Metodo

3.3.1 Procedura

Prima di proporre i compiti sperimentali ai bambini, è stato fornito ad ogni singola famiglia il consenso informato per comunicare loro i dettagli della ricerca, gli obiettivi prefissati e la metodologia utilizzata. Dopo aver raccolto le adesioni delle famiglie interessate, in comune accordo con le insegnanti della scuola primaria e della scuola materna, si è potuta svolgere la prova sperimentale nei locali adibiti dalle rispettive scuole di appartenenza dei partecipanti. La ricerca si è svolta da ottobre 2021 a marzo 2022 e comprendeva la somministrazione della batteria testistica PACC (Padua Adaptive Cognitive Control; Mento et al., in preparazione.) in due fasi di valutazione distinte: la prima (t0) si è svolta ad ottobre 2021, mentre la seconda (t1) si è svolta a marzo 2022. L'obiettivo della seconda valutazione era quello di verificare l'attendibilità del compito a distanza di 3 mesi in termini di capacità di misurare diversi indici di flessibilità quali accuratezza, switch cost e mixed cost effects. È opportuno sottolineare che l'originaria programmazione dell'intervento ha subito delle modifiche a causa della pandemia da Covid-19; infatti, l'aumentare dei casi di contagi non ha permesso di svolgere la seconda fase di valutazione a gennaio 2022 come previsto inizialmente.

Un partecipante alla volta veniva fatto entrare in una stanza adeguatamente illuminata e priva di distrazioni, e fatto accomodare di fronte allo schermo del computer portatile (15" pollici). Ogni sessione sperimentale aveva una durata di 45 minuti circa e prevedeva diverse pause per evitare di affaticare i bambini. Inoltre, per motivarli, alla fine di entrambe le due sessioni sperimentali veniva consegnato loro un adesivo colorato, da apporre su quello che sarebbe stato il loro diploma finale.

3.3.2 Materiali

I quattro compiti sperimentali proposti e somministrati ai partecipanti durante i due incontri previsti facevano parte della batteria PACC (Mento et al., in preparazione) e comprendevano: il *Dynamic Temporal Prediction Task* (DTP; Mento & Granzio, 2020), una versione modificata dell'*Attentional Network Test* (ANT; Rueda et al., 2004), una versione modificata del *Task Switching task* (TS; Rogers & Monsell, 1995) e, infine, una versione modificata del *Balloon Analogue Risk task* (BART; Lejuez et al., 2002). Durante la prima fase di valutazione, sono state svolte le Matrici Progressive di Raven (Raven, 1941), per la misurazione dell'intelligenza non verbale dei partecipanti. In entrambe le fasi di valutazione previste dal protocollo sperimentale, ai genitori e agli insegnanti dei bambini che hanno aderito al progetto è stato inviato, tramite casella di posta elettronica, un link per la compilazione di alcuni questionari (Conners Rating Scales Revised Parent version (Conners et al., 1998) e il PSI-Parenting Stress Index (Abidin, 2012)) che andavano ad indagare le caratteristiche emotivo-comportamentali dei bambini e il livello di stress percepito nel ruolo di genitore o di insegnante. Agli insegnanti è stato chiesto di compilare un questionario per classe, riferendosi al livello complessivo di comportamento della classe e al livello di stress percepito nello svolgere la didattica in ciascuna classe. La durata complessiva per la compilazione dei questionari, da svolgersi in un'unica sessione era di circa 20 minuti, e si richiedeva che in entrambe le fasi di valutazione fosse dallo stesso genitore o insegnante/ (per classe) a compilarli.

All'interno del seguente elaborato verrà analizzato nel dettaglio il compito sperimentale *Task Switch* (TS), in grado di valutare la flessibilità cognitiva adattiva, ovvero la capacità di ogni individuo di modificare la flessibilità nel passaggio da un tipo di compito ad un altro adattandosi in maniera efficiente ai cambiamenti contestuali.

3.3.3 I Questionari

Il questionario rivolto ai genitori e agli insegnanti era composto nel seguente modo:

Questionario genitori

- *Scheda anamnestica*: prevedeva la raccolta di informazioni circa le caratteristiche sociodemografiche della famiglia (ad esempio, stato occupazionale dei genitori, reddito annuo medio) e allo sviluppo psico-motorio e sociale del figlio (ad esempio, il raggiungimento delle principali tappe di sviluppo, la presenza di eventuali patologie, e

la presenza di eventuali difficoltà scolastiche e la partecipazione ad attività extrascolastiche).

- *Conners' Rating Scale - Revised* (CRS-R) (Conners et al., 1998) versione per genitori: indaga diversi aspetti emotivo-comportamentali. Tra le principali sottoscale troviamo: Oppositività, Problemi cognitivi/disattenzione, Iperattività, Ansia/timidezza, Perfezionismo, Problemi sociali e Problemi psicosomatici.
- *Parenting Stress Index - IV Edition, Short Form* (Berry & Jones, 1995): valuta, il livello di stress percepito nel sistema genitore- bambino. Le sottoscale previste sono: Distress genitoriale, Interazione genitore-bambino disfunzionale, Bambino difficile e Stress totale.

Insegnanti

- *Conners' Rating Scale - Revised* (CRS-R) versione per insegnanti: indaga diversi aspetti emotivo-comportamentali. Gli insegnanti erano invitati a rispondere al presente questionario facendo riferimento alla classe e non al singolo bambino, indicando per ciascuna affermazione quanti alunni della classe avessero manifestato il comportamento indagato, indicando anche la relativa intensità e frequenza.
- Domanda sul livello di stress percepito nel proprio ruolo professionale durante lo svolgimento dell'attività didattica in ciascuna classe.

3.3.4 Task Switch

Il presente compito sperimentale è stato creato e somministrato mediante il software OpenSesame (Mathôt et al., 2012). La somministrazione è avvenuta all'interno di stanze silenziose appositamente adibite dal plesso scolastico di appartenenza delle classi partecipanti. I bambini erano seduti comodamente ad una distanza di circa 60 cm dallo schermo del computer (15" pollici) nel quale svolgevano la batteria testistica PACC (Mento et al., in prep.). Tra i compiti proposti hanno svolto anche una versione modificata del *Task Switch*, un compito di flessibilità cognitiva che ha consentito di studiare come il costo di cambio (*Switch Cost*) e l'effetto misto (*Mixed Effect*) siano influenzati dalle caratteristiche contestuali. Nel dettaglio,

veniva manipolata la proporzione con cui i compiti di switch e i compiti di ripetizione si verificavano nei singoli blocchi sperimentali.

3.3.4.1 Struttura del trial

All'inizio di ogni trial compariva un cue visivo (S1) che permaneva sullo schermo per tutta la durata della prova. Esso era seguito dalla presentazione dello stimolo target (S2) dopo 1000 ms dalla presentazione del primo. Entrambi gli stimoli (S1 e S2) rimanevano fissi sullo schermo per un intervallo di tempo massimo di 3000 ms. Lo stimolo S1 consisteva nel disegno di due sacchetti di cibo per animali, posizionati rispettivamente a destra e a sinistra dello schermo e che riportavano come "logo" il simbolo del colore o il simbolo della forma entrambi associati allo stimolo target. S2, infatti, che compariva in una posizione centrale rispetto ai due sacchetti di cibo ritraeva il disegno di un animale (cane o gatto) colorato di blu o arancione (Figura 1). Lo scopo del compito era quello di assegnare il sacchetto corretto all'animale target. La selezione veniva effettuata sulla base della dimensione della forma (cane o gatto) o del colore (blu o arancione) che veniva riportata su S1. Se i sacchetti riportavano il colore sulla confezione, bisognava associare il colore dell'animale a quello del sacchetto; invece, se veniva mostrata sul sacchetto la forma dei due animali in bianco e nero bisognava appaiare la stessa forma tra S1 e S2. I singoli trial erano separati da un intervallo inter-trial (ITI) di 1000ms.

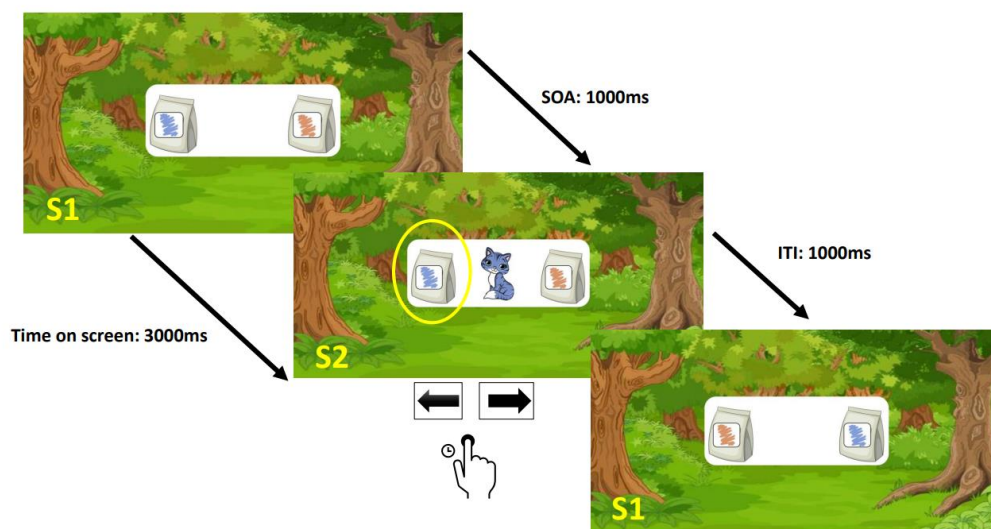


Figura 1: composizione del singolo trial

3.3.4.2 Struttura del compito

Il compito si componeva di 3 blocchi: A, B e AB, per un numero totale di 100 trials e una durata complessiva di 10 minuti. Veniva effettuata poi, all'inizio di ciascun blocco (A, B e AB) un blocco di pratica composto da 10 trials, in modo da verificare che i bambini avessero compreso le istruzioni. Durante la pratica veniva fornito un feedback uditivo in base alla performance di ciascun individuo: in caso di risposte corrette il suono era ad alta frequenza, mentre per le risposte non date o sbagliate veniva fornito un suono a bassa frequenza. Durante i blocchi sperimentali non veniva fornito nessun feedback.

I primi due blocchi, ovvero A e B ("blocchi singoli"), composti da 17 trials ciascuno, richiedevano ai bambini di scegliere il sacchetto corretto sempre sulla base della stessa regola (regola del colore nel blocco A e regola della forma nel blocco B). Per motivare i bambini nel compito, le regole erano presentate da un cagnolino che riferiva le seguenti istruzioni prima del blocco A:

"Strada facendo incontri due simpatici cagnolini e due dolci gattini di colori diversi e decidi di prenderne uno con te per fare un regalo a Maty! Ma i piccoli amici sono affamati: prima di portarli con te dovrai dargli da mangiare. Ricorda che ognuno mangia il suo cibo, quindi dovrai scegliere il sacchetto giusto di volta in volta. Ad esempio: gli animali marroni mangiano solo cibo marrone quindi dovrai scegliere il sacchetto marrone. Al contrario, gli animali blu mangiano solo cibo blu, quindi dovrai scegliere il sacchetto blu."

Le seguenti istruzioni venivano invece fornite all'inizio del blocco B:

"Ben fatto! È l'ora di dargli un dolcetto! Anche stavolta dovrai scegliere il sacchetto giusto! Ricorda! I gattini mangiano solo i loro dolcetti, quindi dovrai scegliere il sacchetto col disegno del gattino. Anche i cagnolini mangiano solo i loro dolcetti, quindi dovrai scegliere il sacchetto col disegno del cagnolino. Ricorda: più veloce della luce ma non sbagliare altrimenti restano senza dolcetto!"

Al termine dei blocchi singoli, veniva presentato il blocco finale AB ("blocco misto") composto da 66 trials. I bambini dovevano scegliere di prova in prova la regola corretta tra le due imparate nei blocchi precedenti (colore e forma). Considerando che il Task switch valuta la flessibilità cognitiva, all'interno di questo blocco è stata manipolata *list wide* la proporzione di task switch trials (in cui si presentava un cambio di regola rispetto al trial precedente) rispetto a quelli di ripetizione (in cui si presentava la stessa regola di selezione del trial precedente), per indagare

se la flessibilità cognitiva fosse influenzata implicitamente dal contesto predittivo. Nello specifico, il blocco in questione era composto da un primo blocco non predittivo (“blocco 50:50”, 33 trials) e di un blocco predittivo (“blocco 75:25, 33 trials). Il blocco non predittivo era caratterizzato dallo stesso numero di trial di switch e di ripetizione, al contrario nel blocco predittivo vi era una maggiore proporzione di trials di ripetizione (75% dei trials), che generava una maggiore aspettativa – e quindi una migliore preparazione motoria - per la comparsa di trial di ripetizione rispetto ai trial di switch. Per motivare i bambini allo svolgimento di questo blocco le istruzioni fornite all’inizio erano le seguenti: *“Oopss... i sacchetti si sono mischiati! D’ora in poi dovrai fare molta attenzione! Ricorda! Se il sacchetto è colorato fa’ attenzione al colore, ma se il sacchetto non è colorato fai attenzione alla forma dell’animale”*.

3.4. Ipotesi sperimentali

Le ipotesi principali indagate all’interno del presente elaborato sono le seguenti:

H1: trattandosi di un compito sperimentale nuovo somministrato per la prima volta è stata indagata la sua adeguatezza e sensibilità nel rilevare gli effetti attesi. In generale ci si aspetta:

- H1a: adeguatezza in termini di difficoltà (accuratezza sopra il 65%) e tempi di reazione complessivamente adeguati.
- H1b: in linea con la letteratura (Rogers & Monsell, 1995) ci si aspetta l’effetto Switch Cost, ovvero dei tempi di reazione più lenti nei trial di switch rispetto ai trial di ripetizione, dovuti ad un rallentamento legato al costo cognitivo associato al dover inibire l’attività in corso (es, compito A) per passare a un compito diverso (compito B) da quello precedente.
- H1c: in linea con la letteratura ci si aspetta l’effetto Mixed Effect Cost (Rubin & Meiran, 2005), ovvero un effetto del blocco caratterizzato da tempi di reazione maggiori nei blocchi misti (con presenza di compiti A e B) rispetto ai blocchi singoli (solo compito A o B). Questa differenza di prestazione sarebbe dovuta ad una maggiore richiesta di risorse cognitive nei blocchi misti che prevedono l’esecuzione di due compiti in contemporanea.

H2: ci si attende che la manipolazione legata all’utilizzo del blocco predittivo e non predittivo nel blocco misto abbia indotto controllo cognitivo adattivo. Nello specifico ci attendiamo che l’effetto Switch Cost Globale (differenza nei tempi di reazione tra i trial di switch e di ripetizione) sia maggiore nel blocco predittivo rispetto al blocco non predittivo

H3: ci si aspetta un effetto del fattore tempo sulla prestazione dei partecipanti. Nello specifico ci si attende:

- H3a: in assenza di effetto apprendimento/pratica ci si aspettava un invariato *Switch Cost Globale e Mixed cost effect* tra le due fasi di valutazione; al contrario, in presenza di effetto apprendimento/ pratica ci si aspettava un miglioramento di tali indici.
- H3b: Si ipotizza che la flessibilità cognitiva sia modellata sulla base del contesto predittivo. in particolare, ci si aspetta una performance globalmente influenzata nel blocco misto 75:25 con una performance più veloce nei trial di ripetizione laddove si presentano in maniera statisticamente più frequentemente. In tal caso il valore dello Switch Cost dovrebbe essere maggiore perché c'è maggiore differenza nei tempi di reazione tra le prove di switch e quelle di ripetizione. Per valutare tale adattamento è stato calcolato il Delta Switch Cost Adaptive come la differenza fra l'effetto Switch Cost nel blocco predittivo e l'effetto Switch Cost nel blocco non predittivo. Punteggi positivi di questo delta dovrebbero riflettere la presenza di adattamento al contesto probabilistico del compito. Analogamente a quanto atteso per gli effetti globali, anche nel caso degli effetti adattivi ci si aspettava un invariato Delta *Switch Cost Adaptive* tra le due fasi di valutazione in assenza di effetto apprendimento/pratica. Al contrario, nel caso in cui il compito fosse sensibile ad effetti di apprendimento/pratica ci si aspettava un miglioramento della prestazione in termini di controllo adattivo.

3.5 Analisi dei dati

La ricerca svolta ha utilizzato un disegno sperimentale misto: 2(classe) x 2 (tempo di valutazione) x 2 (tipi di trial) x 2 (blocco). Le Variabili Indipendenti coinvolte si componevano dei seguenti livelli:

- **Classe:** Materna vs Seconda-Terza elementare; si è deciso di valutare se gli effetti all'interno del compito fossero influenzati dalla scolarità dei partecipanti.
- **Tempo di valutazione:** t0 (prima fase di valutazione) vs t1 (seconda fase di valutazione); è stato effettuato un confronto tra le due fasi per verificare la presenza di effetti di apprendimento/pratica nella prestazione al compito
- **Tipo di trial:** Ripetizione vs Switch; è stato valutato l'effetto dei due tipi di trial sulla prestazione in quanto ci si aspetta tempi di reazione più rapidi nei trial di ripetizione

rispetto a quelli di switch a causa dell'attivazione contemporanea di due set mentali differenti, questi ultimi richiedono.

- **Blocco:** Misto vs Single; il confronto serve per valutare l'effetto del tipo di blocco sulla prestazione. In quanto si ipotizza che i partecipanti abbiano tempi di reazione più rapidi nei blocchi singoli rispetto ai blocchi misti.

Come Variabili Dipendenti sono state analizzate:

- **Tempi di Reazione:** misurati in millisecondi (ms) a partire dalla comparsa del target. I tempi di reazione sono stati poi trasformati logaritmicamente al fine di normalizzare la distribuzione dei dati
- **Effetto Switch Cost Globale:** ovvero la misura che riflette l'impegno cognitivo associato alla riconfigurazione del set di regole rispetto a quello precedentemente attivato oppure alla risoluzione dell'interferenza che il partecipante si trova ad affrontare durante l'alternanza tra compiti diversi. Questa misura si riflette a livello comportamentale in un aumento dei tempi di reazione nella condizione di switch (Eckart et al., 2021).
- **Delta Switch Cost Adaptive:** il dato è il risultato della differenza tra il valore dello Switch Cost Globale nel blocco predittivo non predittivo all'interno del blocco misto. Ci si attende che la manipolazione list wide determini una differenza tra trial (switch e ripetizione) nel blocco predittivo maggiore perché la ripetizione è facilitata dalla maggior frequenza di comparsa dei trial di ripetizione, mentre una differenza minore tra i trial nel blocco non predittivo perché la proporzione di comparsa dei trial di ripetizione è uguale a quella dei trial di switch. In conclusione, la differenza tra i due blocchi, se l'adattamento e la facilitazione è avvenuta con successo, deve essere positiva.

$$\text{Switch Cost Adaptive} = A - B$$

A: switch – repeat (blocco predittivo 75:25)

B: switch – repeat (blocco non predittivo 50:50)

L'ipotesi H1 è stata indagata mediante visualizzazione grafica dei dati. Per testare H1b e H1c sono stati analizzati i tempi di reazione separatamente per le due fasi di valutazione, fittando dei modelli lineari misti (LMMs) con intercetta random per il soggetto. In questo caso sono stati inseriti come variabili dipendenti i tempi di reazione trasformati logaritmicamente per

normalizzare la distribuzione dei dati. Al fine di individuare il modello che spiegasse la maggiore varianza dei dati, sono stati confrontati mediante Akaiake Information Criterion (AIC) diversi LMMs con le seguenti variabili indipendenti: tipo di trial, blocco, classe. È stato scelto il modello con il valore AIC più basso che è risultato differente nei due tempi di valutazione. Nello specifico al tempo t0 il modello più adeguato a spiegare la varianza dei dati è risultato essere quello con blocco e scolarità come variabili dipendenti; invece, al tempo t1 il modello più adeguato è risultato essere quello con scolarità e tipo di trial come variabile dipendente. L'ipotesi H2 è stata indagata a livello esplorativo mediante visualizzazione grafica dei dati. Continuando, l'ipotesi H3a è stata testata fittando un LMM con variabile dipendente l'effetto Switch Cost Globale e variabile indipendente il tempo di valutazione e la classe. Il modello più adeguato secondo il criterio AIC è quello con entrambe le variabili considerate: tempo di valutazione e classe. Infine, l'ipotesi H3b è stata analizzata individuando come LMM più adeguato quello con variabile dipendente il delta dello Switch Cost Adaptive e come variabili indipendenti il tempo di valutazione e la classe.

4. RISULTATI

4.1 H1: adeguatezza e sensibilità del compito TS

4.1.1 H1a: Accuratezza e Tempi di reazione

Per quanto riguarda i dati sull'accuratezza, complessivamente è possibile osservare un *ceiling effect* in seconda e in terza elementare durante entrambe le fasi di valutazione, ovvero un'accuratezza totale alla prova al di sopra del 95%. Ciò potrebbe riflettere una eccessiva facilità del compito in queste classi, comportando di fatto una riduzione degli effetti attesi. Per quanto riguarda i bambini della scuola materna, la prestazione è stata complessivamente positiva (sopra al 75%) e si osserva netto miglioramento della performance dalla prima alla seconda fase di valutazione, in cui vi è una riduzione della varianza tra i soggetti (Figura 2). Questo miglioramento può essere dovuto ad aspetti maturazionali o di familiarità con il compito e procedure utilizzate.

Allo stesso tempo, anche i dati riferiti ai tempi di reazione hanno supportato l'ipotesi sperimentale. Infatti, i tempi di reazione di tutti i bambini sono risultati adeguati e si osserva la tendenza evolutiva attesa per cui i bambini frequentanti la scuola elementare hanno eseguito più velocemente il compito rispetto ai bambini della materna. Inoltre, entrambi i gruppi hanno migliorato la loro velocità di risposta tra il primo e il secondo tempo di valutazione (Figura 3).

Complessivamente, dunque il compito è risultato adeguato alle capacità dei bambini.

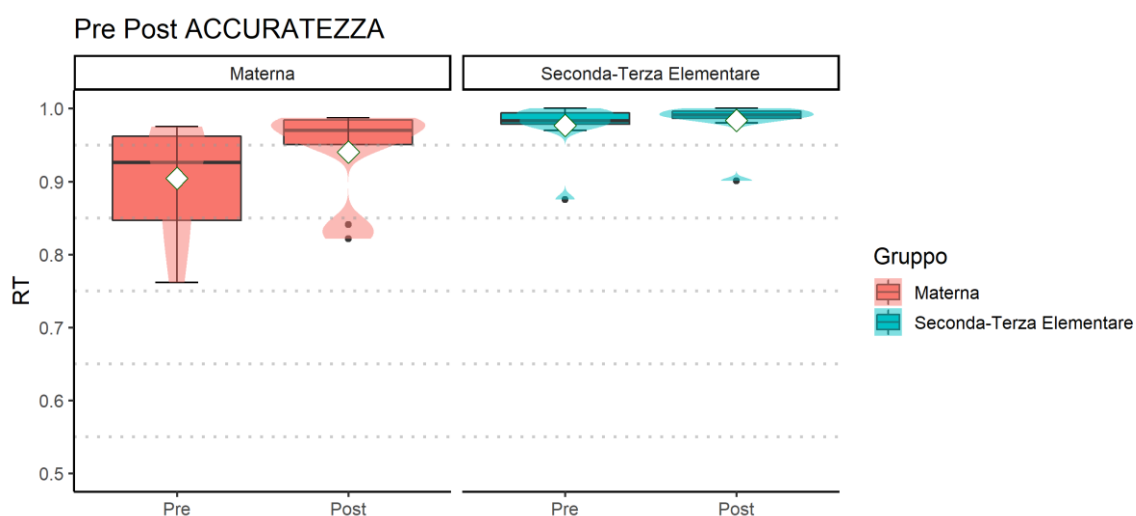


Figura 2: Descrizione dei dati relativi all'accuratezza nella prima e nella seconda valutazione per le classi di interesse. Si può notare un effetto ceiling per la scuola elementare e un forte miglioramento nei due tempi nella scuola materna.

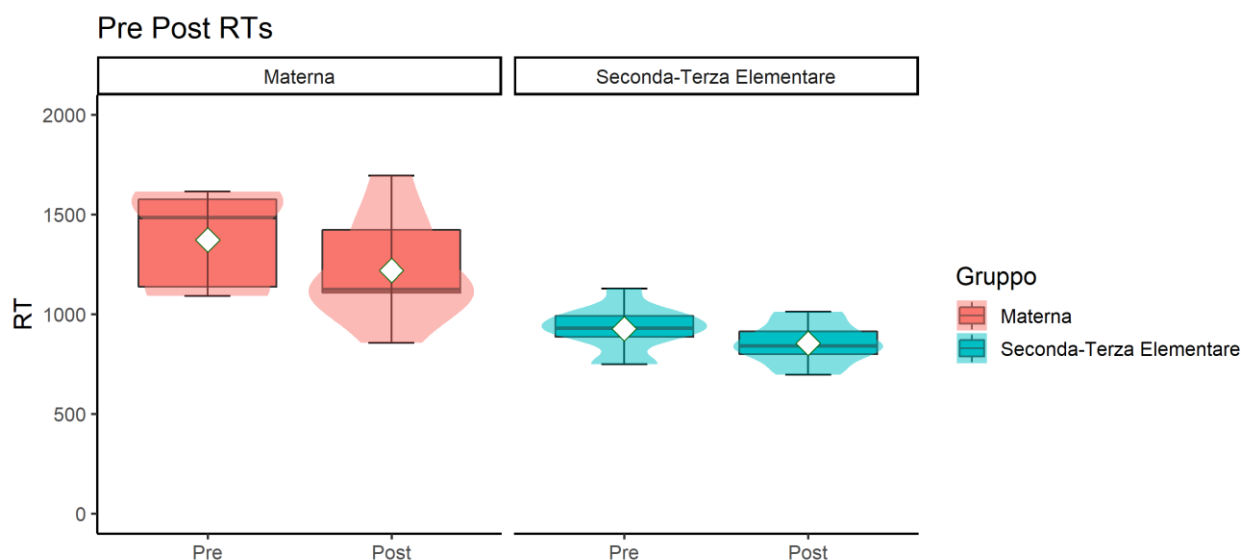


Figura 3: Descrizione dei tempi di reazione nella prima e nella seconda fase di valutazione nei due gruppi di interesse. Si nota complessivamente una migliore performance nella scuola elementare, ma in entrambi i gruppi avviene un miglioramento e quindi una maggiore velocità di risposta nel tempo t1.

4.1.2 H1b e H1c Effetto del Trial ed Effetto del blocco

L'analisi sugli effetti del trial e del tipo di blocco sui tempi di reazione ci ha consentito di verificare la sensibilità del compito nel determinare gli effetti attesi (Switch Cost e Mixed Effect Cost).

Prima fase di valutazione (t0)

Nella prima fase di valutazione il LMM più adeguato non comprendeva come variabile indipendente il tipo di trial; di conseguenza, questa variabile non sembra aver influenzato in maniera rilevante i tempi di reazione dei soggetti. Infatti, come osservabile in Figura 4 (effetto trial), non emergono particolari differenze nelle prestazioni ai trial di switch e di ripetizione, anche se è possibile notare una leggera tendenza in entrambe le classi ad essere più veloci nei trial di ripetizione, come atteso.

I risultati del LMM hanno fatto emergere invece un effetto principale della scolarità ($F_{(1, 20.801)} = 31.7726, p < .001$) come spiegazione della varianza dei dati. Come è possibile osservare in Figura 5 l'effetto blocco emerso, seppur non significativo, non è in linea con quello atteso (osserviamo tempi di reazione più veloci nel blocco misto rispetto ai blocchi singoli) al contrario, l'effetto atteso prevederebbe tempi di reazione più veloci nel blocco singolo rispetto

ai blocchi misti, a causa del maggior carico cognitivo associato al mantenimento di due set di regole che entrano in conflitto tra loro; invece, come atteso osserviamo l'effetto della scolarità, ovvero che complessivamente i bambini frequentanti la seconda e la terza elementare hanno ottenuto una performance migliore rispetto ai bambini della scuola materna. I dati relativi alla performance nei due tipi di blocco sono raffigurati in Figura 6, dove si osserva la tendenza opposta a quanto ci si aspettava. Sembra infatti che sia i bambini della scuola elementare sia quelli della scuola materna abbiano svolto meglio il blocco misto, rispetto al blocco singolo. Questo potrebbe essere dovuto alla natura proattiva del compito (nei blocchi misti i bambini potevano prepararsi in anticipo al tipo di regola che avrebbero adottato dal momento che il cue S1 forniva questa informazione prima della comparsa del target).

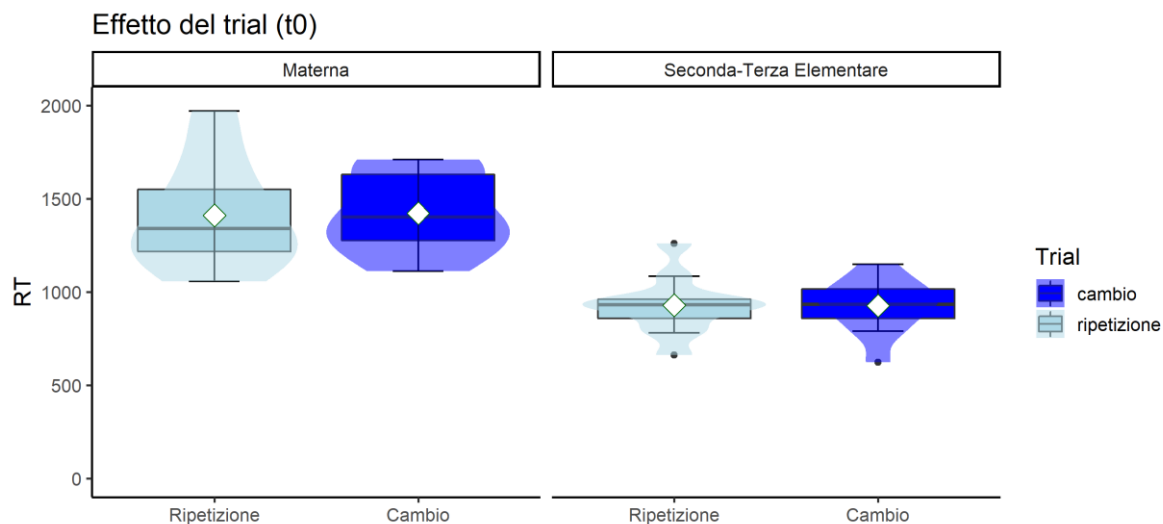


Figura 4: Descrizione tempi di reazione all'interno dei trial di switch e di ripetizione nel tempo t0 all'interno dei gruppi di interesse. I trial di switch mostrano una prestazione migliore in entrambe le classi, rispetto al trial di switch che mostra dei TR maggiori

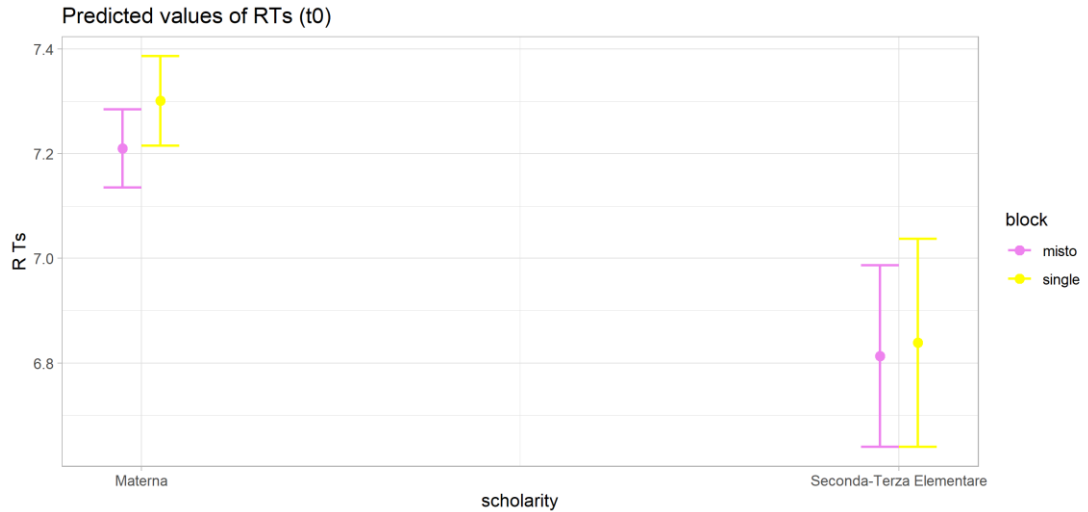


Figura 5: Confronto specifico dei tempi di reazione dei due gruppi partecipanti nei blocchi singoli e nel blocco misto.

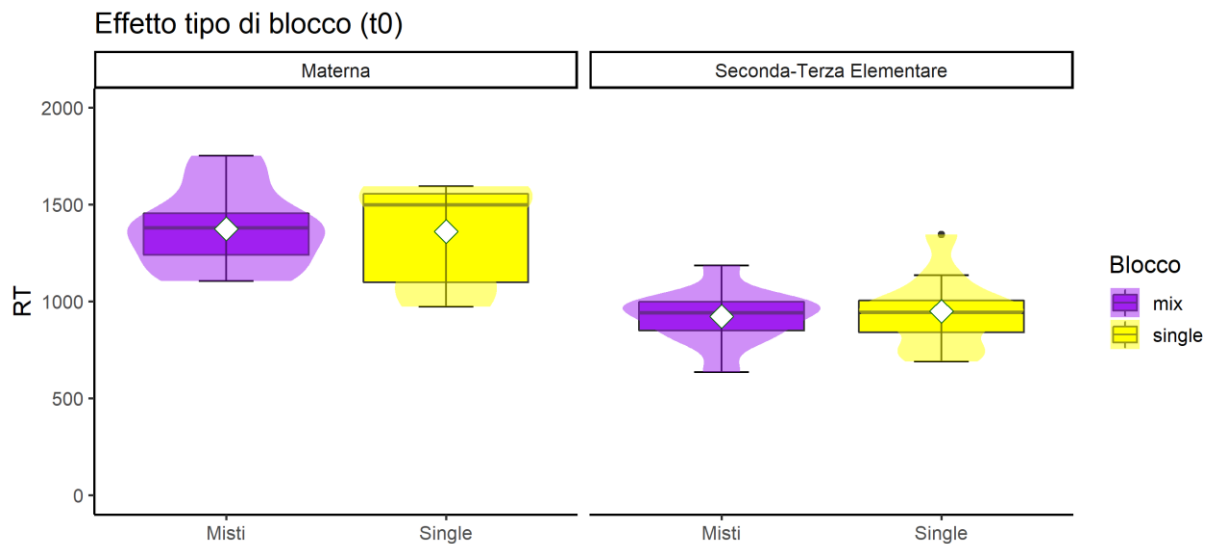


Figura 6: Effetto blocco nel tempo t0. Confronto dei tempi di reazione nei blocchi singoli e misti nelle due classi partecipanti.

Seconda fase di valutazione (t1)

Durante la seconda fase di valutazione, il LMM più adeguato non comprendeva come variabile indipendente il tipo di blocco; di conseguenza, questa variabile non sembra aver influenzato in maniera rilevante i tempi di reazione dei soggetti. Infatti, come osservabile in Figura 7, non emergono particolari differenze nelle prestazioni tra i blocchi singoli e il blocco misto, anche se è possibile notare una leggera tendenza in entrambe le classi ad essere più veloci nei blocchi singoli, come atteso.

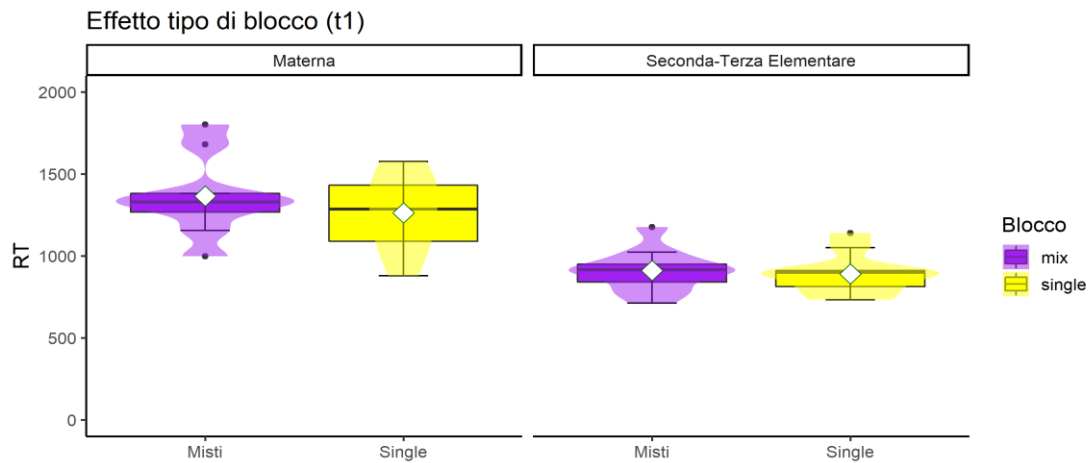


Figura 7: Effetto del blocco nel tempo t1. Confronto dei tempi di reazione nei blocchi singoli e misti all'interno delle due classi partecipanti.

I risultati del LMM hanno messo in luce un effetto significativo della scolarità ($F(1, 18.121) = 33.2539, p < .001$). Osservando la Figura 10, si nota che seppur non significativo, l'effetto del trial va nella direzione attesa, in quanto entrambi i gruppi sono tendenzialmente più veloci nei trial di ripetizione rispetto ai trial di switch. Inoltre, come atteso osserviamo l'effetto della scolarità, ovvero che complessivamente i bambini frequentanti la seconda e la terza elementare hanno performato meglio rispetto ai bambini della scuola materna. I dati relativi alla performance nei due tipi di blocco sono raffigurati in Figura 8 e Figura 9, dove si osserva che complessivamente i bambini frequentanti la scuola materna hanno ottenuto una prestazione peggiore rispetto al gruppo di confronto e che entrambi i gruppi sono stati più rapidi più rapidi a rispondere nei trial di ripetizione rispetto ai trial di switch.

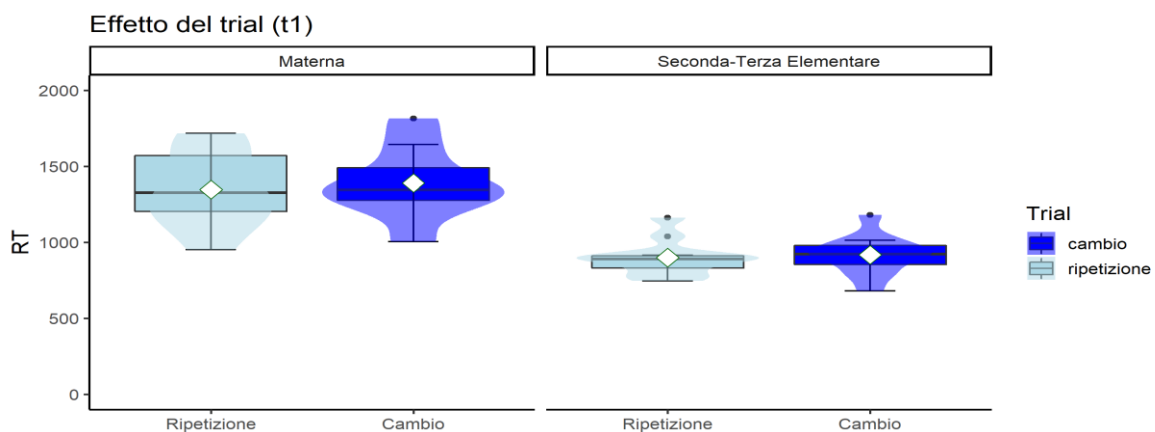
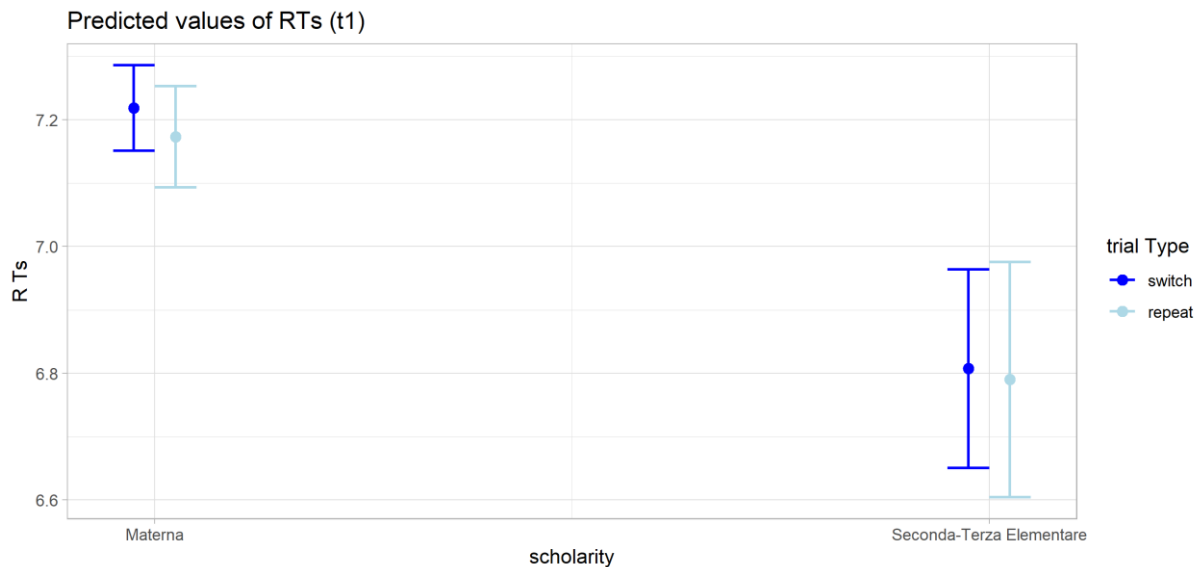


Fig. 8: Descrizione dei tempi di reazione dei trial di switch e di ripetizione nel tempo t1 all'interno dei due gruppi di interesse. Come ci si aspettava i partecipanti hanno performato meglio nei trial di ripetizione rispetto a quelli di switch



. Fig. 9: Confronto dettagliato dei tempi di reazione nel tempo di valutazione t1 nei trial di ripetizione e di switch.

4.2 H2: efficacia della manipolazione adattiva

Per verificare se vi è stato adattamento al contesto predittivo del compito, sono stati analizzati i grafici relativi alla prestazione in termini di velocità nel blocco predittivo e in quello non predittivo. In entrambe le fasi di valutazione (Figura 10 e 11), al contrario di quanto atteso, solo il gruppo della scuola materna sembra aver avuto una facilitazione nella prestazione ai trial di ripetizione del blocco predittivo rispetto a quelli del blocco non predittivo. Al contrario, i bambini della scuola elementare mostrano nel blocco predittivo un dato inatteso, ovvero tempi di reazione maggiori per i trial di ripetizione rispetto a quelli di switch. Complessivamente, dunque, solo i bambini della scuola materna sembrano aver mostrato un adattamento comportamentale implicito nel blocco predittivo, manifestando maggiori differenze tra i trial di ripetizione e di switch rispetto al blocco non predittivo. Ciò potrebbe riflettere una maggiore sensibilità del compito nel rilevare aspetti del controllo cognitivo adattivo in questa fascia scolare, in linea con i risultati di accuratezza che suggeriscono prestazioni a soffitto nei bambini delle classi seconde e terze elementari.

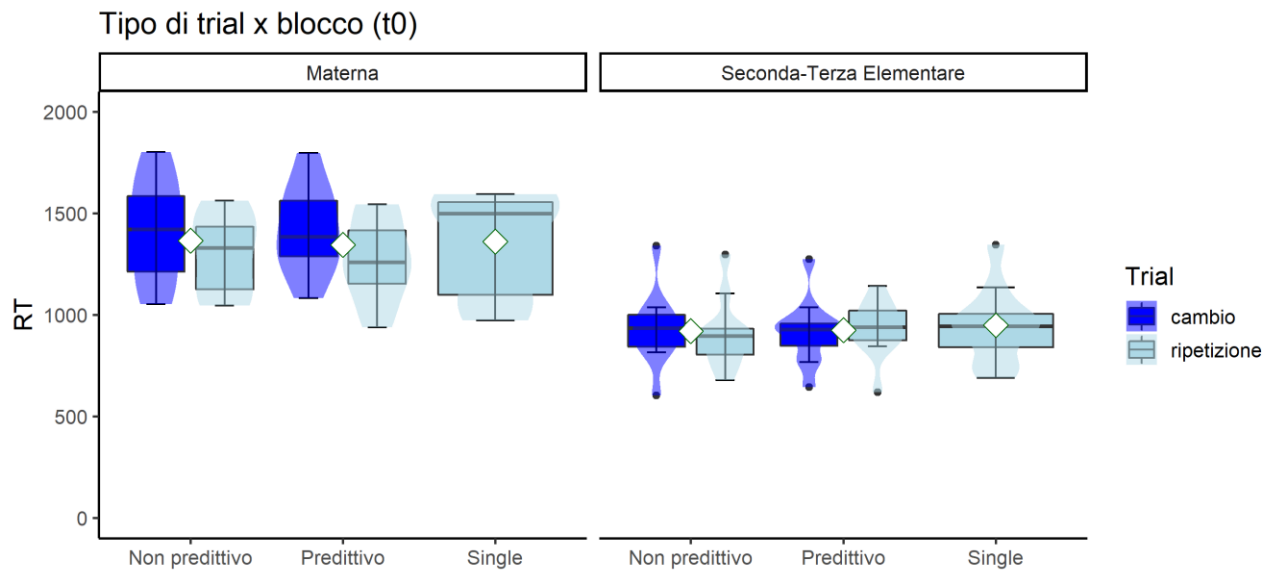


Figura 10: Confronto dei trial di ripetizione e switch nei diversi tipi di blocchi previsti dal compito (blocchi singoli, blocco predittivo e non predittivo del blocco misto) nei gruppi presi in considerazione.

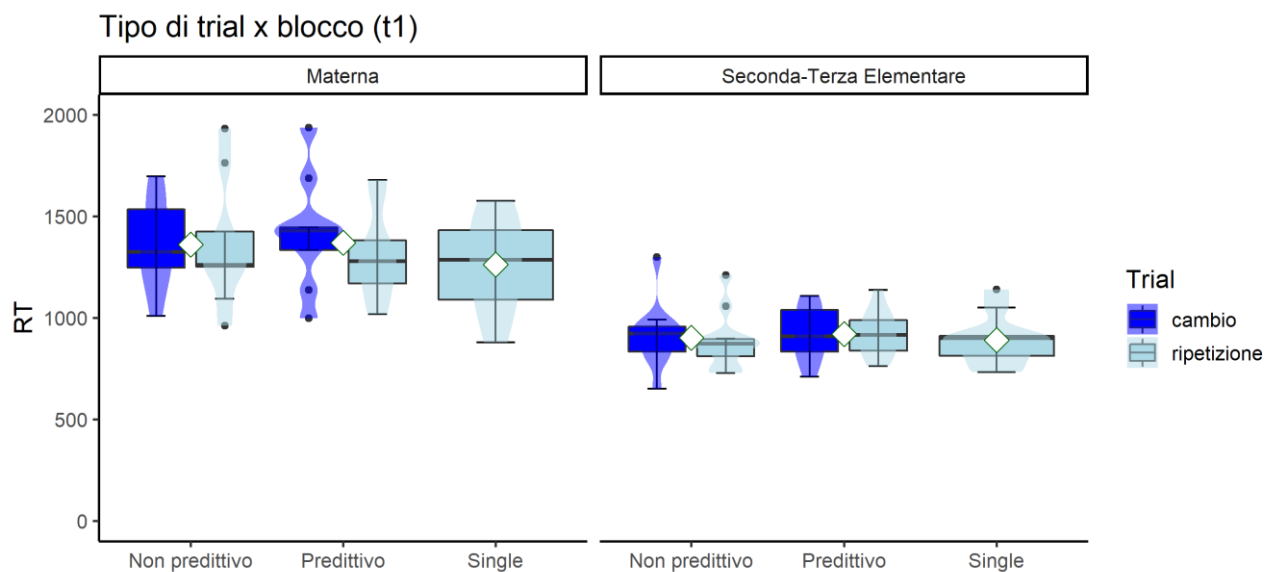


Figura 11: Confronto dei trial di ripetizione e switch nei diversi blocchi previsti dal compito (blocchi singoli, blocco predittivo e non predittivo) nei gruppi presi in considerazione.

4.3 H3: traiettorie evolutive della flessibilità cognitiva

4.3.1 H3a: Effetto Switch Cost Globale

L'indice Switch Cost Globale emerge dalla differenza tra le medie dell'insieme dei tempi di reazione totali nei trial di switch e di ripetizione all'interno del blocco misto. I risultati del LMM

hanno messo in luce un'interazione significativa tra il tempo e la scolarità ($F_{(1,18)} = 5.0489$, $p = 0.0374$). Analizzando i confronti appaiati fra i gruppi è emersa una differenza significativa nel gruppo dei bambini della scuola materna tra le due fasi di valutazione ($t_{(19)} = 2.877$, $p = .01$), come osservabile in figura 12. L'ipotesi che non ci siano delle effettive differenze nelle due fasi di valutazione è stata dunque solo parzialmente confermata. Come si può vedere nel grafico raffigurante i dati emersi (Figura 13), il gruppo composto dai bambini frequentanti la scuola elementare non mostra particolari differenze tra il tempo t0 e il tempo t1 in termini di Switch Cost Globale, mentre il gruppo composto dai bambini della scuola materna mostra una forte diminuzione dell'effetto. Questa riduzione potrebbe riflettere una minore interferenza legata ai trial di switch e, di conseguenza, una migliore flessibilità cognitiva.

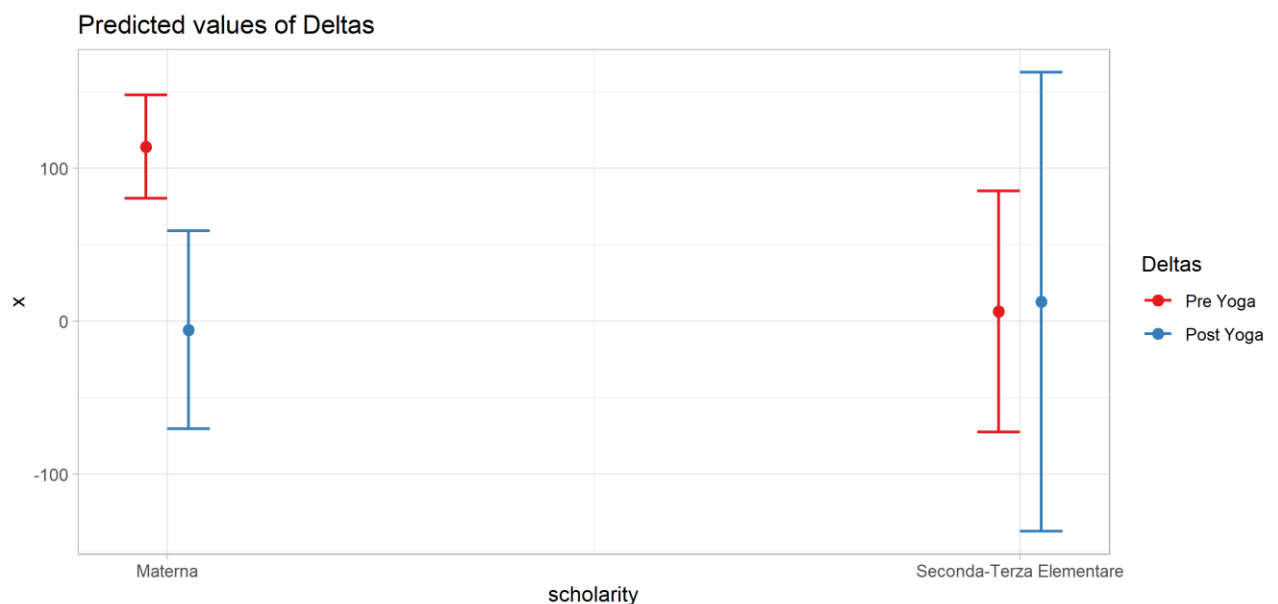


Figura 12: Confronto dei valori dello Switch Cost Globale nella scuola materna e nella scuola elementare per le due fasi di valutazione

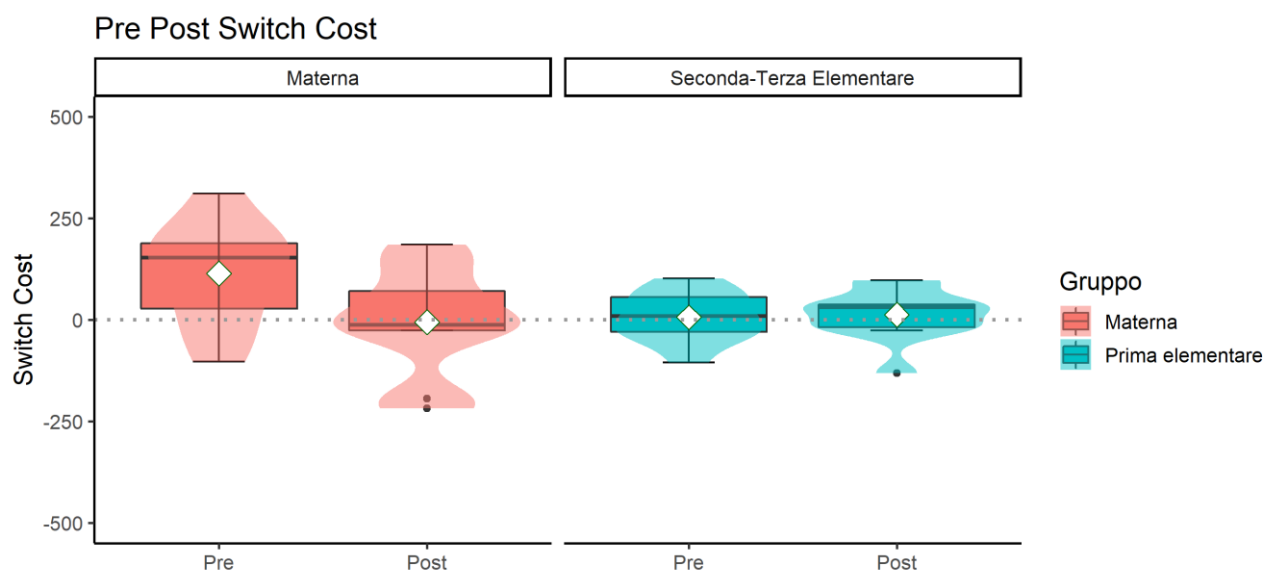


Figura 13: Confronto dell'effetto Switch Cost Globale nelle due fasi di valutazione e nei due gruppi partecipanti

4.3.2 H3b: delta Switch Cost Adaptive

Il delta Switch Cost Adaptive viene calcolato dalla differenza tra lo switch cost nel blocco predittivo (75: 25) e lo switch cost del blocco non predittivo (50:50). Il delta risultante dovrebbe essere positivo, nel momento in cui l'adattamento al blocco è avvenuto con successo, in quanto ci attendiamo uno Switch Cost Globale maggiore nel blocco predittivo. I risultati del LMM non hanno messo in luce nessun effetto significativo (Figura 14). I dati relativi al delta sono raffigurati in Figura 15. Complessivamente, in linea con quanto riportato a livello qualitativo per l'H2, il delta è positivo e quindi c'è stato adattamento solo nella classe materna. Rispetto alla prima fase di valutazione, seppur in maniera qualitativa, è possibile osservare una lieve riduzione del delta nella classe materna, rimanendo comunque un dato positivo e un lieve aumento del delta nelle classi seconde e terze elementari. Probabilmente la facilità del compito e la continua presentazione dei trial di ripetizione nel blocco predittivo, ha fatto sì che rispondessero con maggiore velocità alle prove di switch considerate una "novità", così che il valore dello switch cost sia minore di quanto ci si aspettasse dalle ipotesi preliminari.

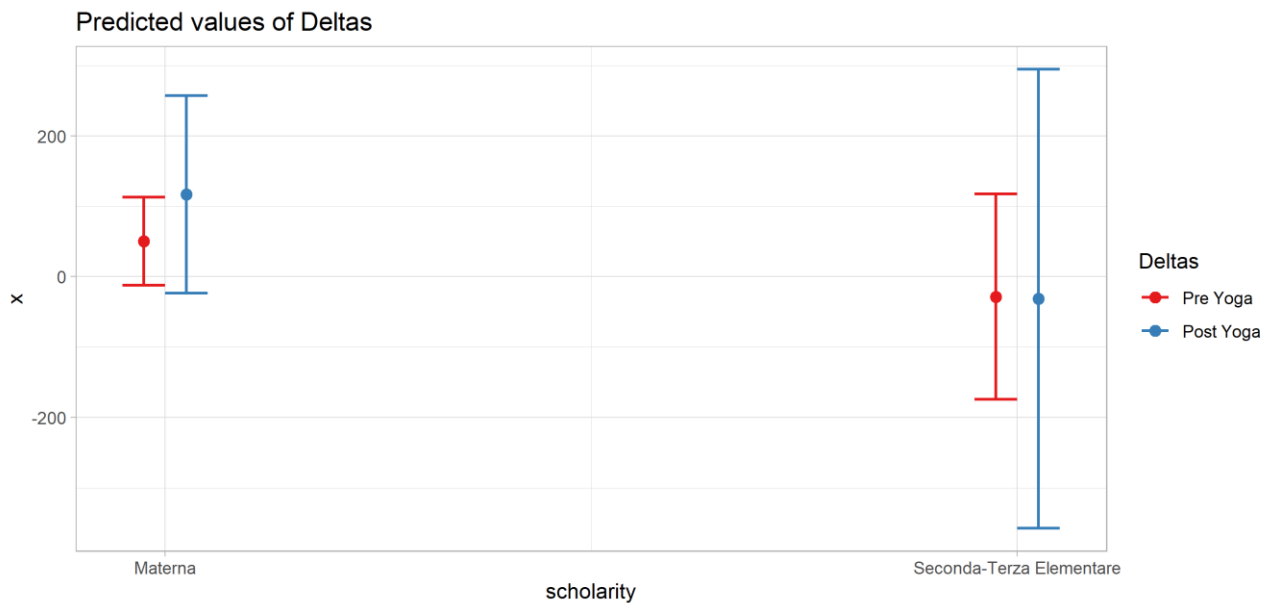


Figura 14: Confronto del delta Switch Cost Adaptive nei due gruppi presi in considerazione per le due fasi di valutazione

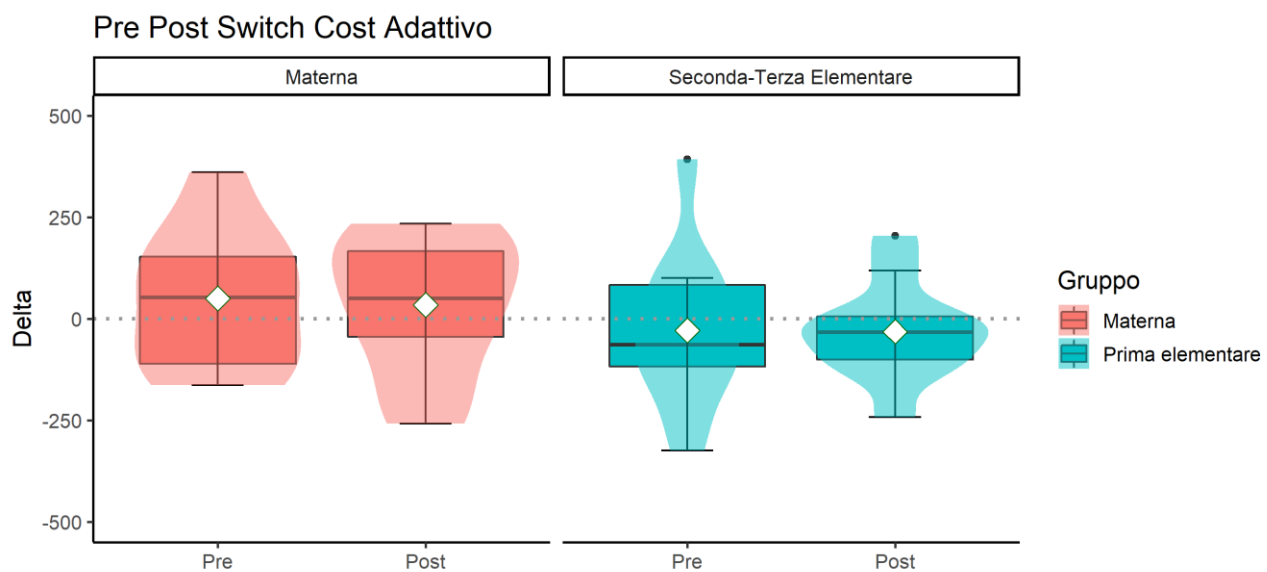


Figura 15: Confronto del valore delta Switch Cost Adaptive nelle due fasi di valutazione

4.4 Questionari

L'ipotesi preliminare che i punteggi dei questionari CPRS-R – Conners Rating Scales Revised Parent version (Conners et al., 1998) e il PSI-Parenting Stress Index (Abidin, 2012) dei genitori e degli insegnanti non si modificassero dalla prima alla seconda fase di valutazione è stata parzialmente confermata. Il confronto dei punteggi compilati nei due momenti è avvenuto tramite un *paired t-test*. Complessivamente, sono emerse differenze solo all'interno dei

punteggi relativi alla seconda e alla terza classe della scuola elementare. Il numero totale di genitori ha compilato il questionario sia al tempo t0 che al tempo t1, e che dunque sono stati inclusi in queste analisi, è 10. Le tabelle con i punteggi grezzi si trovano in *Appendice*.

Genitori

Parenting Stress Index (PSI)

Il PSI misura il grado di stress nel rapporto con il figlio, rilevando in particolar modo il distress genitoriale, l'interazione genitore-bambino disfunzionale e le caratteristiche del bambino stesso. L'insieme di queste sottoscale fornisce un valore dello stress totale percepito. Nell'analisi dei questionari inviati ai genitori si mostra una differenza significativa nei punteggi alla sottoscala "bambino difficile", nelle classi seconde e terze elementari ($t(7) = -2.72, p = 0.0296$). tale scala, misura la difficoltà percepita da parte dei genitori nella gestione del figlio. Come si nota nel grafico (Figura 16) vi è un aumento del punteggio a tale scala tra la prima e la seconda fase di valutazione nel gruppo della seconda e terza elementare, suggerendo che i genitori abbiano percepito una difficoltà maggiore nella gestione del figlio nella seconda fase di valutazione. Un leggero aumento si nota anche nel gruppo della scuola materna, ma non risulta essere significativo nell'analisi statistica.

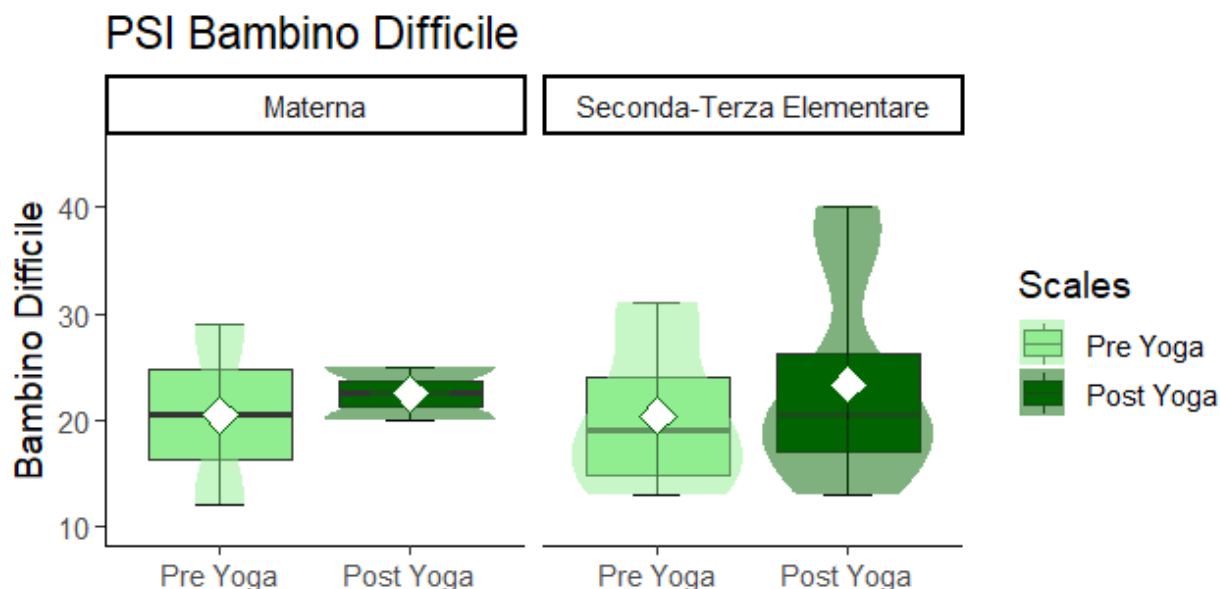


Figura 16: Confronto delle medie dei punteggi nella prima e seconda fase di valutazione nei due gruppi di riferimento all'interno della sottoscala "bambino difficile" del questionario PSI.

Un ulteriore dato significativo all'interno del PSI è stato individuato nel punteggio totale del questionario sempre nelle classi seconde e terze elementari ($t(7) = -2.42, p = 0.046$) in cui si è osservato un aumento dello stress percepito totale tra la prima fase e la seconda fase di valutazione, come si può notare dal grafico riportato (Figura 17). I dati grezzi si trovano in *Appendice C*.

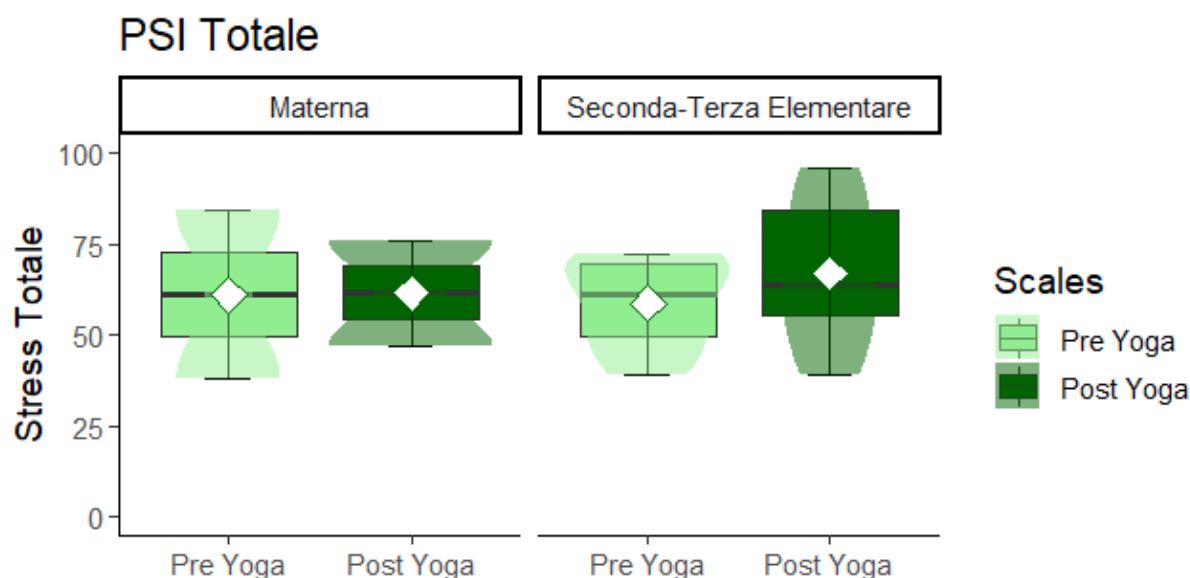


Figura 17: Confronto delle medie dei punteggi nella prima e seconda fase di valutazione nei due gruppi di riferimento all'interno del punteggio PSI totale.

Conners Parent rating Scale- revised (CPRS-R)

Il CPRS-R è un questionario che indaga il comportamento del bambino nell'ultimo mese, proponendo a chi lo compila una serie di affermazioni che hanno lo scopo di descrivere il bambino nella vita di tutti i giorni. Le sottoscale che lo compongono sono le seguenti: Oppositività, Problemi cognitivi/disattenzione, Iperattività, Ansia/timidezza, Perfezionismo e Problemi sociali. Nelle classi seconde e terze sono emerse differenze significative tra le due fasi di valutazione alle sottoscale Iperattività ($t(7) = -2.64, p = 0.0331$) e Perfezionismo ($t(7) = -2.64, p = 0.0331$). Come si può vedere in figura 18 e 19 nel gruppo della scuola elementare nella seconda fase valutazione vi è stato un aumento sia dell'iperattività sia dei tratti di Perfezionismo, come giudicati dai genitori, rispetto alla prima fase di valutazione. I dati grezzi si trovano in *Appendice A*.

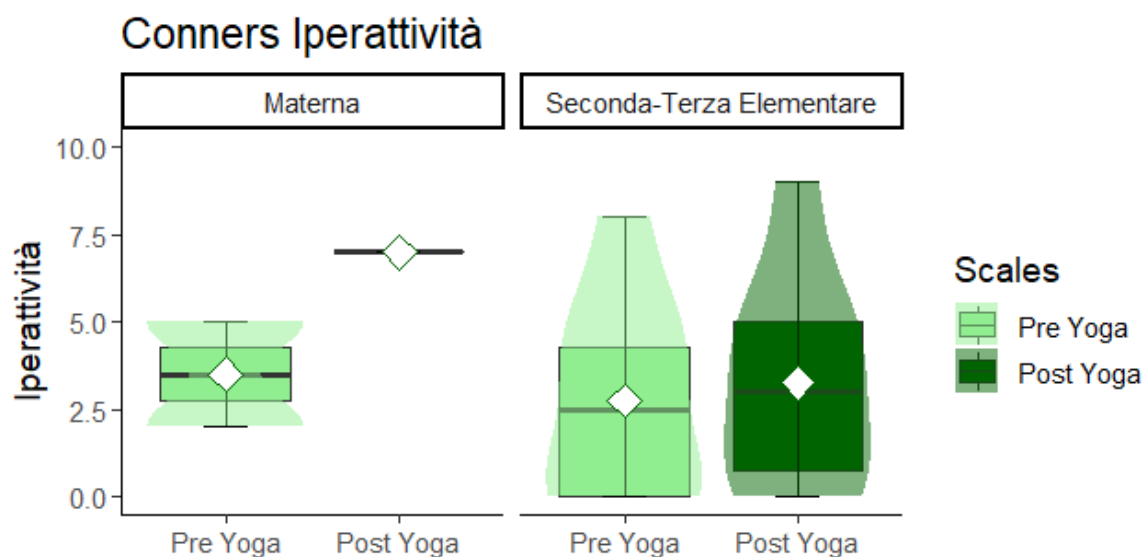


Figura 18: Confronto delle medie della sottoscala dell'iperattività del CPRS-R dei genitori

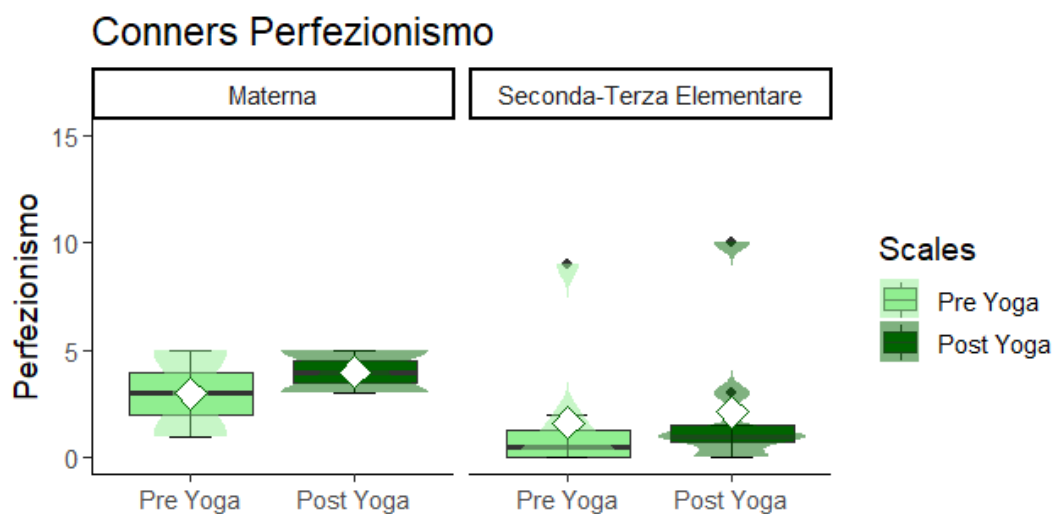


Figura 19: Confronto delle medie della sottoscala del perfezionismo del CPRS-R dei genitori

Insegnanti

Complessivamente, i questionari sono stati compilati per sole tre classi in entrambe le fasi di valutazione e dunque non sono state condotte analisi statistiche. Le tabelle con i punteggi grezzi per il CPRS-R si trovano in *Appendice B*.

Stress percepito

Agli insegnanti è stato richiesto di indicare su una scala da 0 a 10 il loro grado di stress percepito relativamente allo svolgimento della didattica in ciascuna classe. I risultati sono riportati in Figura 20, dove si evince un incremento del livello di stress percepito nel lavoro con gli alunni della seconda e della terza elementare rispetto alla prima fase di valutazione. Al contrario, i dati relativi alla scuola materna non hanno subito alcuna variazione (Figura 20). i dati grezzi si trovano in *Appendice D*.

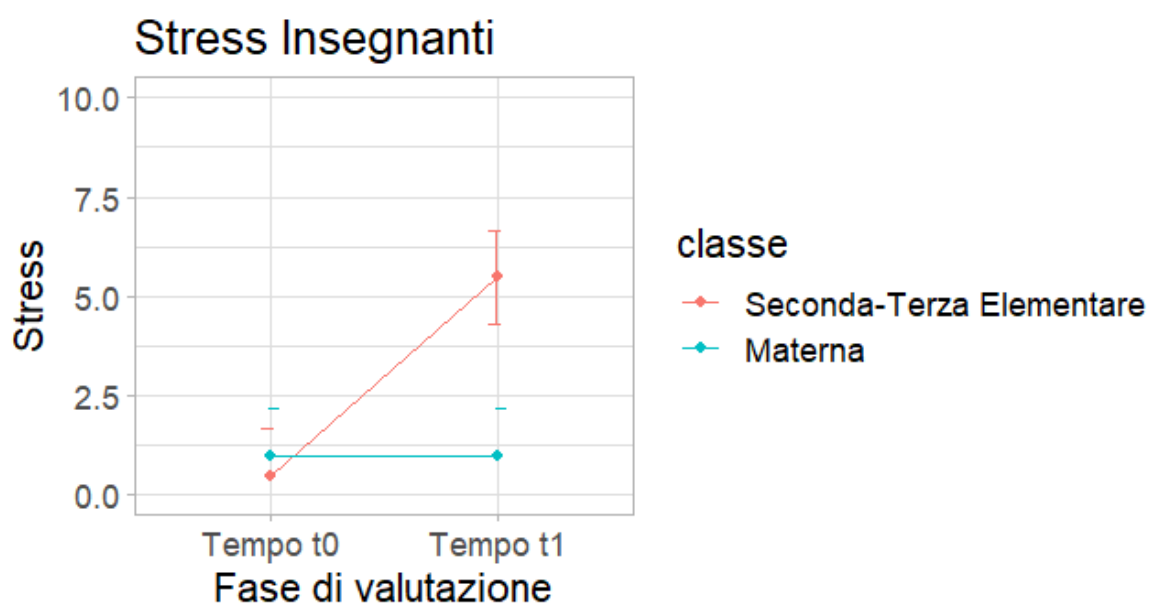


Figura 20: Descrizione del livello di stress percepito dagli insegnanti durante la didattica nel primo e nel secondo tempo di valutazione

5. DISCUSSIONE

Nel presente elaborato è stato presentato il progetto “Attenzione e Concentrazione a scuola: Traiettorie evolutive e differenze individuali” di cui è responsabile scientifico il prof. Giovanni Mento. Lo scopo era quello di indagare le traiettorie evolutive del controllo cognitivo adattivo, verificando come le capacità di apprendimento implicito delle regolarità contestuali facilitino la prestazione comportamentale in soggetti in età evolutiva. In particolare, si è andata a confrontare la performance di bambini frequentanti l’ultimo anno della scuola materna (N=9, 4-5 anni) con bambini frequentanti la seconda e la terza elementare (N=11, 7-9 anni). A tal fine è stata utilizzata una versione modificata del compito sperimentale *Task Switch* (TS, (Rogers & Monsell, 1995) che ha permesso di studiare mediante una manipolazione *block-wise* delle proporzioni di trial di switch e di ripetizione, la capacità di ottimizzare la flessibilità cognitiva in base alla predicibilità insita nel compito.

Ad un primo livello di analisi il compito è risultato adeguato alle competenze dei bambini in quanto sia i livelli di accuratezza che di velocità sono risultati adeguati. Inoltre, in entrambe le fasi di valutazione si osserva il trend evolutivo atteso per cui i bambini della scuola materna hanno avuto complessivamente una performance peggiore rispetto al gruppo della scuola elementare (Dibbets & Jolles, 2006). Un aspetto importante da attenzionare riguarda l’accuratezza al compito dei bambini delle classi seconde e terze elementari, che è risultata molto elevata (95%). Questo suggerisce che il compito era probabilmente troppo semplice per queste classi. Una seconda ipotesi è che l’effetto ceiling potrebbe essere dovuto alla natura proattiva del compito. Infatti, prima della comparsa del target il cue visivo S1 permetteva di prepararsi nella scelta della regola da utilizzare e ciò potrebbe aver ridotto la sensibilità del compito di rilevare gli effetti attesi in queste classi. È noto che l’utilizzo del controllo cognitivo di tipo proattivo permette di mantenere le informazioni in memoria di lavoro in maniera sostenuta, garantendo al soggetto un’adeguata preparazione all’azione e di conseguenza permette di essere più rapidi ed accurati nella risposta (Mäki-Marttunen et al., 2019). Il confronto tra le due fasi di valutazione ha messo in luce un miglioramento (minor tempi di reazione e maggiore accuratezza) in entrambi i gruppi che può essere dovuto ad aspetti di natura evolutiva oppure ad una maggiore familiarità e un effetto di apprendimento/pratica con la procedura sperimentale. È infatti complicato disambiguare l’aspetto maturazionale dall’effetto pratica per cui entrambe le ipotesi potrebbero essere veritiere, bisognerebbe approfondire l’argomento in studi futuri. In linea con quanto sopra riportato, il compito non sembra esser stato efficace nel determinare gli effetti attesi (Switch Cost Globale e Mixed Effect). Infatti,

l'analisi degli effetti del tipo di trial (switch vs ripetizione) e del tipo di blocco (singolo vs misto) non ha rilevato alcuna influenza significativa degli stessi sui tempi di reazione. Tuttavia, a livello qualitativo si osservano tempi di reazione più veloci nei trial di ripetizione rispetto ai trial di switch come atteso. Questo è in linea con quanto atteso in base ai dati della letteratura (Monsell, 2003). Anche i risultati relativi all'effetto misto non sono stati confermati. Complessivamente i bambini della scuola elementare hanno performato meglio rispetto ai bambini della scuola materna, ma al contrario di quanto afferma la letteratura, si è notata una maggiore rapidità di risposta nel blocco misto (trial di ripetizione e switch) rispetto ai blocchi singoli (trial di ripetizione), forse a causa della natura proattiva del compito che permetteva ai bambini nel blocco misto di prepararsi al tipo di regola che avrebbero adottato (Rubin & Meiran, 2005).

Considerate queste limitazioni legate alla ridotta sensibilità del compito nel rilevare gli effetti attesi, si è voluto indagare il trend evolutivo della flessibilità cognitiva e della flessibilità cognitiva adattiva. Per far ciò sono stati calcolati l'indice Switch Cost Globale e il Delta Switch Cost Adaptive. Il primo emerge dalla differenza tra le medie dell'insieme dei tempi di reazione totali nei trial di switch e di ripetizione all'interno del blocco misto e riflette l'impegno cognitivo associato alla riconfigurazione del set di regole rispetto a quello precedentemente attivato (Rogers & Monsell, 1995). Il secondo al contrario viene calcolato dalla differenza tra lo Switch Cost nel blocco predittivo (ripetizione- switch 75:25) e lo Switch Cost nel blocco non predittivo (ripetizione- switch 50:50). Ci si aspetta che la manipolazione list wide determini una maggiore differenza tra trial (switch e ripetizione) nel blocco predittivo in quanto la ripetizione è facilitata dalla maggior frequenza di comparsa dei trial di ripetizione, mentre si ipotizza una differenza minore tra i trial nel blocco non predittivo perché la proporzione di comparsa dei trial di ripetizione è uguale a quella dei trial di switch. Quindi, la differenza tra i due blocchi (Delta Switch Cost Adaptive), se l'adattamento e la facilitazione è avvenuta con successo, deve essere positiva.

Dal confronto dello *Switch Cost Globale* nelle due fasi di valutazione è emersa una riduzione significativa del delta dell'indice solo nel gruppo della scuola materna. Tenendo conto che non è stato messo in atto nessun tipo di intervento tra le due fasi di valutazione, il miglioramento può dipendere dallo sviluppo psicofisiologico dei soggetti. Infatti la fascia d'età dei bambini della scuola materna (4-6 anni) è molto sensibile per lo sviluppo delle componenti del controllo cognitivo (Zelazo, 2006). La letteratura ha mostrato che la fascia d'età considerata è molto sensibile per il passaggio dall'utilizzo di un controllo cognitivo di tipo reattivo ad un controllo

di tipo proattivo. Si è notato come già i bambini di 5 anni siano in grado di adottare il controllo cognitivo proattivo in situazioni che ne facilitano l'ingaggio (Niebaum et al., 2021).

Per quanto concerne lo Switch Cost Adaptive, solo nel gruppo della materna esso è risultato positivo – nonostante una riduzione dello stesso nella seconda fase di valutazione – suggerendo che la manipolazione adattiva è risultata efficace solo in questa fascia d'età. Al contrario, nella seconda e nella terza elementare si è osservato uno Switch Cost Adattivo negativo, che nonostante un lieve aumento nella seconda fase di valutazione, è rimasto comunque al di sotto dello zero. Come argomentato in precedenza, una possibile spiegazione di quanto osservato riguarda la facilità del compito e la sua natura proattiva. È interessante notare che a livello qualitativo, osservando la prestazione ai trials nei singoli blocchi, mentre nel gruppo della scuola elementare vediamo una maggiore differenza tra trials di ripetizione e di switch nel blocco predittivo, con una facilitazione per i trial di ripetizione, nel gruppo delle elementari si manifesta il pattern opposto secondo cui i tempi di reazione dei trial di ripetizione erano maggiori rispetto a quelli di switch. Una potenziale spiegazione può essere che la continua presentazione dei trials di ripetizione nel blocco predittivo ha reso i bambini più rapidi nella risposta ai trials di switch in quanto – con il passare del tempo – aumentava la loro probabilità di comparsa e – di conseguenza – la preparazione motoria agli stessi. Questo può aver determinato uno switch cost minore nel blocco predittivo, al contrario di quanto ipotizzato.

Ai genitori e agli insegnanti dei bambini coinvolti nel progetto sono stati somministrati dei questionari in entrambe le fasi di valutazione. Veniva chiesto di compilarli in un'unica sessione e sempre dallo stesso genitore o insegnante che lo aveva compilato in un primo momento. Ai genitori veniva fornita dapprima una scheda anamnestica all'interno della quale venivano raccolte informazioni circa le caratteristiche sociodemografiche della famiglia (ad esempio, occupazione dei genitori, reddito annuo medio) e lo sviluppo psico-motorio del figlio (ad esempio, il raggiungimento delle principali tappe di sviluppo, le difficoltà scolastiche). Poi erano tenuti a compilare le *Conners' Rating Scale - Revised* (CRS-R) (Conners et al., 1998) che indagano gli aspetti emotivo-comportamentali attraverso le sottoscale Oppositività, Problemi cognitivi/disattenzione, Iperattività, Ansia/timidezza, Perfezionismo, Problemi sociali e Problemi somatici; e il *Parenting Stress Index - IV Edition, Short Form* (Berry & Jones, 1995) che valuta il livello di stress percepito nel sistema genitore-bambino suddividendo i punteggi nelle sottoscale Distress genitoriale, Interazione genitore-bambino disfunzionale, Bambino difficile e Stress totale. Gli insegnanti dovevano compilare il CRS-R e veniva fornita una domanda sul livello di stress percepito nel proprio ruolo professionale durante lo svolgimento

dell'attività didattica. Dalle analisi condotte è emerso che i genitori dei bambini frequentanti la seconda e terza elementare hanno riportato un aumento nella seconda fase di valutazione dei punteggi alla sottoscala "Bambino difficile" dello PSI e alla sottoscale PSI totale. Questo rifletterebbe rispettivamente una maggiore percezione di difficoltà da parte dei genitori nella gestione del figlio associato poi ad un aumento del punteggio dello stress generale. Contemporaneamente alla domanda relativa allo stress percepito, anche gli insegnanti delle due classi delle elementari hanno manifestato uno stress crescente tra la prima e la seconda valutazione nelle classi seconda e terza elementare. Per quanto riguarda il CPRS-R, gli unici dati significativi nel tempo t1 sono stati rilevati nei questionari compilati dai genitori della seconda e terza elementare stessi e in particolar modo all'interno delle sottoscale di iperattività e di perfezionismo che hanno subito un aumento rispetto alla prima fase di valutazione. I risultati del medesimo questionario compilato dagli insegnanti non ha prodotto invece nessun risultato significativo. L'incremento dei punteggi nei questionari e delle problematiche ad essi associate possono essere dovuti ad esempio al fatto che la prima fase di valutazione è stata condotta all'inizio dell'anno scolastico, mentre la seconda è stata condotta a marzo. Si può supporre una stanchezza generale da parte dei bambini che può aver inciso sui cambiamenti del loro comportamento e sul sistema scuola-famiglia. È opportuno inoltre ricordare che la seconda fase di valutazione è avvenuta a seguito di una nuova impennata di casi COVID-19.

Nel presente elaborato sono stati presentati dati preliminari dal momento che la raccolta dei dati è ancora in corso. Questo ha determinato alcune limitazioni tra cui: la numerosità campionaria particolarmente ridotta (N=9 scuola materna, N=11 seconda e terza elementare), il che impone particolare cautela nell'interpretabilità delle analisi effettuata e nella generalizzabilità dei risultati emersi. Un altro limite metodologico che va attenzionato è l'eccessiva facilità del compito che lo ha reso meno sensibile a intercettare gli effetti attesi nelle classi elementari. Esso è risultato tuttavia adeguato per i bambini della classe materna, in cui è stata rilevata la presenza di controllo cognitivo adattivo.

Visto come il compito sia risultato adatto solo per i bambini frequentanti la scuola materna, le conclusioni sono limitate per questa fascia d'età dove di fatto pare essere presente un controllo cognitivo adattivo stabile. Ciò è confermato da studi precedenti che mostrano come i bambini riescano ad ingaggiare il controllo cognitivo proattivo se facilitato (Niebaum et al., 2021) e da studi che mostrano come questa fascia d'età sia sensibile allo sviluppo del controllo cognitivo (Zelazo, 2006).

Complessivamente, nonostante i limiti sopra esplicitati, lo studio ha fornito nuovi spunti di ricerca da poter affrontare, partendo proprio dai limiti che sono stati riscontrati. I ricercatori mirano ad estendere la numerosità campionaria per trarre delle conclusioni più solide, creare compiti in grado di catturare l'aspetto adattivo anche in bambini più grandi per capirne meglio lo sviluppo ed indagare l'influenza degli aspetti maturazionali e di pratica sulla performance comportamentale. Si considera il task analizzato e gli altri compiti della batteria testistica PACC (Mento et al., in prep.) un possibile strumento futuro per lo screening e l'assessment nella valutazione neuropsicologica

BIBLIOGRAFIA

- Abidin, R., Flens, J. R., & Austin, W. G. (2006). The Parenting Stress Index. In R. P. Archer (Ed.), *Forensic uses of clinical assessment instruments* (pp. 297–328). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- 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>
- 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>
- Andersson, M., Llera, J. E., Rimol, L. M., & Hugdahl, K. (2008). Using Dichotic Listening to Study Bottom-up and Top-down Processing in Children and Adults. *Child Neuropsychology*, 14(5), 470–479. <https://doi.org/10.1080/09297040701756925>
- Berch, D. B., Krikorian, R., & Huha, E. M. (1998). The Corsi Block-Tapping Task: Methodological and Theoretical Considerations. *Brain and Cognition*, 38(3), 317–338.
<https://doi.org/10.1006/brcg.1998.1039>
- Berry, J. O., & Jones, W. H. (1995). The Parental Stress Scale: Initial Psychometric Evidence. *Journal of Social and Personal Relationships*, 12(3), 463–472.
<https://doi.org/10.1177/0265407595123009>
- Botvinick, M. M., Carter, C. S., Braver, T. S., Barch, D. M., & Cohen, J. D. (s.d.). *Conflict Monitoring and Cognitive Control*. 29.
- 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>

- Brockman, R., Ciarrochi, J., Parker, P., & Kashdan, T. (2017). Emotion regulation strategies in daily life: Mindfulness, cognitive reappraisal and emotion suppression. *Cognitive Behaviour Therapy*, 46(2), 91–113. <https://doi.org/10.1080/16506073.2016.1218926>
- Buetti, S., Lleras, A., & Moore, C. M. (2014). The flanker effect does not reflect the processing of “task-irrelevant” stimuli: Evidence from inattention blindness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 21(5), 1231–1237. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0602-9>
- Burca, M., Beauconsin, V., Chausse, P., Ferrand, L., Parris, B. A., & Augustinova, M. (2021). Is There Semantic Conflict in the Stroop Task?: Further Evidence From a Modified Two-to-One Stroop Paradigm Combined With Single-Letter Coloring and Cueing. *Experimental Psychology*, 68(5), 274–283. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000530>
- 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>
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 595–616. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802_3
- Carlson, S. M., Davis, A. C., & Leach, J. G. (2005). Less Is More: Executive Function and Symbolic Representation in Preschool Children. *Psychological Science*, 16(8), 609–616. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01583.x>
- 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>

- Cole, P. M., Martin, S. E., & Dennis, T. A. (2004). Emotion Regulation as a Scientific Construct: Methodological Challenges and Directions for Child Development Research. *Child Development, 75*(2), 317–333. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00673.x>
- Conners, C. K., Sitarenios, G., Parker, J. D. A., & Epstein, J. N. (s.d.). *The Revised Conners' Parent Rating Scale (CPRS-R): Factor Structure, Reliability, and Criterion Validity*. 12.
- Diamond, A. (1990). Developmental Time Course in Human Infants and Infant Monkeys, and the Neural Bases of, Inhibitory Control in Reaching. *Annals of the New York Academy of Sciences, 608*(1 The Developme), 637–676. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1990.tb48913.x>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology, 64*(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dibbets, P., & Jolles, J. (2006). The Switch Task for Children: Measuring mental flexibility in young children. *Cognitive Development, 21*(1), 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2005.09.004>
- Eckart, C., Kraft, D., & Fiebach, C. J. (2021). Internal consistency and test–retest reliability of an affective task-switching paradigm. *Emotion, 21*(5), 921–931. <https://doi.org/10.1037/emo0000972>
- Eisenberg, N., Spinrad, T. L., & Eggum, N. D. (2010). Emotion-Related Self-Regulation and Its Relation to Children's Maladjustment. *Annual Review of Clinical Psychology, 6*(1), 495–525. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.121208.131208>
- Eriksen, C. W. (1995). The flankers task and response competition: A useful tool for investigating a variety of cognitive problems. *Visual Cognition, 2*(2–3), 101–118. <https://doi.org/10.1080/13506289508401726>
- 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>

- Giofrè, D., Stoppa, E., Ferioli, P., Pezzuti, L., & Cornoldi, C. (2016). Forward and backward digit span difficulties in children with specific learning disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 38(4), 478–486. <https://doi.org/10.1080/13803395.2015.1125454>
- Glisky, E. L., Alexander, G. E., Hou, M., Kawa, K., Woolverton, C. B., Zigman, E. K., Nguyen, L. A., Haws, K., Figueredo, A. J., & Ryan, L. (2021). Differences between young and older adults in unity and diversity of executive functions. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 28(6), 829–854. <https://doi.org/10.1080/13825585.2020.1830936>
- Hübner, R., & Töbel, L. (2019). Conflict resolution in the Eriksen flanker task: Similarities and differences to the Simon task. *PLOS ONE*, 14(3), e0214203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214203>
- Inzlicht, M., Werner, K. M., Briskin, J. L., & Roberts, B. W. (2020). *Integrating Models of Self-Regulation*. 27.
- Irlbacher, K., Kraft, A., Kehrer, S., & Brandt, S. A. (2014). Mechanisms and neuronal networks involved in reactive and proactive cognitive control of interference in working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 46, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.06.014>
- Jin, X., Auyeung, B., & Chevalier, N. (2020). External rewards and positive stimuli promote different cognitive control engagement strategies in children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 44, 100806. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100806>
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The Elusive Nature of Executive Functions: A Review of our Current Understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213–233. <https://doi.org/10.1007/s11065-007-9040-z>
- Karmiloff-Smith, A. (2009). Nativism versus neuroconstructivism: Rethinking the study of developmental disorders. *Developmental Psychology*, 45(1), 56–63. <https://doi.org/10.1037/a0014506>
- 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>

- 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>
- MacDonald, A. W. (2007). Building a Clinically Relevant Cognitive Task: Case Study of the AX Paradigm. *Schizophrenia Bulletin*, 34(4), 619–628. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbn038>
- Mäki-Marttunen, V., Hagen, T., & Espeseth, T. (2019). Proactive and reactive modes of cognitive control can operate independently and simultaneously. *Acta Psychologica*, 199, 102891.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.102891>
- Marshall, P. J., & Drew, A. R. (2014). What makes Simon Says so difficult for young children? *Journal of Experimental Child Psychology*, 126, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.03.011>
- Martins-Klein, B., Alves, L. A., & Chiew, K. S. (s.d.). *Proactive Versus Reactive Emotion Regulation: A Dual-Mechanisms Perspective*. 6.
- 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>
- 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>
- Miles, S., Howlett, C. A., Berryman, C., Nedeljkovic, M., Moseley, G. L., & Phillipou, A. (2021). Considerations for using the Wisconsin Card Sorting Test to assess cognitive flexibility. *Behavior Research Methods*, 53(5), 2083–2091. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01551-3>
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 167–202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- 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>
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 134–140.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00028-7)
- 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>
- Niebaum, J. C., Chevalier, N., Guild, R. M., & Munakata, Y. (2021). Developing adaptive control: Age-related differences in task choices and awareness of proactive and reactive control demands. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 21(3), 561–572.
<https://doi.org/10.3758/s13415-020-00832-2>
- Overman, W. H., Bachevalier, J., Schuhmann, E., & Ryan, P. (s.d.). *Cognitive Gender Differences in Very Young Children Parallel Biologically Based Cognitive Gender Differences in Monkeys*. 12.
- Parris, B. A., Sharma, D., Weekes, B. S. H., Momenian, M., Augustinova, M., & Ferrand, L. (2019). Response Modality and the Stroop Task: Are There Phonological Stroop Effects With Manual Responses? *Experimental Psychology*, 66(5), 361–367. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000459>
- Plebanek, D. J., & Sloutsky, V. M. (s.d.). *Selective attention, filtering, and the development of working memory*. 11.
- Raven, J. C. (1941). STANDARDIZATION OF PROGRESSIVE MATRICES, 1938. *British Journal of Medical Psychology*, 19(1), 137–150. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8341.1941.tb00316.x>
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (s.d.). *Costs of a Predictable Switch Between Simple Cognitive Tasks*. 25.
- Rosen, V. M., & Engle, R. W. (1997). Forward and backward serial recall. *Intelligence*, 25(1), 37–47.
[https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(97\)90006-4](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(97)90006-4)

- Rosvold, H. E., Mirsky, A. F., Sarason, I., Bransome, E. D., & Beck, L. H. (1956). A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting Psychology*, 20(5), 343–350.
<https://doi.org/10.1037/h0043220>
- Rubin, O., & Meiran, N. (2005). On the Origins of the Task Mixing Cost in the Cuing Task-Switching Paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1477–1491. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.6.1477>
- Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42(8), 1029–1040. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.012>
- Ruff, H. A., Capozzoli, M., & Weissberg, R. (s.d.). *Age, Individuality, and Context as Factors in Sustained Visual Attention During the Preschool Years*. 11.
- Stroop, J. R. (1935.). *STUDIES OF INTERFERENCE IN SERIAL VERBAL REACTIONS*. 20.
- Truong, L., & Yang, L. (2015). Dual Mechanisms of Cognitive Control. In S. K. Whitbourne (A c. Di), *The Encyclopedia of Adulthood and Aging* (pagg. 1–4). John Wiley & Sons, Inc.
<https://doi.org/10.1002/9781118521373.wbeaa325>
- Wylie, G., & Allport, A. (2000). Task switching and the measurement of «switch costs». *Psychological Research*, 63(3–4), 212–233. <https://doi.org/10.1007/s004269900003>
- Yaple, Z., & Arsalidou, M. (2018). N-back Working Memory Task: Meta-analysis of Normative fMRI Studies With Children. *Child Development*, 89(6), 2010–2022.
<https://doi.org/10.1111/cdev.13080>
- Zefazo, P. D., Frye, D., & Rapus, T. (s.d.). *An AgemRe~a~edDissociation Between Knowing Rules and Using Them*. 27.
- Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297–301. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.46>

APPENDICI

APPENDICE A

CPRS-R – Conners Rating Scales Revised Parent version (Conners, 2001)

Genitori

Indice	PRIMA VALUTAZIONE		SECONDA VALUTAZIONE	
	Media e deviazione standard		Media e deviazione standard	
	Scuola infanzia T0	Scuola infanzia T1	Seconda e terza elementare T0	Seconda e terza elementare T1
OPPOSITIVITA'	6(2.83)	5.5(0.70)	4.25(3.95)	4.5(4.63)
PROBLEMI COGNITIVI/DISATTENZIONE	6(2.83)	3(0)	3.25(3.15)	4.25(3.80)
IPERATTIVITA'	3.5(2.12)	7(0)	2.75(2.96)	3.25(3.10)
ANSIA/TIMIDEZZA	8.5(9.19)	7(1.41)	3.15(2.85)	2.75(2.81)
PERFEZIONISMO	3(2.83)	4(1.41)	1.62(3.06)	2.12(3.31)
PROBLEMI SOCIALI	1.5(2.12)	2(2.83)	0.5(0.75)	0.37(0.74)
PROBLEMI PSICOSOMATICI	3.5(4.94)	0.5 (0.71)	0.12(0.35)	0.12(0.35)
INDICE ADHD	3(0)	3(0)	3.62(3.54)	5(4.30)

APPENDICE B

CPRS-R – Conners Rating Scales Revised Parent version (Conners, 2001)

Insegnanti

Indice	PRIMA VALUTAZIONE		SECONDA VALUTAZIONE	
	Media e deviazione standard		Media e deviazione standard	
	Scuola infanzia T0	Scuola infanzia T1	Seconda e terza elementare T0	Seconda e terza elementare T1
OPPOSITIVITA'	8(NA)	3(NA)	0(0)	1(0)
PROBLEMI COGNITIVI/DISATTENZIONE	2(NA)	5(NA)	12.5(2.12)	5.5(3.53)
IPERATTIVITA'	14(NA)	3(NA)	9.5(4.94)	5(1.41)
ANSIA/TIMIDEZZA	5(NA)	6(NA)	6(2.82)	3(0)
PERFEZIONISMO	5(NA)	5(NA)	3.5(4.95)	5.5(0.71)
PROBLEMI SOCIALI	0(NA)	1(NA)	3.5(4.95)	3.5(4.95)
PROBLEMI PSICOSOMATICI				

APPENDICE C

PSI-Parenting Stress Index (Abidin, 2006) – genitori

SCUOLA MATERNA

Indice	PRIMA VALUTAZIONE Media e deviazione standard	SECONDA VALUTAZIONE Media e deviazione standard
DISTRESS GENITORIALE	22.5(12)	20(8.49)
INTERAZIONE GENITORE- BAMBINO DISFUNZIONALE	18(8.49)	19(8.49)
BAMBINO DIFFICILE	20.5(12)	22.5(3.54)
STRESS TOTALE	61(32.5)	

SECONDA E TERZA ELEMENTARE

Indice	PRIMA VALUTAZIONE Media e deviazione standard	SECONDA VALUTAZIONE Media e deviazione standard
DISTRESS GENITORIALE	21.4(5.40)	24.9(8.17)
INTERAZIONE GENITORE- BAMBINO DISFUNZIONALE	17(4.07)	18.6(5.45)
BAMBINO DIFFICILE	20.4(6.95)	23.4(9.61)
STRESS TOTALE	58.8(12.5)	

APPENDICE D

Stress percepito dagli insegnanti

CLASSE	STRESS t0	STRESS t1
2A	0.9	4
3A	1.333	7
PALLONCINI	1.333	1