



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

**“Conta insieme a me!”. Il ruolo mediatore
dell’interattività dei contenuti digitali sul controllo
cognitivo adattivo in bambini prescolari**

*"Count with me!" The mediating role of digital content interactivity on
adaptive cognitive control in preschool children*

Relatore

Prof. Giovanni Mento

Correlatore esterno

Dott.ssa Lisa Toffoli

Laureanda: Kim Lai Cangiulli

Matricola: 2052341

Anno Accademico 2022-2023

INDICE

<i>ABSTRACT</i>	3
<i>CAPITOLO I</i>	5
<i>1.1. Il controllo cognitivo</i>	5
1.1.1 I modelli teorici: unitari e frazionati	5
1.1.2. Lo sviluppo delle funzioni esecutive in età evolutiva.....	8
<i>1.2. Il controllo cognitivo adattivo</i>	10
1.2.1. Controllo cognitivo e apprendimento associativo.....	10
1.2.2. Il controllo cognitivo proattivo e reattivo	11
1.2.3. Come studiare il controllo adattivo.....	13
<i>1.3. Le basi neurali del controllo cognitivo</i>	14
1.3.1. Studiare il controllo cognitivo con la CNV e il complesso N2-P3	15
<i>CAPITOLO II</i>	19
<i>2. Gli effetti dei contenuti digitali</i>	19
2.1. I contenuti digitali	19
2.1.1. L’impatto dei contenuti digitali: un’analisi degli effetti negativi	19
2.1.2. I potenziali benefici dei contenuti digitali	20
2.1.3. Non tutti i contenuti digitali sono uguali.....	21
2.3. L’interattività può mediare gli effetti negativi dei contenuti digitali?	25
2.4. Impatti neurali dei contenuti digitali: Cambiamenti nella Microstruttura e Possibili Effetti	28
2.4.1. Studi di <i>neuroimaging</i>	28
2.4.2. Studi ERP	30
<i>CAPITOLO III</i>	33
<i>3. La ricerca</i>	33
3.1. Obiettivi	33

3.2. Metodo	33
3.2.1. Partecipanti.....	33
3.2.2. Conformità etica.....	34
3.2.3. Procedura sperimentale	34
3.3. Materiali.....	37
3.3.1. Registrazione elettroencefalica	37
3.3.2. <i>Addy task</i>	38
3.4. Ipotesi sperimentali.....	41
3.5. Analisi dei dati	43
3.5.1. Analisi dei dati comportamentali	43
3.5.2. Analisi dei dati ERP.....	45
<i>CAPITOLO IV</i>	47
<i>4. Risultati</i>	47
4.1. Tempi di reazione – H1 (H1a, H1b)	47
4.2. Accuratezza– H2 (H2a, H2b, H2c)	48
4.3. Risultati elettrofisiologici.....	51
4.3.1 CNV: H3a – modulazione nel blocco predittivo e non predittivo	51
4.3.2. CNV: H4a – modulazione del gruppo Interattivo e Non Interattivo.....	52
4.3.3. N2 – P3: H3b - modulazione nel blocco predittivo e non predittivo	53
4.3.4. N2-P3: H4b - modulazione del gruppo Interattivo e Non Interattivo	54
<i>CAPITOLO V</i>	57
<i>5. Discussione</i>	57
5.1. Limiti e prospettive future.....	60
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	63

ABSTRACT

La presente ricerca si è proposta di analizzare l'effetto dei contenuti digitali sul controllo cognitivo adattivo, con un particolare focus sul potenziale ruolo mediatore dell'interattività. Lo studio ha coinvolto 41 bambini in età prescolare (4-6 anni) a sviluppo tipico.

I partecipanti sono stati suddivisi in due gruppi sperimentali: uno ha visionato un cartone animato interattivo, mentre l'altro ha osservato le stesse scene senza l'elemento interattivo. Successivamente, tutti i bambini hanno completato un compito sperimentale denominato "Addy task" (Toffoli et al., in prep.), il cui obiettivo era valutare la loro capacità di adattare dinamicamente il controllo cognitivo reattivo e proattivo in base alla prevedibilità del contesto.

Durante la ricerca sono stati utilizzati indicatori comportamentali (tempi di reazione e accuratezza) insieme all'analisi di componenti neurofisiologiche (CNV e il complesso N2-P3), registrate mediante HD-EEG, un sistema di acquisizione del segnale elettroencefalografico non invasivo.

I risultati della ricerca hanno indicato che i bambini esposti al cartone animato interattivo hanno dimostrato una maggiore abilità nell'adattare il loro controllo cognitivo adattivo, dimostrando di saper adattare il controllo inibitorio in funzione del contesto.

Ciò suggerisce che l'interattività può modificare gli effetti dati dall'esposizione ai contenuti digitali.

CAPITOLO I

1.1. Il controllo cognitivo

Il controllo cognitivo (CC), noto anche come funzioni esecutive (FE), rappresenta un costrutto psicologico complesso che si riferisce all'insieme di processi mentali che consentono di gestire e regolare l'elaborazione delle informazioni al fine di raggiungere specifici obiettivi (Lezak, 1983). Alcuni autori preferiscono utilizzare il termine controllo esecutivo per evidenziarne l'aspetto di coordinamento e di selezione tra gli elementi fondamentali nel "controllo" (Clark et al., 2016).

Il CC permette di coordinare e sequenziare pensieri e comportamenti al fine di soddisfare gli obiettivi interni e rispondere alle sfide imposte dall'ambiente (Braver, 2012; FitzGibbon et al., 2014). Diamond (2006) sostiene che un buon controllo cognitivo in età evolutiva è un fattore predittivo di una maggiore qualità di vita, in quanto sembra influenzare la capacità di mantenere relazioni stabili, l'armonia di coppia, il successo scolastico e lavorativo e la salute fisica. Pertanto, autori come Di Vara (2022) evidenziano che il CC è essenziale per il funzionamento quotidiano poiché consente di regolare il comportamento e i pensieri attraverso moltissime attività, tra le quali la pianificazione, la risoluzione dei problemi, l'autoregolazione, l'inibizione, la flessibilità cognitiva e il monitoraggio dell'azione.

Classicamente considerata come una funzione *top-down*, la concettualizzazione del CC sta subendo una significativa evoluzione. Infatti, nuove evidenze sostengono una visione *bottom-up* del CC, che sarebbe guidato da meccanismi di apprendimento automatico, garantendo un adattamento implicito e flessibile alle mutevoli contingenze ambientali (Abrahamse et al., 2016; Braem & Egner, 2018).

1.1.1 I modelli teorici: unitari e frazionati

Il controllo cognitivo è stato oggetto di studio da parte di diversi modelli teorici, principalmente divisi in modelli unitari e modelli frazionati.

I modelli unitari descrivono il CC come un costrutto mentale indivisibile che ha un ruolo supervisore sui processi subordinati. Tra questi modelli si ritrovano quelli di Baddeley e Hitch (1974), Norman e Shallice (1986) e Posner e Raichle (1994).

Nel modello di Baddeley e Hitch (1974) gli autori identificano il *sistema esecutivo centrale* – un sistema attentivo deputato al controllo di 3 sottoinsiemi: taccuino visuo-spaziale, il *loop* fonologico ed il *buffer* episodico.

Il primo, anche noto come *visuo-spatial sketch pad* è responsabile della manipolazione di informazioni di carattere visuo-spaziale, il secondo delle informazioni verbali ed infine l'ultimo è un magazzino capace di tenere a memoria temporaneamente le informazioni necessarie.

Nel modello di Norman e Shallice (1986) il *sistema attentivo supervisore* (SAS) coordina i sistemi sottostanti. Il SAS è capace di attivare comportamenti volontari, sostituendo le risposte automatiche, a favore di un comportamento finalizzato sulla base di piani e intenzioni, facendo in modo che le funzioni esecutive vengano chiamate in causa quando si devono costruire nuovi schemi, implementarli e valutarne l'accuratezza.

Secondo il modello di Posner e Raichle (1994) sono presenti tre *network* attenzionali: *executive control*, responsabile del monitoraggio e della risoluzione di conflitti cognitivi; *orienting*, che ha il compito di orientare l'attenzione verso uno stimolo target; *alerting*, il quale presiede il raggiungimento ed il mantenimento dello stato di allerta (Posner e Raichle, 1994).

Tuttavia, le evidenze empiriche sembrano dare maggior supporto ai modelli frazionati, secondo cui le componenti del CC sono parzialmente correlate e indipendenti tra loro. I dati provengono da analisi fattoriali applicate ai test per la misurazione del controllo cognitivo (Hughes, 1998; Pennington, 1997) e studi neuropsicologici che studiano lesioni a carico della corteccia prefrontale dimostrando che diversi processi delle funzioni esecutive hanno associazioni diverse con aree della corteccia prefrontale (Anderson, Levin, & Jacobs, 2002; Brookshire et al., 2004).

Tra questi modelli il più noto è quello di Miyake et al. (2000) nel quale si identificano tre principali componenti: inibizione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva.

L'inibizione è la capacità che permette di controllare volontariamente uno stimolo o ignorarne un altro al fine di perseguire un obiettivo (Miyake et al., 2000; Diamond, 2013).

I compiti sperimentali maggiormente impiegati per misurare il controllo inibitorio sono lo *Stroop task* (Stroop, 1935) e il *Go-NoGo task*. Nel primo compito viene richiesto al partecipante di ignorare il significato semantico delle parole e di concentrarsi invece sul colore dell'inchiostro utilizzato per scriverle; nel secondo, viene richiesto di rispondere

solo a stimoli specifici e di non rispondere ad altri.

La memoria di lavoro (*working memory*) è la capacità di elaborare e gestire le informazioni in memoria per un determinato periodo di tempo (Baddeley, 2007). A differenza della memoria a breve termine, la *working memory* permette di operare e aggiornare informazioni in memoria, motivo per cui viene anche definita *updating*. Tra i compiti sperimentali maggiormente utilizzati si evidenziano l'*N-back* (Kirchner, 1958) e il *Backward digit span* (Wechsler, 2012). Nel primo compito, il partecipante deve ricordare se lo stimolo presentato è identico a uno che è stato presentato un certo numero N di volte prima, mentre nel secondo compito il partecipante deve ricordare una sequenza di numeri e ripeterla al contrario – dall'ultimo numero al primo.

La flessibilità cognitiva, anche nota in letteratura con il termine *shifting*, viene definita come la capacità di sapersi spostare da un set mentale ad un altro e quindi di sapersi adattare a cambiamenti che avvengono a livello contestuale (Miyake et al., 2000; Di Vara, 2022). Il compito maggiormente utilizzato per indagare questa capacità è il *Wisconsin Card Sorting Task* (WCST). In questo test, il partecipante deve trovare la regola per associare una serie di carte, utilizzando solo i *feedback* dell'esaminatore. Dopo un certo numero di prove, la regola cambia e il partecipante deve adattarsi e cambiare la propria strategia.

Nel 2012 Miyake e Friedman hanno rivisitato il modello trifattoriale in ottica evolutiva. Infatti, nei primi 3 anni di vita del bambino, il CC sembra manifestarsi come un processo indifferenziato e unitario, dominato principalmente dall'inibizione, unico fattore latente (Wiebe et al., 2011). Tuttavia, nel periodo prescolare, tra i 3 e i 5 anni, si osserva la presenza di una differenziazione in due fattori latenti: l'inibizione e la memoria di lavoro (Best e Miller, 2010). Questa struttura a due fattori si accentua ulteriormente all'ingresso nella scuola primaria, tra i 5 e i 6 anni (Lee et al., 2013). Solo a partire dagli 11 anni di età, la struttura a tre fattori, composta dal controllo inibitorio, dalla memoria di lavoro e dalla flessibilità cognitiva, inizia a delinearsi e continua a consolidarsi fino ai 15 anni, quando risulta simile a quella degli adulti (Lee et al., 2013).

Diamond (2013) partendo proprio da quest'ultimo modello, indica che sono queste funzioni a dare vita alle funzioni esecutive di alto livello, quali: la capacità di pianificazione, risoluzione di problemi e ragionamento. L'autrice – abbracciando un modello multicomponentiale – vede un'interazione reciproca tra le diverse componenti

del controllo cognitivo. In particolare, la memoria di lavoro consente di mantenere gli obiettivi, influenzando sul controllo inibitorio. L'inibizione, d'altra parte, permette di gestire le distrazioni interne ed esterne, che sono fondamentali per la memoria. In questo modo, queste due funzioni esecutive supportano la flessibilità cognitiva che a sua volta supporta la creatività e la Teoria della Mente.

1.1.2. Lo sviluppo delle funzioni esecutive in età evolutiva

La neuropsicologia dello sviluppo ha storicamente adottato l'idea di un'organizzazione architettonica neuromodulare, derivata dalla neuropsicologia cognitiva dell'adulto, e l'ha traslata anche sul bambino (Spelke, 1990). In tal modo, le doppie dissociazioni tra funzioni neuropsicologiche sono state interpretate come una dimostrazione dell'innatismo modulare di tipo dominio-specifico (Baron-Cohen, 1998) e come supporto a un modello di sviluppo caratterizzato da un'evoluzione maturazionale graduale (Diamond, 1991). Secondo questo modello, l'emergere delle competenze specifiche nei diversi domini cognitivi è una conseguenza diretta e lineare della progressiva maturazione strutturale e funzionale delle specifiche aree cerebrali (Mento & Benavides Varela, 2017).

In questo contesto, si è notato che lesioni alla corteccia prefrontale in bambini molto piccoli possono non causare danni o causare danni molto ridotti in età adulta, fenomeno noto come *effetto Kennard* (Kennard, 1936). Per molto tempo, questo effetto è stato interpretato come una conferma del modello di sviluppo cerebrale, secondo il quale i lobi frontali si sviluppano più lentamente rispetto ad altre aree del cervello, dando ai bambini una maggiore capacità di recupero e adattamento cerebrale rispetto agli adulti. Questo è possibile grazie alla plasticità neuronale, che è più elevata nei bambini per via del loro sistema nervoso immaturo. Grazie a questa plasticità, il cervello è in grado di riorganizzarsi e compensare eventuali danni subiti (Schneider, 1979).

Karmiloff-Smith nel 1998 ha messo in discussione il modello adulto traslato al bambino, proponendo una prospettiva neurocostruttivista che concettualizza lo sviluppo come dinamico, in continua interazione con l'ambiente, in cui il cervello si sviluppa da un iniziale stato di indifferenziazione fino a raggiungere uno stato sempre più specializzato (Karmiloff-Smith, 2009). È all'interno di questa cornice teorica che si studia il CC e come le sue componenti seguano traiettorie di sviluppo diverse (Diamond, 2006).

Le funzioni esecutive emergono molto precocemente: una forma rudimentale di

inibizione è già presente a 4 mesi, età in cui Johnson e colleghi (1991) hanno rilevato la presenza di una forma di controllo attentivo visivo volontario mediante un compito antisaccadico. Questa capacità sembra essere supportata dai lobi frontali, che permetterebbero dunque ai bambini di inibire lo spostamento automatico dello sguardo in compiti anti-saccadici (Ellis et al., 2021). Sempre nel primo anno di vita, i bambini mostrano una prima forma di pianificazione. Diamond (1990) ideò un compito in cui i bambini dovevano cercare di raggiungere un oggetto e successivamente afferrarlo. In un primo momento, un pupazzo era posto all'interno di una scatola, facilmente raggiungibile; successivamente, veniva aggiunta una barriera (opaca o trasparente) che ostacolava la traiettoria diretta tra il bambino e il pupazzo nella scatola. Questa modifica richiedeva al bambino di pianificare dei movimenti diversi per raggiungere lo stesso obiettivo, abilità già presente a 8-12 mesi, dimostrando la capacità di inibire la strategia utilizzata precedentemente ma anche di mantenere in memoria la posizione del pupazzo.

Con l'aumentare dell'età, bambini di 3-4 anni sono capaci di mettere in atto forme più complesse di controllo inibitorio, dimostrando di saper posticipare la gratificazione immediata al fine di ottenere un vantaggio successivo maggiore. Tale abilità venne studiata negli anni Sessanta da Mischel e i suoi collaboratori (1972), i quali idearono il *test del marshmallow* prova nella quale i bambini potevano decidere se mangiare un dolcetto subito oppure aspettare e ricevere dunque una ricompensa più grande in un secondo momento.

Un po' più tardi, verso i 4-5 anni i bambini dimostrano abilità di flessibilità cognitiva che gli permette di passare da un set mentale ad un altro, sebbene siano ancora presenti degli errori di perseverazione (Garon et al., 2008) come venne dimostrato da Zelazo (1995) con il *Dimensional Change Card Sort Task (DCCST)*. Negli stessi anni emerge la *Teoria della Mente (ToM)* (Flavell, 1999), che rappresenta la capacità di comprendere che l'*Altro* può avere pensieri, credenze e provare sentimenti diversi dai nostri (Baron-Cohen, Leslie & Frith, 1985).

Successivamente, in età scolare il CC sembra subire un'accelerazione dovuta sia a cambiamenti maturazionali cerebrali sia all'ingresso alla scuola primaria, la quale fornisce al bambino un contesto molto più strutturato e cognitivamente richiestivo rispetto a quello della scuola dell'infanzia (Lee et al., 2013; Romine e Reynolds, 2005).

Gli studi evidenziano come a 7-8 anni i progressi a carico del CC si stabilizzano,

raggiungendo prestazioni simili a quelle degli adulti verso gli 11-12 anni (Lee et al., 2013) - ad eccezione per la flessibilità cognitiva che sembra raggiungere gli stessi livelli degli adulti più tardivamente a 15 anni (Best e Miller, 2010).

1.2. Il controllo cognitivo adattivo

Il controllo cognitivo adattivo si riferisce alla capacità del cervello umano di regolare in modo dinamico e flessibile i processi cognitivi per adattarsi alle mutevoli esigenze ambientali e agli obiettivi specifici. Si tratta di un meccanismo che consente di anticipare eventi futuri, valutare i conflitti o le sfide cognitive e regolare di conseguenza le azioni e le risposte in modo ottimale (Braem et al., 2019). Il controllo cognitivo adattivo permette dunque all'individuo di prendere decisioni più efficaci, di gestire la concorrenza tra stimoli contrastanti e di adottare strategie adeguate in diverse situazioni senza necessità di consapevolezza (Shiffer et al., 2015).

1.2.1. Controllo cognitivo e apprendimento associativo

Le teorie classiche sul controllo cognitivo spiegano come il cervello gestisce gli eventi di conflitto e mantiene un comportamento orientato agli obiettivi (Norman & Shallice, 1986), ma spesso non spiegano in dettaglio come e quando il cervello regola le impostazioni di controllo (Jiménez et al., 2020). Queste teorie assumono una prospettiva di controllo cognitivo *top-down*, in cui il cervello utilizza informazioni di alto livello, come obiettivi, aspettative o istruzioni, per influenzare l'elaborazione delle informazioni di basso livello.

Botvinick e colleghi (2001) hanno proposto una teoria del monitoraggio del conflitto (CMT) secondo cui il cervello registra segnali di conflitto tra informazioni incompatibili e li usa per rilevare quando è necessario regolare le impostazioni di controllo al fine di affrontare al meglio le richieste del compito. Tuttavia, questa teoria da sola non spiega come il cervello regoli effettivamente le impostazioni di controllo. Diversi autori hanno proposto l'apprendimento come meccanismo principale (Jiménez et al., 2020), in cui il cervello impara dalle esperienze precedenti di gestione del conflitto e adatta le sue impostazioni di controllo in base alle informazioni apprese. Il CC sarebbe pertanto guidato da meccanismi di apprendimento associativo, che lo rendono flessibile alle caratteristiche dell'ambiente (Abrahamse et al., 2016; Braem & Egner, 2018). In altre

parole, quanto più siamo bravi nell'apprendimento, tanto più saremo in grado di modificare il nostro modo di controllare l'ambiente. Il CC estrae regolarità statistiche dall'ambiente per elaborare modelli predittivi interni e, di conseguenza, reclutare strategie efficienti in base al contesto, garantendo l'allocazione di risorse cognitive senza richiedere uno sforzo cognitivo volontario (Braem & Egner, 2018).

Secondo Verguts e Notebeat (2009), il cervello impara a registrare i suoi processi cognitivi in base al contesto e alle ricompense che riceve. Essi hanno proposto che l'adattamento al conflitto sia un processo che evolve dall'apprendimento stesso: quando viene rilevato un conflitto, tutte le rappresentazioni cognitive vengono rafforzate (perché importanti per il compito) e ciò aumenta il controllo cognitivo.

In sintesi, l'adattamento al conflitto può essere spiegato attraverso processi di apprendimento e memoria (Jiménez et al., 2020) e spesso l'adattamento stesso potrebbe derivare dall'apprendimento (Verguts & Notebeat, 2009). Inoltre, diversi autori evidenziano come sia il CC che l'apprendimento siano influenzati dal contesto, dalla ricompensa e non dipendono necessariamente dalla consapevolezza e dalle aspettative (Abrahamse et al., 2016; Jiménez et al., 2020).

1.2.2. Il controllo cognitivo proattivo e reattivo

Crescendo i bambini fanno sempre più esperienze con l'ambiente che li circonda e questo gli permette di acquisire la capacità di adattarsi flessibilmente alle situazioni esterne in continuo cambiamento. In particolare, apprendono ad utilizzare in maniera flessibile e adeguata alle caratteristiche del contesto modalità di controllo cognitivo di tipo proattivo e reattivo. Secondo il *Dual Mechanism Model* (DMC) di Braver (2012), il controllo cognitivo proattivo implica il reclutamento anticipato di risorse cognitive al fine di risolvere un imminente conflitto cognitivo. Tuttavia, può essere dispendioso in termini di risorse cognitive, poiché richiede il mantenimento online di informazioni rilevanti per il compito per lunghi periodi di tempo nella memoria di lavoro. Il controllo proattivo è associato all'attivazione sostenuta e/o anticipatoria della corteccia prefrontale (PFC) laterale che riflette il mantenimento *top-down* degli obiettivi preposti in modo da facilitare il processamento e l'elaborazione della risposta all'evento atteso (Braver, 2012; Chavelier et al., 2015).

D'altra parte, il CC si riferisce alla capacità di reclutare risorse cognitive sul momento per

affrontare situazioni che si presentano improvvisamente o che richiedono una risposta immediata. Rispetto al CC proattivo, il reattivo è cognitivamente meno dispendioso ed è associato ad un'attivazione transitoria della PFC laterale (Braver, 2012; Chevalier et al., 2015).

L'uso flessibile delle strategie di controllo reattivo e proattivo, a seconda del livello di conflitto cognitivo nel contesto, assicura un CC adattivo efficiente. Ad esempio, un contesto sperimentale può essere strutturato in modo tale da presentare un alto livello di conflitto (ad esempio, 80% di stimoli *NoGo* e 20% *go*) o un conflitto ridotto (come ad esempio, 80% *go* e 20% *NoGo*). Questi due tipi di contesto richiedono approcci di controllo diversi: nel primo caso, è più vantaggioso un approccio proattivo basato sull'apprendimento associativo al fine di potenziare le risorse di controllo a disposizione e gestire al meglio il conflitto (frequente); nel secondo caso, è più vantaggioso un approccio reattivo per reclutare risorse cognitive solo al bisogno quando vi è conflitto (raro) (Braem et al., 2019).

Secondo Chevalier et al. (2015) lo sviluppo del controllo va concepito in termini di: quantità, repertorio di modalità e capacità di passare flessibilmente tra queste due forme di controllo. Questa capacità di passare in modo flessibile tra il controllo cognitivo proattivo e reattivo rende il controllo cognitivo adattivo, poiché permette di organizzare il comportamento in base alle caratteristiche e alle richieste del contesto o in risposta a segnali di monitoraggio interni (Braem et al., 2019).

Gli studi hanno evidenziato che i bambini di 5 anni sembrano preferire strategie di CC reattivo, sebbene sappiano adottare strategie proattive, le quali vengono usate solo se il contesto lo rende particolarmente favorevole (Chevalier et al., 2015). Il passaggio ad un uso preferenziale del controllo proattivo sembra avvenire tra i 5 e i 10 anni, continuando poi a svilupparsi durante la tarda adolescenza (Chevalier et al., 2015).

Secondo l'ipotesi della coordinazione metacognitiva ci sono diverse strategie per affrontare i compiti, la migliore, viene selezionata in base a una valutazione costi-benefici (Adolph, 1997). Con l'età, si accumulano molte informazioni, consentendo una selezione più frequente e una migliore esecuzione delle strategie valutate come più efficienti (Lemaire & Brun, 2014). Secondo Chevalier e colleghi (2015) la coordinazione metacognitiva potrebbe aumentare durante l'infanzia guidando lo sviluppo del controllo. La preferenza da parte dei bambini verso strategie di controllo reattivo potrebbe essere

data da queste decisioni metacognitive: il controllo proattivo richiede maggior sforzo e una minor accuratezza e questo potrebbe far sì che abbiano una soglia più alta per impegnarsi in questo tipo di controllo. In questo senso, la preferenza per il controllo reattivo potrebbe essere adattiva. Dopo i 5 anni e una maggiore esperienza il controllo proattivo diventa meno impegnativo e viene associato con un rapporto costi-benefici più vantaggioso e questo porta ad usarlo più frequentemente.

1.2.3. Come studiare il controllo adattivo

In tutti i livelli di elaborazione delle informazioni, gli agenti cognitivi possono essere esposti a interferenze che compromettono i processi di selezione guidati dagli obiettivi (Jiménez et al., 2020). Si assume che l'apprendimento della contingenza funzioni su eventi stimolo-risposta ma anche su processi di attenzione selettiva (Jiménez et al., 2020). In laboratorio, le interferenze possono essere studiate con compiti di conflitto, come ad esempio il test di *Stroop* (Stroop, 1935), che è stato utilizzato in studi precedenti (Braem et al., 2019; Jiménez et al., 2020). In questo tipo di compito, ai partecipanti viene chiesto di rispondere al colore in cui una parola è presentata (obiettivo), ma possono subire interferenze dal significato di quella parola quando si riferisce a un colore diverso (ad esempio, "ROSSO" scritto con inchiostro blu) poiché la lettura avviene automaticamente. Questa interferenza può essere misurata tramite misure di *performance*, poiché sembra che le persone siano più lente e meno accurate nelle associazioni parole-colore incongruenti rispetto a quelle congruenti (Jiménez et al., 2020); tale effetto di performance è noto come effetto di congruenza. Si ritiene che per affrontare compiti guidati dagli obiettivi di fronte a interferenze, il cervello sia dotato di diversi processi di controllo cognitivo, e la modulazione dell'effetto di congruenza rifletta gli adattamenti del controllo cognitivo, rendendolo adattivo (Chiu & Egner, 2019).

I ricercatori inferiscono che per effetti di congruenza più piccoli ci siano maggiori livelli di controllo cognitivo (Braem et al., 2019). Il cervello ha la capacità di regolare rapidamente l'attenzione quando viene rilevato un conflitto al fine di rispondere alle richieste, ciò è noto come adattamento al conflitto (Jiménez et al., 2020).

Gli autori evidenziano quattro indicatori empirici per misurare il controllo, basandosi sull'esplorazione dell'effetto congruenza (Braem et al., 2019; Jiménez et al., 2020):

- *Congruency Sequence Effect* (CSE), chiamato anche “effetto Gratton” (Gratton, Coles & Donchin, 1992) o “effetto di adattamento al conflitto” (Botvinick et al., 2001). Descrive come l'effetto della congruenza si riduce dopo prove incongruenti rispetto a prove congruenti (Duthoo et al., 2014).
- *List-Wide Proportion Congruency effect* (LWPCE), indica che l'effetto della congruenza è più piccolo quando le prove incongruenti sono più frequenti rispetto a quando sono meno frequenti in una lista di prove. Questo indica un adattamento globale del controllo in base alla probabilità di sperimentare conflitto in una lista di prove (Bugg, 2016; Logan & Zbrodoff, 1979).
- *Context-Specific Proportion Congruency Effect* (CSPCE), mostra che l'effetto della congruenza può cambiare quando la proporzione di prove congruenti varia in due o più contesti diversi prova dopo prova (Crump, Gong & Milliken, 2006).
- *Item-Specific Proportion Congruency Effect* (ISPCE), indica che la dimensione dell'effetto della congruenza per un elemento specifico varia in base a quanto spesso appare in prove congruenti o incongruenti. Questo si basa sul concetto che le prestazioni possono variare in base alla frequenza con cui un particolare elemento viene presentato in combinazione con uno stimolo congruente o incongruente (Jacoby, Lindsay & Hessels, 2003; Braem et al., 2019).

In tutti questi casi, l'idea è che la rilevazione del conflitto, che avviene principalmente nelle prove incongruenti, porti a un bilanciamento più adeguato del focus attentivo tra informazioni rilevanti e non rilevanti, al fine di gestire in modo più efficace i potenziali conflitti (Schmidt, 2019; Jiménez et al., 2020).

Inoltre, uno studio condotto da Gonthier e colleghi nel 2021 ha dimostrato che anche i bambini in età prescolare sono capaci di adattare flessibilmente le loro strategie in base alle regolarità statistiche dell'ambiente, come evidenziato dalla presenza di effetti come CSPCE, LWPCE e ISPCE.

1.3. Le basi neurali del controllo cognitivo

Le funzioni cognitive subiscono importanti cambiamenti fin dalle fasi iniziali dello sviluppo (Mento & Benavides Varela, 2017). Durante l'infanzia, la corteccia prefrontale (PFC) va incontro a processi maturazionali che contribuiscono alla formazione di reti

neurale funzionali (Tsujimoto, 2008) ed è già completamente funzionante in bambini di 4 anni (Tsujimoto, 2008).

Secondo l'ipotesi della *Skill Learning Theory* (Johnson, 2011), i lobi frontali non sono più da considerare strutture funzionalmente silenti, infatti, sembra proprio che svolgano un ruolo centrale nell'apprendimento di nuove abilità e nell'astrazione di informazioni ambientali. Una volta acquisite, queste competenze vengono trasferite in altre regioni corticali specializzate nell'elaborazione di informazioni specifiche. I lobi frontali sono fondamentali non solo per gestire informazioni complesse o in competizione tra loro, ma soprattutto nella fase di apprendimento di nuove competenze durante i primi mesi di vita, e ciò implica la capacità di condividere informazioni tra aree anche molto distanti (Mento & Benavides Varela, 2017).

I bambini in età preverbale mostrano una maggiore attività prefrontale e parietale nella fase iniziale e terminale di compiti di apprendimento implicito, come dimostrato da tecniche emodinamiche (Johnson, 2011) e da ricostruzione di sorgenti di attività elettrica registrata sullo scalpo (Mento & Valenza, 2016). Studi di risonanza magnetica funzionale (fMRI) dimostrano che le regioni implicate nel controllo cognitivo sono: la corteccia prefrontale, la corteccia cingolata anteriore, lo striato e la corteccia parietale posteriore (Ambrosino et al., 2013).

Secondo uno studio condotto da Chiu ed Egner (2009), la corteccia prefrontale dorsolaterale (dlPFC) è coinvolta nel controllo proattivo, mentre la corteccia cingolare anteriore dorsale (dACC) è coinvolta nel controllo reattivo. Secondo altri autori, il controllo proattivo è supportato dalla memoria di lavoro, che si traduce in una maggiore connettività tra la PFC laterale (lPFC), la dACC e lo striato, che emerge e aumenta durante l'infanzia (Munakata et al., 2012).

Alla luce di queste evidenze si può affermare che il substrato neurale per il CC adattivo è attivo fin dal primo anno di vita e ciò supporta uno sviluppo precoce di tale abilità.

1.3.1. Studiare il controllo cognitivo con la CNV e il complesso N2-P3

Come suggerito dalla rassegna di Downes e colleghi (2017), gli studi ERP (*Event-Related Potentials*) possono fornire delle informazioni per la comprensione dei meccanismi alla base dello sviluppo del controllo cognitivo.

Gli ERP si registrano mediante l'elettroencefalografia (EEG), e rappresentano una tecnica di *neuroimaging* non invasiva che consente di studiare l'attività elettrica del cervello in relazione a specifici stimoli sensoriali, cognitivi o motori. Questa tecnica è particolarmente utile per comprendere i processi cognitivi coinvolti nella percezione, nell'elaborazione e nella risposta agli stimoli, poiché permette di misurare con alta precisione l'attività elettrica del cervello in tempo reale (Luck, 2005).

Tra i diversi ERP, in questo elaborato verranno esaminate la CNV (*Contingent Negative Variation*) e il complesso N2-P3, componenti dell'attività elettrica del cervello di particolare interesse per la ricerca sui processi cognitivi.

La CNV è una misura dell'attività elettrica che si verifica durante il periodo di attesa tra un segnale di avviso (*cue*) e un segnale di *target*. Questo potenziale è stato utilizzato come indice di processi cognitivi come l'attenzione, l'anticipazione e la preparazione motoria (Walter et al., 1964; Luck, 2005; Mento & Valenza, 2016). Gli studi sulla CNV hanno contribuito a comprendere il funzionamento del controllo cognitivo adattivo. Un interessante studio condotto da Chavalier e colleghi nel 2020 prevedeva un compito di *cue task-switching*, volto ad esplorare l'adattabilità e l'efficacia del controllo proattivo basato sulla valutazione contestuale dell'affidabilità del *cue*. Questa ricerca ha coinvolto persone appartenenti a tre fasce d'età diverse: bambini di 6 anni, 9 anni e adulti. I risultati emersi da questo studio hanno rilevato che, in presenza di un *cue* affidabile, ciascun gruppo ha manifestato una propensione proattiva nell'anticipare e prepararsi all'attività successiva. Tale constatazione trova riscontro a livello neurocognitivo da una positività posteriore più pronunciata, osservabile nell'intervallo di tempo compreso tra l'apparizione del *cue* e del *target*. Questo fenomeno, coerentemente con l'ipotesi di Chevalier e collaboratori (2015) potrebbe riflettere la selezione proattiva dei compiti imminenti.

Un ulteriore risultato dello studio ha indicato che, una volta attivato il meccanismo di controllo proattivo, i bambini di sei anni hanno dimostrato un livello di rendimento meno efficiente rispetto agli adulti. Infatti, solo questi ultimi hanno manifestato segni di una marcata CNV, riconducibile a una preparazione motoria e a tempi di risposta più rapidi. L'interpretazione di tale risultato suggerisce che la preparazione motoria riveste un ruolo importante nell'efficacia del controllo proattivo. Al contrario, sembra che i partecipanti più piccoli abbiano coinvolto solo una parziale preparazione proattiva, nella quale

selezionano il compito rilevante ma non preparano le risposte motorie.

Inoltre, è stata osservata una CNV lateralizzata negli adulti, ma tale fenomeno non è stato riscontrato nei bambini. Questa discrepanza potrebbe essere attribuita al fatto che questa attività cerebrale aumenta progressivamente in ampiezza dalla fase adolescenziale all'età adulta (Killikelly & Szucs, 2013), indicando una maggiore efficienza nella preparazione motoria con l'avanzare dell'età.

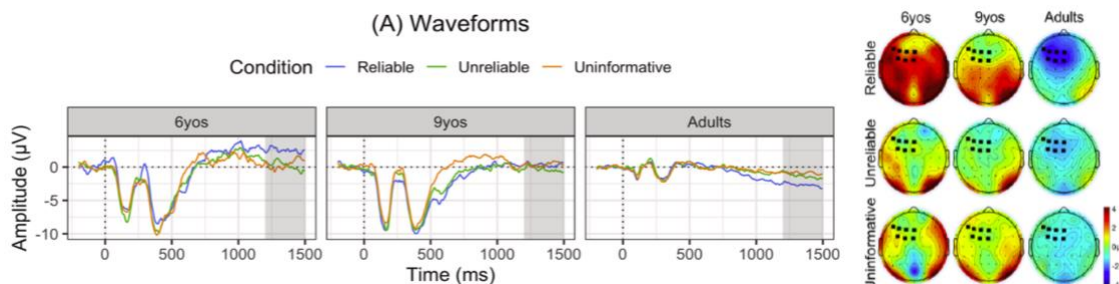


Figura 1 Uso della CNV come misura della preparazione proattiva motoria. A sinistra sono presenti le rappresentazioni grafiche delle forme d'onda corrispondenti ai tre gruppi. A destra si vede l'ampiezza media all'interno dell'intervallo di interesse. Nel grafico i quadrati neri corrispondono ai canali neurali (F5, F3, F1, Fz, FC3, FC1, FCz) (Chevalier et al., 2020).

Il complesso N2-P3 è composto da due componenti elettrofisiologiche legate all'inibizione della risposta. La N2 è una componente dell'attività elettrica che si verifica circa 200 millisecondi dopo la presentazione di uno stimolo (Jodo et al., 1992), e si ritiene che rifletta il controllo cognitivo necessario per un efficace controllo inibitorio e soppressione dell'interferenza. Infatti, è possibile notare un picco maggiore nei compiti di inibizione della risposta, evidenziando l'associazione tra la N2 e il controllo inibitorio (Downes et al., 2017). I generatori neurali sono da ricondurre secondo lo studio di Huster e colleghi (2010) nella corteccia prefrontale, temporale superiore e cingolata anteriore. La P3, invece, è una deflessione positiva tra i 300-600 ms e riflette l'inibizione motoria e la valutazione degli stimoli (Cheng, Tsai, Cheng, 2019).

La ricerca sullo sviluppo riporta tipicamente una riduzione di ampiezza e latenza della N2 con l'aumentare dell'età (Downes et al., 2017). Tuttavia, alcuni studi riportano evidenze discordanti: alcuni riportano una differenza in ampiezza più strettamente associata alla prestazione piuttosto che all'età (Lamm et al., 2006; Brydges et al., 2013); altri, invece, evidenziano una diminuzione della latenza con l'età ma non con la prestazione al compito (Downes et al., 2017). Tuttavia, mancano in letteratura studi che indagano come la N2, ovvero il controllo inibitorio, è modulata in funzione della predittiva del contesto.

CAPITOLO II

2. Gli effetti dei contenuti digitali

2.1. I contenuti digitali

Negli ultimi decenni, è stato registrato un notevole aumento dell'uso dei media digitali, tra cui la televisione e i dispositivi interattivi mobili come *smartphone* e *tablet* (Kabali et al., 2015; Ridout, 2017). La stragrande maggioranza dei genitori possiede uno *smartphone* e permette ai propri figli di guardare video o giocare ai videogiochi (Anderson et al., 2017). Studi indicano che i bambini iniziano a interagire con i dispositivi digitali già nel loro primo anno di vita, e il 75% di loro possiede un *tablet* personale (Kabali et al., 2015; Ridout, 2017). In effetti, è stato riportato che il 98% dei bambini statunitensi tra 0 e 8 anni passa in media più di 2 ore al giorno davanti agli schermi (Madigan et al., 2019), tanto che, nel catalogo dell'*App Store*, le applicazioni a pagamento destinate ai bambini prescolari rappresentano il 72% delle opzioni disponibili (Shuler, 2012).

Un recente studio condotto da Radesky et al. (2020) ha esplorato le attività preferite dai bambini in età prescolare e tra queste emergono primariamente *YouTube* e *YouTube Kids*, l'utilizzo della fotocamera e della galleria fotografica, e la visione di programmi televisivi o contenuti in streaming su piattaforme come *Netflix* o *Amazon Prime Video*.

Tuttavia, questo utilizzo precoce dei contenuti digitali (CD) ha sollevato preoccupazioni e ha aperto un dibattito nella comunità scientifica sugli effetti che possono comportare (Ridout, 2003; Madigan et al., 2019); infatti, è proprio tra i 3-5 anni che si verificano importanti cambiamenti del controllo cognitivo (Simpson & Riggs, 2005). Ma, nonostante gli sforzi di ricerca, non esiste ancora un accordo definitivo sugli effetti negativi o positivi dei CD sullo sviluppo dei bambini in età prescolare.

2.1.1. L'impatto dei contenuti digitali: un'analisi degli effetti negativi

Numerose evidenze negli anni hanno sostenuto l'idea che l'esposizione precoce ed eccessiva ai media digitali possa avere effetti dannosi fisici, comportamentali e

neurocognitivi (Madigan et al., 2019). Diversi autori hanno associato l'esposizione precoce con una serie di conseguenze negative, tra cui una preparazione scolastica e prestazionale ridotta, evidenziando che circa un bambino su quattro sembra non essere pronto ad affrontare la scuola primaria (Madigan et al., 2019). Altre difficoltà segnalate includono problemi di attenzione (Swing et al., 2010), ritardi nello sviluppo del linguaggio e un vocabolario meno sviluppato (Zimmerman et al., 2007), compromissione delle abilità sociali (Conners-Burrow et al., 2011), e un aumento dei livelli di violenza e aggressività (Anderson et al., 2017).

Madigan et al. (2019) hanno sottolineato come durante l'osservazione dei media, i bambini possano perdere opportunità per praticare e imparare a gestire le loro abilità motorie e comunicative. Infatti, l'assenza di interazioni sociali durante la visione dei media porta alla mancanza di esercizio del sistema motorio e all'essere sedentari, comportando potenzialmente un ritardo dello sviluppo motorio.

Un'interpretazione interessante è stata fornita da Aru e Rozgonjuk (2022), i quali hanno evidenziato come i contenuti digitali possano interferire con le opportunità di apprendimento e crescita. Questo perché i dispositivi mobili rappresentano una costante novità ad accesso ubiquitario, distogliendo l'attenzione da altre attività che richiedono uno sforzo cognitivo prolungato, come la lettura o l'apprendimento di uno strumento (Madigan et al., 2019).

2.1.2. I potenziali benefici dei contenuti digitali

I media quando sono utilizzati correttamente, ovvero con guida e interazione del genitore, per non più di due ore al giorno e non prima di andare a dormire, possono essere degli strumenti per promuovere lo sviluppo nella prima infanzia (Hadders-Algra, 2020).

È stato dimostrato come i contenuti educativi interattivi possano aiutare ad acquisire competenze e conoscenze concrete (Huber et al., 2018). Le *app* rappresentano una significativa opportunità di apprendimento al di fuori della scuola, se disegnate in modo corretto e educativo (Duncan, 2007), andando a colmare le differenze accademiche tra diverse situazioni socioeconomiche (Linebarger et al., 2014). Infatti, per i bambini che provengono da famiglie con basso reddito o poco istruite, i CD educativi possono favorire lo sviluppo del linguaggio e delle capacità cognitive.

Le evidenze suggeriscono che i CD ben progettati e sviluppati per i bambini possono

offrire benefici in termini di alfabetizzazione, comportamenti sociali e conoscenze accademiche, migliorando la prontezza scolastica e le prestazioni accademiche (Anderson et al., 2002). Una revisione dello studio di Zimmerman e colleghi (2007) riporta una correlazione positiva tra sviluppo del linguaggio e CD educativi, non replicando i risultati nello studio originale (Valkenburg et Pietrovki, 2017). In uno studio condotto da Linebarger (2014), a 59 bambini di età prescolare è stato mostrato un video del *Cookie Monster* che cercava di mettere in pratica strategie per resistere alla tentazione di mangiare biscotti. Successivamente, il comportamento dei bambini è stato valutato attraverso il *Marshmallow test* (Mischel et al., 1972), che ha rivelato che i bambini che avevano visto il video del *Cookie Monster* sono riusciti a resistere alla tentazione per una media di quattro minuti in più rispetto a quelli che non lo avevano visto.



Figura 2 Il *Cookie Monster* di *Sesame Street* insegna ai bambini come resistere alle tentazioni, promuovendone l'autoregolazione (Linebarger et al., 2014)

2.1.3. Non tutti i contenuti digitali sono uguali

La revisione della letteratura effettuata da Kostyrka-Allchorne (2017) evidenzia la complessità della relazione tra la visione dei contenuti digitali (CD) e lo sviluppo dei bambini. Questa relazione sembra dipendere da vari fattori, tra cui le caratteristiche individuali dei bambini, il contesto familiare e sociale, oltre alle peculiarità dei contenuti televisivi, come il loro contenuto e il ritmo di montaggio, nonché il tipo di esposizione (in primo piano o in *background*).

Tipologia di CD: educativo - d'intrattenimento

Una ri-analisi dei dati longitudinali raccolti negli anni '80 ha trovato una piccola

correlazione tra l'esposizione precoce alla televisione tra 1 e 3 anni e i successivi sintomi di problemi di attenzione a sette. Tuttavia, studi correlazionali mettono in luce come la tipologia di contenuto è un importante mediatore.

Vengono definiti educativi le forme di media che sono state progettate e sviluppate con l'obiettivo di fornire insegnamento, apprendimento e istruzione. Questi contenuti sono concepiti per facilitare il processo di apprendimento grazie all'uso delle tecnologie digitali. Al contrario, i contenuti digitali d'intrattenimento hanno l'obiettivo principale di fornire svago e divertimento offrendo esperienze coinvolgenti ed interattive per il pubblico (Vankelburg & Pietrowski, 2017).

Diversi studi si sono concentrati sull'analisi della correlazione tra esposizione precoce alla televisione e le conseguenti problematiche legate all'attenzione. Uno studio interessante è stato condotto da Zimmerman e colleghi (2007) il quale offre una prospettiva dettagliata sugli effetti differenziali in base al tipo di contenuto mediatico. Gli autori hanno in particolare isolato gli effetti indipendenti di tre categorie di contenuti: programmi educativi (come *Sesame Street*), spettacoli d'intrattenimento non violenti (come *Gli Aristogatti*) e d'intrattenimento violenti (come *i Looney Tunes*). Questa ricerca ha rivelato che la sola esposizione a spettacoli d'intrattenimento, sia violenti che non violenti, prima dei 3 anni, rappresenta un rischio significativo per lo sviluppo di problemi di attenzione in seguito (Figura 3). In contrasto, l'esposizione a contenuti educativi non presenta tale rischio. Questi risultati sono coerenti con le conclusioni degli studi di Kirkorian e colleghi (2008).

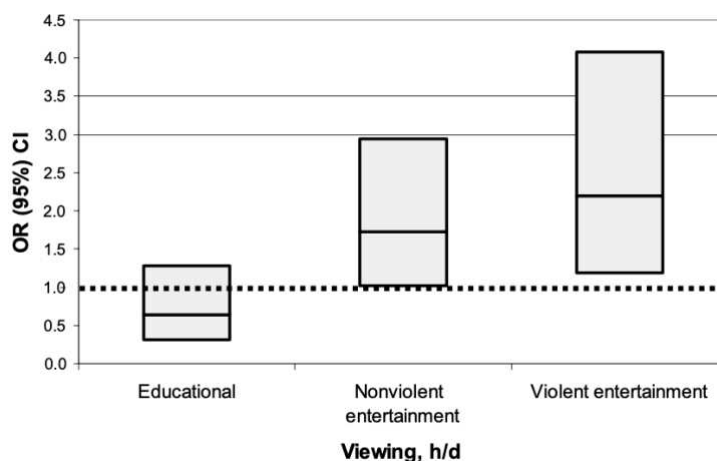


Figura 3 Rischio di sviluppare problemi attentivi in relazione alla tipologia di CD guardato (Zimmerman et al., 2007).

Caratteristiche del montaggio: contenuti digitali lenti oppure veloci

I CD utilizzano diverse caratteristiche audio-visive per catturare e mantenere l'attenzione dei bambini: effetti visivi (zoom, dissolvenze, panoramiche), un alto tasso di azione, miglioramenti uditivi e variabilità di ritmo. Queste caratteristiche potrebbero andare a sovra stimolare l'elaborazione cognitiva dei bambini, spingendoli ad assimilare sempre nuove informazioni piuttosto che concentrarsi nella comprensione degli stimoli passati, favorendo in questo modo un processamento superficiale piuttosto che una riflessione profonda (Greenfield, 1984; Huber et al., 2018).

Alcune ricerche hanno esaminato gli effetti a breve termine del ritmo di montaggio sul controllo cognitivo e sul comportamento infantile. Alcune teorie suggeriscono che l'esposizione a programmi animati a ritmo veloce potrebbe avere un impatto negativo sul comportamento e sul controllo cognitivo dei bambini, portando a una minore autoregolazione comportamentale e una ridotta perseveranza nel raggiungimento degli obiettivi (Kostyrka-Allchorne, 2019). Ciò è supportato da uno studio condotto da Wright e colleghi (1984), in cui i bambini esposti a programmi a ritmo veloce sembravano incontrare maggiori difficoltà nell'integrare le informazioni rispetto a un gruppo di controllo che aveva visualizzato contenuti a ritmo più lento. Inoltre, Geist e Gibson (2000) hanno ottenuto risultati coerenti con queste conclusioni, dimostrando che i bambini di 4-5 anni che avevano guardato programmi a ritmo veloce manifestavano una minore perseveranza nelle attività educative successive rispetto a coloro che non avevano guardato la televisione, e presentavano un comportamento più agitato. Un altro studio significativo condotto da Kostyrka-Allchorne e colleghi (2017) ha manipolato il ritmo di montaggio di un cartone animato, mantenendo invariato il contenuto. Dopo la visualizzazione di un breve filmato di cinque minuti, è stata valutata una sessione di gioco libero, che permette di valutare la capacità naturale dei bambini di concentrarsi e resistere alle distrazioni durante l'attività (Ruff & Capozzoli, 2003). I risultati hanno rivelato che i bambini che avevano visto il filmato a ritmo veloce spostavano la loro attenzione più frequentemente, giocavano con più giocattoli e manifestavano un comportamento più irrequieto rispetto ai bambini che avevano visto il cartone a ritmo lento, indipendentemente dal contenuto.

Tipologia di contenuto: realistico o irrealistici

Lillard e i suoi colleghi (2015) hanno formulato l'ipotesi che l'elaborazione di contenuti irrealistici potesse costituire una sfida considerevole per le risorse cognitive dei bambini. Questi contenuti irrealistici sono definiti come quelli che includono personaggi immaginari con poteri magici o eventi fisicamente improbabili (Kostyrka-Allchorne, 2017).

Nel loro studio, Lillard et al. (2015) hanno esaminato l'effetto dei programmi televisivi contenenti tali elementi su bambini di 4 e 6 anni, confrontando programmi con diverse quantità di contenuti irrealistici e ritmi di montaggio variabili. I risultati sembravano suggerire un effetto a breve termine dannoso solo in relazione al contenuto (prestazioni inferiori dopo la visione di contenuti fantastici rispetto a quelli realistici), senza un impatto significativo sul ritmo. Tuttavia, va notato che questo studio potrebbe non aver tenuto conto di altre variabili, come ad esempio la struttura narrativa e l'uso dell'umorismo, che potrebbero avere influenze diverse.

Gli studi in letteratura non riuscivano a determinare se gli effetti negativi a breve termine fossero attribuibili alla tipologia di contenuto o al ritmo del montaggio. Per chiarire questa distinzione Kostyrka-Allchorne e il suo gruppo di ricerca (2019) hanno condotto uno studio utilizzando video sperimentali appositamente progettati e realizzati, manipolando sia il ritmo del montaggio che il contenuto. Questo studio prevedeva quattro condizioni: video veloce-realistico, lento-realistico, veloce-irrealistico e lento-irrealistico. I risultati suggeriscono che il grado di realismo di una storia, piuttosto che il ritmo del video, influisce sulla componente inibitoria andando a migliorarla nei bambini di 4 anni. Allo stesso tempo, il ritmo di montaggio e il contenuto interagiscono e hanno un effetto sull'attenzione. Va notato che, sebbene i dati supportino l'idea che il ritmo possa influenzare alcuni aspetti dell'attenzione, tali effetti sono moderati dal contenuto che in alcuni casi può attenuare gli effetti dannosi del ritmo veloce.

Questi risultati contrastano con lo studio condotto da Lillard et al. (2015), ma è possibile che ciò sia dovuto alle differenze nei compiti utilizzati per valutare il controllo cognitivo. Inoltre, è plausibile che i contenuti digitali possano avere effetti diversi su diverse componenti del controllo cognitivo.

Interruzioni pubblicitarie e televisione in background

Un aspetto ulteriore che è stato oggetto di analisi è il ruolo delle interruzioni pubblicitarie, poiché si è riscontrato che possono interrompere la narrazione e l'attenzione sostenuta, rendendo difficile stabilire connessioni tra i concetti. Tali ipotesi sono state supportate dallo studio di Nathanson e colleghi (2014) i quali hanno esaminato l'effetto della visione di programmi di qualità senza interruzioni pubblicitarie rispetto a contenuti simili ma interrotti da spot pubblicitari. È emerso che solo il gruppo di bambini prescolari, esposto ai programmi senza interruzioni pubblicitarie ha mostrato un miglioramento dell'attenzione e del controllo esecutivo. Gli autori hanno suggerito che le interruzioni pubblicitarie richiedono una costante distrazione dell'attenzione dallo schermo e la sua successiva riattivazione, promuovendo uno stile di attenzione reattiva che rende difficile stabilire connessioni tra i concetti ed estrarre significato (Valkenburg and Vroone, 2004). Un altro fattore da tenere in considerazione riguardo la televisione è la visione in primo piano oppure in *background*; quest'ultimo aspetto è stato attenzionato in quanto sembra essere responsabile della creazione di un ambiente caotico e rumoroso, che potrebbe distogliere l'attenzione dei bambini dai compiti principali, come ad esempio il gioco ma anche interferire nelle interazioni genitore-figlio (Anderson et al., 2017; Kirkorian et al., 2008).

2.3. L'interattività può mediare gli effetti negativi dei contenuti digitali?

Fin dalla prima infanzia, i bambini imitano principalmente per due motivi: da una parte favorisce un apprendimento rapido delle abilità attraverso l'osservazione, aggirando l'apprendimento per prove ed errori, dall'altra garantisce un'interazione sociale continua (Nielsen & Dissanayake, 2004). Studi evidenziano un picco di imitazione tra i 12 e i 36 mesi, che poi sembra diminuire con l'aumentare dello sviluppo delle abilità linguistiche (Nadel, 2006).

Gli studi condotti da Nielsen e il suo gruppo di ricerca nel 2008 supportano l'ipotesi che imitiamo gli altri per motivazioni sociali. In questi esperimenti, sono stati coinvolti bambini di 24 mesi a cui veniva chiesto di aprire tre scatole chiuse al cui interno si trovava un giocattolo; poco prima però gli veniva fatta vedere una persona che usava una strategia diversa e poco efficace per aprirle (usava un oggetto). I risultati indicano che i bambini

tendevano a copiare queste azioni inefficienti, cioè ad utilizzare lo strumento, invece di adottare una strategia più efficiente, come ad esempio utilizzare le proprie mani.

Altri studi riportano la capacità di imitazione da parte di bambini di 24 mesi anche quando le azioni vengono presentate in video, sebbene in misura inferiore rispetto a un modello dal vivo; tale fenomeno è noto in letteratura come *video deficit* (Barr & Hayne, 1999). Se l'imitazione avviene per motivi sociali e di interazione, Nielsen e colleghi (2008) hanno ipotizzato che i bambini sarebbero meno propensi a farlo quando il modello è presentato su video piuttosto che di persona, poiché i modelli televisivi offrono meno informazioni sociali e non possono interagire con il bambino.

Nel primo esperimento di Nielsen et al. (2008), sono state confrontate le azioni di imitazione in tre condizioni: modello dal vivo, modello video familiare (un adulto con cui il bambino aveva già interagito) e modello video di un adulto sconosciuto.

I risultati confermano l'ipotesi degli autori: i bambini di 24 mesi imitano maggiormente le azioni del modello dal vivo rispetto alle condizioni video.

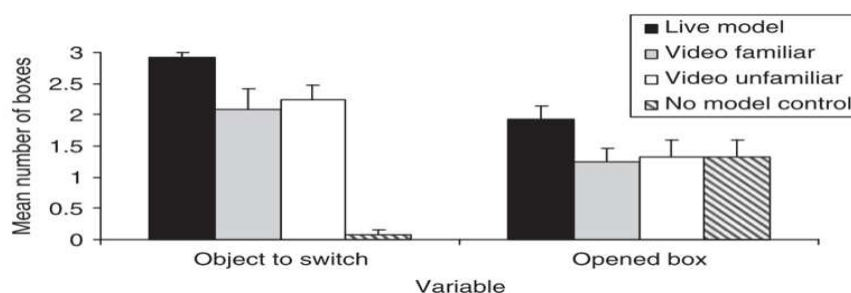


Figura 4 Il numero medio di scatole che sono state spostate (a sinistra) e di scatole aperte (a destra) in relazione alle condizioni dell'esperimento 1 (Nielsen et al., 2008).

Gli autori hanno ipotizzato che i risultati potevano essere spiegati dal fatto che i bambini non percepivano i modelli televisivi come fonti di informazioni sociali utili nella loro condizione attuale (Nielsen et al., 2008; Troseth et al., 2006). Tuttavia, se i bambini dovessero percepire i modelli televisivi come fonti utili, allora dovrebbero essere più inclini a copiarne le azioni. Quest'ultima ipotesi venne testata e confermata in un secondo esperimento, nel quale prima del compito i bambini interagivano con un video. I comportamenti di imitazione sono stati confrontati in tre condizioni: Interattiva, Non Interattiva e Non Interattiva di Controllo.

Nella condizione interattiva, madre e bambino interagivano direttamente con lo

sperimentatore presente sullo schermo, mentre nella condizione non interattiva veniva mostrato loro un video preregistrato (*yoked-design*) dello sperimentatore che interagiva con un altro bambino. Nella condizione di controllo non interattiva, si è evitato l'uso del nome del bambino e si sono evitati argomenti personali irrilevanti nel video preregistrato dell'esperimentatore.

I risultati indicano che i bambini erano inclini a imitare le azioni specifiche del modello quando c'era un'interazione sociale con il modello in TV. Questo suggerisce che l'interazione sociale gioca un ruolo significativo nell'orientare il comportamento di imitazione dei bambini, persino mentre guardano la televisione. Per essere più specifici, quando i bambini avevano un coinvolgimento sociale nella condizione Interattiva, erano più propensi a copiare le azioni rispetto alle due condizioni Non Interattive. Inoltre, tra queste due ultime condizioni, non c'era differenza nell'imitazione, il che suggerisce che l'assenza di interazione sociale era un fattore cruciale nell'influenzare il comportamento di imitazione.

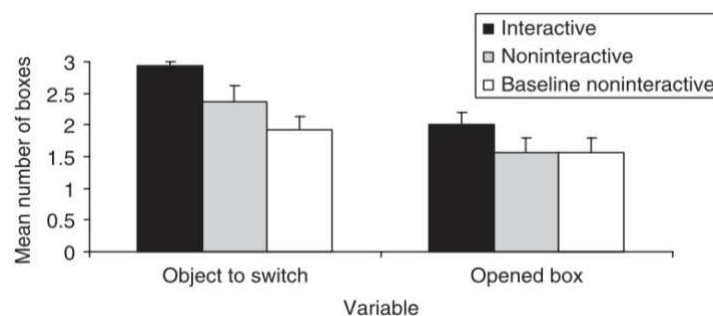


Figura 5 Il numero medio di scatole che sono state spostate (a sinistra) e di scatole aperte (a destra) nell'esperimento 2 (Nielsen et al., 2008).

Secondo i dati riportati nella letteratura, è evidente che l'apprendimento risente notevolmente della mancanza di interazione diretta, soprattutto nei bambini di età compresa tra i 15 e i 36 mesi (Barr et al., 2010). Infatti, è emerso che i bambini imparano meglio quando sono coinvolti attivamente a livello cognitivo. Pertanto, è essenziale che le esperienze di apprendimento siano significative, socialmente interattive e guidate da un obiettivo specifico (Hirsh-Pasek et al., 2015).

Da sottolineare come l'età rappresenti un fattore cruciale da tenere in considerazione (Troseth et al., 2018), poiché i bambini più piccoli sembrano essere meno inclini ad apprendere dai video. In tal senso, l'interazione diretta gioca un ruolo fondamentale nella

loro capacità di acquisire nuove conoscenze e competenze. Uno studio condotto da Roseberry e colleghi (2013) ha analizzato l'apprendimento di sostantivi in bambini di 22-30 mesi dopo una settimana di allenamento, considerando tre condizioni: apprendimento in presenza di un adulto, tramite videochiamata e tramite un video preregistrato. I risultati hanno dimostrato che l'apprendimento si verificava nelle prime due condizioni, indicando dunque che i bambini di 22 mesi sono in grado di apprendere tramite videochiamata. Una replica dello stesso studio condotta su bambini di 36 mesi ha dimostrato che l'apprendimento era possibile anche nella condizione del video preregistrato.

L'efficacia maggiore dell'apprendimento in presenza di un adulto sembra essere attribuibile al fatto che i bambini hanno accumulato un'ampia esperienza con persone reali che svolgono un ruolo sociale rilevante, potenzialmente come insegnanti (Tsuji, Fievet & Cristia, 2021). Affinché i bambini possano apprendere in modo efficace, i dispositivi digitali educativi devono mimare situazioni di vita reale di interazione con un partner sociale, includendo segnali sociali che facilitino la comprensione e la capacità di connettere tali contenuti con la situazione attuale dei bambini (Nielsen et al., 2008).

2.4. Impatti neurali dei contenuti digitali: Cambiamenti nella Microstruttura e Possibili Effetti

La morfologia corticale e l'attività funzionale del cervello subiscono cambiamenti dinamici dalla prima infanzia all'età adulta, e tali cambiamenti sono strettamente correlati alle capacità cognitive e comportamentali. Tali cambiamenti sono particolarmente rilevanti durante l'età prescolare, poiché il cervello è altamente plastico, capace di adattarsi e cambiare in risposta all'ambiente e all'esperienza (Hutton et al., 2022).

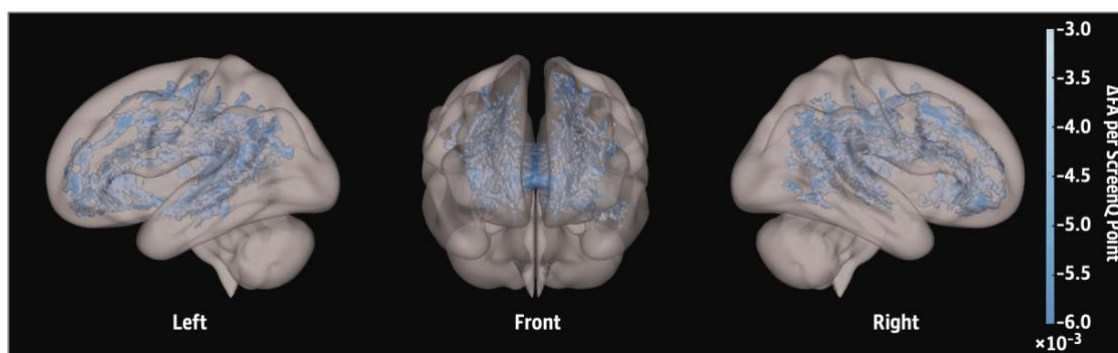
La letteratura ha formulato ipotesi riguardo a una possibile correlazione tra un elevato utilizzo dei contenuti digitali e aumento dei rischi neurobiologici nei bambini (Paulus et al., 2019). Tuttavia, è essenziale sottolineare che attualmente ci sono pochi studi disponibili su bambini in età prescolare, e quindi ulteriori ricerche sono necessarie per confermare tali associazioni in questa specifica fascia d'età.

2.4.1. Studi di *neuroimaging*

Un gruppo di ricercatori guidato da Hutton ha eseguito uno studio utilizzando la tecnica di imaging a tensore di diffusione (DTI) su bambini in età prescolare, con l'obiettivo di

esaminare l'impatto dei media digitali sullo sviluppo cerebrale e sulle competenze linguistiche ed emergenti di alfabetizzazione. I risultati di questo studio hanno rivelato una correlazione statistica significativa tra l'eccessivo tempo trascorso davanti agli schermi - misurato mediante la somministrazione del questionario *ScreenQ* (Hutton et al., 2020) - e una riduzione dell'anisotropia frazionaria (FA) oltre ad un aumento della diffusività radiale (RD) nelle regioni di materia bianca del cervello, tra cui il fascio arcuato, il fascio uncinato e il fascio longitudinale inferiore. Questi cambiamenti nella microstruttura sono stati associati negativamente alle abilità linguistiche ed emergenti di alfabetizzazione nei bambini (Hutton et al., 2020).

A Lower FA



B Higher RD

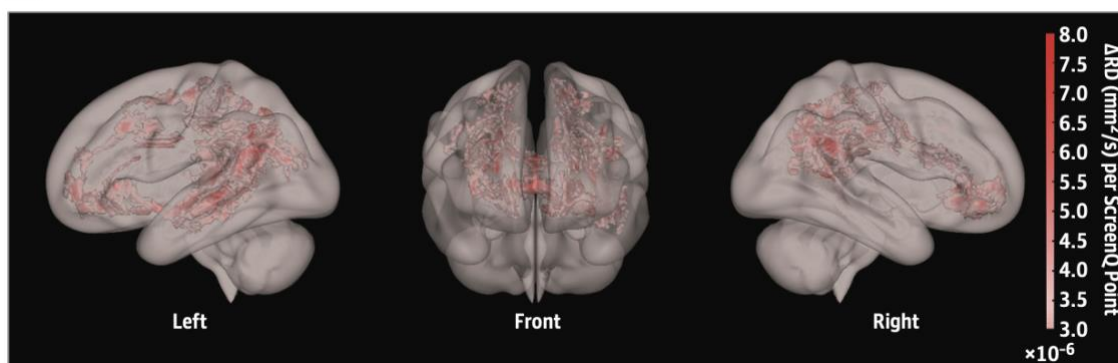


Figura 6 I voxel della materia bianca mostrano una correlazione statisticamente significativa tra l'utilizzo dei media basati su schermo (punteggi *ScreenQ*) e una minore anisotropia frazionaria (FA; A) e una maggiore diffusività radiale (RD; B) nell'analisi dell'intero cervello, controllando l'età del bambino e il livello di reddito familiare. Il colore indica la pendenza o l'entità della correlazione (cioè, il cambiamento nel parametro DTI per ogni punto di aumento nei punteggi di *ScreenQ*) (Hutton et al., 2020).

Va sottolineato che questo studio è stato condotto su bambini in età prescolare, i quali potrebbero ancora non frequentare la scuola o leggere in modo indipendente, ma i risultati rivestono rilevanza per il processo di lettura emergente, che comincia in tenera età e coinvolge diverse abilità e conoscenze necessarie per la lettura e la scrittura. Un aspetto

particolarmente significativo riguarda la denominazione automatica rapida, un'abilità linguistica e di alfabetizzazione critica che influisce sulla lettura e sulla comprensione delle parole. È emerso che un maggiore utilizzo degli schermi è associato a cambiamenti nella microstruttura delle aree cerebrali coinvolte in questa abilità, con possibili conseguenze negative sulle prestazioni di lettura e sulla capacità di dare significato alle parole e ai simboli (Hutton et al., 2020).

Un successivo studio di risonanza magnetica (MRI) di Hutton e colleghi (2022) ha avanzato l'ipotesi che un'elevata esposizione ai contenuti digitali possa essere associata a un ridotto spessore corticale e profondità delle scissure in alcune aree cerebrali coinvolte nell'elaborazione visiva e nel controllo cognitivo (Paulus et al., 2019).

2.4.2. Studi ERP

Il primo studio che ha evidenziato l'effetto dell'esposizione a video a ritmo veloce sui meccanismi neurali dell'inibizione è stato condotto da Kostyrka-Allchorne e colleghi nel 2019. In questo studio, è stato presentato a bambini di 7 anni un breve video sperimentale al fine di misurare l'effetto del ritmo di montaggio video sulle loro prestazioni in un compito Go/NoGo e di esaminare l'attività neurale dell'inibizione mediante l'utilizzo di potenziali evento-relati (ERP) (Kappenman & Luck, 2011).

I risultati comportamentali hanno confermato che il ritmo veloce del video ha avuto un impatto negativo sulle prestazioni. I bambini che hanno visto il video a ritmo veloce hanno commesso più errori nelle prove NoGo rispetto a quelli che hanno visto il video a ritmo lento. Inoltre, l'analisi delle misure psicofisiologiche ha rivelato che il ritmo di montaggio ha influenzato i processi neurali dell'inibizione, in particolare riguardo alla tempistica dell'attivazione delle componenti N2 e P3 dell'attività cerebrale. La N2 è associata alla percezione di incongruenze o alla rilevazione di errori nelle attività cognitive (Jodo et al., 1992), mentre la P3 è una componente ERP osservata con una deflessione positiva nell'EEG che si verifica circa 300 ms dopo l'apparizione di uno stimolo che il soggetto rileva deviante (Polich & Kok, 1995).

Nel gruppo a ritmo lento, la tempistica di queste componenti variava tra le prove NoGo corrette e sbagliate in modo tipico, raggiungendo il picco più precocemente nelle prove corrette. Al contrario, per i bambini nel gruppo a ritmo veloce, la tempistica dell'attivazione di questi processi corticali era atipica, poiché non differiva tra le prove

NoGo corrette e sbagliate.

Gli errori nelle prove NoGo suggeriscono che, immediatamente dopo l'esposizione al video a ritmo veloce, l'elaborazione esecutiva dei bambini è stata meno efficiente, ma questo effetto è stato di breve durata. Nonostante il tasso più elevato di errori, i bambini del gruppo a ritmo veloce non hanno dimostrato tempi di reazione più veloci, suggerendo che potrebbero aver adottato un approccio "distraente e insensibile al compito". Si ipotizza dunque che i bambini nel gruppo a ritmo veloce abbiano avuto difficoltà a inibire risposte impulsive inappropriate, mentre il livello di attenzione sostenuta al compito era simile in entrambi i gruppi.

In base alla revisione della letteratura, emerge che i contenuti digitali, specialmente quelli di natura irrealistica, possono influenzare il controllo cognitivo sia a breve termine che, potenzialmente, a lungo termine. Tuttavia, finora nessuno ha condotto uno studio per esaminare se un elevato grado di interattività nei contenuti digitali possa svolgere un ruolo potenzialmente protettivo rispetto agli effetti dannosi di tali contenuti. Inoltre, non è stato ancora chiarito quali effetti possa avere l'interattività sul controllo cognitivo adattivo nei bambini in età prescolare. Questa fase dello sviluppo è rilevante poiché segna la transizione graduale da un utilizzo preferenziale di strategie di controllo reattive a strategie proattive, con la capacità di bilanciarle in base alle necessità, contribuendo così alla flessibilità e all'adattabilità del controllo cognitivo.

È importante sottolineare che i bambini in età prescolare sono esposti in modo significativo ai contenuti digitali, il che coincide con un periodo di estrema sensibilità nello sviluppo neurale. In questo contesto diventa cruciale esaminare il ruolo dell'interattività.

CAPITOLO III

3. La ricerca

3.1. Obiettivi

Questo elaborato costituisce una parte integrante del più ampio progetto di ricerca denominato *ADDICTED (Attentional Disruption after Digital Content Exposure during Development)*, coordinato dal Prof. Giovanni Mento del Dipartimento di Psicologia Generale presso l'Università degli Studi di Padova. Lo scopo principale del progetto è investigare come l'esposizione ai contenuti digitali influenzi il controllo cognitivo adattivo nei bambini in età prescolare, focalizzandosi anche sul ruolo dell'interattività come possibile mitigatore degli effetti dannosi a breve termine dei media.

Per esaminare tali effetti, verranno utilizzati indicatori comportamentali, come i tempi di reazione e l'accuratezza, insieme all'analisi di componenti neurofisiologiche, come la CNV e il complesso N2-P3, registrate tramite HD-EEG durante l'esecuzione del compito sperimentale denominato *Addy Task* (Toffoli et al., in prep.). Questo compito mira a indagare il controllo cognitivo sia proattivo che reattivo durante l'uso di un cue il cui valore predittivo rispetto al target si modifica nel corso del compito attraverso una manipolazione *List-Wide Proportion Congruency (LWPC)*.

3.2. Metodo

3.2.1. Partecipanti

La ricerca è stata condotta presso il laboratorio interdipartimentale di HD-EEG dell'Università degli Studi di Padova. Lo studio ha coinvolto un gruppo di 41 bambini a sviluppo tipico, con un'età compresa tra i 4 e i 6 anni (Fig.7). I partecipanti sono stati reclutati attraverso annunci sui social media, distribuzione di volantini presso negozi per bambini e utilizzando un database di famiglie che avevano in precedenza fornito il consenso ad essere ricontattate dal *NeuroDev lab*, coordinato dal Prof. Giovanni Mento. I criteri di esclusione per la partecipazione allo studio comprendevano: un punteggio inferiore alla norma nelle Matrici Colorate di Raven per il ragionamento non verbale rispetto all'età (Raven e Court, 1938); l'assenza di diagnosi relative a disturbi del neurosviluppo (come ad esempio autismo), disturbi sensoriali (come problemi di vista o

udito) e disturbi neurologici (come l'epilessia); e la nascita pretermine. Dai 59 iniziali partecipanti, dalle analisi sono stati esclusi i partecipanti che 1) hanno rifiutato di indossare la cuffia HD-EEG e, di conseguenza, hanno completato l'intera procedura sperimentale senza indossarla (N=3), 2) ad un'ispezione visiva del tracciato HD-EEG presentavano un numero eccessivo di artefatti oculari e/o di movimento (N=15). Il campione finale includeva un numero totale di 41 partecipanti.

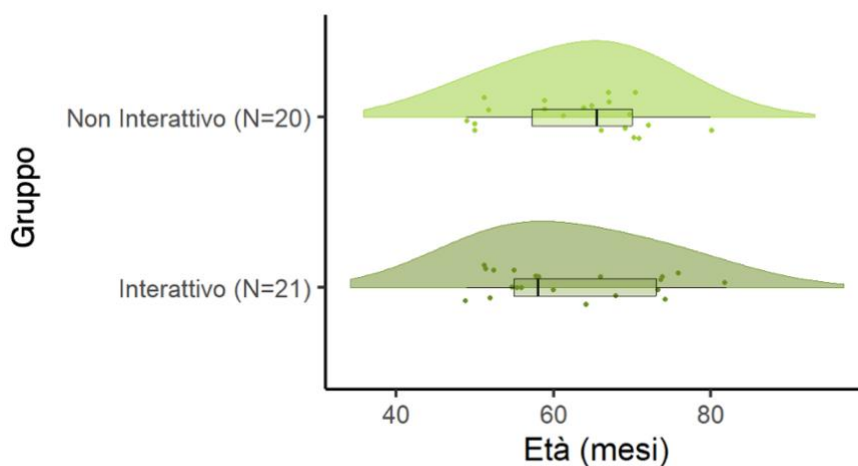


Figura 7 Rappresentazione grafica con *Raincloud plot* della distribuzione d'età espressa in mesi (asse delle ascisse) nel campione suddiviso per condizione sperimentale (asse delle ordinate): verde chiaro per il gruppo Non Interattivo e verde scuro per quello Interattivo.

3.2.2. Conformità etica

Tutte le famiglie che hanno partecipato allo studio hanno dato il loro consenso; i genitori in forma scritta ed i bambini oralmente.

Ogni procedura sperimentale è stata prima approvata dal Comitato Etico della Scuola di Psicologia dell'Università di Padova (protocollo n. 4517) e condotta secondo i principi espressi dalla Dichiarazione di Helsinki.

3.2.3. Procedura sperimentale

Inizialmente, le famiglie sono state accolte nel laboratorio HD-EEG dell'Università di Padova. Dopo essersi ambientate, sono state fornite loro spiegazioni dettagliate sulle procedure e gli obiettivi della ricerca. I genitori di tutti i bambini coinvolti hanno poi fornito il consenso necessario per la partecipazione allo studio. Successivamente, ai genitori è stato chiesto di completare una serie di questionari, tra cui:

- Un questionario anamnestico sullo sviluppo psico-motorio dei bambini, che includeva domande relative alle abitudini alimentari, al sonno, alla partecipazione in attività sportive e alla gestione del tempo libero. Inoltre, sono state raccolte informazioni sul raggiungimento delle principali tappe dello sviluppo e sulla presenza di eventuali certificazioni diagnostiche. Sono state richieste altre informazioni demografiche sulla famiglia, come lo status socio-economico e la composizione familiare.
- Il questionario *Conners' Rating Scale - Revised* (CRS-R) versione per genitori (Conners, 2001), che esplora gli aspetti emotivo-comportamentali attraverso affermazioni basate sul comportamento quotidiano dei bambini.
- Il questionario *Behavior Rating Inventory of Executive Function - Preschool Version* (BRIEF-P; Marano et al., 2014), che valuta vari aspetti delle funzioni esecutive osservabili nella vita quotidiana dei bambini in età prescolare.
- Alcune domande relative all'uso dei dispositivi digitali in famiglia, con particolare attenzione all'eventuale utilizzo problematico.

Per quanto riguarda i bambini, una volta a loro agio, sono stati invitati a sedersi su una sedia rialzata, posizionata a una distanza di circa 50 cm dal monitor del computer da 19 pollici. Durante tutto il protocollo sperimentale sono stati registrati indici psicofisiologici quali HD-EEG, battito cardiaco, conduttanza cutanea e dilatazione pupillare.

Prima di applicare la cuffia HD-EEG veniva fatta toccare ai bambini per fargli prendere confidenza e, solo dopo aver ottenuto il loro consenso, abbiamo misurato la circonferenza della loro testa. Successivamente, la cuffia è stata immersa in una soluzione salina per 5 minuti prima di essere posizionata sulla testa dei bambini.

I bambini hanno guardato un video tratto da *La Casa di Topolino* (Walt Disney) e proprio in questa fase i bambini sono stati assegnati in maniera pseudo-randomizzata alle due diverse condizioni sperimentali (come rappresentato in Figura 8):

- La condizione "Interattiva" coinvolge i bambini nella visione dell'episodio completo del cartone animato. Questa condizione è caratterizzata dalla presenza di elementi attivanti, poiché i personaggi del cartone coinvolgono gli spettatori in varie attività. Ad esempio, possono porre domande ai bambini o creare situazioni di risoluzione di problemi, incoraggiando i bambini a trovare soluzioni.

- La condizione "Non Interattiva" implica che i bambini abbiano guardato le stesse scene, ma senza la componente interattiva. Di conseguenza, l'esperienza di visione è più passiva.

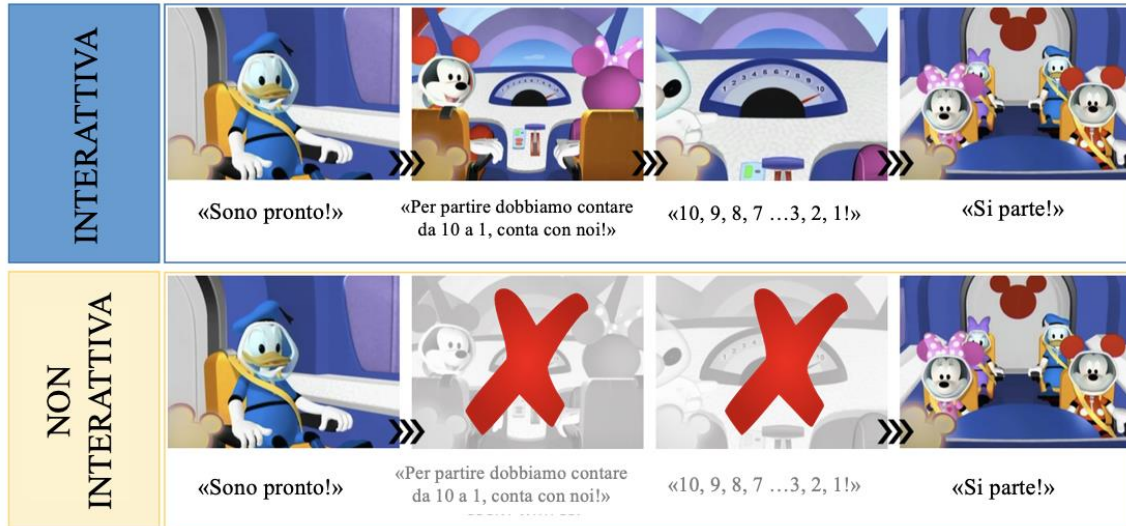


Figura 8 confronto tra condizione Interattiva e Non Interattiva di un video tratto da La casa di Topolino

Successivamente, i bambini hanno svolto l'*AdDY Task* (Toffoli et al., in prep), un compito sperimentale finalizzato ad esplorare la loro capacità di controllo cognitivo adattivo (Figura 9).

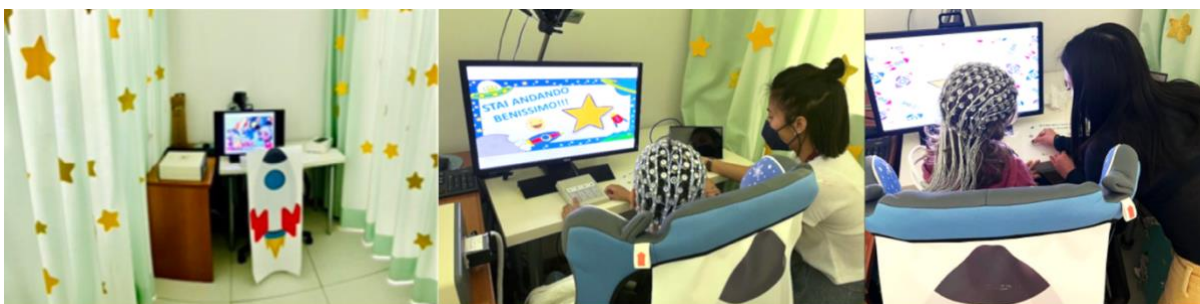


Figura 9 Setting sperimentale durante lo svolgimento dell'*AdDY Task* con cuffia HD-EEG.

Al termine dell'esperimento, sono stati rimossi gli strumenti utilizzati per monitorare gli indicatori psico-fisiologici e sono stati somministrati dei test per la valutazione neuropsicologica, tra cui:

- Il test di fluency fonologica, preso dalla BVN 5-11 - Batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutiva (Bisiacchi et al., 2005). Questa prova è stata utilizzata per valutare l'accesso e il recupero lessicale su indizio fonetico, la

produzione del linguaggio e la capacità di sviluppare una strategia adeguata nella ricerca delle parole.

- Il *Backward digit span*, impiegato per valutare la memoria di lavoro, anch'esso incluso nella BVN 5-11 - Batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutiva (Bisiacchi et al., 2005).
- Alcuni test volti a esaminare la capacità di posticipare la gratificazione, tra cui "Incarto il pacchetto" e "Il dono", finalizzati a valutare l'inibizione del comportamento impulsivo. Queste prove sono state adottate dalla Batteria per la valutazione delle funzioni esecutive in età prescolare FE-PS 2-6 (Usai et al., 2017).

Alla fine del protocollo sperimentale, ogni bambino è stato premiato con un piccolo dono in segno di gratitudine per la sua partecipazione e ha ricevuto un diploma di "Piccolo/a pilota: scienziato/a spaziale".

3.3. Materiali

3.3.1. Registrazione elettroencefalica

Nel corso di questa ricerca, è stato impiegato un sistema non invasivo di registrazione continua del segnale EEG ad alta densità di elettrodi, noto come sistema EGI® geodesic. Questa procedura ha coinvolto l'uso di 128 elettrodi rivestiti da spugnette morbide, i quali sono stati posizionati sullo scalpo attraverso l'uso di una cuffia elastica ad alta risoluzione spaziale chiamata *HydroCel Geodesic Sensor Net 128*. La cuffia è stata sterilizzata accuratamente prima di ogni utilizzo. La frequenza di campionamento è stata impostata a 500 Hz. Inoltre, l'impedenza di ogni elettrodo è stata monitorata e mantenuta sotto i 50 kΩ. Al fine di minimizzare l'interferenza del movimento, durante il test è stato chiesto ai bambini per quanto possibile di evitare movimenti eccessivi della testa e degli arti.

Il sistema impiegato in questa ricerca presenta notevoli differenze rispetto ai tradizionali sistemi EEG. In particolare, non richiede procedure invasive come l'abrasione della pelle nei punti di contatto con gli elettrodi o l'applicazione di gel conduttore o altre sostanze. Inoltre, consente un rapido montaggio della cuffia, che richiede approssimativamente 10 minuti in totale. Infine, è stata prestata molta attenzione all'impedenza di ciascun elettrodo, effettuando regolazioni manuali prima di registrare l'attività EEG, al fine di

garantire una qualità ottimale del segnale

La figura 10 illustra la disposizione degli elettrodi sulla cuffia posizionata sullo scalpo, con particolare attenzione al fatto che il vertice (Cz) è stato utilizzato come punto di riferimento.

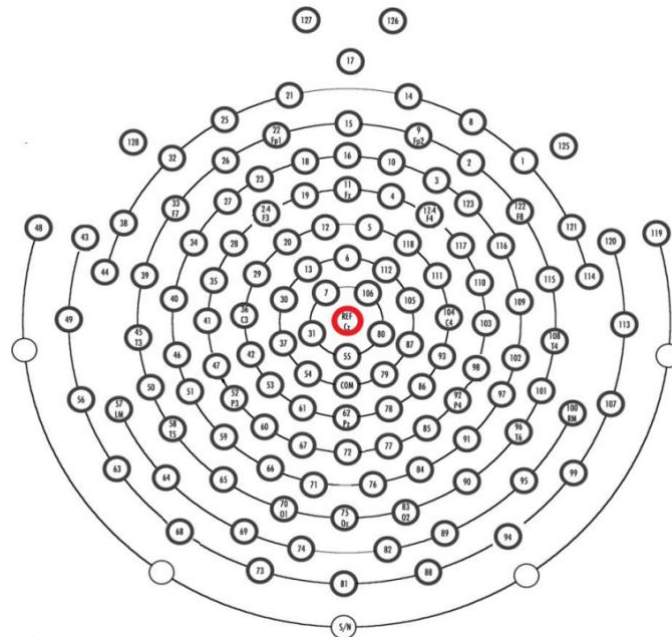


Figura 10 Cuffia HD-EEG 128 canali posizionata sullo scalpo

3.3.2. *Addy task*

L'*Addy task* (Toffoli et al., in prep.) è un compito sperimentale che è stato creato e somministrato con il *software E-prime* (Schneider et al., 2002). Il compito permette di valutare come il controllo cognitivo si adatti in maniera dinamica nel corso del *task* associando al *cue* un valore di predizione rispetto al *target*. Tale compito richiede dunque la capacità di apprendere l'associazione implicita cue-target e di aggiornarla durante il compito.

Per descrivere meglio il compito:

- il *cue* è rappresentato da un cartello spaziale al cui interno si trova una freccia che può indicare la destra o sinistra dello schermo;
- il *target* è rappresentato da un astronauta maschio o femmina che appare al centro dello schermo;

- in basso, a destra e a sinistra dello schermo, ci sono posizionati in modo fisso due astronauti (maschio da un lato, femmina dall'altro), controbilanciati tra i partecipanti.

Ogni prova inizia con un punto di fissazione, una croce, visualizzato per 800-1200 ms. Successivamente, compare il *cue* visivo, che rimane visibile sullo schermo per 500 ms, seguito dal *target* che rimane per 3000 ms. Il tempo che intercorre tra il *cue* ed il *target* è di 1500 ms.

I partecipanti sono istruiti a premere il pulsante corrispondente (destra o sinistra), il più velocemente e accuratamente possibile quando vedono l'astronauta (Figura 11).

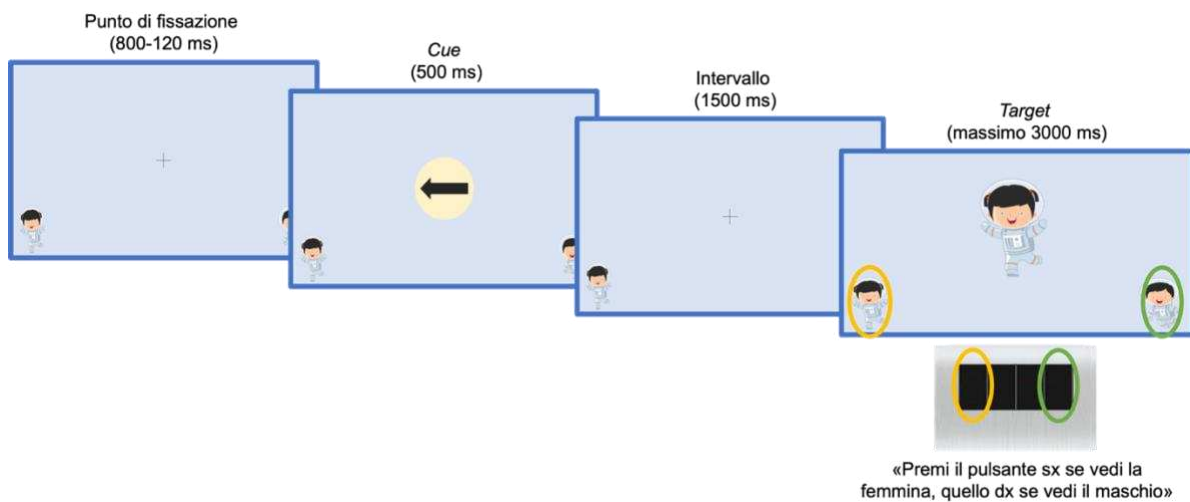


Figura 11 Struttura di ogni trial dell'Addy Task (Toffoli et al., in prep.).

I bambini ricevono le seguenti istruzioni:

“Ti va di aiutare gli astronauti Nick e Maty a trovare queste stelline che si sono perse nello spazio?”. Successivamente viene detto loro:

“Vedrai comparire al centro dello schermo un cartello spaziale che aiuterà Nick e Maty a trovare le stelline. Guardalo bene perché la freccia può andare nella direzione di destra o di sinistra. Vedrai comparire poi l'astronauta: se vedi l'astronauta femmina premi il suo tasto, mentre se vedi l'astronauta maschio premi il suo tasto. Invece, se vedi l'alieno non premere nessun tasto”.

Alle istruzioni si aggiunge un'ulteriore consegna: se sulla tuta degli astronauti compare il disegno di un alieno allora non dovrà essere premuto nessun tasto (*trials NoGo*) e dunque inibire la risposta (Figura 12).



Figura 12 Esempio in cui i partecipanti devono inibire la risposta, evitando di premere il pulsante associato

In base alla concordanza tra *cue* e *target*, è possibile definire “*trial* validi” quando la direzione indicata dal *cue* coincide effettivamente con la direzione corrispondente della risposta richiesta (nella Figura 13, ad esempio, se una freccia indica la parte sinistra dello schermo e il target è rappresentato dall'astronauta femmina, il tasto corretto da premere sarà quello sinistro) e “*trial* invalidi,” quando il *cue* indica la direzione opposta rispetto alla risposta richiesta (nella Figura 13, ad esempio, se il cue indica la parte sinistra dello schermo, ma il target è l'astronauta maschio, in tal caso, il tasto da premere sarà quello destro).

La struttura generale del compito è suddivisa in due blocchi: il primo "Predittivo" e il secondo "Non Predittivo", per un totale di 246 prove e una durata complessiva di 20 minuti. Nel dettaglio:

- Il blocco "Predittivo" consiste in 118 *trial*, con la maggioranza (60%) delle *trial* valide, mentre il 20% è costituito da *trial* non valide e il restante 20% da *trial* "no-go" valide (Figura 12).
- Il blocco "Non Predittivo" consiste in 128 *trial*, con il 50% di *trial* non valide, il 31% di *trial* valide e il 19% di prove "no-go" valide (Figura 13).

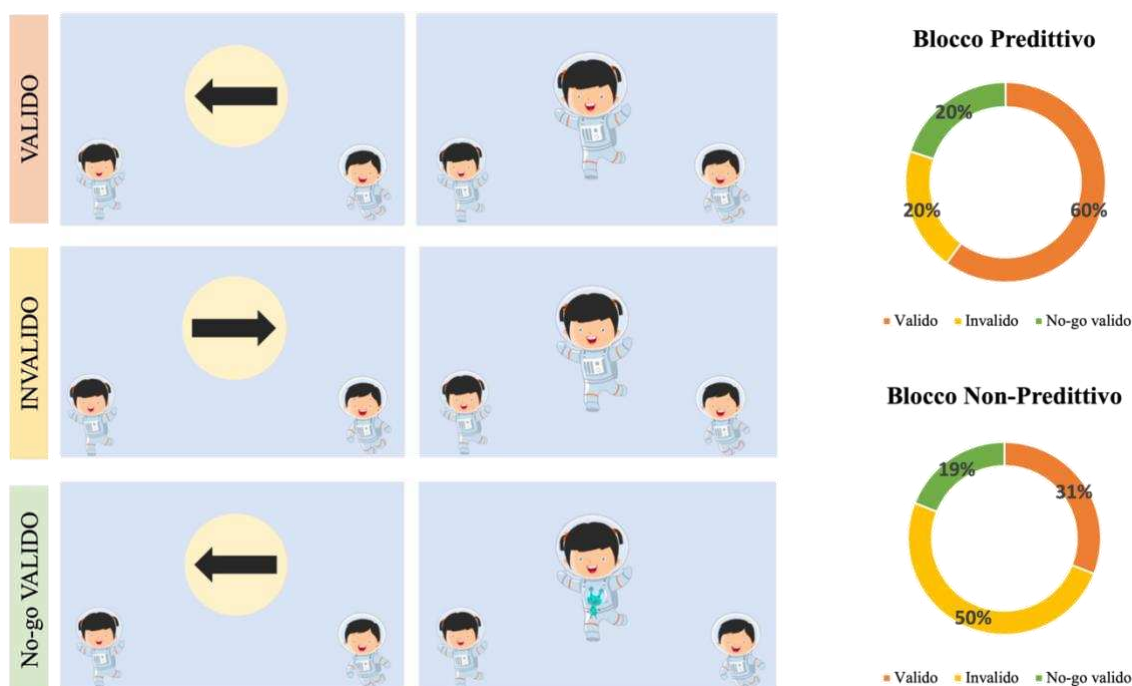


Figura 13 A sinistra rappresentazione di trial: validi, invalidi, NoGo validi; a destra rappresentazione delle percentuali di trial nel blocco Predittivo e Non Predittivo

Per evitare l'affaticamento dei bambini durante il compito e mantenerne alta la motivazione, sono previste pause in cui possono incollare le stelline che hanno guadagnato durante l'attività.

Inoltre, prima di iniziare il compito sperimentale, i bambini eseguono 14 prove di pratica durante le quali ricevono un *feedback* visivo rappresentato da faccine: un sorriso appare se premono il pulsante corretto e una faccina sorpresa se rispondono in modo errato. Durante i blocchi sperimentali, invece, non ricevono alcun *feedback*.

3.4. Ipotesi sperimentali

Per quanto concerne i dati comportamentali, le ipotesi sperimentali possono essere così riassunte:

H1 - *Effetto Validità nei Tempi di Reazione:*

H1a - *Effetto di Blocco:* si ipotizza che ci sia una differenza dell'effetto validità tra il blocco Predittivo e quello Non Predittivo. In particolare, si prevede che l'effetto di validità sia maggiore nel blocco Predittivo, poiché la presenza di un numero maggiore di *trial* validi dovrebbe creare un'aspettativa implicita interna relativamente all'affidabilità del *cue*, aumentando la preparazione motoria nell'intervallo precedente alla comparsa del

target. Questa aspettativa si tradurrebbe in tempi di reazione più brevi (Mäki-Marttunen et al., 2019).

Questa ipotesi è in linea con le ricerche condotte da Gonthier e Blaye (2021), i quali, utilizzando compiti sperimentali che prevedevano manipolazioni LWPC, hanno dimostrato che i bambini in età prescolare sono in grado di adattare le proprie strategie cognitive in base all'apprendimento implicito e alle specifiche caratteristiche di un blocco di attività.

H1b – Effetto di gruppo: si ipotizza una diversa modulazione dell'effetto validità tra il gruppo Interattivo e Non Interattivo. Nello specifico ci si aspetta una modulazione dell'effetto validità in funzione del tipo di blocco, assumendo che il gruppo Non Interattivo dimostri un adattamento cognitivo inferiore rispetto al gruppo Interattivo (Huber et al., 2018).

H2 – *Accuratezza*:

H2a e H2b – Effetto di blocco: si ipotizza una diminuzione dell'effetto di validità durante la transizione dal blocco Predittivo a quello Non Predittivo (H2a). Sempre in merito alla presenza dell'effetto LWPC nei bambini prescolari si presume che nel primo blocco, la presenza prevalente di *trial* validi dovrebbe generare un'aspettativa interna sulla credibilità del *cue*, mentre nel secondo blocco, con una minore incidenza di tali *trial*, ci si attende che questo effetto si attenui. Pertanto, ci si aspetta una migliore *performance* nel blocco non predittivo, in cui la validità è al 50% dei *trial*, poiché ciò indurrebbe un maggiore controllo proattivo, dato che non ci si può più affidare completamente al *cue*, rendendo così necessaria una maggiore attenzione (Gonthier & Blaye, 2021). Inoltre, si prevede un incremento generale della capacità inibitoria (*trial* NoGo) durante il passaggio dal blocco Predittivo a quello Non Predittivo (H2b). Ciò sarebbe dovuto al fatto che, come precedentemente spiegato, nel secondo blocco, in cui la fiducia nel *cue* è minore, i partecipanti dovrebbero manifestare una maggiore inclinazione a potenziare il controllo cognitivo, il quale dovrebbe agevolare la capacità di inibire le risposte errate.

H2c – Effetto di gruppo: si presume che il gruppo nella condizione Non Interattiva non manifesti lo stesso miglioramento del gruppo Interattivo, soprattutto per quanto riguarda nel controllo inibitorio (*trial* NoGo). Infatti, l'interattività dovrebbe contribuire a migliorare la capacità inibitoria come indicato da uno studio condotto da Li et al. (2017).

Per quanto riguarda i dati ERP, sono state formulate le seguenti ipotesi sperimentali:

H3 – Effetto di blocco: si ipotizza che nel blocco predittivo si verifichi una maggiore modulazione dell'onda CNV (H3a) e del complesso N2-P3 (H3b). Per quanto riguarda la CNV questa ipotesi è dovuta al fatto che la maggiore affidabilità del segnale di avviso (*cue*) nel blocco predittivo dovrebbe creare un'aspettativa temporale implicita maggiore, promuovendo così la preparazione motoria, che a sua volta si tradurrebbe in una maggiore modulazione, come suggerito da Duma et al. (2020). Per quanto concerne il complesso N2-P3 l'ipotesi deriva dal fatto che nella condizione NoGo del blocco predittivo, l'elevata aspettativa temporale e preparazione motoria dovrebbe tradursi in una maggiore rilevazione del conflitto (N2) e riallocazione di risorse cognitive (P3). Se tale ipotesi viene confermata si supporta l'idea che ci sia un maggior controllo proattivo nel blocco non predittivo (Nieuwenhuis et al., 2003).

H4 – Effetto di gruppo: si ipotizza che la modulazione della CNV (H4a) e del complesso N2-P3 sia diverso nei due gruppi (H4b). Infatti, si ipotizza una modulazione maggiore di entrambe nel gruppo Interattivo, in quanto il cartone interattivo dovrebbe promuovere un coinvolgimento più attivo e una migliore adattabilità del controllo cognitivo (Hirsh-Pasek et al. 2015)

3.5. Analisi dei dati

Sono state eseguite analisi dei dati ottenuti sia in termini di comportamento (tempi di reazione e accuratezza) che per quanto riguarda l'attività elettrofisiologica registrata tramite l'HD-EEG, per verificare le ipotesi sperimentali.

3.5.1. Analisi dei dati comportamentali

Questo studio ha un disegno misto 3 (*within-subjects*, tipo di *trial*: go valido, go invalido, NoGo valido) x 2 (*within-subjects*, blocchi: predittivo, non predittivo) x 2 (*between-subjects*, gruppo: Interattivo, Non Interattivo). Infine, dal momento che le variabili “tipo di *trial*” e “blocchi” non erano indipendenti tra loro, è stata creata un'unica variabile “condizione” *within subjects* con 6 livelli: valido blocco predittivo (valido1); valido blocco non predittivo (valido2); invalido blocco predittivo (invalido1); invalido blocco

non predittivo (invalido2); NoGo valido blocco predittivo (NoGo1); NoGo valido blocco non predittivo (NoGo2). Per testare le nostre ipotesi:

- H1 riferito ai tempi di reazione in funzione del blocco (H1a) e del gruppo sperimentale di appartenenza (H1b)
- H2 per quanto concerne l'accuratezza in funzione del blocco (H2a e H2b) e del gruppo sperimentale di appartenenza (H2c),

abbiamo utilizzato dei modelli generalizzati lineari misti (GLMMs) con intercetta random per soggetto (pacchetto R: brms, Bürkner, 2017). Nello specifico, per quanto riguarda tempi di reazione (RT) per i *trial* go validi e invalidi, il modello è stato specificato come segue:

$$RT \sim \text{condizione} * \text{gruppo} + \text{età (mesi)} + (1 | \text{subj})$$

Il modello è stato stimato usando una distribuzione gamma (*link function* = “log”) e *default priors*. Per quanto riguarda l'accuratezza (i.e., 0 = corretto, 1 = sbagliato), il modello è stato specificato come segue:

$$\text{accuratezza} \sim \text{condizione} * \text{gruppo} + \text{età (mesi)} + (1 | \text{subj})$$

Il modello è stato stimato usando una distribuzione binomiale (*link function* = “logit”) e *default priors*. Per entrambi i modelli sono state utilizzate 4 catene, con 8000 campioni ciascuna e con i primi 4000 scartati come *burn-in*. La diagnostica del modello è stata effettuata controllando i valori *R-hat*, che hanno indicato convergenza soddisfacente per tutti i parametri stimati (con un valore accettato massimo di 1.05 come suggerito da Vehtari et al., 2017) e dall'ispezione visiva delle tracce e del *posterior predictive check*. Per valutare la presenza di eventuali osservazioni influenti è stato utilizzato il metodo *Leave One-Out Cross validation* e sono state considerate influenti le osservazioni con indici pareto $k > 0.7$ (LOO; pacchetto R: loo, Vehtari et al., 2017).

Per quantificare l'evidenza a supporto dell'ipotesi target abbiamo usato la *Region of Practical Equivalence test* (ROPE; Kruschke, 2018; pacchetto R: bayestestR, Makowski et al., 2019). La ROPE è definita come la regione dell'effetto nullo e si stima quanto della probabilità a posteriori (89% Highest Density Interval) ricade in questo intervallo. Se la percentuale della probabilità a posteriori che cade all'interno della ROPE è inferiore all'1%, consideriamo l'evidenza essere in favore della nostra ipotesi target.

3.5.2. Analisi dei dati ERP

Per quanto riguarda l'analisi ERP, la pre-elaborazione del segnale è stata condotta utilizzando MATLAB attraverso l'implementazione del toolbox EEGLab (Delorme e Makeing, 2004).

Lo studio aveva l'obiettivo di esaminare l'attività ERP correlata all'aspettativa temporale evocata durante il periodo che intercorre tra l'apparizione del *cue* e del *target*.

Inizialmente, il segnale EEG continuo è stato suddiviso in epoche, ciascuna delle quali copriva un intervallo di tempo da -500 ms a 3000 ms rispetto all'istante in cui compariva il *cue*. Ciascuna epoca corrispondeva a un singolo *trial* sperimentale ed era sincronizzata temporalmente con l'apparizione del *cue*. Le epoche sono state quindi esaminate visivamente al fine di individuare e rimuovere eventuali artefatti o anomalie. L'attività dei *bad channels* è stata ricostruita tramite l'uso della funzione di interpolazione sferica. Successivamente, è stata condotta un'ispezione manuale delle epoche per individuare ed eliminare quelle influenzate da movimenti fisici o da una eccessiva attività muscolare da parte dei partecipanti. Inoltre, sono stati identificati e rimossi possibili artefatti dovuti a fonti non cerebrali, come i *blinks*, i movimenti rapidi degli occhi e le contrazioni muscolari facciali.

Le epoche rimanenti sono state sottoposte a ulteriori procedure di rimozione e interpolazione dei canali su base *trial-by-trial* mediante l'utilizzo del *toolbox* TBT (Ben-Shachar, 2018).

Successivamente, è stata condotta un'analisi delle componenti indipendenti (ICA; Stone, 2002) per eliminare eventuali residui artefattuali e ottenere così epoche più pulite e accurate.

L'attività registrata dagli elettrodi è stata quindi ricalcolata utilizzando il "riferimento medio", ovvero calcolando la media del segnale da tutti gli elettrodi. I segnali sono stati nuovamente sottoposti all'interpolazione TBT per eliminare eventuali artefatti residui.

Come passaggio finale, i segnali epocati sono stati importati in *Brainstorm* (Tadel et al., 2011) al fine di calcolare la media dell'attività ERP per ciascun soggetto e per le due condizioni sperimentali.

CAPITOLO IV

4. Risultati

4.1. Tempi di reazione – H1 (H1a, H1b)

Rispetto ai tempi di reazione, ci si aspettava un effetto validità generale (H1), una riduzione di tale effetto nel passaggio dal blocco predittivo a quello non predittivo (H1a) e che questa modulazione differisse nei due gruppi (H1b).

Utilizzando i contrasti a posteriori, come atteso da H1a, abbiamo individuato un effetto validità nel blocco predittivo sia nel gruppo Interattivo ($\beta = 0.08$, [89% HDI: 0.05, 0.11]; % dentro la ROPE = 2.27%) che nel gruppo Non Interattivo ($\beta = 0.11$, [89% HDI: 0.08, 0.14], % dentro la ROPE <1%). Nello specifico, l'effetto validità è risultato ridotto nel blocco non predittivo sia nel gruppo Interattivo ($\beta = 0.03$, [89% HDI: 0.00, 0.06]; % dentro la ROPE = 93.44%), che nel gruppo Non Interattivo ($\beta = -0.00$, [89% HDI: -0.03, 0.02]; % dentro la ROPE = 100%).

Contrariamente all'ipotesi H1b, pertanto, non abbiamo riscontrato alcuna differenza significativa nella modulazione dell'effetto validità tra i due gruppi sperimentali. In particolare, questa modulazione è emersa in entrambi i gruppi come segue: 1) un aumento dei tempi di reazione nei *trial* go validi dal primo al secondo blocco (interattivo: $\beta = -0.08$ [89% HDI: -0.11, -0.06]; % dentro la ROPE <1%; Non Interattivo: $\beta = -0.11$, [89% HDI: -0.13, -0.08]; % dentro la ROPE <1%), 2) nessuna differenza significativa nei tempi di reazione dei *trial* invalidi dal primo al secondo blocco (interattivo: $\beta = -0.04$ [89% HDI: -0.07, 0.00]; % dentro la ROPE = 80.47%; Non Interattivo: $\beta = 0.01$ [89% HDI: -0.03, 0.04]; % dentro la ROPE = 100%).

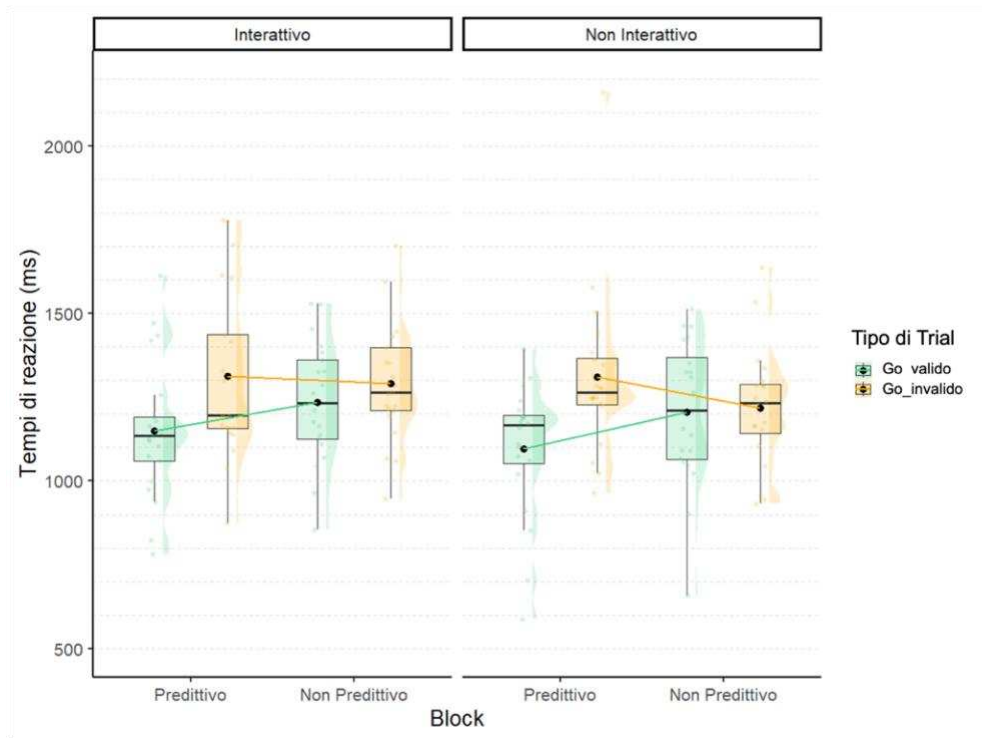


Figura 14 Tempi di reazione (ms) nella condizione Interattiva (a sinistra) e Non Interattiva (a destra), sia nel blocco predittivo che non predittivo.

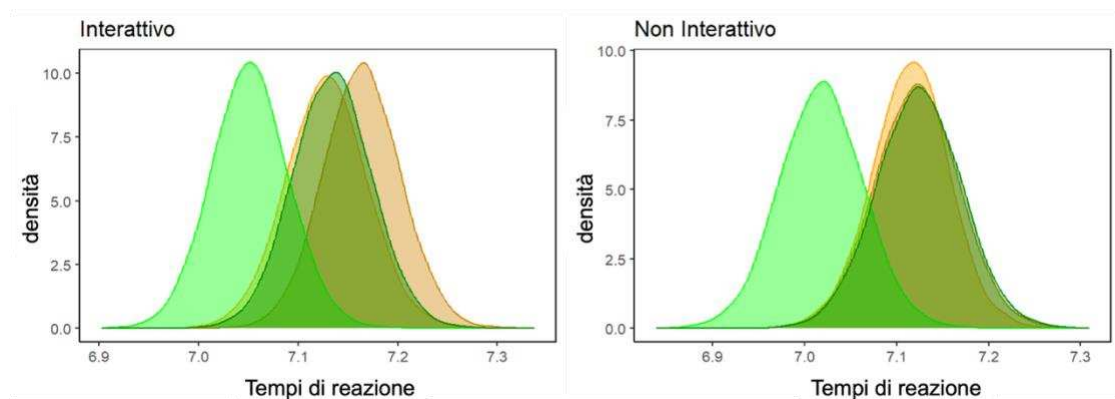


Figura 15 Grafici che illustrano le distribuzioni delle densità dei tempi di reazione dalla distribuzione a posteriori, con l'asse delle ascisse in scala logaritmica. Nel grafico, il verde chiaro rappresenta v1 (trial valido blocco 1), il verde scuro v2 (trial valido blocco 2), l'arancione chiaro i1 (trial invalidi blocco 1) e l'arancione scuro i2 (trial invalido blocco 2), sia nel gruppo Interattivo (destra) che Non Interattivo (sinistra).

4.2. Accuratezza– H2 (H2a, H2b, H2c)

Rispetto all'accuratezza sono state formulate diverse ipotesi. In primo luogo, ci si aspettava una riduzione dell'effetto validità, il che significa che si prevedeva un aumento dell'accuratezza nei *trial* validi rispetto a quelli invalidi (H2a). In secondo luogo, si

attendeva un potenziamento della capacità inibitoria (*trial* NoGo) nel passaggio dal blocco predittivo al blocco non predittivo (H2b). Inoltre, ci aspettavamo che questa modulazione fosse maggiore nel gruppo Interattivo, mentre il gruppo Non Interattivo non dovrebbe mostrare lo stesso livello di miglioramento (H2c).

Coerentemente con H2a si ha una riduzione dell'effetto validità, più precisamente nel gruppo Interattivo l'effetto validità è presente nel blocco predittivo ($\beta = -0.99$, [89% HDI: -1.24, -0.73]; % dentro la ROPE <1%) ma non è emerso nel blocco non predittivo ($\beta = -0.24$, [89% HDI: -0.48, 0.00]; % dentro la ROPE = 33.81 %). Al contrario, nel gruppo Non Interattivo l'effetto validità si è mantenuto seppur ridotto dal blocco predittivo ($\beta = -1.12$, [89% HDI: -1.39, -0.86]; % dentro la ROPE <1%) a quello non predittivo ($\beta = -0.40$, [89% HDI: -0.60, -0.20]; % dentro la ROPE <1%).

Queste differenti modulazioni sono determinate nel gruppo Interattivo da un mantenimento dell'accuratezza nei *trial* go validi ($\beta = 0.26$, [89% HDI: 0.02, 0.53]; % dentro la ROPE = 27.23%) e un aumento dell'accuratezza nei *trial* go invalidi ($\beta = -0.48$, [89% HDI: -0.73, -0.24]; % dentro la ROPE <1%), nel gruppo Non Interattivo da una riduzione dell'accuratezza nei *trial* go validi ($\beta = 0.81$, [89% HDI: 0.56, 1.04]; % dentro la ROPE <1%) e un mantenimento dell'accuratezza nei *trial* go invalidi ($\beta = 0.09$, [89% HDI: -0.13, 0.32]; % dentro la ROPE = 76.44%). Per quanto riguarda l'inibizione (*trial* NoGo), in linea con H2b e H2c solo il gruppo Interattivo ha mostrato l'aumento dell'accuratezza nel passaggio dal blocco predittivo al blocco non predittivo ($\beta = -0.66$, [89% HDI: -0.96, -0.36]; % dentro la ROPE < 1%) evidenziando una differenza di gruppo come ipotizzato da H2d. Infatti, il gruppo Non Interattivo ha mostrato un mantenimento dell'accuratezza nei *trial* NoGo ($\beta = 0.08$, [89% HDI: -0.25, 0.39]; % dentro la ROPE = 66.97%).

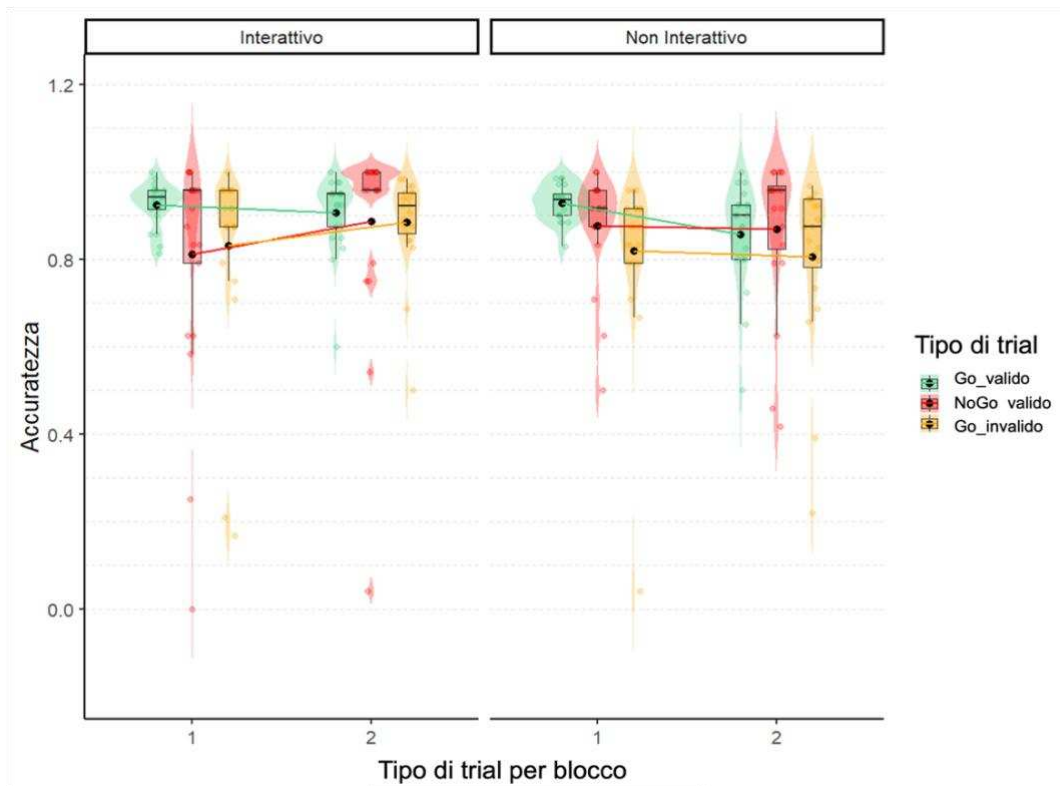


Figura 16 Rappresentazione dell'accuratezza media per il blocco predittivo e non predittivo nella condizione valida (verde); invalida (arancione), NoGo valida (rosso) suddivisa per condizione Interattiva e non Interattiva.

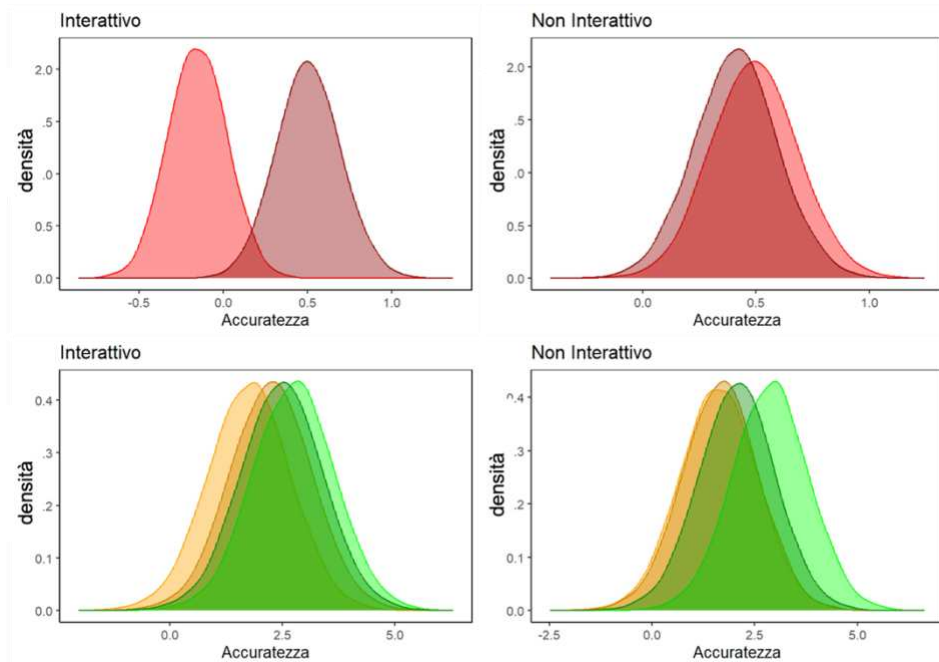


Figura 17 Grafici che illustrano le distribuzioni delle densità dell'accuratezza dalla distribuzione a posteriori, con l'asse delle ascisse in scala logaritmica. Nelle immagini di sopra le curve indicano i NoGo; rosso scuro per quelli del blocco 1 (predittivo) rosso chiaro del blocco 2 (Non predittivo). Sotto, sono rappresentati i trial validi e invalidi: verde chiaro rappresenta i v1 (trial valido blocco 1), verde scuro v2 (trial valido blocco 2), arancione chiaro (trial invalidi blocco 1) e arancione scuro i2 (trial invalido blocco 2). I grafici sono analizzati per entrambe le condizioni, Interattiva e Non Interattiva.

4.3. Risultati elettrofisiologici

Per l'analisi dei dati ERP, al fine di indagare le ipotesi sperimentali, è stata applicata una statistica di tipo permutativo con correzione *cluster based* tramite la *toolbox* Fieldtrip (Oostenveld et al., 2011). L'ispezione visiva dei *grand average* ha permesso l'identificazione delle finestre temporali nelle quali indagare la presenza degli effetti attesi.

Prima di svolgere le analisi, i dati sono stati *baseline corrected* al *cue* (-0.100 – 0.004 ms) per le analisi della CNV, al *target* (1900 – 2000 ms) per le analisi della N2/P3.

4.3.1 CNV: H3a – modulazione nel blocco predittivo e non predittivo

Le analisi dei dati non hanno messo in evidenza nessuna differenza statisticamente significativa nella modulazione della CNV (1500-2000 ms), prima della comparsa dello stimolo target.

Tuttavia, osservando il *grand average* è emersa a livello qualitativo 1) frontalmente un'ampiezza maggiore della CNV nel blocco predittivo rispetto al blocco non predittivo, 2) posteriormente un'ampiezza maggiore della CNV nel blocco non predittivo rispetto al blocco predittivo, come illustrato in Figura 18.

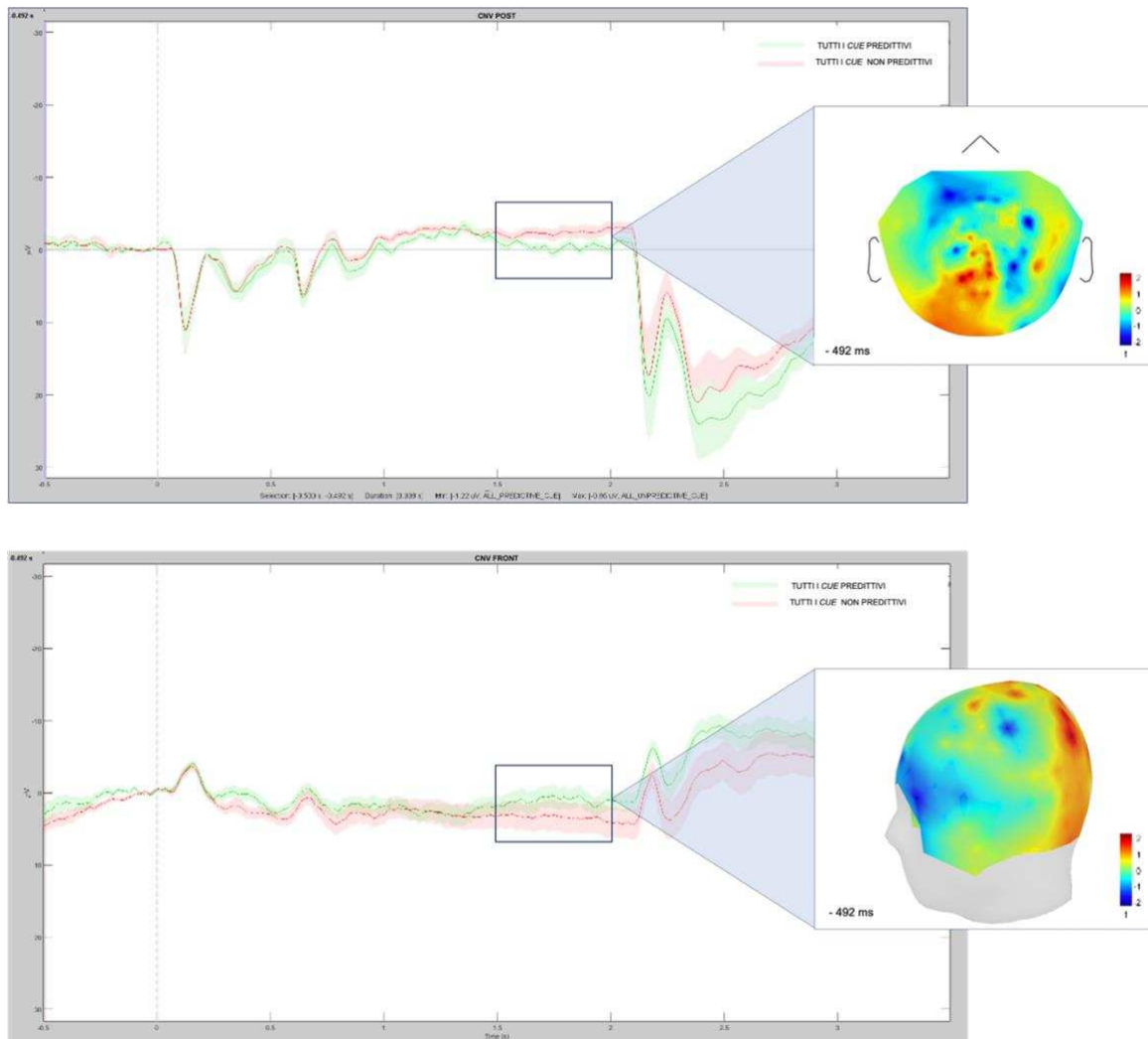


Figura 18 A sinistra, rappresentazione bidimensionale grafica della CNV che prende in considerazione tutti i *trial* predittivi (verde) e i non predittivi (rosso), tra la comparsa del *cue* e del *target*. Nell'intervallo (-1500 ms e 2000 ms) si evidenzia la modulazione della CNV prima della comparsa del *target*. A destra, mappe topografiche tridimensionali che rappresentano gli elettrodi maggiormente attivati; gli elettrodi più negativi sono rappresentati in blu e quelli più positivi in rosso. La figura sopra: evidenzia una positività posteriore (rossa); la figura sotto: evidenzia una negatività frontale (blu).

4.3.2. CNV: H4a – modulazione del gruppo Interattivo e Non Interattivo

Abbiamo calcolato la *difference wave* tra blocco predittivo e blocco non predittivo separatamente per gruppo e le abbiamo confrontate. Come atteso, l'analisi *t-test two tailed* ha fatto emergere una differenza significativa tra i gruppi nell'intervallo pre-target (1100-2000 ms) ($t = -2.5$; $p = .05$). Infatti, come illustrato nella Figura 19 sembra che ci sia una differenza tra i due gruppi: nel caso del gruppo Interattivo non sembrano esserci

differenze di CNV in relazione ai due blocchi, differenza che sembra esserci nel caso del gruppo Non Interattivo. Queste differenze sembrano apparire già precocemente, dopo l'elaborazione del *cue* circa 500 ms dopo la sua apparizione.

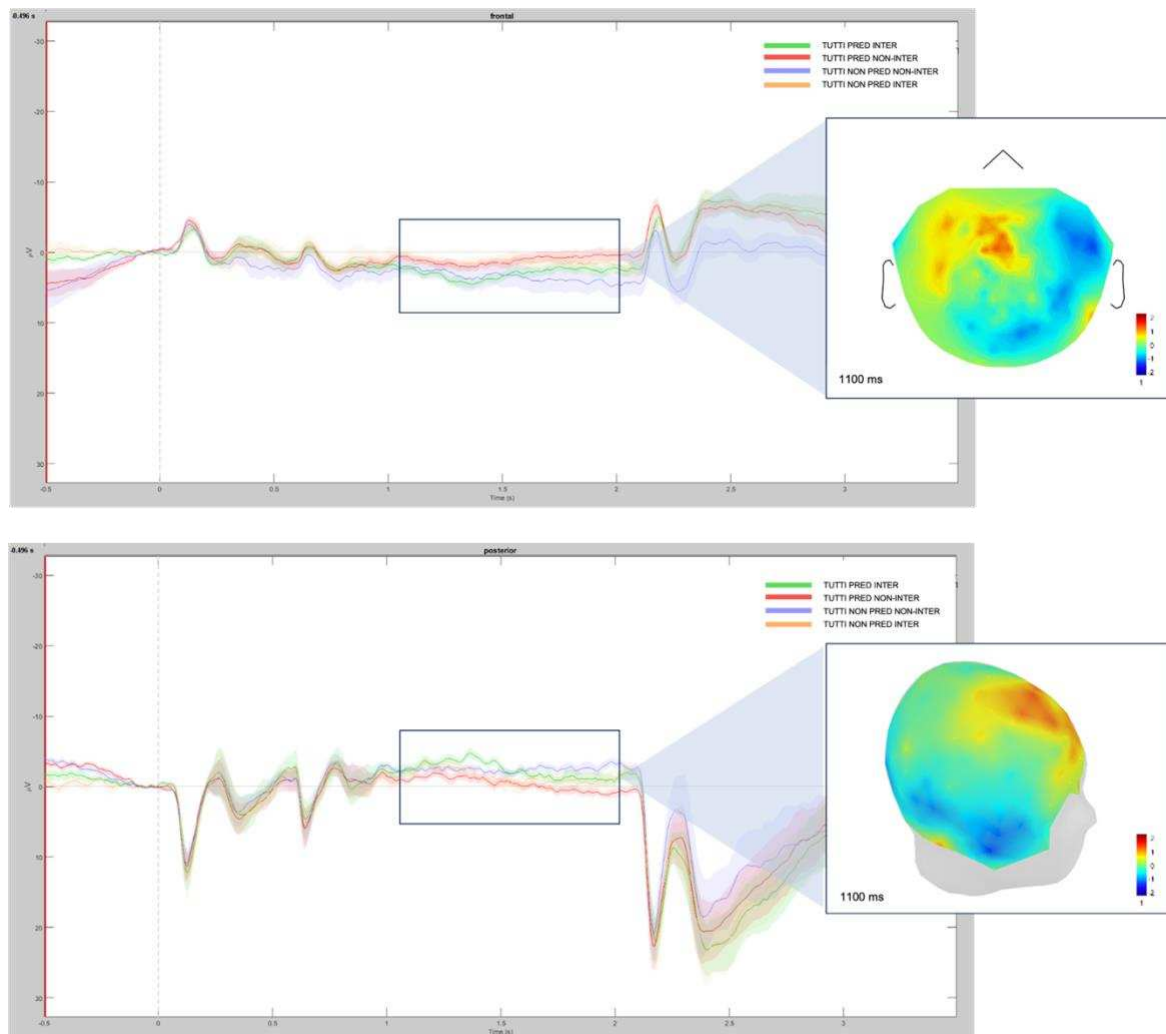


Figura 19 A sinistra, rappresentazione bidimensionale delle quattro condizioni (predittivo-Interattivo, predittivo-Non-Interattivo, non-predittivo-Interattivo, non-predittivo-Non-Interattivo); a destra, la rappresentazione tridimensionale delle mappe topografiche. È possibile notare una differenza nell'intervallo 1100-2000 ms tra i due gruppi: Interattivo (linee verdi e arancioni) che non sembrano differire tra i due blocchi (predittivo e non); Non Interattivo (linee rosse e blu) che sembrano presentare tale differenza

4.3.3. N2 – P3: H3b - modulazione nel blocco predittivo e non predittivo

Le analisi dei dati non hanno messo in evidenza nessuna differenza statisticamente significativa nella modulazione del complesso N2 (2300 – 2800 ms) - P3 (3000 – 3300

ms) tra il blocco predittivo e il blocco non predittivo. Tuttavia, osservando il *grand average* è emersa a livello qualitativo 1) frontalmente a sinistra un'ampiezza maggiore della N2 nel blocco predittivo rispetto al blocco non predittivo, 2) un'ampiezza maggiore della P3 nel blocco non predittivo rispetto al blocco predittivo, come illustrato in Figura 20.

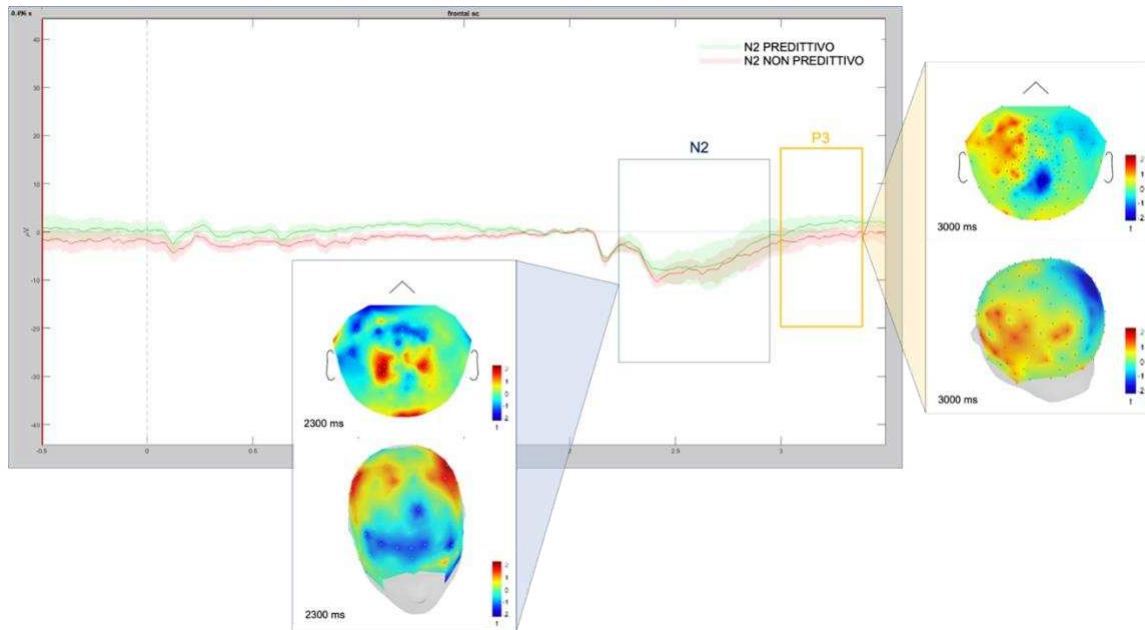


Figura 20 A sinistra, analisi 2D della modulazione della N2 nel blocco predittivo (verde) e non predittivo (rosso). A destra analisi 3D che evidenzia che nella condizione predittiva, è presente frontalmente a sinistra una negatività maggiore della N2 nell'intervallo tra i 2300-2800 ms a seguire nell'intervallo tra i 3000-3300 ms si evidenzia la presenza di una P3 più pronunciata posteriormente a destra

4.3.4. N2-P3: H4b - modulazione del gruppo Interattivo e Non Interattivo

Abbiamo calcolato le *difference wave* tra NoGo predittivi e NoGo non predittivi separatamente per gruppo. L'analisi *t-test two tailed* ha fatto emergere una differenza significativa tra i gruppi nella modulazione N2 (2200-2452 ms) ($t = 2.4$; $p = .05$). Infatti, come illustrato nella Figura 21, sembra che ci sia una differenza tra i due gruppi: nel caso del gruppo Interattivo sembra che ci sia una maggiore modulazione a livello di N2 tra i due blocchi, predittivo e non.

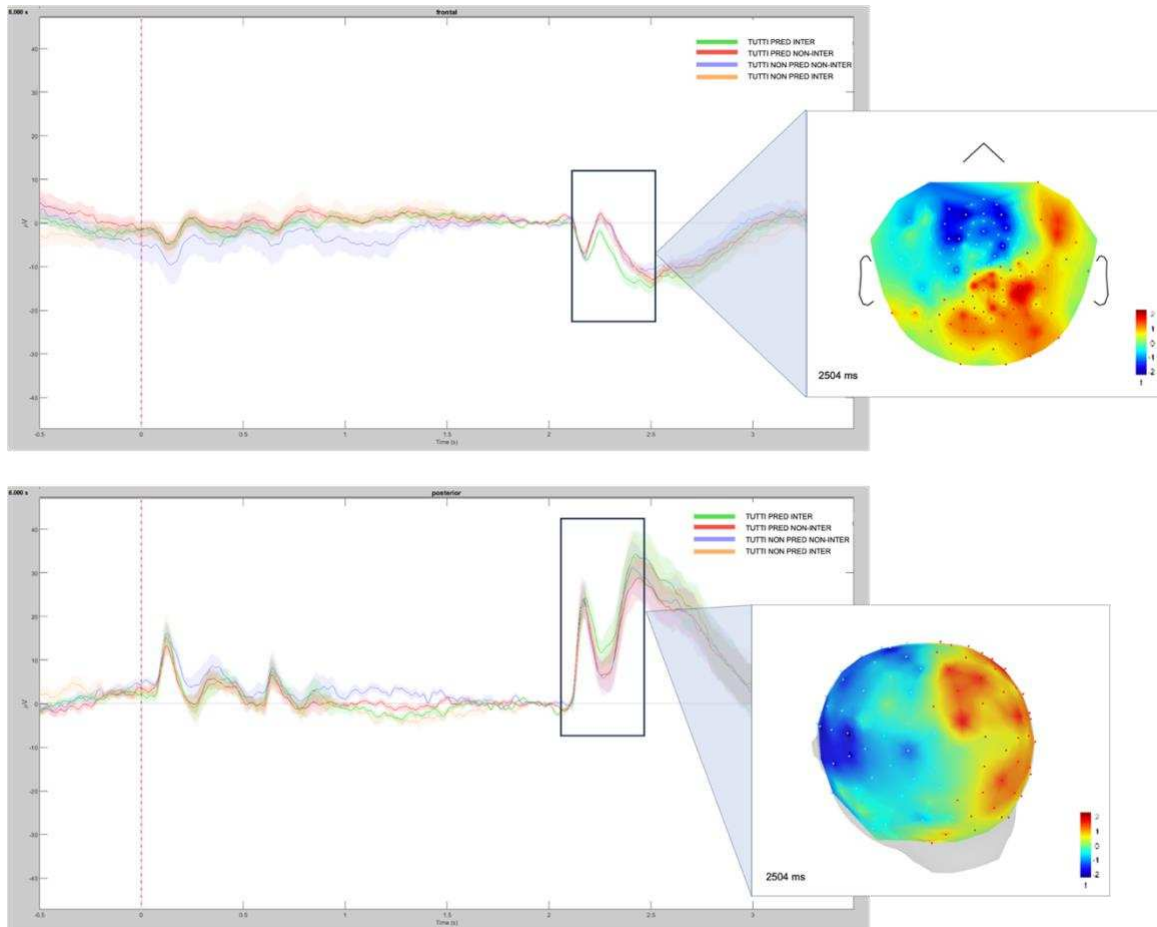


Figura 21 A sinistra rappresentazione dell'andamento della N2 nelle quattro condizioni. Dal grafico si può vedere che il gruppo Interattivo (linee verde e arancione) sembra esserci una maggiore modulazione della N2 tra i due blocchi nell'intervallo 2200-2500 ms. A destra, a livello topografico si evidenzia una maggiore negatività frontale sinistra.

CAPITOLO V

5. Discussione

Il presente elaborato è parte di un progetto di ricerca denominato ADDICTED (*Attentional Disruption after Digital Content Exposure during Development*), il cui obiettivo primario è esaminare gli effetti dei contenuti digitali sul controllo cognitivo adattivo nei bambini in età prescolare, con un'attenzione particolare al ruolo dell'interattività.

L'esposizione ai media osservativi, come la televisione e i cartoni animati, è emersa come un elemento di rilievo che sembra influire direttamente sulle capacità esecutive dei bambini di quattro anni (Huber et al., 2018). Nello specifico, la letteratura ha messo in luce una correlazione tra l'esposizione ai contenuti digitali e il controllo cognitivo (CC), soffermandosi molto sull'analisi degli effetti negativi a breve termine. Tuttavia, potrebbe essere utile individuare eventuali fattori di protezione dal momento che l'utilizzo di tali media fin dall'età prescolare sta diventando sempre più diffuso e strategie volte alla limitazione temporale del loro utilizzo risultano talvolta insufficienti o difficili da adottare da parte dei genitori.

Questo studio si propone dunque di investigare se l'interattività possa migliorare il CC e attenuare eventuali effetti negativi derivanti dalla visione di cartoni animati. In particolare, si è cercato di comprendere come tale esposizione possa influenzare la capacità del CC di adattarsi dinamicamente all'ambiente sia dal punto di vista comportamentale (tempi di reazione e accuratezza) sia dal punto di vista neurofisiologico (registrazione HD-EEG). Infatti, si potrebbe ipotizzare che l'esposizione ai cartoni animati non impatti tanto sul CC ma piuttosto sul suo funzionamento in termini di flessibilità e dinamicità e l'interattività potrebbe avere un ruolo moderatore su tale relazione.

Nel corso dello studio, i 41 bambini partecipanti sono stati assegnati casualmente a due gruppi: il gruppo Interattivo e il gruppo Non Interattivo. Entrambi i gruppi hanno visionato alcune scene tratte da "La casa di Topolino" di Walt Disney, ma il gruppo Interattivo ha avuto l'opportunità di vedere la versione completa con scene interattive (e.g., i personaggi chiedono al telespettatore che strumento utilizzerebbero per riparare un oggetto), mentre il gruppo Non Interattivo ha visto la stessa registrazione senza tale componente. In seguito, entrambi i gruppi hanno eseguito l'*Addy Task* (Toffoli et al., in

prep.), un compito che valuta l'adattamento dinamico del controllo cognitivo in funzione di un *cue* il cui valore predittivo relativamente al *target* si modifica implicitamente in base ad una proporzione di congruenza manipolata a livello di lista (LWPC). Ciò consente di esaminare come la struttura del compito influenzi l'integrazione e l'aggiornamento di un modello predittivo interno che regola in modo adattivo il CC (Bugg & Crump, 2012). Contemporaneamente, è stata condotta una registrazione HD-EEG per studiare le basi neurofisiologiche del CC adattivo tramite la *Contingent Negative Variation* (CNV) e il complesso N2-P3.

I dati comportamentali raccolti includono informazioni sui tempi di reazione e l'accuratezza delle risposte. Per quanto riguarda i tempi di reazione, ci aspettavamo un effetto validità generale, una modulazione di tale effetto in funzione del blocco e tra i due gruppi (Interattivo e Non Interattivo). I risultati hanno parzialmente supportato le ipotesi sperimentali. Le prime due ipotesi sono state confermate; in particolare, per quanto riguarda la seconda, entrambi i gruppi hanno mostrato una riduzione dell'effetto validità nella transizione dal blocco predittivo a quello non predittivo, dato da un rallentamento dei tempi di reazione nei *trial* validi, e il mantenimento degli stessi nei *trial* invalidi. Per quanto riguarda l'ultima ipotesi invece, non sono emerse differenze significative tra i due gruppi per quanto riguarda la dimensione di tale effetto di modulazione.

Questi risultati sono in linea con altri studi presenti in letteratura, confermando che i bambini prescolari possono implicitamente adattare forme di controllo più o meno proattivo in funzione del contesto (Chevalier et al., 2015). La riduzione dell'effetto validità nel blocco non predittivo, contesto che richiede maggiore attenzione, riflette un aumentato controllo proattivo messo in luce da un rallentamento nei *trial* validi (Mäki-Marttunen et al., 2019).

Riguardo all'accuratezza delle risposte, erano state formulate le seguenti ipotesi: un miglioramento dell'accuratezza in tutte le condizioni durante la transizione tra i due blocchi e differenze tra i due gruppi in tale modulazione. I risultati hanno confermato la presenza di pattern diversi nei due gruppi: solo il gruppo Interattivo migliora nei *trial* NoGo e invalidi e conserva l'accuratezza nei *trial* validi, mentre il gruppo Non Interattivo registra una diminuzione di accuratezza nei *trial* validi e non presenta differenze significative nei *trial* invalidi e NoGo. Va notato che il gruppo Non Interattivo mostra una minore accuratezza nel blocco non predittivo rispetto al predittivo, e ciò non sembra

essere attribuibile a una maggiore rapidità di risposta, poiché i tempi di reazione tra i due gruppi sperimentali non presentano differenze rilevanti. Probabilmente, il gruppo Interattivo adotta strategie di controllo proattive che tengono conto del contesto, mentre il gruppo Non Interattivo sembra perseverare nell'utilizzo di quanto ha appreso in precedenza durante il blocco predittivo, il che li porta a fidarsi eccessivamente del *cue* invalido e, di conseguenza, a commettere più errori.

Questi risultati comportamentali suggeriscono una differenza prestazionale tra i gruppi, in particolare il gruppo Non Interattivo, anche se modula la velocità non sembra guadagnare in termini di accuratezza. In contrasto, il gruppo Interattivo mostra un miglioramento sostanziale delle prestazioni. Questi risultati suggeriscono che la presenza o l'assenza di interattività può influenzare in modo diverso le abilità cognitive dei bambini in età prescolare. L'interattività sembra promuovere un coinvolgimento più attivo e una migliore adattabilità nel CC e potrebbe pertanto anche mitigare gli effetti negativi dei contenuti digitali a contenuto fantastico (come quello utilizzato nel presente studio). A tal proposito, Li e colleghi (2017) hanno indagato come l'interattività può influenzare la relazione tra eventi fantastici o reali e il CC, in particolar modo il controllo inibitorio. Mediante una serie di esperimenti, hanno constatato che l'esposizione a contenuti fantastici comprometteva il controllo inibitorio di bambini di 4-6 anni. Tuttavia, quando i bambini potevano interagire con gli stessi contenuti, li percepivano come meno fantastici e più reali. Ancora più interessante, il controllo inibitorio dei bambini migliorava dopo tale interazione. Gli autori hanno concluso che l'interazione con il contenuto faceva sì che i bambini percepissero gli eventi come più realistici, attenuando così i potenziali effetti negativi dei contenuti fantastici. In generale, questi risultati sono in linea con alcuni studi che indicano che i contenuti digitali possono avere un impatto positivo sul controllo cognitivo (Hirsh-Pasek et al., 2015).

Per capire i meccanismi neurofisiologici che guidano queste differenze sono stati analizzati i dati ERP. Globalmente, nel compito in esame, non abbiamo rilevato alcuna modulazione della componente CNV tra i due blocchi, contrariamente a quanto ci si aspettava, anche se è possibile notare una maggiore ampiezza qualitativa nel blocco predittivo, suggerendo una maggiore prontezza motoria proattiva in tale contesto (come riportato da Duma et al., 2020). Inoltre, non si sono evidenziate differenze significative tra i blocchi per il complesso N2-P3, anche se qualitativamente è possibile notare una

maggior ampiezza della N2 nel blocco predittivo.

Tuttavia, analizzando l'interazione con il gruppo, emergono risultati interessanti. Il gruppo Interattivo mostra una maggior modulazione del complesso N2-P3 tra i due blocchi (predittivo e non predittivo), con risposte N2-P3 più ampie nel blocco predittivo rispetto al blocco non predittivo. Ciò suggerisce che essi hanno modulato il controllo reattivo per gestire l'inibizione in maniera funzionale al contesto, come confermato dal miglioramento ottenuto a livello comportamentale (miglioramento dell'inibizione nel passaggio dal blocco predittivo al non predittivo). Pertanto, il cartone interattivo sembra incentivare un uso più adattivo in risposta alle esigenze del contesto del controllo reattivo, che è la modalità di controllo cognitivo usato preferenzialmente in età prescolare.

D'altra parte, il gruppo Non Interattivo mostra una maggior modulazione della CNV, che si presenta più ampia nel blocco non predittivo rispetto a quello predittivo. Ciò suggerisce che hanno esercitato un maggior controllo proattivo nel blocco non predittivo, ma non sembra che abbiano ottenuto vantaggi comportamentali rispetto al gruppo Interattivo. Questo potrebbe indicare che l'aumento nell'uso delle risorse cognitive nel blocco non predittivo ha avuto principalmente un effetto di compensazione al fine di mantenere una prestazione di alto livello. I risultati di questo studio suggeriscono pertanto che la visione di un cartone animato che ingaggia l'attenzione del bambino, tramite interazioni dirette, può favorire un utilizzo strategico e flessibile del controllo reattivo, che risulta essere quello utilizzato in maniera preferenziale in età prescolare. Il cartone passivo, invece, induce un maggior reclutamento di risorse neurali nel contesto difficile, ma questo sembra solo un processo compensatorio, in quanto a livello di *performance* non vi è guadagno.

5.1. Limiti e prospettive future

Un limite principale di questo studio è la dimensione ridotta del campione, che includeva solo 41 bambini in età prescolare (~20 per gruppo). Un campione più ampio sarebbe auspicabile per ottenere una maggior potenza statistica e, pertanto, conclusioni più affidabili. Inoltre, un ulteriore limite potrebbe essere la mancanza di un gruppo sperimentale in cui la visione del cartone animato era sostituita da un'attività alternativa (e.g., attività di disegno) per poter disambiguare l'effetto della visione di contenuti digitali sul controllo cognitivo adattivo indipendentemente dall'interattività.

Per quanto riguarda le prospettive future, comprendere il ruolo dell'interattività potrebbe

svolgere un ruolo cruciale nell'orientare la scelta dei contenuti più adatti per promuovere il CC nei bambini. Inoltre, considerando la crescente correlazione tra prolungata esposizione ai dispositivi digitali e l'insorgenza di disturbi dell'attenzione, questo protocollo si potrebbe estendere a popolazioni con disturbi del neurosviluppo, come per bambini con ADHD (*Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder*) e ASD (*Autism Spectrum Disorder*) per indagare il possibile ruolo moderatore dell'interattività. Questi due disturbi si caratterizzano per la difficoltà nella generazione e nell'aggiornamento del modello predittivo interno, rendendo il protocollo di rilevanza significativa per la valutazione e il supporto di tali bambini.

BIBLIOGRAFIA

- Abrahamse, E. L., 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>
- Adolph, K. E. (1997). Learning in the Development of Infant Locomotion. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *62*(3), i. <https://doi.org/10.2307/1166199>
- Ambrosino, S., Bos, D. J., Van Raalten, T. R., Kobussen, N. A., Van Belle, J., Oranje, B., & Durston, S. (2014). Functional connectivity during cognitive control in children with autism spectrum disorder: an independent component analysis. *Journal of Neural Transmission*, *121*(9), 1145–1155. <https://doi.org/10.1007/s00702-014-1237-8>
- Anderson, D. R., & Subrahmanyam, K. (2017). Digital screen media and cognitive development. *Pediatrics*, *140*(Supplement_2), S57–S61. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1758c>
- Anderson, M., & Anderson, M. (2020). Technology Device Ownership: 2015. *Pew Research Center: Internet, Science & Tech.* <http://www.pewinternet.org/2015/10/29/technology-device-ownership-2015/>
- Anderson, V., Levin, H. S., & Jacobs, R. (2002). Executive Functions after Frontal Lobe Injury: A Developmental Perspective. *Oxford University Press eBooks*, 504–527. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0030>
- Aru, J., & Rozgonjuk, D. (2022). The effect of smartphone use on mental effort, learning, and creativity. *Trends in Cognitive Sciences*, *26*(10), 821–823. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.07.002>
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. *Elsevier eBooks*, 47–89. [https://doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60452-1)
- Baron-Cohen, S. (1998). *Modularity in developmental cognitive neuropsychology: Evidence from autism and Gilles de la Tourette syndrome*, a cura di Burack, J.A., Hodapp, R.M. & Zigler, E.; Cambridge University Press, pp. 334-348.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory

- of mind” ? *Cognition*, 21(1), 37–46. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90022-8)
- Barr, R., & Hayne, H. (1999). Developmental Changes in Imitation from Television during Infancy. *Child Development*, 70(5), 1067–1081. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00079>
- Barr, R., Lauricella, A., Zack, E., & Calvert, S. L. (2010). Infant and Early Childhood Exposure to Adult-Directed and Child-Directed Television Programming: Relations with Cognitive Skills at Age Four. *Merrill-Palmer Quarterly*, 56(1), 21–48. <http://www.jstor.org/stable/23098082>
- Ben-Shachar, M. S. (2018). TBT: Reject and Interpolate channels on a trial-by-trial basis. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1241518>
- Best, J. R., & Miller, P. E. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development*, 81(6), 1641–1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Bisiacchi, P. S., Cedron, M., Gugliotta, M., Tressoldi, P. E., Vio, C. (2005). *Batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutive - BVN 5-11*. Erickson, Trento.
- Botvinick, M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.3.624>
- Braem, S., Bugg, J. M., Schmidt, J., Crump, M. P., Weissman, D. H., Notebaert, W., & Egner, T. (2019). Measuring Adaptive Control in Conflict Tasks. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(9), 769–783. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.07.002>
- Braem, S., & Egner, T. (2018). Getting a Grip on Cognitive Flexibility. *Current Directions in Psychological Science*, 27(6), 470–476. <https://doi.org/10.1177/0963721418787475>
- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: a dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>
- Brookshire, B. L., Levin, H. S., Song, J., & Zhang, L. (2004). Components of Executive Function in Typically Developing and Head-Injured Children. *Developmental Neuropsychology*, 25(1–2), 61–83. <https://doi.org/10.1080/87565641.2004.9651922>

- Brydges, C., Clunies-Ross, K. L., Clohessy, M., Lo, Z. L., Nguyen, A., Rousset, C., Whitelaw, P., Yeap, Y. J., & Fox, A. M. (2012). Dissociable Components of Cognitive Control: An Event-Related Potential (ERP) study of response inhibition and interference suppression. *PLOS ONE*, *7*(3), e34482. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034482>
- Bugg, J. M., & Crump, M. J. C. (2012). In Support of a Distinction between Voluntary and Stimulus-Driven Control: A Review of the Literature on Proportion Congruent Effects. *Frontiers in Psychology*, *3*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00367>
- Bugg, J. M., & Smallwood, A. J. (2016). The next trial will be conflicting! Effects of explicit congruency pre-cues on cognitive control. *Psychological Research-psychologische Forschung*, *80*(1), 16–33. <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0638-5>
- Cheng, C., Tsai, H., & Cheng, H. (2019). The effect of age on N2 and P3 components: A meta-analysis of Go/Nogo tasks. *Brain and Cognition*, *135*, 103574. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.05.012>
- 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
- Chevalier, N., Meaney, J. A., Traut, H. J., & Munakata, Y. (2020). Adaptiveness in proactive control engagement in children and adults. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *46*, 100870. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100870>
- Chiu, Y., & Egnér, 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>
- Clark, C. R., Chevalier, N., Nelson, J. C., James, T. D., Garza, J. G., Choi, H. H. F., & Espy, K. A. (2016). I. EXECUTIVE CONTROL IN EARLY CHILDHOOD. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *81*(4), 7–29. <https://doi.org/10.1111/mono.12268>
- Conners, C. K. (2001). *Conners' Rating Scales--revised: CRS-R*. North Tonawanda, NJ: Multi-Health Systems.

- Conners-Burrow, N. A., McKelvey, L., & Fussell, J. J. (2011). Social outcomes associated with media viewing habits of Low-Income preschool children. *Early Education and Development*, 22(2), 256–273. <https://doi.org/10.1080/10409289.2011.550844>
- Crump, M. P., Gong, Z., & Milliken, B. (2006). The context-specific proportion congruent Stroop effect: location as a contextual cue. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(2), 316–321. <https://doi.org/10.3758/bf03193850>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Di Vara, S. (2022). *Funzioni esecutive e disturbi dello sviluppo. Diagnosi, trattamento e intervento educativo. Nuova ediz.*
- 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. (2006). The Early Development of Executive Functions. *Oxford University Press eBooks*, 70–95. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195169539.003.0006>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Downes, M., Bathelt, J., & De Haan, M. (2017). Event-related potential measures of executive functioning from preschool to adolescence. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(6), 581–590. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13395>
- Duma, G. M., Granzio, U., & Mento, G. (2020). Should I stay or should I go? How local-global implicit temporal expectancy shapes proactive motor control: An hdEEG study. *NeuroImage*, 220, 117071. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117071>
- Duncan, G. J., Dowsett, C., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P. K., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H. R., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement.

- Developmental Psychology*, 43(6), 1428–1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Duthoo, W., Abrahamse, E. L., Braem, S., Boehler, C. N., & Notebaert, W. (2014). The heterogeneous world of congruency sequence effects: an update. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01001>
- Ellis, C. T., Skalaban, L. J., Yates, T. S., & Turk-Browne, N. B. (2021). Attention recruits frontal cortex in human infants. *PNAS*, 118(12).
- FitzGibbon, L., Cragg, L., & Carroll, D. R. (2014). Primed to be inflexible: the influence of set size on cognitive flexibility during childhood. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00101>
- Flavell, J. H. (1999). COGNITIVE DEVELOPMENT: Children's Knowledge About the Mind. *Annual Review of Psychology*, 50(1), 21–45. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.50.1.21>
- 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>
- Geist, E.A., & Gibson, M. (2000). The Effect of Network and Public Television Programs on Four and Five Year Olds' Ability To Attend to Educational Tasks. *Journal of Instructional Psychology*, 27, 250.
- Gerard A. Gioia, Kimberly A. Espy, Peter K. Isquith (2014). *Behavior Rating Inventory of Executive Function – Preschool Version (BRIEF-P)*. Versione italiana: Marano, A., Innocenzi, M., Devescovi, A. (2014). Hografe Editore, Firenze.
- Gonthier, C., Ambrosi, S., & Blaye, A. (2021). Learning-based before intentional cognitive control: Developmental evidence for a dissociation between implicit and explicit control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 47(10), 1660–1685. <https://doi.org/10.1037/xlm0001005>
- Gonthier, C., & Blaye, A. (2021). Preschoolers are capable of fine-grained implicit cognitive control: Evidence from development of the context-specific proportion congruency effect. *Journal of Experimental Child Psychology*, 210, 105211. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105211>

- Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology*, *121*(4), 480–506. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.121.4.480>
- Greenfield, P. M. (2014). Mind and media. In *Psychology Press eBooks*. <https://doi.org/10.4324/9781315735634>
- Hadders–Algra, M. (2020). Interactive media use and early childhood development. *Jornal De Pediatria*, *96*(3), 273–275. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2019.05.001>
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J. M., Golinkoff, R. M., Gray, J. H., Robb, M. B., & Kaufman, J. (2015). Putting education in “Educational” apps. *Psychological Science in the Public Interest*, *16*(1), 3–34. <https://doi.org/10.1177/1529100615569721>
- Huber, B., Yeates, M., Meyer, D., Fleckhammer, L., & Kaufman, J. (2018). The effects of screen media content on young children’s executive functioning. *Journal of Experimental Child Psychology*, *170*, 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.01.006>
- Hughes, C. (1998). Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. *British Journal of Development Psychology*, *16*(2), 233–253. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835x.1998.tb00921.x>
- Huster, R. J., Enriquez-Geppert, S., Lavalley, C. F., Falkenstein, M., & Herrmann, C. S. (2013). Electroencephalography of response inhibition tasks: Functional networks and cognitive contributions. *International Journal of Psychophysiology*, *87*(3), 217–233. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.08.001>
- Hutton, J., Dudley, J., DeWitt, T. G., & Horowitz-Kraus, T. (2022). Associations between digital media use and brain surface structural measures in preschool-aged children. *Scientific Reports*, *12*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20922-0>
- Hutton, J. S., Dudley, J., Horowitz-Kraus, T., DeWitt, T., & Holland, S. K. (2020). Associations Between Screen-Based Media Use and Brain White Matter Integrity in Preschool-Aged Children. *JAMA pediatrics*, *174*(1), e193869. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.3869>
- Hutton, J., Dudley, J., Horowitz-Kraus, T., DeWitt, T., & Holland, S. K. (2020). Associations between Screen-Based Media Use and Brain White Matter Integrity in Preschool-Aged Children. *JAMA Pediatrics*, *174*(1), e193869. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.3869>

- Jacoby, L. L., Lindsay, D. S., & Hessels, S. (2003). Item-specific control of automatic processes: Stroop process dissociations. *Psychonomic Bulletin & Review*, *10*(3), 638–644. <https://doi.org/10.3758/bf03196526>
- Jiménez, L. A., Abrahamse, E. L., Méndez, C., & Braem, S. (2020). Does incidental sequence learning allow us to better manage upcoming conflicting events? *Psychological Research-psychologische Forschung*, *84*(8), 2079–2089. <https://doi.org/10.1007/s00426-019-01201-6>
- Jodo, E., & Kayama, Y. (1992). Relation of a negative ERP component to response inhibition in a Go/No-go task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *82*(6), 477–482. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(92\)90054-1](https://doi.org/10.1016/0013-4694(92)90054-1)
- Johnson, M. H. (2011). Interactive Specialization: A domain-general framework for human functional brain development? *Developmental Cognitive Neuroscience*, *1*(1), 7–21. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2010.07.003>
- Johnson, M. H., Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (1991). Components of Visual Orienting in Early Infancy: Contingency Learning, Anticipatory Looking, and Disengaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *3*(4), 335–344. <https://doi.org/10.1162/jocn.1991.3.4.335>
- Kabali, H. K., Irigoyen, M., Nunez-Davis, R., Budacki, J. G., Mohanty, S. H., Leister, K. P., & Bonner, R. (2015). Exposure and Use of Mobile Media Devices by Young Children. *Pediatrics*, *136*(6), 1044–1050. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-2151>
- Kappenman, E. S., & Luck, S. J. (2011). ERP components: The ups and downs of brainwave recordings. In *Oxford University Press eBooks*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0014>
- Karmiloff-Smith, A. (1998). Development itself is the key to understanding developmental disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, *2*(10), 389–398. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(98\)01230-3](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(98)01230-3)
- 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>
- Kennard, M. A. (1936). AGE AND OTHER FACTORS IN MOTOR RECOVERY FROM PRECENTRAL LESIONS IN MONKEYS. *American Journal of*

- Physiology*, 115(1), 138–146. <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1936.115.1.138>
- Killikelly, C., & Szűcs, D. (2013). Asymmetry in stimulus and response conflict processing across the adult lifespan: ERP and EMG evidence. *Cortex*, 49(10), 2888–2903. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.08.017>
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352–358. <https://doi.org/10.1037/h0043688>
- Kirkorian, H. L., Wartella, E. A., & Anderson, D. R. (2008). Media and Young Children's Learning. *The Future of Children*, 18(1), 39–61. <http://www.jstor.org/stable/20053119>
- Kostyrka-Allchorne, K., Cooper, N. R., & Simpson, A. (2017). The relationship between television exposure and children's cognition and behaviour: A systematic review. *Developmental Review*, 44, 19–58. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2016.12.002>
- Kostyrka-Allchorne, K., Cooper, N. R., Kennett, S., Nestler, S., & Simpson, A. (2019). The Short-Term Effect of Video Editing Pace on Children's Inhibition and N2 and P3 ERP Components during Visual Go/No-Go Task. *Developmental neuropsychology*, 44(4), 385–396. <https://doi.org/10.1080/87565641.2019.1630628>
- Lamm, C., Zelazo, P. D., & Lewis, M. D. (2006). Neural correlates of cognitive control in childhood and adolescence: Disentangling the contributions of age and executive function. *Neuropsychologia*, 44(11), 2139–2148. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.013>
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. H. M. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child Development*, 84(6), 1933–1953. <https://doi.org/10.1111/cdev.12096>
- Lemaire, P., & Brun, F. (2014). Effects of strategy sequences and response–stimulus intervals on children's strategy selection and strategy execution: A study in computational estimation. *Psychological Research-psychologische Forschung*, 78(4), 506–519. <https://doi.org/10.1007/s00426-013-0501-0>
- Li, H., Subrahmanyam, K., Bai, X., Xie, X., & Liu, T. (2017). Viewing fantastical events versus touching fantastical events: Short-Term Effects on Children's Inhibitory Control. *Child Development*, 89(1), 48–57. <https://doi.org/10.1111/cdev.12820>

- Lillard, A. S., Drell, M. B., Richey, E. M., Boguszewski, K., & Smith, E. (2015). Further examination of the immediate impact of television on children's executive function. *Developmental Psychology*, *51*(6), 792–805. <https://doi.org/10.1037/a0039097>
- Linebarger, D. L., Barr, R., Lapierre, M. A., & Piotrowski, J. T. (2014). Associations between parenting, media use, cumulative risk, and children's executive functioning. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, *35*(6), 367–377. <https://doi.org/10.1097/dbp.0000000000000069>
- Logan, G. D., & Zbrodoff, N. J. (1979). When it helps to be misled: Facilitative effects of increasing the frequency of conflicting stimuli in a Stroop-like task. *Memory & Cognition*, *7*(3), 166–174. <https://doi.org/10.3758/bf03197535>
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the Event-Related Potential technique*. http://library.mpib-berlin.mpg.de/toc/z2008_2218.pdf
- Madigan, S., Browne, D. T., Racine, N., Mori, C., & Tough, S. (2019). Association between screen time and children's performance on a developmental screening test. *JAMA Pediatrics*, *173*(3), 244. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2018.5056>
- 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>
- Makowski, D., Ben-Shachar, M. S., Chen, S. H. A., & Lüdtke, D. (2019). Indices of Effect existence and Significance in the Bayesian Framework. *Frontiers in Psychology*, *10*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02767>
- Mento, G., & Benavides-Varela, S. (2017). *Il cervello a lavoro: nuove prospettive in Neuropsicologia Cognitiva*. Il Mulino.
- Mento, G., & Valenza, E. (2016). Spatiotemporal neurodynamics of automatic temporal expectancy in 9-month old infants. *Scientific Reports*, *6*(1). <https://doi.org/10.1038/srep36525>
- Mischel, W., Ebbesen, E. B., & Zeiss, A. M. (1972). Cognitive and attentional mechanisms in delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology*, *21*(2), 204–218. <https://doi.org/10.1037/h0032198>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual

- Differences in Executive Functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M., 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>
- Munakata, Y., Snyder, H. R., & Chatham, C. H. (2012). Developing cognitive control. *Current Directions in Psychological Science*, 21(2), 71–77. <https://doi.org/10.1177/0963721412436807>
- Nadel, J. (2006). Does imitation matter to children with autism? In S. J. Rogers, & J. H. G. Williams (Eds.), *Imitation and the Social Mind: Autism and typical development* (pp. 118-137). New York: Guilford Press.
- Nathanson, A. I., Aladé, F., Sharp, M., Rasmussen, E. E., & Christy, K. R. (2014). The relation between television exposure and executive function among preschoolers. *Developmental Psychology*, 50(5), 1497–1506. <https://doi.org/10.1037/a0035714>
- Nielsen, M., & Dissanayake, C. (2004). Pretend play, mirror self-recognition and imitation: a longitudinal investigation through the second year. *Infant Behavior & Development*, 27(3), 342–365. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2003.12.006>
- Nielsen, M., Simcock, G., & Jenkins, L. (2008). The effect of social engagement on 24-month-olds’ imitation from live and televised models. *Developmental Science*, 11(5), 722–731. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00722.x>
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Van Den Wildenberg, W., & Ridderinkhof, K. R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: Effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(1), 17–26. <https://doi.org/10.3758/cabn.3.1.17>
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to Action. *Springer eBooks*, 1–18. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0629-1_1
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., & Schoffelen, J. (2011). FieldTrip: open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2011/156869>
- Paulus, M. P., Squeglia, L. M., Bagot, K., Jacobus, J., Kuplicki, R., Breslin, F. J.,

- Bodurka, J., Morris, A. S., Thompson, W. K., Bartsch, H., & Tapert, S. F. (2019). Screen media activity and brain structure in youth: Evidence for diverse structural correlation networks from the ABCD study. *NeuroImage*, *185*, 140–153. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.10.040>
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. J. (1996a). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *37*(1), 51–87. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x>
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. J. (1996b). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *37*(1), 51–87. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x>
- Polich, J., & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review. *Biological Psychology*, *41*(2), 103–146. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(95\)05130-9](https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05130-9)
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. Scientific American Library/Scientific American Books.
- Radesky, J., Weeks, H. M., Ball, R., Schaller, A., Yeo, S., Durnez, J., Tamayo-Rios, M., Epstein, M., Kirkorian, H. L., Coyne, S. M., & Barr, R. (2020). Young Children’s Use of Smartphones and Tablets. *Pediatrics*, *146*(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2019-3518>
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998). Manual for Raven’s Progressive Matrices and Vocabulary Scales. Section 2: The Coloured Progressive Matrices. Oxford, England: Oxford Psychologists Press/San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Rideout, V. J., Vandewater, E. A., & Wartella, E. (2003). Zero to Six: Electronic Media in the Lives of Infants, Toddlers and Preschoolers. *Kaiser Family Foundation Report*. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED482302.pdf>
- Ridout, V. (2017). *The Common Sense Census: Media Use by Kids Age Zero to Eight*. San Francisco, CA: Common Sense Media.
- Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A Model of the Development of Frontal Lobe Functioning: Findings From a Meta-Analysis. *Applied Neuropsychology*, *12*(4), 190–201. https://doi.org/10.1207/s15324826an1204_2

- Roseberry, S., Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. M. (2013). Skype Me! Socially contingent interactions help toddlers learn language. *Child Development, 85*(3), 956–970. <https://doi.org/10.1111/cdev.12166>
- Ruff, H. A., & Capozzoli, M. (2003). Development of attention and distractibility in the first 4 years of life. *Developmental Psychology, 39*(5), 877–890. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.39.5.877>
- Schiffer, A., Waszak, F., & Yeung, N. (2015). The role of prediction and outcomes in adaptive cognitive control. *Journal of Physiology-paris, 109*(1–3), 38–52. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2015.02.001>
- Schmidt, J. (2019). Evidence against conflict monitoring and adaptation: An updated review. *Psychonomic Bulletin & Review, 26*(3), 753–771. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1520-z>
- Schneider, G. (1979). Is it really better to have your brain lesion early? a revision of the “Kennard Principle.” *Neuropsychologia, 17*(6), 557–583. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(79\)90033-2](https://doi.org/10.1016/0028-3932(79)90033-2)
- Schneider W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime Reference Guide*. Pittsburgh, PA: Psychology Software Tools Inc.
- Shuler, C. (2012). *iLearn II: An Analysis of the Education Category on Apple’s App Store*. New York, NY: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Simpson, A., & Riggs, K. J. (2005). Inhibitory and working memory demands of the day-night task in children. *British Journal of Development Psychology, 23*(3), 471–486. <https://doi.org/10.1348/026151005x28712>
- Spelke, E. S. (1990). Principles of Object Perception. *Cognitive Science, 14*(1), 29–56. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1401_3
- Stone, J. V. (2002). Independent component analysis: an introduction. *Trends in Cognitive Sciences, 6*(2), 59–64. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01813-1](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01813-1)
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology, 18*(6), 643–662.
- Swing, E. L., Gentile, D. A., Anderson, C. A., & Walsh, D. (2010). Television and video game exposure and the development of attention problems. *Pediatrics, 126*(2), 214–221. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-1508>
- Tadel, F., Baillet, S., Mosher, J. C., Pantazis, D., & Leahy, R. M. (2011). Brainstorm: A

- User-Friendly Application for MEG/EEG Analysis. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2011/879716>
- Troseth, G. L., Saylor, M. M., & Archer, A. H. (2006). Young children’s use of video as a source of socially relevant information. *Child Development*, 77(3), 786–799. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00903.x>
- Troseth, G. L., Strouse, G. A., Verdine, B. N., & Saylor, M. M. (2018). Let’s chat: On-Screen social responsiveness is not sufficient to support toddlers’ word learning from video. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02195>
- Tsuji, S., Fiévet, A., & Cristià, A. (2021). Toddler word learning from contingent screens with and without human presence. *Infant Behavior & Development*, 63, 101553. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2021.101553>
- Tsujimoto, S. (2008). The prefrontal cortex: functional neural development during early childhood. *The Neuroscientist*, 14(4), 345–358. <https://doi.org/10.1177/1073858408316002>
- Usai, M. C., Traverso, L., Gandolfi, E., Viterbori, P. (2017). *Batteria per la valutazione delle funzioni esecutive in età prescolare FE-PS 2-6*. Erickson, Trento.
- Valkenburg, P. M., & Piotrowski, J. T. (2017). *Plugged in*. <https://doi.org/10.12987/yale/9780300218879.001.0001>
- Valkenburg, P. M., & Vroone, M. (2004). Developmental changes in infants’ and toddlers’ attention to television entertainment. *Communication Research*, 31(3), 288–311. <https://doi.org/10.1177/0093650204263435>
- Vehtari, A., Gelman, A. & Gabry, J. Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. *Stat Comput* 27, 1413–1432 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11222-016-9696-4>
- Verguts, T., & Notebaert, W. (2009). Adaptation by binding: a learning account of cognitive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(6), 252–257. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.02.007>
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V., McCallum, W., & Winter, A. (1964). Contingent negative variation : an electric sign of Sensori-Motor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203(4943), 380–384. <https://doi.org/10.1038/203380a0>
- Wechsler, D. (2012). *Wechsler preschool and primary scale of intelligence* (fourth

- edition). The Psychological Corporation San Antonio, TX.
- Wiebe, S. A., Sheffield, T. D., Nelson, J., Clark, C. a. C., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, *108*(3), 436–452. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.08.008>
- World Health Organization. (2019). *Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age: web annex : evidence profiles*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/311663>
- Wright, J., Huston, A. C., Ross, R. P., Calvert, S. L., Rolandelli, D. R., Weeks, L. A., Raeissi, P., & Potts, R. (1984). Pace and continuity of television programs: Effects on children's attention and comprehension. *Developmental Psychology*, *20*(4), 653–666. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.20.4.653>
- 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>
- Zimmerman, F. J., Christakis, D. A., & Meltzoff, A. N. (2007). Associations between Media Viewing and Language Development in Children Under Age 2 Years. *The Journal of Pediatrics*, *151*(4), 364–368. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2007.04.071>