



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione

**Corso di laurea Magistrale in Psicologia dello Sviluppo e
dell'Educazione**

Tesi di laurea Magistrale

“Effetti del coding sul funzionamento cognitivo in alunni di 1[^] e 4[^]
primaria”

“The effects of coding on the cognitive functioning of first and fourth
graders”

Relatore

Prof.ssa Barbara Arfè

Correlatore

Dott.sa Chiara Montuori

Laureanda: Veronica Brescia

Matricola: 2020269

Anno Accademico 2021-2022

Sommario

INTRODUZIONE	4
1.LE FUNZIONI ESECUTIVE	6
1.1 Che cosa sono le funzioni esecutive?	6
1.2 Le diverse tipologie di funzioni esecutive	6
1.3 Le basi neuroanatomiche delle funzioni esecutive	9
1.4 I modelli cognitivi delle funzioni esecutive	10
1.4.1 I modelli cognitivi unitari	10
1.4.2 I modelli cognitivi con componenti dissociate	12
1.4.3 I modelli cognitivi con componenti dissociabili ma reciprocamente correlate	14
1.5 Le traiettorie evolutive delle funzioni esecutive	17
1.5.1 Periodo Neonatale	17
1.5.2 Periodo prescolare	18
1.5.3 Periodo scolastico	19
1.5.4 Periodo adolescenziale	19
1.6 Fattori che influenzano le funzioni esecutive	21
1.6.1 Le funzioni esecutive ed il livello socio-economico	21
1.6.2 Le funzioni esecutive e le differenze di genere	22
1.6.3 Le funzioni esecutive e il rendimento scolastico.....	23
1.7 Attività per migliorare le funzioni esecutive	24
1.8 Le funzioni esecutive e il pensiero computazionale	25
2. IL PENSIERO COMPUTAZIONALE	26
2.1 Che cos'è il pensiero computazionale?	26
2.2 Gli elementi che costituiscono il pensiero computazionale	28
2.3 Relazione tra il pensiero computazionale e le altre discipline	29
2.4 Perché insegnare il pensiero computazionale?	29
2.5 Strumenti per allenare il pensiero computazionale	31
2.5.1 Il coding.....	31
2.5.1.1 L'educazione robotica	32
2.5.1.2 Il coding unplugged	34
2.5.1.3 Il coding virtuale.....	35
2.6 Relazione tra le abilità di coding ed altre abilità	37
3. LA RICERCA	39
3.1 Obiettivi	39
3.2 Partecipanti	40
3.3 Materiali	41
3.3.1 Prove di inibizione.....	42
3.3.2 Prova di pianificazione	45
3.3.3 Prova di coding.....	48
3.4 Procedura	50

3.5 Risultati	57
3.5.1 Analisi degli effetti dell'intervento.....	62
3.5.1.1 Prove di inibizione.....	62
3.5.1.2 Prova di pianificazione	71
3.5.1.3 Prova di Coding.....	75
4.DISCUSSIONE	80
4.1 Conclusioni.....	84
BIBLIOGRAFIA.....	87
RINGRAZIAMENTI.....	106

INTRODUZIONE

Diversi studiosi ritengono che le abilità computazionali debbano essere acquisite dagli studenti, poiché il pensiero computazionale (PC), oltre a favorire lo sviluppo delle abilità digitali, la cui conoscenza è diventata molto importante negli ultimi decenni (Shute et al., 2017), implica l'abilità di problem solving (Selby & Woollard, 2013), si riferisce alla vita ed ai problemi quotidiani (Wing, 2006) ed è collegato a molti ambiti e discipline scientifico-tecnologiche STEM (scienza, tecnologia, ingegneria, matematica) (Henderson et al., 2007; Weintrop et al., 2016).

Le abilità del pensiero computazionale, avendo un impatto sulla risoluzione dei problemi, dovrebbero influenzare anche quelle abilità cognitive che sono tipicamente coinvolte nell'abilità di problem solving (Di Lieto et al., 2017).

Il coding (cioè la programmazione) risulta essere lo strumento tramite il quale poter insegnare le abilità del pensiero computazionale, soprattutto nelle scuole primarie (Arfé et al., 2019).

Negli ultimi anni, però, sono stati effettuati limitati studi che hanno esplorato l'efficacia di attività di coding sulle abilità cognitive dei bambini. Di Lieto e collaboratori (2017) hanno riscontrato che le attività di coding possono migliorare le funzioni esecutive in bambini di 5-6 anni, in particolare la memoria di lavoro e l'inibizione della risposta (Di Lieto et al., 2017). Analogamente, Arfé e collaboratori (2019) hanno condotto uno studio che ha previsto laboratori di coding, dal quale è emerso che le attività di coding migliorano non soltanto le competenze del pensiero computazionale (come la risoluzione di problemi di codifica), ma influenzano positivamente due funzioni esecutive: la pianificazione e l'inibizione (Arfé et al., 2019). Gli effetti dello studio sono stati replicati da una seconda ricerca che ha evidenziato che i bambini di 5-6 anni esposti alle attività di coding hanno aumentato il tempo di pianificazione e migliorato l'accuratezza in

compiti di pianificazione e di coding, ed hanno ridotto il tempo di inibizione e il numero di errori in prove di inibizione (Arfé et al., 2020).

Il presente studio si propone di contribuire a questo filone di ricerca, verificando l'efficacia di attività di coding sulle abilità di pianificazione ed inibizione della risposta in alunni di prima primaria, analogamente a ciò che è stato osservato in studi precedenti (Arfé et al., 2019, 2020), e verificando se gli effetti positivi di attività di coding su queste due funzioni esecutive si estendono anche ad una popolazione di classi quarte primaria.

1.LE FUNZIONI ESECUTIVE

Nel seguente capitolo verrà presentata una visione generale sulle funzioni esecutive (FE): partendo dalla loro definizione verranno illustrate le varie tipologie di FE, verranno descritte le basi neuroanatomiche che si attivano durante il loro funzionamento, i modelli cognitivi di riferimento, ed infine analizzate le loro traiettorie evolutive, ossia i diversi cambiamenti che avvengono durante il corso della vita.

1.1 Che cosa sono le funzioni esecutive?

Le funzioni esecutive (FE) sono processi cognitivi di ordine superiore deputati al controllo e alla pianificazione del comportamento, che permettono ad un individuo di pianificare ed attuare progetti finalizzati al raggiungimento di un obiettivo (Barkley, 2012). Le FE permettono all'individuo di attuare comportamenti al fine di adattarsi, di pianificare il futuro, di tollerare le frustrazioni, di riflettere su sé stessi, di avere capacità di problem solving, e di controllare il pensiero e l'attenzione, nonostante la presenza di interferenze (Miyake et al., 2000).

1.2 Le diverse tipologie di funzioni esecutive

Miyake e collaboratori (2000) individuarono tre componenti fondamentali che costituiscono il *core* delle FE, ossia la memoria di lavoro, l'inibizione e la flessibilità cognitiva; da cui derivano i processi cognitivi più complessi: la pianificazione, il problem solving ed il ragionamento (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000).

Il termine "memoria di lavoro" fu coniato da Miller, Galanter e Pribram (1960), in seguito fu ripreso da Atkinson e Shiffrin (1968), ed infine da Baddeley e Hitch (1974) (Atkinson & Shiffrin, 1968; Baddeley & Hitch, 1974; Miller et al., 1960).

La memoria di lavoro permette di tenere in mente delle informazioni nonostante non siano più presenti a livello percettivo (Diamond, 2013). Si ritiene che la memoria di lavoro abbia una capacità limitata, poiché ha una ridotta capienza massima e conserva le informazioni solo per un certo tempo (Marzocchi & Valagussa, 2011).

Inoltre, la memoria di lavoro risulta essere molto importante per il ragionamento ed i collegamenti temporali, per la comprensione ed il linguaggio, per il monitoraggio delle informazioni e per la gestione del comportamento (Diamond, 2013).

L'inibizione (o controllo inibitorio) permette di controllare i propri impulsi, la propria attenzione, le proprie emozioni, comportamenti e pensieri (Diamond, 2013).

Nello specifico, tale abilità comprende l'autocontrollo che permette di controllare il proprio comportamento e le proprie emozioni, resistendo alle tentazioni e gestendo i propri impulsi; l'inibizione cognitiva che permette di controllare le interferenze sopprimendo volontariamente rappresentazioni mentali prepotenti o dominanti (Anderson & Levy, 2009); e l'attenzione selettiva che permette all'individuo di concentrarsi maggiormente su alcuni stimoli rispetto ad altri in base al proprio obiettivo (Carlson et al., 2013; Diamond, 2013; Meuwissen & Zelazo, 2014).

La memoria di lavoro e l'inibizione si supportano reciprocamente. La memoria di lavoro permette di comprendere quali elementi sono rilevanti tenendo in mente delle informazioni, così da poter inibire quelle ritenute meno importanti. Il controllo inibitorio, al contrario, mantiene libero lo spazio in memoria eliminando ciò che non è significativo (Diamond, 2013; Lustig et al., 2006).

Esistono compiti di inibizione semplici e complessi: l'inibizione semplice di una risposta richiede l'utilizzo di una piccola quantità di memoria di lavoro, invece, l'inibizione di una

risposta complessa richiede un maggior utilizzo della memoria di lavoro, e che l'individuo inibisca una risposta per generarne una alternativa (Best & Miller, 2010).

La flessibilità cognitiva è la capacità di spostare la propria attenzione in diversi compiti o di passare da una rappresentazione mentale o comportamentale ad un'altra, quando la prima è diventata irrilevante (Miyake et al., 2000). Permette di adattarsi a nuove richieste, trovare innovative soluzioni ai problemi, ed essere creativi (Diamond, 2013; Prado et al., 2017). Tale funzione esecutiva è collegata alle altre due, in quanto per poter cambiare prospettiva bisogna inibire quella precedente, ed inserire nella memoria di lavoro quella che si desidera (Diamond, 2013).

La pianificazione è un processo cognitivo complesso che richiede l'integrazione delle componenti esecutive di base come l'inibizione e la memoria di lavoro (Asato et al., 2006). La pianificazione indica la capacità di creare una sequenza di azioni efficaci e strategiche con lo scopo di raggiungere un determinato obiettivo (Corsini et al., 2018). Inoltre, tale abilità facilita la selezione di risposte appropriate in un compito, permettendo all'individuo di avere il controllo cognitivo del proprio comportamento (Asato et al., 2006).

Il problem solving è l'insieme dei processi cognitivi che permettono di cambiare la situazione attuale e di raggiungere gli obiettivi prefissati (Dostál, 2015). Durante il processo di problem solving, che risulta essere personale, l'individuo identifica il problema presente, affronta degli ostacoli e ricerca la soluzione migliore per fronteggiarli (Dostál, 2015).

1.3 Le basi neuroanatomiche delle funzioni esecutive

Storicamente le capacità esecutive sono state associate alla corteccia prefrontale ed il termine FE è diventato in molti casi sinonimo di controllo frontale (Schweiger & Marzocchi, 2008). Le regioni anteriori del cervello sono state identificate come responsabili del funzionamento esecutivo attraverso l'osservazione del comportamento di pazienti con lesioni frontali, i quali hanno mostrato deficit in queste abilità (Grattan & Eslinger, 1991; Stuss & Benson, 1984) e in base agli studi con neuro-immagini funzionali, che hanno evidenziato un'attivazione della corteccia prefrontale in soggetti che svolgono compiti esecutivi (Rezai et al., 1993).

Un primo esempio risale al caso di Phineas Gage, il quale subì una lesione a uno dei suoi lobi frontali a causa di un incidente sul lavoro. Dopo tale avvenimento, nonostante avesse un QI normale, egli mostrò cambiamenti comportamentali nella sua vita come se fosse stata alterata la sua capacità di autocontrollo (Damasio et al., 1994).

Le basi neurali delle FE appaiono numerose e complesse, in quanto la corteccia prefrontale risulta essere collegata a molte altre regioni del cervello come il cervelletto e ad alcuni nuclei sottocorticali (Schweiger & Marzocchi, 2008).

Grazie alla corteccia prefrontale è possibile controllare diverse funzioni, in quanto può ricevere qualsiasi tipo di informazione dall'ambiente esterno e dall'organismo (Marzocchi & Valagussa, 2011).

Inoltre, nella parte mediale del lobo prefrontale possiamo distinguere due aree importanti: la corteccia cingolata anteriore e il giro frontale superiore (Benedetti, 2005). È stato visto che la corteccia cingolata anteriore è importante nell'identificazione di errori effettuati dopo l'attuazione di un determinato comportamento, mentre il giro frontale superiore sembra essere implicato nella selezione e flessibilità di un compito da eseguire (Rushworth et al., 2004).

Le aree della corteccia frontale e le aree corticali posteriori sono attivate dal funzionamento della memoria di lavoro per riuscire a mantenere le informazioni in mente per un certo tempo (Fuster, 2015; Lara & Wallis, 2015). Inoltre, tali aree cerebrali attivate durante lo svolgimento di compiti in cui è utilizzata la memoria di lavoro, si attivano durante l'uso dell'inibizione per selezionare alcuni stimoli ed escludere quelli irrilevanti (Gazzaley & Nobre, 2012; Murray et al., 2011). I compiti più difficili in cui è utilizzata la memoria di lavoro sono quelli in cui è richiesto maggior mantenimento e gestione delle informazioni, ossia dove vi è più controllo esecutivo e più attività della corteccia prefrontale (Luciana et al., 2005). Le funzioni esecutive, dunque, sono associate a diversi sotto-processi di differenti aree frontali e prefrontali interconnesse, che si attivano generando una complessa rete per dare origine a ciò che viene definito controllo esecutivo (Benedetti, 2005).

1.4 I modelli cognitivi delle funzioni esecutive

Le funzioni esecutive sono state descritte e spiegate nella letteratura tramite diversi modelli cognitivi (Marzocchi & Valagussa, 2011): alcuni studiosi ritengono che le FE siano un costrutto unificato (Munakata, 2001; Munakata & McClelland, 2003), altri che le FE siano una struttura costituita da componenti dissociate (Diamond, 2013; Marzocchi & Valagussa, 2011), ed infine, alcuni ricercatori credono che le FE siano un costrutto unico con componenti parzialmente dissociabili (Huizinga et al., 2006; Lehto et al., 2003).

1.4.1 I modelli cognitivi unitari

Un primo modello che considera le FE come un costrutto unitario è di Munakata (2001). L'autore ritiene che il comportamento dell'individuo, regolato dalle FE, sia dovuto alle

tracce di memoria latente ed alle tracce di memoria attiva presenti. Le prime si riferiscono alle abitudini ed alla memoria a lungo termine, e si sviluppano nel periodo postnatale; le seconde riguardano la capacità di attenzione e la memoria di lavoro, e si sviluppano lentamente durante l'infanzia. Nel momento in cui vi è un conflitto tra i due sistemi di rappresentazione, quello attivo prevale sulla rappresentazione latente (Munakata, 2001; Munakata & McClelland, 2003). Secondo Munakata ed il suo gruppo di ricerca (2001), la proprietà comune a tutte le FE è quella di riuscire a mantenere le informazioni relative al compito ed al suo obiettivo, con il fine di utilizzarle per condizionare l'elaborazione di livello inferiore (Munakata, 2001).

Un secondo modello multicomponenziale è di Baddeley e Hitch (1974), i quali si sono posti l'obiettivo di descrivere in modo più accurato le componenti della memoria di lavoro, che risulta importante per svolgere abilità cognitive complesse come l'apprendimento ed il ragionamento (Baddeley & Hitch, 1974).

Tale modello, revisionato negli anni seguenti da Baddeley, prevede l'esistenza di:

- un loop fonologico, utilizzato per memorizzare informazioni verbali;
- un taccuino visuo-spaziale, per la memorizzazione di informazioni visive e spaziali;
- un esecutivo centrale, per monitorare le informazioni in entrata;
- un buffer episodico, in cui tutte le differenti informazioni, come quelle visive, spaziali e uditive, vengono combinate tra loro (Baddeley, 2010).

Burgess e collaboratori (2000) hanno elaborato un modello unitario delle FE, secondo cui la struttura delle FE è costituita da moduli che funzionano in modo integrato, perciò non vi sono componenti indipendenti (Burgess et al., 2000). Gli autori identificano cinque

funzioni svolte in sequenza: l'apprendimento delle regole del compito da svolgere, la pianificazione dei passaggi da eseguire, l'esecuzione del compito, la coerenza tra la pianificazione e l'esecuzione, ed infine la correzione di eventuali errori presenti. Si ritiene che alla base di tali funzioni vi sia la collaborazione di processi relativi alla memoria retrospettiva, alla pianificazione ed alla memoria prospettica. La memoria retrospettiva risulta utile per le funzioni svolte all'inizio ed alla fine dello svolgimento di un compito. La memoria prospettica, invece, è utilizzata in tutti i passaggi intermedi che vengono svolti (Burgess et al., 2000).

1.4.2 I modelli cognitivi con componenti dissociate

Secondo Marzocchi e colleghi (2011) è risultato che i modelli unitari sono riduttivi per spiegare le FE, e che la loro struttura è costituita da componenti dissociate. Si è giunti a tale conclusione, in quanto in alcuni pazienti che hanno subito delle lesioni, non risultava una compromissione globale delle FE. Inoltre, riguardo le abilità esecutive, fu scoperta una localizzazione neuroanatomica in diverse aree prefrontali e la presenza di differenti traiettorie di sviluppo (Marzocchi & Valagussa, 2011).

Un primo modello, grazie al quale è stato possibile identificare tre componenti distinte delle FE, è quello di Welsh e collaboratori (1991). Gli autori hanno nominato questi tre fattori: rapidità della risposta, ossia l'abilità di focalizzare l'attenzione su stimoli target tralasciandone altri; generazione di ipotesi e controllo dell'impulsività, che si riferisce alla capacità oggi definita flessibilità cognitiva; ed infine la pianificazione (Welsh et al., 1991). Secondo gli autori, tali fattori si differenziano per le diverse traiettorie evolutive che seguono: la rapidità della risposta si sviluppa maggiormente all'età di sei anni, la

generazione di ipotesi e controllo dell'impulsività a dieci anni, e la pianificazione durante il periodo adolescenziale (Welsh et al., 1991).

Un secondo modello che considera la struttura delle FE costituita da componenti distinte è quello di Lezak (1995). Egli identificò quattro componenti: la volizione, ossia la decisione consapevole di agire; la pianificazione, per programmare delle azione al fine di raggiungere un obiettivo; l'intenzione di agire, ovvero l'implementazione delle azioni pianificate e l'attuazione di modifiche in caso di necessità; ed infine l'azione per monitorare il comportamento messo in atto (Lezak et al., 2004).

Nonostante risulta essere innovativo, il modello di Lezak (1995) presenta dei limiti, in quanto non considera capacità esecutive ad oggi conosciute come la memoria di lavoro e l'inibizione (Lezak et al., 2004).

Inoltre, Pennington e Ozonoff (1996) identificarono cinque funzioni differenti messe in atto tramite l'utilizzo delle FE: l'inibizione, la pianificazione, la memoria di lavoro verbale e visuo-spaziale, la flessibilità cognitiva e la fluenza verbale fonemica e semantica (Pennington & Ozonoff, 1996).

Hughes (1998) riteneva che vi fossero tre componenti indipendenti delle FE: la flessibilità cognitiva, il controllo inibitorio e la memoria di lavoro. L'autore riuscì a notare questa distinzione delle FE già in bambini di età prescolare (Hughes, 1998).

Diamond (2006), analogamente a Hughes (1998) riteneva che la struttura delle FE fosse costituita da componenti dissociate. Secondo tale modello, la memoria di lavoro,

l'inibizione e la flessibilità cognitiva sono funzioni esecutive dissociate con differenti traiettorie di sviluppo (Diamond, 2006).

1.4.3 I modelli cognitivi con componenti dissociabili ma reciprocamente correlate

Nonostante le componenti delle FE risultino distinte, è difficile selezionare compiti che sono a carico di una sola abilità esecutiva. Pertanto, diversi autori ritengono che vi sia una correlazione tra i differenti processi esecutivi (Marzocchi & Valagussa, 2011).

Secondo il modello di Roberts e Pennington (1996), è possibile comprendere il funzionamento delle FE grazie all'interazione tra la memoria di lavoro e l'abilità di inibizione, in quanto la maggior parte dei compiti in cui sono utilizzate le FE, queste due componenti sono le capacità più richieste. Tali processi esecutivi risultano essere due abilità distinte, ma che funzionano in modo correlato (Roberts & Pennington, 1996).

Secondo Zelazo e il suo gruppo di ricerca (1997), le diverse abilità esecutive operano insieme per raggiungere degli obiettivi. Gli autori identificarono quattro fasi: la rappresentazione del problema, in cui è richiesta flessibilità per muoversi facilmente tra i vari costrutti disponibili; la pianificazione per identificare una sequenza di azioni da effettuare; l'esecuzione per l'implementazione del piano, ed infine la valutazione. Tale modello non spiega le FE, ma illustra il modo in cui possono funzionare i processi esecutivi (Zelazo et al., 1997).

Inoltre, vi è un modello generale di FE detto "unità e diversità", che le descrive come funzioni correlate ma allo stesso tempo separabili (Miyake et al., 2000). Secondo tale modello, vi sono tre componenti delle FE: la flessibilità cognitiva, la memoria di lavoro

e l'inibizione della risposta. Nel momento in cui furono misurate con variabili latenti, le FE risultarono differire in base alle diverse caratteristiche individuali della persona, e attivarono aree neurali comuni ma anche specifiche. Gli autori, perciò, ritennero che le FE potessero essere considerate anche componenti separabili (Miyake et al., 2000). Pertanto, si ritiene che le FE alla base hanno meccanismi sottostanti comuni, ma nei giovani adulti si possono distinguere e sono utilizzate in maniera diversa in base al compito da svolgere (Miyake et al., 2000).

Anderson (2002) identificò quattro componenti distinte delle FE: il controllo attenzionale che implica l'attenzione selettiva e sostenuta, l'autoregolazione e l'inibizione; la flessibilità cognitiva che include la capacità di muoversi tra set mentali diversi, l'attenzione divisa e la memoria di lavoro; la definizione degli obiettivi, in cui vi è la capacità di pianificazione e di ragionamento concettuale; ed il processamento delle informazioni che si riferisce alla velocità con la quale sono fornite le informazioni. Secondo l'autore, tali abilità interagiscono tra loro nel momento in cui operano, funzionando come un sistema unitario (Anderson, 2002).

Analogamente, Letho e il suo gruppo di ricerca (2003), analizzando bambini dai tre agli otto anni, rilevarono la presenza di tre componenti correlate e parzialmente dissociabili nelle FE, ed in linea con il modello di Miyake (2000) le denominarono: memoria di lavoro, la flessibilità cognitiva ed inibizione (Lehto et al., 2003).

Huizinga e collaboratori (2006), similmente a Letho (2003), analizzarono le prestazioni esecutive di individui di età compresa tra i sette ed i ventuno anni, e trovarono l'applicazione di due variabili latenti nei compiti di memoria di lavoro e di flessibilità

cognitiva. Nei compiti di inibizione, invece, non risultò la presenza di un fattore comune. Tali risultati differirono da quelli di Lehto (2003), probabilmente per la vasta fascia di età considerata da Huizinga (2006). Entrambi i ricercatori, comunque, concordarono sulla presenza di componenti parzialmente dissociabili nella struttura unitaria delle FE (Huizinga et al., 2006; Lehto et al., 2003).

Senn ed il suo gruppo di ricerca (2004) hanno riscontrato l'esistenza di componenti differenti nelle FE. Gli autori constatarono che il punteggio ottenuto da bambini di età prescolare in un compito di memoria di lavoro era correlato ad un punteggio ottenuto in un compito di inibizione, ma questi due punteggi non erano correlati ad un punteggio ottenuto in un compito di flessibilità cognitiva. I due ricercatori, perciò, sostennero che le FE erano costituite da componenti dissociabili ma reciprocamente correlate (Senn et al., 2004).

Bisogna considerare, però, che i vari modelli cognitivi sopra elencati dovrebbero tener conto del fatto che i diversi percorsi di sviluppo sono influenzati dal tipo di compito utilizzato nella ricerca (Best & Miller, 2010). Pertanto, è necessario considerare fattori come: la complessità del compito (numero delle azioni richieste per raggiungere la soluzione), il tipo di risposta richiesta (motoria o verbale) ed il tipo di conflitto effettuato dall'individuo (controllo dell'interferenza o inibizione motoria) (Best & Miller, 2010). Ad oggi, si ritiene che i modelli che ritengono le FE delle componenti distinte ma correlate siano i più adatti nel descrivere la complessità delle funzioni che a loro volta regolano il comportamento umano (Marzocchi & Valagussa, 2011).

1.5 Le traiettorie evolutive delle funzioni esecutive

Diversi ricercatori hanno effettuato studi riguardo alle traiettorie evolutive delle FE (Carlson, 2005; Marzocchi & Valagussa, 2011; Oakes & Luck, 2013; Simmering, 2012; Zosh & Feigenson, 2015). Le FE del *core* sono le prime a comparire, seguite dalle FE più complesse (Senn et al., 2004).

1.5.1 Periodo Neonatale

Nei primi due anni di vita non vi sono sviluppi significativi delle FE, in quanto compaiono nell'individuo per lo più abilità linguistiche e motorie (Marzocchi & Valagussa, 2011). La comparsa di capacità legate alle FE inizia comunque precocemente, sia dal punto di vista cognitivo (FE fredde), che emotivo/motivazionale (FE calde) (Zelazo et al., 2004). Già a partire dalle prime dodici settimane di vita, il bambino inizia a ricordare lo scopo di una situazione che lo coinvolgeva in prima persona, riuscendo ad utilizzarlo in futuri eventi simili, grazie all'uso delle FE calde (Marzocchi & Valagussa, 2011). Riguardo le FE fredde, invece, risulta che esse compaiano prima delle FE calde (Marzocchi & Valagussa, 2011). Secondo una ricerca, solo a partire dal secondo anno di vita il bambino incomincia a comprendere alcune forme di desideri, emozioni ed intenzioni (Flavell, 1999).

Nello specifico, riguardo la capacità di memoria di lavoro, è possibile notare come già nei neonati e nei bambini molto piccoli si sviluppa la capacità di tenere a mente delle informazioni per un certo periodo di tempo (Pirozzi, 2021). Secondo alcuni studi, già a sei mesi i bambini riescono a mantenere un elemento in memoria, e tra gli otto/dodici mesi sembrano riuscire a ricordare tre elementi (Oakes & Luck, 2013; Simmering, 2012; Zosh & Feigenson, 2015).

L'abilità di inibizione, invece, risulta difficile per i bambini molto piccoli (Diamond, 2013). Secondo Anderson (2002), però, è visibile un'inibizione comportamentale verso nuove risposte già a partire dai dodici mesi (Anderson, 2002).

1.5.2 Periodo prescolare

In età prescolare vi è uno sviluppo significativo delle FE calde, soprattutto del controllo inibitorio (Marzocchi & Valagussa, 2011). Secondo una ricerca, è risultato che all'età di tre anni il bambino riesce ad inibire i comportamenti impulsivi (Marzocchi & Valagussa, 2011) e all'età di quattro anni è in grado di inibire alcuni stimoli (Best & Miller, 2010). Inoltre, è stata riscontrata la comparsa del controllo attentivo tra i tre e i quattro anni (Marzocchi & Valagussa, 2011). Riguardo alla flessibilità cognitiva, risulta essere presente già dai tre/quattro anni, in quanto i bambini riescono a passare tra due insiemi mentali differenti di risposte (Best & Miller, 2010) quando le richieste di inibizione sono ridotte (Rennie et al., 2004). Inoltre, incominciano ad emergere l'abilità di pianificazione semplice tra i 3-4 anni ed i comportamenti diretti ad un obiettivo (Marzocchi & Valagussa, 2011). Secondo uno studio, è risultato un minor sviluppo della flessibilità cognitiva in età prescolare rispetto alla memoria di lavoro e all'inibizione (Best & Miller, 2010). Questo risulta, probabilmente, perché la capacità di spostamento tra più insiemi di risposte richiede di riuscire a mantenere delle risposte nella memoria di lavoro e di inibire un insieme di risposte per attivarne uno alternativo (Garon et al., 2008). Riguardo alle FE calde, in questa fase dello sviluppo risultano esserci miglioramenti sulla consapevolezza delle scelte effettuate in presenza di gratificazioni e punizioni; ed a partire dai cinque anni, sulla gestione dei propri pensieri rispetto all'influenza che le altre persone potrebbero avere (Marzocchi & Valagussa, 2011).

1.5.3 Periodo scolastico

Secondo le ricerche di Romine e Reynolds (2005), tra i 5 e gli 8 anni risulta migliorare l'inibizione (ad esempio con l'acquisizione della capacità di inibire una risposta dominante in modo coerente) (Romine & Reynolds, 2005). Inoltre, è stato riscontrato un incremento significativo della flessibilità cognitiva, soprattutto tra i sette e i nove anni, quando si è in grado di correggere i propri errori e trovare soluzioni alternative (Marzocchi & Valagussa, 2011). In aggiunta, si ritiene che vi sia un miglioramento nei compiti in cui vi è l'interazione tra la capacità di memoria di lavoro e l'abilità di inibizione soprattutto tra gli otto e gli undici anni (Carlson, 2005). In particolare, tra i nove e i dodici anni risulta esserci uno sviluppo significativo della memoria di lavoro (Brocki & Bohlin, 2004). Inoltre, è presente una rapida crescita della capacità di pianificazione tra i 7 e i 10 anni (Luciana & Nelson, 2002). In questa fascia d'età, riguardo le FE calde vi è un miglioramento generale nella comprensione delle emozioni, dei desideri e delle metafore (Marzocchi & Valagussa, 2011).

1.5.4 Periodo adolescenziale

Tramite uno studio è risultato che il controllo inibitorio continua a maturare durante l'adolescenza (Luna et al., 2004). In questo periodo migliora soprattutto la velocità e la precisione della capacità di inibizione (Best et al., 2009). Inoltre, tra i 16-19 anni vi è un aumento della memoria di lavoro (Luna et al., 2004) e risulta un incremento della pianificazione strategica e del problem solving (De Luca et al., 2003).

In particolare, è stata riscontrata una regressione della pianificazione tra i 12 e i 13 anni, seguita da un miglioramento a partire dall'adolescenza in poi (Marzocchi & Valagussa, 2011). Secondo Hooper e collaboratori (2004) riguardo le FE calde, migliora la consapevolezza sulle proprie scelte, basate su ricompense e perdite (Hooper et al., 2004).

1.5.5 Fase adulta e vecchiaia

Riguardo le FE fredde, è stato rilevato un miglioramento graduale della memoria di lavoro durante lo sviluppo e un deterioramento con l'invecchiamento (Marzocchi & Valagussa, 2011), probabilmente per la diminuzione della capacità di inibizione nell'ultima fase della vita di un individuo (Lustig et al., 2006; Solesio-Jofre et al., 2012). Gli anziani, infatti, mostrano difficoltà ad inibire le distrazioni (Gazzaley et al., 2005) ed a sopprimere le informazioni irrilevanti (Zanto et al., 2010). Analogamente alle due funzioni esecutive sopra descritte, la flessibilità cognitiva migliora con lo sviluppo durante l'età adulta (Anderson, 2002; Garon et al., 2008) e diminuisce durante l'invecchiamento (Cepeda et al., 2001; Kray, 2006). Per la precisione, la memoria di lavoro inizia a deteriorare dai 30 ai 49 anni (De Luca et al., 2003) mentre la pianificazione e l'inibizione peggiorano soprattutto tra i 53 e i 64 anni (Marzocchi & Valagussa, 2011).

Le FE calde, in modo simile alle FE fredde, raggiungono livelli superiori di maturazione nell'età adulta, ad esempio nel processo decisionale (Marzocchi & Valagussa, 2011) e deteriorano in particolare tra i 65 e i 75 anni (Lamar & Resnick, 2004).

Ad oggi, non vi è una posizione univoca sulle traiettorie evolutive delle FE (Marzocchi & Valagussa, 2011). Per comprendere il motivo per il quale vi sono cambiamenti tra le diverse fasce di età di un individuo, sarebbe utile identificare i meccanismi che creano tali variazioni durante lo sviluppo (Best & Miller, 2010).

Risulta utile analizzare tutte le possibili variabili che agiscono nelle varie fasce d'età per comprendere se alcuni fattori ne influenzano altri, per cercare correlazioni tra un'attività neurale e le prestazioni attuate tramite le FE, ed infine per esaminare il periodo in cui avviene il passaggio da un livello di sviluppo ad un altro (Best & Miller, 2010).

1.6 Fattori che influenzano le funzioni esecutive

Nella storia delle FE uno degli obiettivi è stato indagare sui fattori che contribuiscono al loro sviluppo e funzionamento. In questo paragrafo ne verranno descritti alcuni.

1.6.1 Le funzioni esecutive ed il livello socio-economico

Diversi studi hanno rilevato che un basso livello socio-economico (SES) e la presenza di situazioni di abbandono nella vita di un bambino, influenzano negativamente la traiettoria di sviluppo delle FE (Diamond et al., 2007; Hackman et al., 2015). I bambini cresciuti in povertà tendono ad avere una gestione peggiore delle abilità esecutive rispetto ai coetanei provenienti da ambienti meno svantaggiati (Last et al., 2018).

In particolare, i bambini che vivono in contesti economicamente svantaggiati hanno prestazioni peggiori in termini di memoria di lavoro (Hackman et al., 2015; Last et al., 2018), controllo inibitorio (Last et al., 2018; Sarsour et al., 2011) e flessibilità cognitiva (Sarsour et al., 2011).

Alcuni ricercatori ritengono che nell'ambiente familiare in cui vi è un basso SES risulta esserci disorganizzazione ed assenza di routine, poiché il SES condiziona il modo in cui i genitori possono mettere a disposizione dei figli le proprie risorse e creare delle opportunità per sostenere il loro sviluppo con attività stimolanti come la pratica di hobby, la visita di musei, biblioteche, viaggi, ecc. (Hackman et al., 2015; Sarsour et al., 2011). Pertanto, le condizioni ambientali domestiche e le opportunità di apprendimento agiscono come importanti mediatori dell'associazione tra reddito familiare e prestazioni cognitive dei bambini (Ardila et al., 2005).

Inoltre, un fattore rilevante che può arricchire lo sviluppo delle FE nel bambino e mediare gli effetti di un basso SES è la qualità delle figure genitoriali ed il loro coinvolgimento

nella vita dei figli (Catale et al., 2012; Hackman et al., 2015; Ming et al., 2021; Sarsour et al., 2011).

1.6.2 Le funzioni esecutive e le differenze di genere

Alcuni studi hanno mostrato la presenza di differenze di genere relativamente alle traiettorie evolutive delle funzioni esecutive (Anderson et al., 2001; Brocki & Bohlin, 2004; Klenberg et al., 2001).

Uno studio ha evidenziato differenze di genere nella abilità di controllo inibitorio e nei compiti di attenzione selettiva: bambine di età compresa tra i 3 e i 5 anni hanno commesso meno errori nelle prove di inibizione rispetto ai bambini; a 6 anni i bambini hanno ottenuto le stesse prestazioni delle bambine, e dopo quest'età non sono state riscontrate differenze di genere (Klenberg et al., 2001).

Nei test complessi di attenzione selettiva, le bambine hanno avuto una prestazione migliore; mentre nei compiti di attenzione selettiva semplice non sono state riscontrate differenze di genere (Klenberg et al., 2001).

Una ricerca condotta da Berlin e Bohlin (2002) su bambini di età prescolare ha evidenziato la presenza di differenze di genere nel controllo inibitorio, con prestazioni inferiori dei bambini rispetto alle bambine (Berlin & Bohlin, 2002).

Grazie ad un ulteriore studio, effettuato su adolescenti tra gli 11 e i 17 anni, è emerso che le ragazze hanno migliori capacità nei compiti di controllo inibitorio e nella velocità di elaborazione (Anderson et al., 2001).

Secondo una ricerca, vi sono differenze di genere per la presenza di processi ormonali che si verificano in modo diverso nei ragazzi e nelle ragazze oppure per la diversa influenza dell'ambiente e le differenti esperienze vissute (Anderson et al., 2001).

Non tutti i risultati delle ricerche effettuate, però, concordano con tali opinioni. Secondo alcuni studiosi, infatti, non vi sono differenze di genere nello sviluppo delle FE (Davidson et al., 2006; Monette et al., 2015).

1.6.3 Le funzioni esecutive e il rendimento scolastico

Diversi studi sostengono che le FE influiscono sul rendimento scolastico di un individuo, nello specifico sulle abilità matematiche e di lettura (Espy et al., 2004; Hoff, 2003; Morrison et al., 2010; Raviv et al., 2004; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Le abilità delle FE permettono agli studenti di restare fermi in classe, di prestare attenzione, di ricordare e seguire le regole, e di adottare in modo flessibile nuove prospettive (Zelazo et al., 2016).

La flessibilità cognitiva, la memoria di lavoro ed il controllo inibitorio, infatti, contribuiscono a forme di apprendimento più impegnative, attive e riflessive, necessarie nel contesto scolastico (Zelazo & Lyons, 2011; Zimmerman, 2008).

I bambini che arrivano a scuola con abilità di FE ben sviluppate riescono ad apprendere più facilmente e questo può generare effetti indiretti positivi, come l'aumento del gradimento della scuola e la motivazione a lavorare sodo (Zelazo et al., 2016).

Inoltre, è stato dimostrato che i bambini con migliori capacità di FE imparano maggiormente (cioè conservano più informazioni) rispetto ai loro coetanei con peggiori capacità di FE (Benson et al., 2013).

Da uno studio di Blair e Razza (2007) è risultato che i bambini di 7 anni con abilità matematiche inferiori, possiedono una minor capacità di inibizione (Blair & Razza, 2007). Difficoltà nell'utilizzo adeguato della memoria di lavoro non permette ai bambini di mantenere le informazioni rilevanti in memoria, da cui ne derivano complicanze nella ricerca di strategie per risolvere problemi matematici (St Clair-Thompson & Gathercole,

2006). Inoltre, migliori capacità delle FE condizionano le abilità di scrittura di un individuo: ad esempio secondo uno studio effettuato su bambini di età scolare, è risultato che l'inibizione permette di selezionare e descrivere solo le idee principali e le informazioni più utili durante lo svolgimento di compiti di scrittura e comprensione di un testo (Altemeier et al., 2006).

1.7 Attività per migliorare le funzioni esecutive

Esistono attività che permettono di migliorare lo sviluppo delle FE (Diamond & Lee, 2011). Già dal periodo prescolare è possibile aiutare i bambini ad utilizzare al meglio le loro funzioni esecutive, insegnando loro a focalizzare l'attenzione, a non essere impulsivi, e ad avere interazioni significative con i loro caregiver e con i pari (Diamond, 2012). Allenare le FE conduce ad uno sviluppo delle abilità ad esse collegate, messe in atto nei vari ambiti della vita quotidiana di un individuo (Blair, 2017). Esempi di attività sono: l'esercizio aerobico (Kamijo et al., 2011), la mindfulness (Zelazo & Lyons, 2011), lo yoga e le arti marziali (Diamond, 2012).

È stato riscontrato che l'esercizio aerobico migliora la flessibilità cognitiva e la creatività dei bambini tra gli 8 e i 12 anni, la mindfulness e le pratiche yoga migliorano lo sviluppo delle FE nei bambini soprattutto dai sette ai nove anni, mentre le arti marziali potenziano l'autocontrollo e la pianificazione (Diamond & Lee, 2011).

Inoltre, è risultato molto proficuo l'uso del computer. I giochi computerizzati, infatti, migliorano il ragionamento e la memoria di lavoro (Mackey et al., 2011). Addestrare l'uso della memoria di lavoro tramite il computer, ad esempio allenare la memoria di lavoro spaziale, aiuterebbe non solo l'utilizzo di quest'ultima nello svolgimento dei giochi computerizzati ma anche in altri ambiti della vita di un individuo (Nutley, 2011). Tramite

uno studio è emerso che l'allenamento computerizzato delle FE genera risultati promettenti anche con adulti ed anziani (Erickson & Kramer, 2009).

Le FE tendono a migliorare con la pratica (Blair, 2017), infatti, il loro incremento sembrerebbe dipendere dal tempo trascorso ad allenarle (Diamond & Lee, 2011).

Inoltre, risulta utile affrontare sfide sempre più difficili dal punto di vista cognitivo, in modo da migliorare costantemente il proprio livello di competenza (Erickson & Kramer, 2009).

1.8 Le funzioni esecutive e il pensiero computazionale

È stato indagato il legame tra le funzioni esecutive ed il pensiero computazionale, in quanto le FE risultano essere abilità coinvolte nello sviluppo delle competenze matematiche e scientifiche in cui è necessario, ad esempio, l'uso adeguato della capacità di memoria di lavoro e di inibizione (Robertson et al., 2020).

Il pensiero computazionale, essendo un processo di risoluzione dei problemi, richiede l'utilizzo delle FE, soprattutto della memoria di lavoro (Shute et al., 2017), dell'inibizione della risposta e della pianificazione (Arfé et al., 2019).

2. IL PENSIERO COMPUTAZIONALE

In questo capitolo verrà definito il pensiero computazionale, le sue componenti, i fattori ad esso collegati, il motivo per il quale è importante insegnarlo, ed infine verranno descritte le attività e gli strumenti volti ad allenare tale abilità. È stato riscontrato attraverso diversi studi, infatti, che allenare il pensiero computazionale migliora le FE negli studenti (Arfé et al., 2019, 2020; Di Lieto et al., 2017). Questo è importante poiché migliorando le FE, si avrà maggior possibilità di avere successo accademico ed in vari ambiti della vita (Diamond, 2012).

2.1 Che cos'è il pensiero computazionale?

Il pensiero computazionale (PC) è un'espressione utilizzata per la prima volta da (Papert, 1996), ed in seguito ripresa da Wing (2006), la quale lo descrive come il processo mentale che permette di risolvere problemi di diversa natura, di comprendere il comportamento umano, e di progettare sistemi attraverso procedure logiche dell'informatica (Papert, 1996; Wing, 2006).

Aho (2012), in seguito, affermò che il pensiero computazionale è un insieme di processi di pensiero utili a rappresentare le soluzioni di un problema come algoritmi di calcolo costituiti da vari passaggi in sequenza (Aho, 2012).

Secondo Wing (2010), il PC non si riferisce solo al processo di risoluzione di problemi ben strutturati, ma anche di problemi inerenti alla vita reale in cui le soluzioni non sono ben definite né misurabili (Wing, 2010).

Recentemente, la Royal Society (2012) ha dichiarato che il pensiero computazionale è il processo per riconoscere gli aspetti della computazione nel mondo reale e per comprendere sistemi sia naturali che artificiali (The Royal Society, 2012).

Secondo Arfé e Vardanega (2019), il pensiero computazionale è un ragionamento riguardo ai problemi e si riferisce a processi di ragionamento deduttivo (un percorso dalle cause agli effetti), induttivo, abduttivo (dagli effetti alle cause), analogico e analitico (Arfé & Vardanega, 2019). Queste modalità di ragionamento sono utili per l'apprendimento di varie attività: ad esempio la comprensione e la produzione di un testo (Klein et al., 2014), e la comprensione e la risoluzione di problemi matematici (Arfé & Vardanega, 2019).

È stata riscontrata, infatti, una relazione tra il PC e lo sviluppo di capacità di ragionamento abduttivo e di pianificazione (Román-González et al., 2017).

Attualmente, non vi è una definizione univoca di pensiero computazionale, in quanto le conoscenze su tale abilità sono in continua evoluzione (Grover & Pea, 2013; KaleliOğlu et al., 2016; Relkin et al., 2021).

Diversi autori ritengono che il PC sia utile non solo a coloro che lavorano in ambiti informatici ma a tutti coloro che utilizzano la tecnologia (Berland & Wilensky, 2015; Burke et al., 2016; Lu & Fletcher, 2009; Sanford & Naidu, 2016). Coloro che lavorano in ambito informatico utilizzano il computer, con cui è possibile comunicare, memorizzare ed elaborare le informazioni. Tali azioni, però, potrebbero essere svolte anche da un essere umano (Wing, 2008). Pertanto, il PC non richiede esclusivamente l'uso di una macchina (ad esempio il computer). L'ideale è combinare l'uso di una macchina (utile ad esempio nell'eseguire velocemente alcuni tipi di istruzione) con procedure effettuate dall'uomo (il quale ad esempio riesce ad interpretare maggiormente delle immagini rispetto ad una macchina) (Wing, 2008). Il pensiero computazionale, infatti, si riferisce al modo di pensare degli esseri umani, non a quello dei computer, che sono utilizzati dall'uomo solo come strumento per affrontare al meglio le difficoltà (Wing, 2006).

Inoltre, il PC influenza la perseveranza e la fiducia impiegate da un individuo sia nel momento in cui affronta un problema, che nella sua abilità di lavorare adeguatamente in un gruppo (Shute et al., 2017).

2.2 Gli elementi che costituiscono il pensiero computazionale

Tramite diversi studi è emerso che le componenti del processo di pensiero computazionale sono:

- la decomposizione: affrontare un problema complesso scomponendolo in numerosi piccoli problemi (Wing, 2006);
- l'astrazione: estrapolare le proprietà essenziali di un sistema di informazioni, indirizzare l'attenzione su determinati aspetti di un problema o di una situazione, celandone aspetti superflui e non rilevanti (Wing, 2006);
- l'efficienza: creare soluzioni ottimali (Barr et al., 2011);
- la generalizzazione: applicare una specifica competenza in contesti più ampi e differenti per la risoluzione di problemi analoghi (Barr et al., 2011);
- l'algoritmo: una procedura passo-passo utilizzata per eseguire dei compiti, non solo nell'ambito informatico, ma anche in altre discipline e nella vita quotidiana (Selby & Woollard, 2013);
- il debugging: identificare e correggere eventuali errori presenti (Anderson, 2016; Kazakoff & Bers, 2014);
- lo schema: verificare la presenza di caratteristiche analoghe a problemi risolti in precedenza per facilitare la risoluzione di un problema complesso (Nardelli, 2020);
- l'automazione: far funzionare automaticamente un processo o un sistema (Shute et al., 2017).

2.3 Relazione tra il pensiero computazionale e le altre discipline

Il pensiero computazionale sta influenzando la ricerca in quasi tutte le discipline (Bundy, 2007).

In statistica, ad esempio, grazie all'apprendimento automatico generato dal pensiero computazionale, è stato possibile risolvere problemi su scala e identificare anomalie su complessi insiemi di dati. Sono stati assunti dai dipartimenti di statistica, infatti, molti informatici competenti nel pensiero computazionale (Wing, 2008).

Inoltre, in biologia grazie alle conoscenze sul PC ed attraverso l'uso dell'astrazione, degli algoritmi e di altri metodi computazionali, si sta cercando di rappresentare le proteine per comprenderne meglio la loro funzione nella vita dell'uomo (Wing, 2006).

Infine, in ingegneria il PC si riferisce alla progettazione ed alla valutazione di un sistema complesso presente nella realtà (Wing, 2008) e permette di costruire o trasformare sistemi nel mondo, per migliorare la vita umana (Bagiati & Evangelou, 2016).

Oltre all'influenza in ambiti come la statistica e la biologia, il PC sta cambiando il modo di pensare dei chimici, dei fisici e degli economisti, condizionando i vari metodi ed approcci utilizzati nelle diverse discipline (Wing, 2006).

2.4 Perché insegnare il pensiero computazionale?

Il pensiero computazionale è un'espressione già presente nella legge 107/2015, ma tale processo mentale è stato identificato tra gli obiettivi dell'istruzione di primo grado tramite un documento redatto dal Comitato Scientifico Nazionale istituito dal MIUR nel 2018, con il quale è stato equiparato alle altre discipline scolastiche (es. matematica, storia, lingue) (Arfé & Vardanega, 2019).

Il pensiero computazionale oltre a favorire lo sviluppo delle abilità digitali, la cui conoscenza è diventata molto importante negli ultimi decenni (Shute et al., 2017), implica l'abilità di problem solving (Selby & Woollard, 2013).

Attraverso le abilità del PC, infatti, gli studenti riescono a scegliere e ad utilizzare strumenti e strategie appropriate per la risoluzione di problemi (Yadav et al., 2011). L'indagine PISA, una ricerca internazionale promossa dall'OCSE (organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico) verifica con periodicità triennale alcune competenze come il problem solving negli studenti quindicenni. Nel 2015 l'Italia si è classificata al 25° posto fra i 32 paesi OCSE partecipanti, con un punteggio significativamente basso di 478 nella capacità di problem solving rispetto al punteggio medio (500) (Asquini, 2017). Inoltre nel 2018, relativamente all'abilità di problem solving, la maggior parte degli studenti italiani si è classificato soltanto nel primo dei sei livelli di difficoltà presenti nell'indagine PISA (Palmerio, 2021).

Pertanto, diversi studiosi ritengono che le conoscenze computazionali debbano essere acquisite dagli studenti, poiché il PC, in quanto strategia di problem solving, si riferisce alla vita ed ai problemi quotidiani ed è collegato a molti ambiti e discipline scientifico-tecnologiche STEM (scienza, tecnologia, ingegneria, matematica) (Henderson et al., 2007; Weintrop et al., 2016).

L'apprendimento delle abilità del pensiero computazionale, perciò, dovrebbe iniziare già nella prima infanzia (Lee & Junoh, 2019; Wing, 2008). Tramite una ricerca, infatti, sono state riscontrate difficoltà nel ragionamento logico e nel pensiero algoritmico in bambini che non hanno iniziato fin da piccoli a sviluppare queste abilità approcciandosi all'informatica ed al computer (Robins et al., 2003).

Non bisogna, però, insegnare tale abilità attraverso linguaggi informatici o di programmazione, ma con un linguaggio familiare, in modo che possano essere acquisiti al meglio concetti come l'algoritmo e l'astrazione (Lu & Fletcher, 2009).

2.5 Strumenti per allenare il pensiero computazionale

Esistono diversi strumenti per promuovere il pensiero computazionale (Threekunprapa & Yasri, 2020). L'allenamento del PC comprende sia attività digitali, ad esempio utilizzando il computer, che analogiche, tramite attività ed esercizi svolti da un individuo senza l'uso di strumenti digitali (Arfé & Vardanega, 2019).

2.5.1 Il coding

Il coding risulta essere lo strumento tramite il quale poter insegnare le abilità del pensiero computazionale, soprattutto nella scuola primaria (Arfé et al., 2019).

Il termine coding è relativamente nuovo nell'educazione della prima infanzia, ma i bambini lo sperimentano in diversi momenti nella loro vita, svolgendo una sequenza di passaggi per raggiungere un determinato obiettivo come ad esempio per allacciarsi le scarpe o lavarsi i denti (Lee & Junoh, 2019).

Il coding, infatti, implica il seguire una serie di istruzioni, tramite le quali si crea un algoritmo, per risolvere o completare un certo compito (Lee & Junoh, 2019).

Già a partire dai tre-quattro anni, i bambini sono in grado di imparare a codificare (Strawhacker & Bers, 2019).

L'insegnamento del coding favorisce l'apprendimento da parte degli individui di concetti principali dei linguaggi informatici associati al pensiero computazionale: nelle attività di coding è presente sempre una sequenza in cui sono inserite le istruzioni, non vi è causalità, vi sono delle diverse condizioni in base ai differenti casi presenti all'interno di un

programma o di un'attività, vi sono delle ripetizioni (cicli) in modo che le istruzioni possano essere eseguite un certo numero di volte, più istruzioni possono essere svolte contemporaneamente e vi è la possibilità di correggere eventuali errori presenti (Rijke et al., 2018; Sáez-López et al., 2016).

Secondo la letteratura, esistono diverse modalità di insegnare il coding: il coding tangibile (ad esempio tramite l'educazione robotica) (Oddie et al., 2010), il coding unplugged (ad esempio con carta e matita), il coding plug(ged)-in (tramite l'uso del computer) (Arfé et al., 2019; Lee & Junoh, 2019).

A sua volta, il coding plug(ged)-in si diversifica in coding non strutturato, praticabile con l'uso di siti web come Scratch (Resnick et al., 2009); e in coding strutturato come la piattaforma Code.org (Arfé et al., 2019), ritenuta la più efficace per i bambini di scuola primaria (Arfé et al., 2019).

Nei paragrafi successivi verranno descritte in modo dettagliato le diverse modalità di insegnamento del coding.

2.5.1.1 L'educazione robotica

Il termine educazione robotica (ER) indica un ramo della conoscenza in cui gli studenti imparano la programmazione progettando, creando ed assemblando i robot (Di Lieto et al., 2017). L'ER è stata sviluppata negli anni sessanta tramite l'integrazione delle teorie psicopedagogiche dello sviluppo cognitivo, ad esempio di Piaget (1966) e di Papert (1980) e le teorie dell'apprendimento sociale, come quelle di Vygotskij (1978) e di Bandura (1986) (Di Lieto et al., 2020). L'ER si è diffusa sempre di più nelle scuole, in quanto grazie ad essa risulta possibile sviluppare e migliorare le capacità cognitive, incluse le abilità del pensiero computazionale come ad esempio il debugging, la

progettazione, il problem solving, e la pianificazione della sequenza delle azioni (Berland & Wilensky, 2015; Ioannou & Makridou, 2018).

Inoltre, la robotica permette di insegnare e sviluppare praticamente alcuni concetti astratti della programmazione (Doswell & Mosley, 2006).

Secondo lo studio effettuato da Di Lieto e collaboratori (2017), è risultato che l'ER può migliorare due componenti delle FE in età prescolare (5-6 anni): la memoria di lavoro e l'inibizione della risposta, in quanto stimola il bambino a mantenere le informazioni in memoria, ad inibire le risposte automatiche ed a risolvere i problemi, quando la programmazione è sviluppata in un ambiente tangibile in cui i bambini interagiscono con oggetti concreti in uno spazio fisico (ad esempio tramite l'utilizzo di un robot navigabile come il Bee-bot) (Di Lieto et al., 2017).

L'ER, infatti, offre agli studenti la possibilità di interagire concretamente con l'oggetto (Ioannou & Makridou, 2018). Tramite l'educazione robotica, gli studenti creano, manipolano oggetti e sperimentano la riflessione e la collaborazione (Alimisis, 2013), in quanto le attività di ER sono condotte in un contesto di gruppo in cui sono stimolati la cooperazione e l'apprendimento sociale (Di Lieto et al., 2017). In tal modo, è stimolato il pensiero creativo e critico per ricercare soluzioni (Kazakoff & Bers, 2014).

Non è sempre stato riscontrato un esito positivo e significativo dell'ER sulle abilità del pensiero computazionale (Ioannou & Makridou, 2018). A tal proposito, uno studio effettuato in una scuola materna che ha utilizzato l'educazione robotica non ha rilevato alcuno sviluppo delle competenze del pensiero computazionale (Shute et al., 2017).

Inoltre, spesso gli studi effettuati sull'ER sono risultati poco affidabili poiché privi di un gruppo di controllo (Alimisis, 2013).

2.5.1.2 Il coding unplugged

Per sviluppare i concetti del pensiero computazionale non sono utili solo degli strumenti digitali (Shute et al., 2017). Il coding unplugged è un modo di insegnare le abilità computazionali agli studenti, non prevede l'uso di dispositivi digitali e la connessione ad internet (Bell & Vahrenhold, 2018) ed è stato sviluppato negli anni Novanta (Bell, 2021). Inizialmente era utilizzato soprattutto nelle scuole meno privilegiate, che non disponevano di mezzi digitali adeguati (Threekunprapa & Yasri, 2020).

Le attività unplugged consistono in puzzle, giochi ed esercizi fisici, grazie ai quali vengono migliorate le competenze del PC (Relkin et al., 2021).

Ad oggi, il coding unplugged è ancora una pratica molto utile per ridurre le ore passate davanti allo schermo del computer e fare esercizio fisico (Bell, 2021).

Secondo alcuni autori, svolgere attività unplugged migliora il senso di autoefficacia degli studenti, aumenta la motivazione all'apprendimento e permette di coinvolgere un pubblico diversificato (Bell, 2021; Threekunprapa & Yasri, 2020).

Vi sono però degli svantaggi nello svolgimento di pratiche unplugged: potrebbero non portare lo studente a sviluppare elevate capacità del PC come la risoluzione di problemi più difficili, e sono presenti pochi studi che dimostrano risultati certi sull'apprendimento delle capacità di programmazione (Threekunprapa & Yasri, 2020). Inoltre, sono state progettate attività principalmente per studenti della scuola primaria (Thies & Vahrenhold, 2013). Risultano miglioramenti limitati attraverso il coding unplugged, probabilmente perché si trascorre poco tempo ad imparare ad esempio il concetto di algoritmo, che risulta utile per migliorare il pensiero computazionale (Oddie et al., 2010).

2.5.1.3 Il coding virtuale

Il coding virtuale è un linguaggio di programmazione visiva, in cui lo studente seleziona, trascina e rilascia dei blocchi in sequenza per generare un codice.

Tramite uno studio è stato riscontrato un miglioramento nelle competenze del pensiero computazionale grazie alla rappresentazione di diagrammi di flusso con i quali lo studente, costruendo un processo o un algoritmo, collega dei blocchi per fornire delle istruzioni e raggiungere uno scopo (Noone & Mooney, 2018).

Piattaforme come scratch (Sáez-López et al., 2016) e code.org (Kalelioğlu, 2015), risultano utili a migliorare la programmazione e le abilità del pensiero computazionale in bambini di età prescolare e della scuola primaria (Arfé et al., 2019).

Scratch è una piattaforma in cui gli studenti creano un progetto e lo condividono con gli altri (Robertson et al., 2020). La forza di scratch è quella di aiutare i giovani ad imparare a pensare in modo creativo (Resnick et al., 2009), a ragionare sistematicamente e a lavorare in modo collaborativo, e quindi è adatto a facilitare le abilità del PC. Risulta facile da utilizzare con il suo metodo di programmazione drag-and-drop (trascinare e rilasciare) e fornisce un significativo ambiente di apprendimento (Shute et al., 2017).

Grover e Pea (2015) ritenevano che fosse necessario un ambiente strutturato ed un apprendimento guidato del pensiero computazionale, in cui vi sono dei codici e vengono svolti dei processi di decomposizione e approcci di scaffolding, con i quali il bambino è supportato nello svolgimento dei vari esercizi (Grover & Pea, 2015). In tal modo, attuando i concetti del pensiero computazionale, lo studente fa riferimento ad alcune abilità delle FE, come la pianificazione per poter ideare un progetto da effettuare e la

memoria di lavoro per poter tenere a mente l'obiettivo da raggiungere (Robertson et al., 2020).

Code.org è una piattaforma di programmazione open-source realizzata nell'ambito di un'iniziativa pedagogica, lanciata nel 2013 da un'organizzazione no-profit per ampliare l'accesso all'informatica nelle scuole (Kalelioğlu, 2015; Nardelli & Ventre, 2015).

Su code.org vi sono scenari coinvolgenti per i bambini, che permettono la partecipazione di individui di diverse fasce di età, genere ed esperienze, con esercizi di codifica in cui gli studenti utilizzano applicazioni drag-and-drop ed un linguaggio visivo basato sull'uso di blocchi (Kalelioğlu, 2015; Sáez-López et al., 2016).

Code.org è disponibile in 34 lingue e permette di apprendere l'informatica con lo scopo di migliorare le relazioni e la vita dell'individuo anche nel mondo reale (Kalelioğlu, 2015). La piattaforma risulta facile da utilizzare, sono presenti fattori motivanti (ad esempio personaggi popolari come Angry Birds), vi è la possibilità di ottenere trofei e vi sono suggerimenti per trovare le soluzioni (Kalelioğlu, 2015).

Per risolvere i vari esercizi, gli studenti dispongono insieme dei blocchi visivi, in modo analogo a quello che succede in scratch; ma a differenza di questa piattaforma dove lo studente è esposto fin dall'inizio all'intero set di istruzioni, nella piattaforma code.org gli esercizi iniziali sono molto semplici ed il grado di difficoltà aumenta molto lentamente da un esercizio all'altro. Gli studenti sono quindi in grado di progredire facilmente da un passo al successivo, e riescono ad imparare mantenendo il ritmo più adatto alle loro esigenze (Nardelli & Ventre, 2015).

Infine, secondo una ricerca, le attività di coding svolte attraverso la piattaforma code.org hanno avuto un esito positivo sugli studenti, i quali hanno riscontrato facilità nel comprendere il suo utilizzo ed hanno mostrato volontà nel conoscere maggiormente la programmazione (Kalelioğlu, 2015).

2.6 Relazione tra le abilità di coding ed altre abilità

In letteratura è presente un numero limitato di studi che verificano i benefici dell'attività di coding sulle abilità delle FE. Di Lieto e collaboratori (2017) hanno riscontrato che l'attività di coding può migliorare due componenti delle FE in età prescolare (5-6 anni): la memoria di lavoro e l'inibizione (Di Lieto et al., 2017). Tramite un secondo studio condotto su bambini di 5-6 anni, che ha previsto laboratori di coding, è stato riscontrato che un'ambiente di apprendimento virtuale come code.org, dopo un mese di attività di coding, può migliorare non soltanto le competenze del pensiero computazionale (come la risoluzione di problemi di codifica), ma può influenzare positivamente anche le FE, in particolare le capacità di pianificazione e di inibizione (Arfé et al., 2019). Inoltre, attraverso un'ulteriore ricerca è stato evidenziato che i bambini di 5-6 anni esposti alle attività di coding hanno aumentato il tempo e l'accuratezza in compiti di pianificazione ed hanno ridotto il numero di errori in attività di inibizione (Arfé et al., 2020).

La scoperta di un legame tra le attività di codifica e le funzioni esecutive, suggerisce che oltre alle abilità di ragionamento (Román-González et al., 2017) e le capacità di pensiero computazionale (Sáez-López et al., 2016), il PC potenzia anche le abilità di pianificazione e la capacità di annullare le risposte prepotenti (ossia l'inibizione della risposta) (Arfé et al., 2020).

Relativamente alla relazione tra il PC e le abilità di problem solving, studi condotti su alunni di quinta elementare (Pardamean et al., 2011) e di prima media (Erol & Çırak, 2022; Lai & Yang, 2011) sostengono che attività di coding virtuale non strutturato potenziano le abilità di problem solving. Al contrario, alcuni studi non hanno riscontrato differenze significative in bambini di quinta elementare (Kalelioglu & Gülbahar, 2014) ed in bambini di prima media (Oluk & Saltan, 2015). Infine, tramite uno studio di La

Paglia e collaboratori (2018) su alunni di quinta elementare è emerso un effetto significativo delle attività di educazione robotica sulle abilità di problem solving (La Paglia et al., 2018).

3. LA RICERCA

Lo studio presentato in questa tesi si inserisce nel filone di ricerca del Progetto Computational Thinking dell'Università degli Studi di Padova in collaborazione con il Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione e con il Dipartimento di Matematica. La ricerca ha visto la partecipazione di scuole del territorio di Padova durante l'anno scolastico 2021-2022.

Nello studio effettuato, quattro classi di una scuola primaria (due classi prime e due classi quarte) sono state assegnate in modo casuale a due gruppi: gruppo sperimentale e gruppo di controllo (waiting list).

Fino ad oggi, sono stati svolti studi che hanno riscontrato effetti positivi di attività di coding sulle funzioni esecutive in bambini di 5-6 anni (Arfé et al., 2019, 2020; Di Lieto et al., 2017). Pertanto, vi è la necessità di verificare se l'efficacia delle attività di pensiero computazionale sulle funzioni esecutive si estende anche ad una popolazione di classi quarte di scuola primaria (8-9 anni).

3.1 Obiettivi

Questo studio si è posto gli obiettivi di:

- verificare l'efficacia di attività di coding sulle abilità di pianificazione ed inibizione della risposta in alunni di prima primaria;
- verificare se gli effetti positivi delle attività di pensiero computazionale, osservati in studi precedenti, si estendono anche ad una popolazione di classi quarte di scuola primaria;
- confrontare gli effetti ottenuti dalle classi prime rispetto alle classi quarte.

Lo studio ha previsto quattro fasi:

- una fase di pre-test (T1), in cui venivano esaminate le funzioni esecutive e le abilità iniziali del pensiero computazionale;
- una fase di training della durata di un mese, cioè l'intervento di coding volto al potenziamento del pensiero computazionale;
- una fase di post-test (T2), in cui venivano esaminati gli effetti ottenuti dal training sulle funzioni esecutive e sulle abilità del pensiero computazionale;
- una fase di follow-up (T3) a distanza di un mese di tempo dall'intervento, per valutare la presenza di un possibile mantenimento delle competenze apprese.

3.2 Partecipanti

La ricerca ha visto la partecipazione di due classi prime e due classi quarte di scuole del territorio di Padova, il cui bacino di provenienza è di livello socio-economico medio/basso.

Sono stati assegnati 16 studenti al gruppo sperimentale delle classi prime, 22 studenti al gruppo sperimentale delle classi quarte, 23 studenti al waiting list delle classi prime e 21 studenti al waiting list delle classi quarte.

L'età media dei partecipanti è 6 anni per le classi prime e 9 anni per le classi quarte. Relativamente allo status socio-economico (SES) vi è un livello medio di 4.46 per le classi prime e 5.07 per le classi quarte. Rispetto alle informazioni sulla familiarità con i dispositivi digitali, è presente un utilizzo medio di 1.69 ore per le classi prime e 2 ore per le classi quarte.

La ricerca è stata approvata dal comitato etico della Scuola di Psicologia.

Le informazioni personali dei partecipanti sono state reperite tramite un consenso informato scritto, compilato dai genitori ed in seguito restituito agli insegnanti. Nel

consenso informato sono stati esplicitati in forma generale gli scopi della ricerca, è stato fatto specifico riferimento alla legge sulla privacy in relazione al trattamento dei dati ed è stata comunicata la possibilità di ritirarsi in qualsiasi momento. Allegato al consenso, è stato distribuito anche un questionario che indaga il titolo di studio e la professione dei genitori e l'utilizzo quotidiano di dispositivi digitali come il computer, tablet o smartphone da parte del bambino. Le informazioni raccolte sono state impiegate per valutare se il campione fosse omogeneo a livello socioeconomico (SES), calcolato sommando i punteggi più alti ottenuti in base al titolo di studio ed alla professione dei genitori; e per valutare il livello di familiarità con i dispositivi digitali (Fam Tech), calcolato sommando i punteggi ottenuti alle domande relative all'uso dei tre dispositivi digitali (computer, tablet e smartphone). Inoltre, nel questionario erano presenti domande relative al genere di computer e mouse utilizzati dal bambino ed al tempo e alla motivazione di utilizzo dei dispositivi digitali (ad esempio usati per i videogiochi, per ascoltare la musica, per guardare i cartoni animati, per fare ricerche con google, per usare programmi come paint o altro), ma in questo studio non sono stati presi in considerazione questi aspetti nelle analisi effettuate.

3.3 Materiali

Per la valutazione delle funzioni esecutive sono state utilizzate due prove d'inibizione (Stroop e Nepsy-II) ed una prova di pianificazione (Torre di Londra), mentre per valutare le abilità di coding è stata utilizzata l'applicazione web cothi.it, nella quale i diversi esercizi presenti sono tratti dalla piattaforma code.org.

3.3.1 Prove di inibizione

Il test di Stroop numerico ha l'obiettivo di valutare la capacità del soggetto di controllare la risposta, ovvero di inibire la risposta dello stimolo interferente presentato nel compito (Marzocchi et al., 2010).

Tale test consiste di due prove successive. Nella prima prova di baseline è utilizzato un foglio in cui è raffigurata una tabella 3x4 con 12 caselle contenenti degli asterischi (stimoli) disposti in modo casuale (vedi *Figura 1*).

Il numero degli stimoli va da un minimo di uno ad un massimo di cinque. Durante questa prova, il soggetto deve pronunciare correttamente il numero di asterischi presenti in ogni cella secondo un ordine prestabilito (dalla prima casella in alto a sinistra, in senso orizzontale fino all'ultima casella in basso a destra).

La seconda prova del test di Stroop numerico, invece, consiste nell'utilizzo di due fogli in cui vi sono 75 caselle che contengono delle cifre numeriche (da uno a cinque) distribuite in modo casuale (vedi *Figura 2*).

Per svolgere la prova correttamente, il soggetto deve pronunciare la quantità esatta delle cifre presenti in ogni cella e non la loro identità. La difficoltà è inibire la prima risposta automatica (identità: ossia la lettura della cifra numerica presente) e attivare la risposta secondaria non automatica (quantità: conteggio delle cifre presenti).

Lo scoring del test di Stroop numerico è stato effettuato considerando:

- il numero di errori di conteggio commessi dal soggetto (pronuncia della quantità errata degli stimoli presenti nelle varie caselle);
- il numero di errori di interferenza (pronuncia dell'identità della cifra rappresentata e non della quantità);
- il numero di stimoli omessi;
- il numero di autocorrezioni effettuate;

- l'accuratezza (numero di item corretti);
- il tempo (in secondi) impiegato per svolgere la prima prova di baseline;
- il tempo (in secondi) impiegato per svolgere la seconda prova sperimentale.

È stato assegnato un punto per ogni stimolo pronunciato correttamente, per un massimo di 12 punti nella prima prova di baseline e di 75 punti nella seconda prova sperimentale.

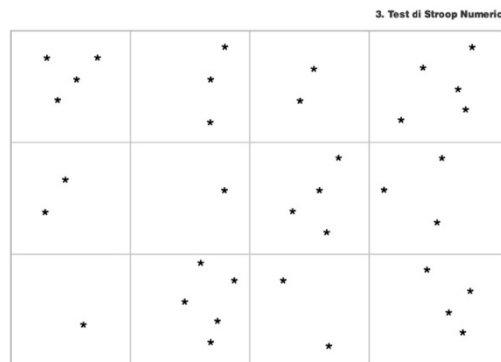


Figura 1 Rappresentazione della prova baseline del test di Stroop

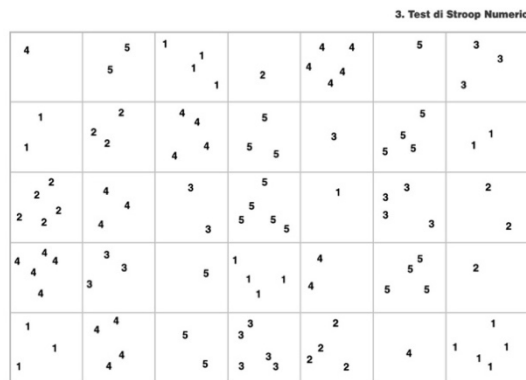


Figura 2 Rappresentazione della prova del test di Stroop numerico

Il secondo test utilizzato per valutare l'inibizione è il test Nepsy-II: una batteria di test volta a valutare lo sviluppo neuropsicologico in età evolutiva, prescolare e scolare, tra i 3 e i 16 anni, in sei domini differenti (attenzione e funzioni esecutive, linguaggio, memoria e apprendimento, funzioni sensorimotorie, percezione sociale ed elaborazione visuospatiale) (Korkman et al., 2011).

In questo studio sono state effettuate due prove inerenti al dominio dell'attenzione e delle funzioni esecutive: una di denominazione ed una di inibizione, in cui il soggetto doveva riuscire ad inibire le risposte automatiche in favore di quelle nuove.

Per la somministrazione di entrambe le prove sono stati utilizzati gli stessi stimoli, ovvero una serie di forme geometriche (cerchi e quadrati) di colore bianco e nero, disposti in modo casuale.

Nella prova di denominazione, il soggetto doveva nominare le figure illustrate sul foglio secondo un ordine prestabilito (dalla prima figura in alto a sinistra all'ultima figura in basso a destra).

Nella prova di inibizione, il soggetto doveva nominare la figura contraria a quella presente sul foglio (ossia doveva nominare cerchio nel momento in cui vi era raffigurato un quadrato e doveva nominare quadrato quando era presente un cerchio).

Il materiale utilizzato consiste in due fogli: nel primo sono raffigurati quattro cerchi (stimoli) e quattro quadrati (stimoli) disposti in modo casuale, per effettuare la prova esempio (vedi **Figura 3**) nel secondo vi sono 21 cerchi e 19 quadrati per la prova di inibizione (vedi **Figura 4**).

Per lo scoring della prova Nepsy-II sono stati considerati:

- il tempo (in secondi) impiegato per lo svolgimento della prova di denominazione;
- il tempo (in secondi) impiegato per lo svolgimento della prova di inibizione;
- l'accuratezza;
- le autocorrezioni effettuate;
- gli item omessi;
- gli item errati.

È stato attribuito un punteggio massimo di 40 punti per ciascuna prova (un punto per ogni item corretto).

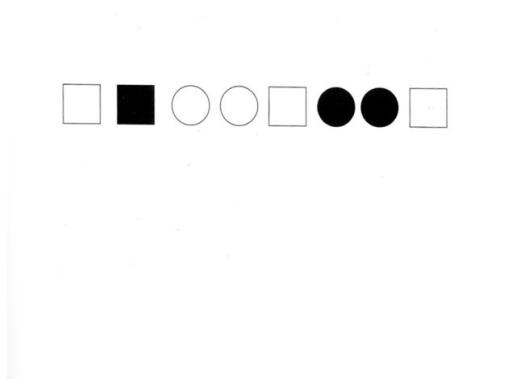


Figura 3 Rappresentazione della prova esempio del test Nepsy-II

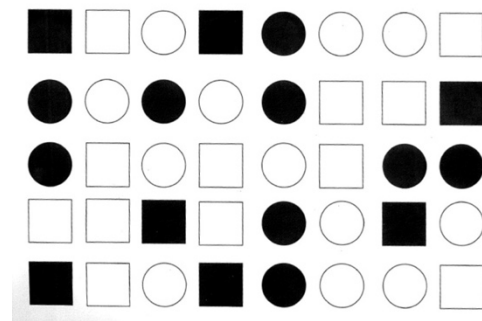


Figura 4 Rappresentazione della prova di inibizione del test Nepsy-II

3.3.2 Prova di pianificazione

L'abilità di pianificazione è stata valutata utilizzando il test Torre di Londra (ToL).

La ToL è uno degli strumenti più utilizzati per la valutazione di capacità di pianificazione e monitoraggio di un compito (Fancello et al., 2006).

Il materiale utilizzato per somministrare il test è costituito da:

- una base in cui sono inseriti tre bastoncini verticali di lunghezza crescente;
- tre palline (una verde, una rossa e una blu) con un foro centrale per poter essere inserite nei bastoncini;
- un fascicolo con 12 fogli in cui sono raffigurati degli stimoli corrispondenti alla risoluzione dei 12 item del test;
- un'immagine che raffigura l'esempio da svolgere in due mosse, usato per dimostrare l'esecuzione del compito (vedi **Figura 5**);

- un'immagine che rappresenta la posizione iniziale, sempre analoga per ogni problema (pallina verde e rossa nel bastoncino di lunghezza superiore e pallina blu nel bastoncino di lunghezza media) (vedi *Figura 6*).

Inizialmente, è stata presentata ai bambini la ToL con le palline disposte nella posizione iniziale, e sono state illustrate loro le regole da seguire per svolgere correttamente i 12 item: muovere solo una pallina per volta, spostare la pallina tra i bastoncini evitando di tenerla in mano o posizionarla sul piano, inserire solo una pallina nel bastoncino di lunghezza inferiore, solamente due palline nel bastoncino di lunghezza media e solo tre palline nel bastoncino di lunghezza superiore. Inoltre, veniva riferito ai bambini che nel caso in cui ritenessero di aver effettuato un errore, avrebbero potuto ricominciare la prova riposizionando le palline nella posizione iniziale.

Infine, prima dell'inizio di ogni prova, i bambini sono stati informati su un numero di mosse prestabilito che potevano utilizzare e lo sperimentatore ha posizionato il fascicolo con i problemi in modo che potessero essere visibili al soggetto. Con il termine mossa è indicata l'azione con cui una pallina è spostata da un bastoncino ad un altro o riposizionata sullo stesso. Nella ToL sono presenti 12 item di difficoltà graduale: 2 item consentono di raggiungere l'obiettivo con 2 mosse, 2 item con 3 mosse, 4 item con 4 mosse e 4 item con 5 mosse. Negli item iniziali in cui viene utilizzato un numero inferiore di mosse, le abilità di pianificazione richieste sono minori, ed il loro impiego aumenta nella risoluzione degli item finali più complessi.

Lo scoring della Torre di Londra è stato effettuato considerando:

- l'accuratezza;
- il numero di violazioni delle regole;

- il tempo di pianificazione (in secondi) impiegato per ciascuna delle 12 prove (ossia l'intervallo di tempo che intercorre dalla presentazione dello stimolo al movimento della prima pallina che viene estratta dal bastoncino);
- il tempo di esecuzione (in secondi) impiegato per ogni item (ovvero l'intervallo di tempo che intercorre dal primo movimento all'ultimo movimento).

È stato assegnato un punto per ogni item ricopiato perfettamente entro un minuto di tempo.

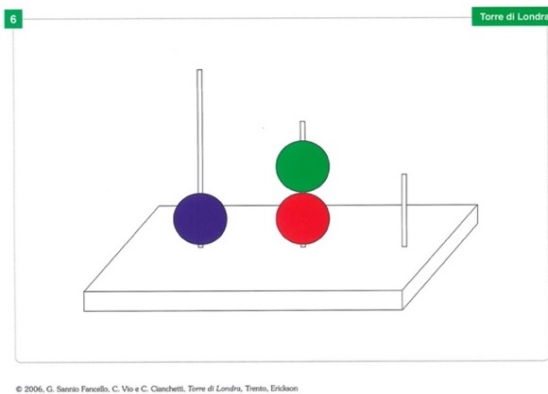


Figura 5 Rappresentazione dell'esempio della prova ToL

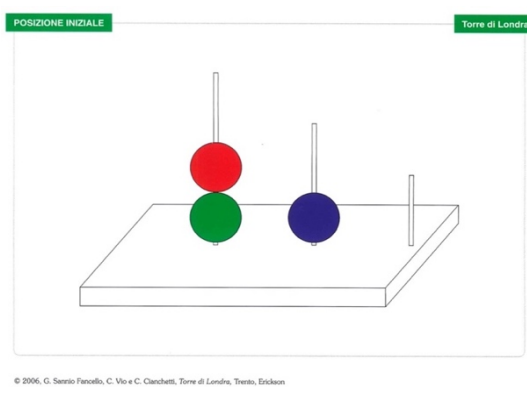


Figura 6 Rappresentazione della posizione iniziale della prova ToL

Per i diversi test utilizzati (Stroop numerico, Nepsy-II e ToL), sono presenti dei dati normativi con i quali le varie prove sono state validate. I dati normativi del test di Stroop numerico sono osservabili nella **Tabella 1**.

Non è stato possibile ritrovare nei manuali di letteratura i dati normativi delle prove Nepsy-II e ToL.

Tabella 1

Dati normativi del test di Stroop numerico

Età	Stroop numerico		
	Tempo baseline (sec)	Tempo stroop (sec)	Errori identità (min.-max.)
6 anni- 6 e 11 mesi	65	370	0-9
7 anni- 7 e 11 mesi	30	200	0-9
8 anni- 8 e 11 mesi	30	200	0-12
9 anni- 9 e 11 mesi	25	160	0-12

3.3.3 Prova di coding

Le abilità di coding sono state valutate attraverso Cothi.it, un'applicazione web sviluppata nel 2021 da un informatico dell'Università di Padova, che ha la doppia funzione di fornire uno strumento sia per allenare che per testare le abilità di coding.

Gli esercizi presenti su cothi.it sono stati estratti dalla piattaforma code.org.

Analogamente a code.org, in questa applicazione web vi sono scenari coinvolgenti per i bambini che permettono la partecipazione di individui di diverse fasce di età e genere; con esercizi di codifica in cui gli studenti utilizzano applicazioni drag-and-drop (rilascio e trascinamento), un linguaggio visivo basato sull'uso di blocchi e possono progredire facilmente da un esercizio all'altro poiché la difficoltà delle prove presenti aumenta gradualmente (Nardelli & Ventre, 2015).

Nell'applicazione è possibile selezionare il proprio nome all'interno della classe di appartenenza (vedi **Figura 7**) e scegliere il tipo di attività da svolgere (T1, T2, T3,

training) (vedi **Figura 8**). Alla fine di ciascun esercizio l'applicazione web fornisce un disegno con un messaggio motivazionale per i bambini con l'obiettivo di incoraggiarli e supportarli.



Figura 7 Rappresentazione dell'interfaccia del sito cothi.it in cui è possibile selezionare i nomi degli studenti



Figura 8 Rappresentazione dell'interfaccia del sito cothi.it in cui è possibile selezionare il tipo di attività da svolgere

L'applicazione cothi.it registra automaticamente in ogni esercizio:

- il tempo (in secondi) di pianificazione e di esecuzione impiegati;
- il numero di tentativi utilizzati per lo svolgimento corretto dell'esercizio;

- l'utilizzo delle funzioni specifiche per risolvere i vari item (ad esempio il ciclo ripeti, l'istruzione condizionale ecc., descritte nel paragrafo seguente).

Il punteggio ottenuto dai bambini nelle diverse prove veniva registrato automaticamente dall'applicazione cothi.it: due punti quando l'esercizio veniva svolto correttamente al primo tentativo, un punto per il secondo tentativo e zero punti per il terzo tentativo.

3.4 Procedura

Il disegno sperimentale ha previsto la valutazione delle funzioni esecutive tramite la somministrazione delle prove descritte in precedenza: due prove di inibizione delle risposte (Stroop e Nepsy-II), una prova di pianificazione (ToL) e prove per verificare le capacità di coding (differenti per le classi prime e quarte) in diverse fasi. Inizialmente si è svolta una fase di pre-test (T1), in cui sono state esaminate le funzioni esecutive e le abilità iniziali del pensiero computazionale sia nel gruppo sperimentale che nel gruppo waiting. Successivamente, si è svolta una fase di training della durata di un mese, cioè l'intervento di coding volto al potenziamento del pensiero computazionale, inizialmente effettuato dal gruppo sperimentale, mentre il gruppo waiting svolgeva le normali attività didattiche. In seguito, ha avuto luogo una fase di post-test (T2), in cui sono stati esaminati gli effetti ottenuti dal training sulle funzioni esecutive e sulle abilità del pensiero computazionale nel gruppo sperimentale e sono state somministrate nuovamente le diverse prove anche al gruppo waiting. Dopo il T2, è stato svolto il training della durata di un mese dal gruppo waiting, mentre il gruppo sperimentale ha svolto le normali attività didattiche. Infine, si è svolta una fase di follow-up (T3) a distanza di un mese di tempo dall'intervento, durante la quale è stata valutata la presenza di un possibile mantenimento delle competenze apprese nel gruppo sperimentale e sono stati esaminati gli effetti

ottenuti dal training sulle funzioni esecutive e sulle abilità del pensiero computazionale nel gruppo waiting.

Una classe prima (1°B) ed una classe quarta (4°A) sono state assegnate in modo casuale alla condizione sperimentale ed una classe prima (1°A) ed una classe quarta (4°B) sono state assegnate ad una condizione di waiting list. Inizialmente il gruppo sperimentale (vedi **Tabella 2**) ed in seguito il gruppo waiting (vedi **Tabella 3**) hanno ricevuto l'intervento di coding, che consisteva di 8 lezioni, di 1 ora l'una, a cadenza bisettimanale per la durata di un mese. Il piano delle lezioni di coding prevedeva che la difficoltà degli esercizi da svolgere fosse crescente. Inoltre, durante il training erano presenti gli insegnanti, i quali potevano collaborare nella gestione della classe. Le varie prove che sono state utilizzate nell'applicazione cothi.it si differenziavano per le classi prime (vedi **Tabella 4**) e quarte (vedi **Tabella 5**).

Le lezioni sono state svolte con l'intera classe in aula informatica, in cui ciascun bambino ha svolto l'attività di coding in autonomia utilizzando il computer. Questo disegno sperimentale ha permesso anche al gruppo waiting di beneficiare delle stesse attività di apprendimento del coding del gruppo sperimentale, per potenziare le abilità cognitive.

Tabella 2

Disegno sperimentale relativo al gruppo sperimentale

PRE-TEST (T1)	CODING	POST-TEST (T2)		FOLLOW-UP (T3)
Coding + Funzioni esecutive (pianificazione e inibizione)	8 ore di training con piattaforma code.org	Coding + Funzioni esecutive (pianificazione e inibizione)	Svolgimento delle normali attività didattiche	Coding + Funzioni esecutive (pianificazione e inibizione)

Tabella 3

Disegno sperimentale relativo al gruppo waiting

PRE-TEST (T1)		POST-TEST (T2)	CODING	POST-TEST (T2)
Coding + Funzioni esecutive (pianificazione e inibizione)	Svolgimento delle normali attività didattiche	Coding + Funzioni esecutive (pianificazione e inibizione)	8 ore di training con piattaforma code.org	Coding + Funzioni esecutive (pianificazione e inibizione)

Il training, nonostante prevedesse aspetti comuni per entrambi i gruppi classe (prime e quarte), implicava che alcune modalità di svolgimento si differenziassero in base alla diversa fascia di età coinvolta.

Durante le lezioni con le classi prime, poiché molti bambini non erano ancora in grado di leggere autonomamente le istruzioni presenti nei diversi compiti, venivano guidati dallo sperimentatore nella comprensione delle indicazioni da eseguire per svolgere correttamente l'esercizio.

Nel corso delle lezioni con le classi quarte, invece, i partecipanti venivano invitati a leggere con attenzione le istruzioni in modo autonomo.

Durante la conduzione del training sono state messe in pratica diverse strategie di scaffolding per aiutare il bambino nello svolgimento delle varie prove: ad esempio nel caso in cui lo studente mostrasse difficoltà nel saper individuare le diverse direzioni da selezionare nell'applicazione cothi.it (destra, sinistra, sopra, sotto), veniva invitato dallo sperimentatore ad immedesimarsi con il personaggio presente nel compito, in modo da poter svolgere con maggiore facilità il problema.

Gli esercizi da svolgere si differenziavano in ciascuna lezione in base alla diversa funzione che gli studenti dovevano apprendere: ogni funzione veniva spiegata prima di iniziare i vari esercizi. Il protocollo prevedeva una lezione in cui veniva introdotta la funzione *ripeti* (cicli) che permette di sintetizzare un algoritmo (soluzione) talvolta lungo in una sequenza di azioni più breve, utilizzando il minor numero di blocchi all'interno dell'esercizio, come è possibile osservare in **Figura 9** che raffigura la prova numero 3 della lezione 6 svolta nell'incontro 5 con le classi quarte. Inoltre, era prevista una lezione in cui era utilizzato il *debugging*, ossia l'abilità che permette allo studente di identificare la presenza di eventuali errori all'interno di un algoritmo (soluzione) e di procedere con la loro correzione, come si osserva in **Figura 10** che rappresenta l'esercizio numero 3 della lezione 5 svolta nell'incontro 2 con le classi prime. Le due funzioni descritte in precedenza sono state introdotte durante le lezioni di coding in entrambi i gruppi classe (prime e quarte), ma il protocollo prevedeva degli esercizi in cui erano utilizzate le istruzioni condizionali solamente per le classi quarte: ad esempio in queste prove, gli studenti effettuavano determinate azioni in base all'eventuale presenza di nettare all'interno di un fiore, come è possibile osservare in **Figura 11** che rappresenta l'esercizio numero 3 della lezione 13 svolto nell'incontro 5 con le classi quarte.

Durante i vari incontri, successivamente alla spiegazione dell'esercizio, veniva lasciato del tempo allo studente per confrontarsi in autonomia con il compito, ed infine era stimolata la partecipazione dell'intera classe per far emergere la soluzione della prova senza fornire la spiegazione in modo esplicito e diretto.

Alla fine di ciascuna lezione era effettuata una riflessione metacognitiva per stimolare il confronto e la discussione tra i bambini, nella quale era coinvolto anche lo sperimentatore. In tale momento, lo sperimentatore poteva comprendere quanto gli studenti fossero

riusciti ad apprendere rispetto alla lezione svolta e se fosse necessario fornire ulteriori spiegazioni sulla funzione insegnata quel giorno.

Nell'incontro conclusivo di ogni training, dopo lo svolgimento degli ultimi esercizi previsti dal protocollo, veniva effettuata una riflessione metacognitiva finale, durante la quale avveniva una discussione che coinvolgeva l'intera classe di studenti, ai quali lo sperimentatore rivolgeva delle domande per verificare se le funzioni insegnate durante il training fossero state apprese, se vi era necessità di ulteriori spiegazioni e se le attività di coding fossero state coinvolgenti e piacevoli. In questa fase, gli studenti spesso hanno mostrato emozioni positive.

Tabella 4

Piano completo delle lezioni di coding previsto per le classi prime

Fasi del training	Corso	Lezioni	Esercizi	Funzioni
1° Incontro	Corso 1	Lezione 3 Lezione 4	dal n.1 al n.6 n.2,5,6,7	Drag and drop Sequenze
2° Incontro	Corso 1	Lezione 4 Lezione 5	n. 8, 10 n. 3,4,5,6,7	Sequenze Correzione errori
3° Incontro	Corso 1	Lezione 8 Lezione 5	n. 4, 5, 6, 7, 8 n. 8,9, 10	Artista: disegna sequenze Correzione errori
4° Incontro	Corso 1	Lezione 8 Lezione 10	n. 9, 10, 11 n. 4, 5, 6, 7, 8	Artista: disegna sequenze Artista: disegna forme
5° Incontro	Corso 1	Lezione 13 Lezione 13	n. 1, 2, 3, 4 n. 5, 6, 7	Cicli (labirinto)

				Cicli (funzione ripeti)
6° Incontro	Corso 1	Lezione 13	n. 8, 9, 10, 11, 12	Cicli (funzione ripeti)
7° incontro	Corso 1	Lezione 14	n. 3,5,6,7,8, 9	Cicli (funzione ripeti)
8° incontro	Corso 1 Riflessione	Lezione 18	n. 2, 4, 5, 6, 7	Artista: cicli (funzione ripeti)

Tabella 5

Piano completo delle lezioni di coding previsto per le classi quarte

Fasi del training	Corso	Lezioni	Esercizi	Funzioni
1° Incontro	Corso 2	Lezione 3	n.2,3,6,9	Drag and drop Sequenze
2° Incontro	Corso 2	Lezione 6	n. 3,6,9,10	Cicli (funzione ripeti)
3° Incontro	Corso 2	Lezione 8	n. 1,3,6,8	Cicli (funzione ripeti nettare, favo)
4° Incontro	Corso 2	Lezione 10	n. 2,4,6	Correzione errori
5° Incontro	Corso 2	Lezione 13	n. 2,4,6,7	Istruzioni condizionali (se..allora..)
6° Incontro	Corso 3	Lezione 2	n. 8,9,10	Cicli (funzione ripeti/fino a che..)
7° incontro	Corso 3	Lezione 6	n. 1,2,3	Cicli (funzione ripeti)
8° incontro	Corso 3 Riflessione	Lezione 7	n. 1,4,5	Istruzioni condizionali (se..allora..)



Figura 9 Esempio dell'esercizio numero 3 della lezione 6 svolta nell'incontro 5 con le classi quarte (funzione ripeti)



Figura 10 Esempio dell'esercizio numero 3 della lezione 5 svolta nell'incontro 2 con le classi prime (debugging)



Figura 11 Esempio dell'esercizio numero 3 della lezione 13 svolto nell'incontro 5 con le classi quarte (istruzioni condizionali)

3.5 Risultati

Preliminarmente sono stati svolti t-test per campioni indipendenti al fine di verificare che i due gruppi delle classi prime (sperimentale e waiting) e i due gruppi delle classi quarte (sperimentale e waiting) non presentassero differenze statisticamente significative nelle variabili di livello socio-economico (SES) e familiarità con le tecnologie (Fam Tech).

Dalle analisi è risultato che i due gruppi (classi prime e quarte) non differiscono in maniera statisticamente significativa per:

- SES: $t(75) = -1.95$; $p = .54$
- Fam Tech: $t(75) = -1.69$; $p = .95$

Inoltre, è emerso che i due gruppi (sperimentale e waiting) delle classi prime non differiscono in maniera statisticamente significativa per:

- SES: $t(33) = 2.03$; $p = .50$
- Fam Tech: $t(33) = .11$; $p = .91$

Infine, è stato riscontrato che i due gruppi (sperimentale e waiting) delle classi quarte non differiscono in maniera statisticamente significativa per:

- SES: $t(40) = 1.51$; $p = .14$
- Fam Tech: $t(40) = -2.10$; $p = .42$

Le statistiche descrittive relative all'età dei partecipanti, al SES ed alla familiarità con le tecnologie nel gruppo sperimentale e nel gruppo waiting delle classi prime e quarte sono osservabili nella **Tabella 6**.

Tabella 6

Statistiche descrittive relative all'età dei partecipanti, SES e familiarità con le tecnologie nel gruppo sperimentale e nel gruppo waiting delle classi prime e quarte

	Gruppo	SES	Fam Tech	Età
Classi prime	Sperimentale	3.93	1.67	6
	Waiting	4.85	1.70	6
Classi quarte	Sperimentale	4.77	2.23	9
	Waiting	5.40	1.75	9

Per valutare le differenze nella distribuzione di genere tra le classi prime e le classi quarte è stata svolta un'analisi di Chi-quadrato (χ^2) dalla quale non emergono differenze significative legate al genere (M, F) $\chi^2(1) = 3.66$; $p = .54$.

Per valutare le differenze nella distribuzione di genere tra le classi prime sono state svolte analisi di Chi-quadrato (χ^2): non emergono differenze significative legate al genere (M, F) $\chi^2(1) = 1.11$; $p = .29$.

Per valutare le differenze nella distribuzione di genere tra le classi quarte sono state svolte analisi di Chi-quadrato (χ^2): non emergono differenze significative legate al genere (M, F) $\chi^2(1) = .66$; $p = .42$.

Le statistiche descrittive relative alla distribuzione di genere nei campioni delle classi prime e quarte sono osservabili nella **Tabella 7**: 1 indica il genere femminile e 2 il genere maschile.

Tabella 7

Statistiche descrittive relative alla distribuzione di genere nel gruppo sperimentale e nel gruppo waiting delle classi prime e quarte

	Gruppo	Genere	Frequenza	Percentuale	Totale
Classi prime	Sperimentale	1	9	56.3 %	16
		2	7	43.8 %	
	Waiting	1	9	39.1 %	23
		2	14	60.9 %	
Classi quarte	Sperimentale	1	10	45.5 %	22
		2	12	54.5 %	
	Waiting	1	7	33.3 %	21
		2	14	66.7 %	

È stato effettuato un t-test per campioni indipendenti al fine di verificare l'eventuale presenza di differenze statisticamente significative tra i due gruppi classe (prime e quarte) al T1 rispetto alle seguenti variabili dipendenti:

- Nepsy-II: tempo di inibizione ed errori totali;
- Stroop: tempo di inibizione ed errori totali;
- ToL: tempo di pianificazione ed accuratezza;
- Coding: tempo di pianificazione ed accuratezza.

I risultati evidenziano differenze statisticamente significative tra i due gruppi classe (prime e quarte) al T1 rispetto alle seguenti variabili dipendenti:

- Nepsy-II tempo di inibizione: $t(76) = 9.14$; $p < .001$; $d = 2.08$
- Nepsy-II errori totali: $t(76) = 4.09$; $p < .001$; $d = .93$
- Stroop tempo di inibizione: $t(76) = 8.56$; $p < .001$; $d = 1.95$
- ToL accuratezza: $t(76) = -8.10$; $p < .001$; $d = -1.84$

Successivamente è stato effettuato un t test per campioni indipendenti volto a rilevare eventuali differenze statisticamente significative tra il gruppo sperimentale e il gruppo waiting al T1, in ciascun gruppo classe, rispetto alle variabili dipendenti precedentemente menzionate.

Di seguito sono riportate numerosità, media, e deviazione standard (tra parentesi) e i risultati dei test statistici al tempo T1 divisi per le classi prime (gruppo sperimentale e gruppo waiting) e le classi quarte (gruppo sperimentale e gruppo waiting) (vedi **Tabella 8**).

Tabella 8

Medie, deviazioni standard e test statistici delle variabili dipendenti al pre-test per le classi prime e quarte (gruppo sperimentale, gruppo waiting)

VAR. DIP. Fase T1	GRUPPO CLASSE	GRUPPO	N	M (SD)	t (gl)
Nepsy-II (Tempo inibizione)	Classi prime	Sperimentale	15	51.51 (9.71)	.48 (33)
		Waiting	20	53.43 (13.08)	
	Classi quarte	Sperimentale	22	32.57 (6.93)	.11 (41)
		Waiting	21	32.83 (8.24)	
Nepsy-II (Errori totali)	Classi prime	Sperimentale	15	10.80 (9.77)	-.40 (33)
		Waiting	20	9.40 (10.68)	
	Classi quarte	Sperimentale	22	2.95 (2.84)	.33 (41)
		Waiting	21	3.33 (4.62)	
Stroop (Tempo esecuzione)	Classi prime	Sperimentale	15	199.69 (60.67)	-.82 (33)
		Waiting	20	186.11 (36.57)	
	Classi quarte	Sperimentale	22	119.35 (33.05)	-.76 (41)

		Waiting	21	112.47 (25.83)	
Stroop (Errori totali)	Classi prime	Sperimentale	15	15.40 (10.10)	-1.74 (33)
		Waiting	20	9.95 (8.47)	
	Classi quarte	Sperimentale	22	5.95 (5.94)	1.10 (41)
		Waiting	21	9.90 (15.72)	
ToL (Tempo pianificazione)	Classi prime	Sperimentale	15	3.12 (1.35)	-1.36 (33)
		Waiting	20	2.56 (1.08)	
	Classi quarte	Sperimentale	22	2.51 (2.65)	-.34 (41)
		Waiting	21	2.30 (.92)	
ToL (Accuratezza)	Classi prime	Sperimentale	15	1.60 (1.45)	.49 (33)
		Waiting	20	1.90 (2.00)	
	Classi quarte	Sperimentale	22	5.86 (2.32)	.34 (41)
		Waiting	21	6.14 (3.00)	
Coding (Tempo pianificazione)	Classi prime	Sperimentale	15	17.72 (8.12)	-.08 (33)
		Waiting	20	17.48 (9.04)	
	Classi quarte	Sperimentale	22	17.72 (9.19)	-.24 (40)
		Waiting	21	17.08 (7.96)	
Coding (Accuratezza)	Classi prime	Sperimentale	15	1.13 (1.73)	.72 (33)
		Waiting	20	1.55 (1.67)	
	Classi quarte	Sperimentale	22	1.05 (1.43)	-.86 (40)
		Waiting	21	.70 (1.13)	

Dalle analisi non emergono differenze statisticamente significative al T1 tra il gruppo sperimentale e il gruppo waiting delle classi prime ed il gruppo sperimentale e il gruppo waiting delle classi quarte.

3.5.1 Analisi degli effetti dell'intervento

Per verificare gli effetti del training sono state svolte analisi della varianza (ANOVA mista a misure ripetute) con fattori *between* Gruppo (sperimentale/waiting) e Gruppo classe (prima/quarta) e fattore *within* Tempo a 3 livelli (T1, T2, T3).

Sono stati analizzati gli effetti principali di ciascun fattore sulle variabili dipendenti indicative del funzionamento esecutivo, e le interazioni tra i diversi fattori. Il livello socio-economico (SES) è stato inserito come covariata.

Le variabili dipendenti prese in considerazione sono le stesse menzionate sopra.

I risultati vengono riportati di seguito per ciascuna variabile dipendente.

3.5.1.1 Prove di inibizione

Nepsy-II

Di seguito sono riportate le medie e le deviazioni standard (tra parentesi) relative ai tempi di inibizione ed agli errori di inibizione della prova Nepsy-II del gruppo sperimentale e del gruppo waiting nelle classi prime e quarte, nei tempi T1, T2 e T3 (vedi **Tabella 9**).

Tabella 9

Statistiche descrittive delle medie e delle deviazioni standard della variabile dipendente Nepsy-II nei tempi T1, T2, T3 per le classi prime e quarte (gruppo sperimentale, gruppo waiting)

NEPSY-II		T1	T2	T3	
		M (SD)	M (SD)	M (SD)	
Tempo inibizione	Prime	Sperimentale	51.51 (9.71)	42.15 (12.58)	41.95 (9.46)
		Waiting	53.43 (13.08)	43.24 (10.93)	41.10 (8.56)
	Quarte	Sperimentale	31.81 (5.87)	29.56 (4.33)	28.99 (6.11)
		Waiting	31.56 (5.48)	28.46 (4.60)	26.60 (4.34)

	Prime	Sperimentale	10.80 (9.77)	3.40 (2.90)	2.73 (2.63)
		Waiting	9.40 (10.68)	10.60 (9.70)	3.35 (3.48)
Errori inibizione	Quarte	Sperimentale	3.00 (2.97)	1.60 (1.70)	1.20 (1.32)
		Waiting	2.58 (2.71)	1.74 (1.20)	1.58 (2.09)

Tempo inibizione

L'analisi della varianza non evidenzia effetti statisticamente significativi riferiti al fattore principale Tempo, e all'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo. Emerge un effetto statisticamente significativo dell'interazione tra i tra fattori Tempo*Gruppo classe: $F(2, 138) = 6.26$; $p = .002$; $\eta_p^2 = .08$.

Dai confronti a coppie, svolti al fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo classe, si evidenzia nelle classi prime una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(34) = 4.36$; $p < .001$; $d = .74$ e nelle classi quarte emerge una differenza statisticamente significativa solo tra i tempi T1 e T3: $t(38) = 5.58$; $p < .03$; $d = .89$.

Si è deciso di esplorare ciascuna condizione (gruppo sperimentale e gruppo waiting) in ciascun gruppo classe (prime e quarte) con dei t-test a campioni accoppiati.

I risultati evidenziano differenze statisticamente significative in:

- classi prime gruppo sperimentale tra i tempi T1 e T2: $t(14) = 2.16$; $p = .048$; $d = .56$.
- classi prime gruppo waiting tra i tempi T1-T2: $t(19) = 4.32$; $p < .001$; $d = .97$.
- classi quarte gruppo sperimentale tra i tempi T1 e T2: $t(21) = 2.82$; $p = .01$; $d = .60$.

- classi quarte gruppo waiting tra i tempi T1-T2: $t(18) = 3.38$; $p = .003$; $d = .78$ e tra i tempi T2 e T3: $t(18) = 2.23$; $p = .04$; $d = .51$.

Riguardo la covariata SES, è risultato un effetto statisticamente significativo solo a T2: $B = -2.19$; $SE = .84$; $p = .01$. A T1 e T3 la covariata SES non è risultata statisticamente significativa.

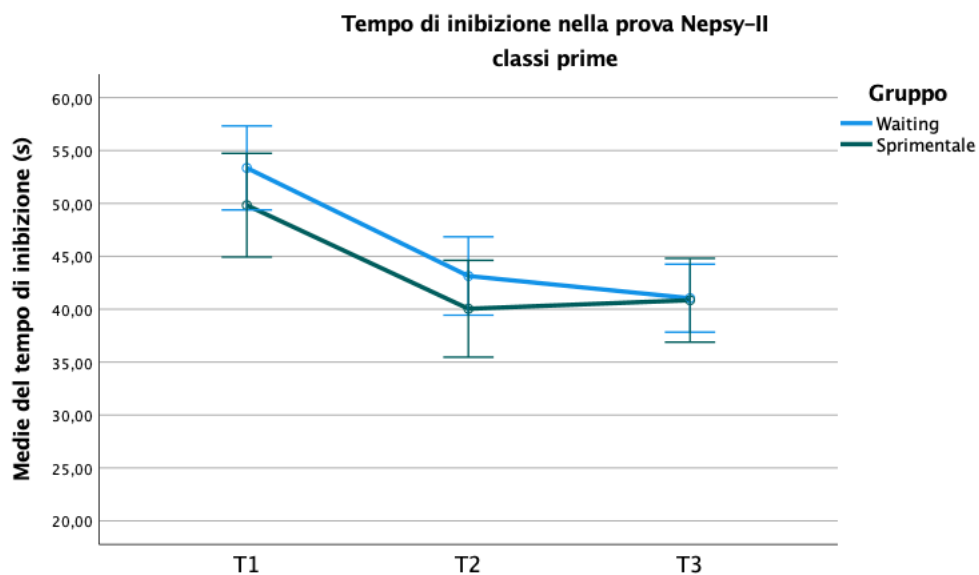


Figura 12 Rappresentazione grafica delle medie del tempo di inibizione nella prova Nepsy-II dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi prime

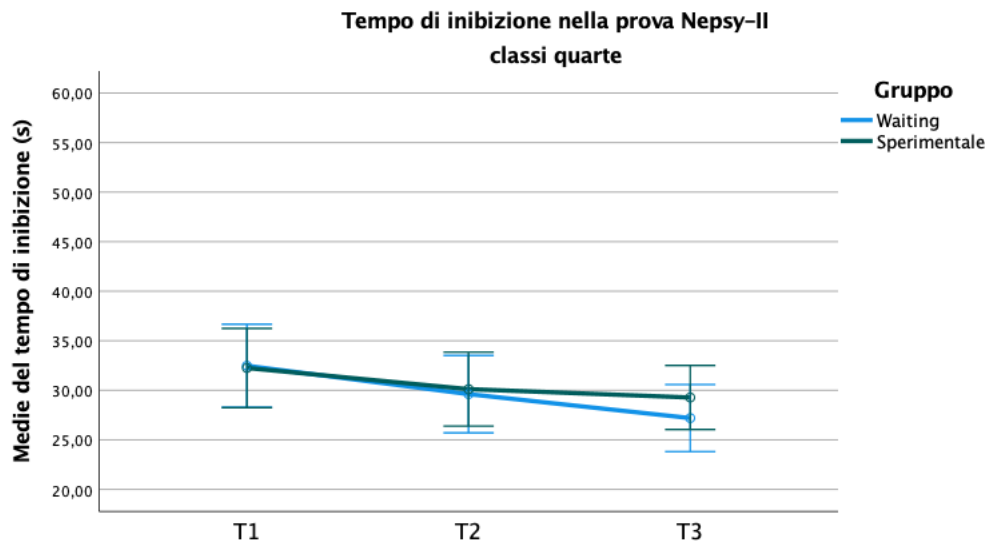


Figura 13 Rappresentazione grafica delle medie del tempo di inibizione nella prova Nepsy-II dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi quarte

Errori di inibizione

Relativamente agli errori di inibizione nella prova Nepsy-II, l'ANOVA non evidenzia un effetto statisticamente significativo del fattore principale Tempo. Emergono effetti statisticamente significativi relativi all'interazione tra il fattore Tempo e il fattore Gruppo: $F(2, 138) = 5.33$; $p = .006$; $\eta_p^2 = .07$ e all'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo classe: $F(2, 138) = 9.46$; $p < .001$; $\eta_p^2 = .12$. Si evidenzia un effetto statisticamente significativo dell'interazione Tempo*Gruppo*Gruppo classe: $F(2, 138) = 4.91$; $p = .009$; $\eta_p^2 = .07$.

L'interazione Tempo*Gruppo*Gruppo classe è stata approfondita attraverso i *confronti pairwise*. I risultati evidenziano differenze statisticamente significative in:

- classi prime gruppo sperimentale tra i tempi T1 e T2: $t(14) = 3.26$; $p < .001$; $d = .84$ e tra i tempi T1 e T3: $t(14) = 3.17$; $p < .001$; $d = .82$.

- classi prime gruppo waiting tra i tempi T2 e T3: $t(19) = 4.02$; $p < .001$; $d = .90$ e tra i tempi T1 e T3: $t(19) = 2.88$; $p < .001$; $d = .64$.

Riguardo la covariata SES, non risulta un effetto statisticamente significativo.

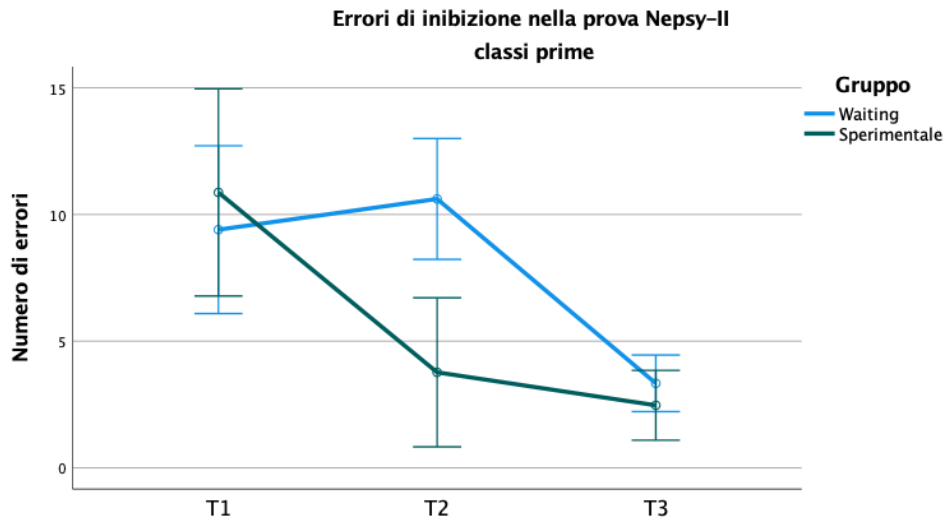


Figura 14 Rappresentazione grafica delle medie del numero di errori di inibizione nella prova Nepsy-II dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi prime

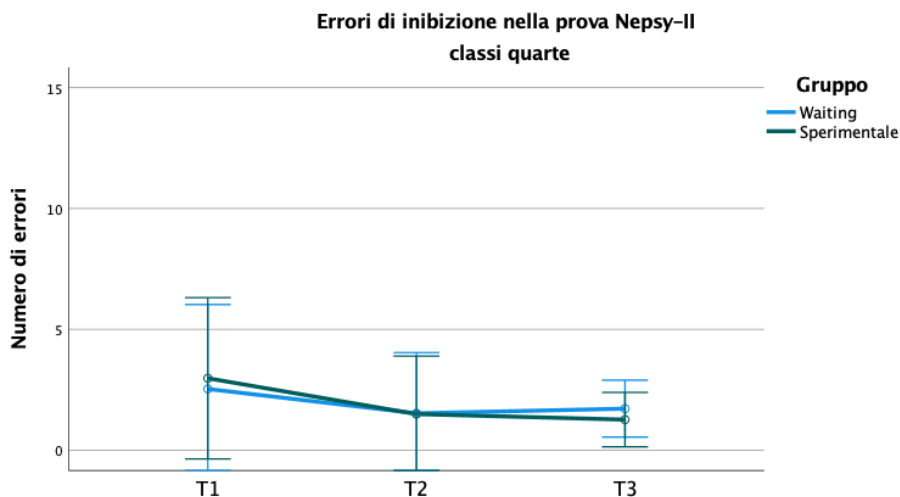


Figura 15 Rappresentazione grafica delle medie del numero di errori di inibizione nella prova Nepsy-II dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi quarte

Stroop

Nella **Tabella 10** sono riportate le medie e le deviazioni standard (tra parentesi) relative ai tempi di inibizione e agli errori di inibizione della prova Stroop del gruppo sperimentale e del gruppo waiting nelle classi prime e quarte, nei tempi T1, T2, T3.

Tabella 10

Statistiche descrittive delle medie e delle deviazioni standard della variabile dipendente Stroop nei tempi T1, T2, T3 per le classi prime e quarte (gruppo sperimentale, gruppo waiting)

STROOP		T1	T2	T3	
		M (SD)	M (SD)	M (SD)	
Tempo inibizione	Prime	Sperimentale	199.69 (60.67)	154.37 (43.64)	153.51 (41.60)
		Waiting	186.11 (36.57)	150.32 (33.07)	137.23 (27.53)
	Quarte	Sperimentale	115.16 (28.99)	100.76 (24.15)	92.67 (24.95)
		Waiting	107.87 (21.94)	100.90 (17.26)	94.77 (16.43)
Errori inibizione	Prime	Sperimentale	15.40 (10.10)	5.80 (4.26)	6.33 (4.66)
		Waiting	9.95 (8.47)	9.10 (6.77)	6.20 (6.09)
	Quarte	Sperimentale	5.95 (6.24)	4.65 (4.15)	2.95 (3.71)
		Waiting	5.11 (3.72)	5.89 (8.92)	3.22 (2.60)

Tempo inibizione

L'analisi della varianza non evidenzia un effetto statisticamente significativo per l'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo. Emergono effetti statisticamente significativi

relativi al fattore principale Tempo: $F(2, 138) = 6.76$; $p = .002$; $\eta_p^2 = .09$ e all'interazione tra i fattori Tempo e Gruppo classe: $F(2, 138) = 11.08$; $p < .001$; $\eta_p^2 = .14$.

Dai confronti a coppie, svolti al fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo classe, si evidenzia nelle classi prime una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(34) = 5.75$; $p < .001$; $d = .97$ e tra i tempi T1 e T3: $t(34) = 7.32$; $p < .001$; $d = 1.24$ e nelle classi quarte emerge una differenza statisticamente significativa tra i tempi T2 e T3: $t(38) = 3.45$; $p = .008$; $d = .55$ e tra i tempi T1 e T3: $t(38) = 4.84$; $p = .001$; $d = .78$. Riguardo la covariata SES, non è risultato nessun effetto statisticamente significativo.

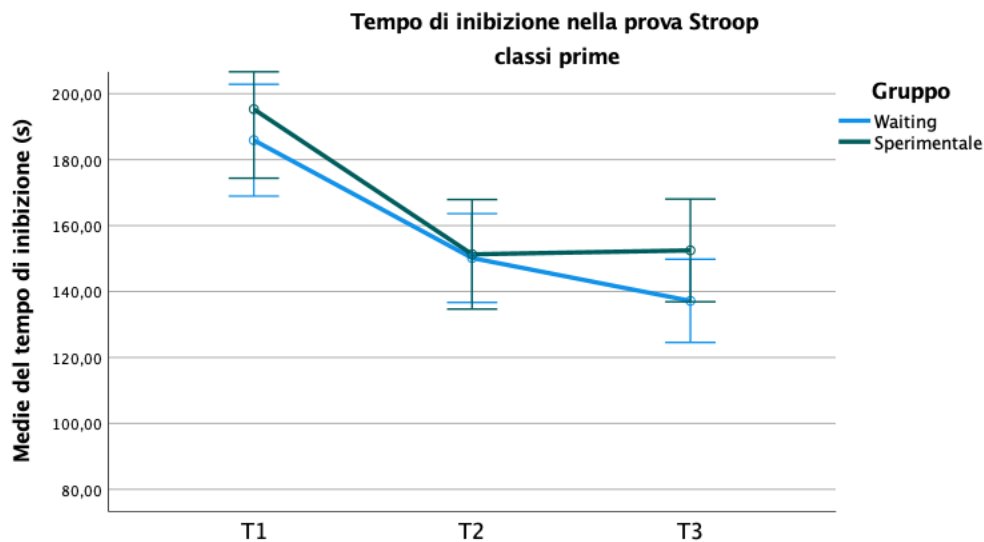


Figura 16 Rappresentazione grafica delle medie del tempo di inibizione nella prova Stroop dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi prime

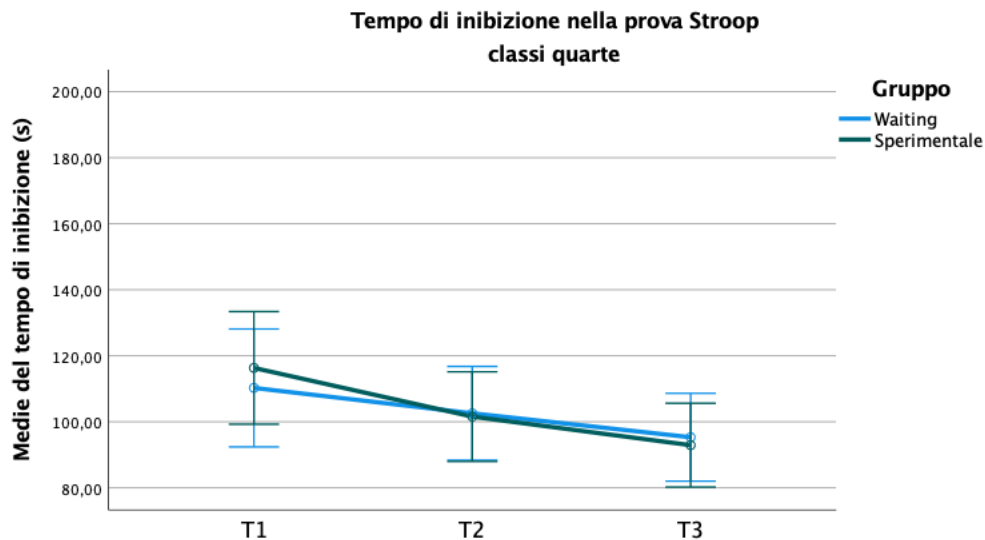


Figura 17 Rappresentazione grafica delle medie del tempo di inibizione nella prova Stroop dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi quarte

Errori di inibizione

Relativamente agli errori totali nella prova Stroop, l'ANOVA non evidenzia un effetto statisticamente significativo del fattore principale Tempo. Emergono effetti statisticamente significativi relativi all'interazione tra il fattore Tempo e il fattore Gruppo: $F(2, 136) = 4.47, p = .01; \eta_p^2 = .06$ e all'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo classe: $F(2, 136) = 3.60, p = .03; \eta_p^2 = .05$.

Dai confronti a coppie, svolti al fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo, si evidenzia nel gruppo sperimentale una differenza statisticamente significativa solo tra i tempi T1 e T2: $t(36) = 3.24; p < .001; d = .53$ e nel gruppo waiting emerge una differenza statisticamente significativa tra i tempi T2 e T3: $t(37) = 2.24; p = .04; d = .36$ e tra i tempi T1 e T3: $t(37) = 2.90; p = .04; d = .47$.

Relativamente all'interazione Tempo*Gruppo classe, si evidenzia nelle classi prime una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(34) = 3.18; p = .001; d = .54$ e tra i tempi T1 e T3: $t(34) = 4.05; p < .001; d = .68$.

Riguardo la covariata SES, non è risultato nessun effetto statisticamente significativo.

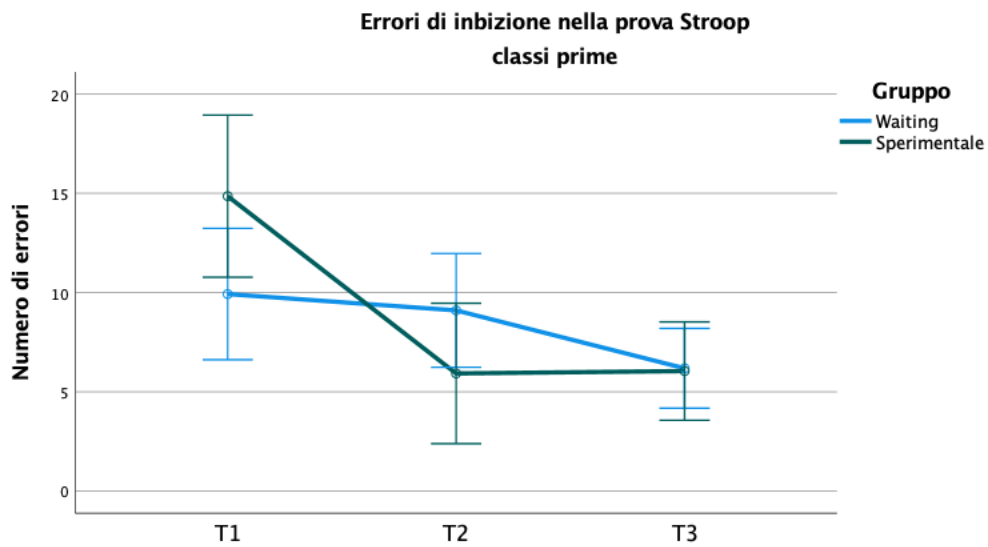


Figura 18 Rappresentazione grafica delle medie del numero di errori di inibizione nella prova Stroop dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi prime

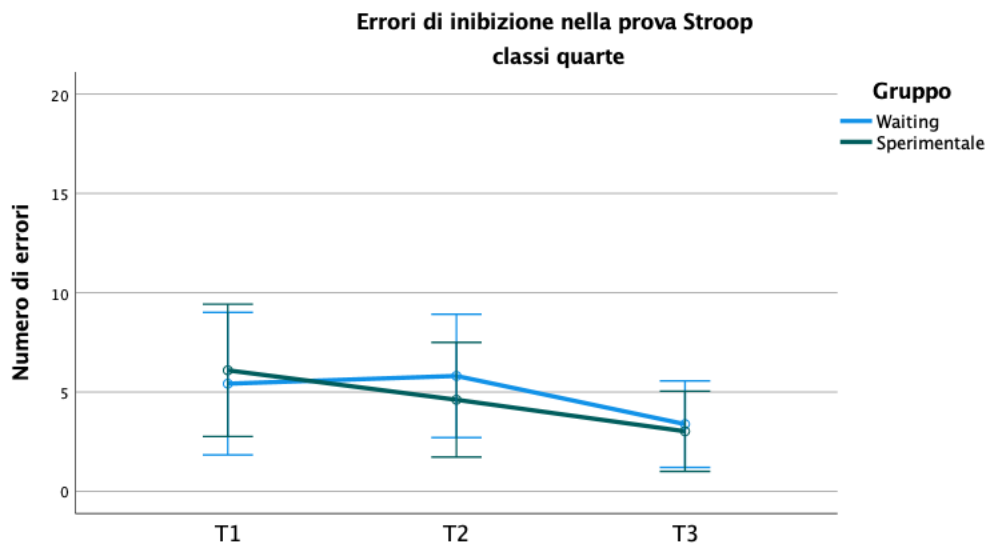


Figura 19 Rappresentazione grafica delle medie del numero di errori di inibizione nella prova Stroop dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi quarte

3.5.1.2 Prova di pianificazione

Torre di Londra (ToL)

Nella **Tabella 11** sono riportate le medie e le deviazioni standard (tra parentesi) relative ai tempi di pianificazione ed all'accuratezza del test ToL del gruppo sperimentale e del gruppo waiting nelle classi prime e quarte, nei tempi T1, T2 e T3.

Tabella 11

Statistiche descrittive delle medie e delle deviazioni standard della variabile dipendente ToL nei tempi T1, T2, T3 per le classi prime e quarte (gruppo sperimentale, gruppo waiting)

TORRE DI LONDRA			T1	T2	T3
			M (SD)	M (SD)	M (SD)
Tempo pianificazione	Prime	Sperimentale	3.12 (1.35)	2.56 (1.01)	2.87 (1.58)
		Waiting	2.56 (1.08)	2.51 (1.14)	2.84 (1.12)
	Quarte	Sperimentale	2.02 (.66)	1.81 (.65)	1.81 (.73)
		Waiting	2.34 (.92)	2.16 (.91)	2.32 (.98)
Accuratezza	Prime	Sperimentale	1.60 (1.45)	5.07 (2.58)	6.47 (1.73)
		Waiting	1.90 (2.00)	2.70 (2.99)	6.15 (2.64)
	Quarte	Sperimentale	6.05 (2.33)	8.45 (1.88)	8.23 (2.31)
		Waiting	6.37 (2.91)	7.37 (2.89)	7.79 (2.23)

Tempo pianificazione

L'analisi della varianza non evidenzia effetti statisticamente significativi riferiti al fattore principale Tempo, all'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo, e all'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo classe.

Riguardo la covariata SES, non è risultato nessun effetto statisticamente significativo.

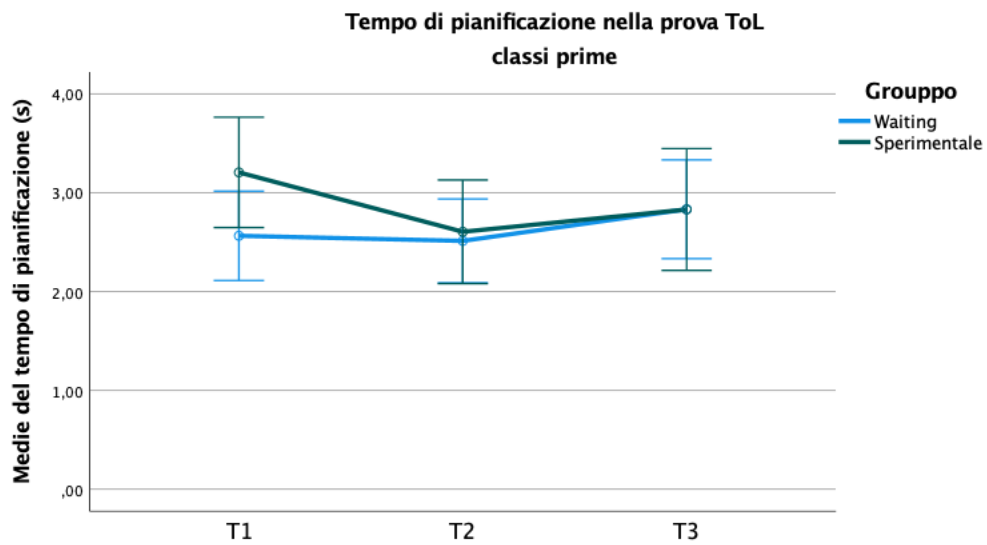


Figura 20 Rappresentazione grafica delle medie del tempo di pianificazione nella prova ToL dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi prime

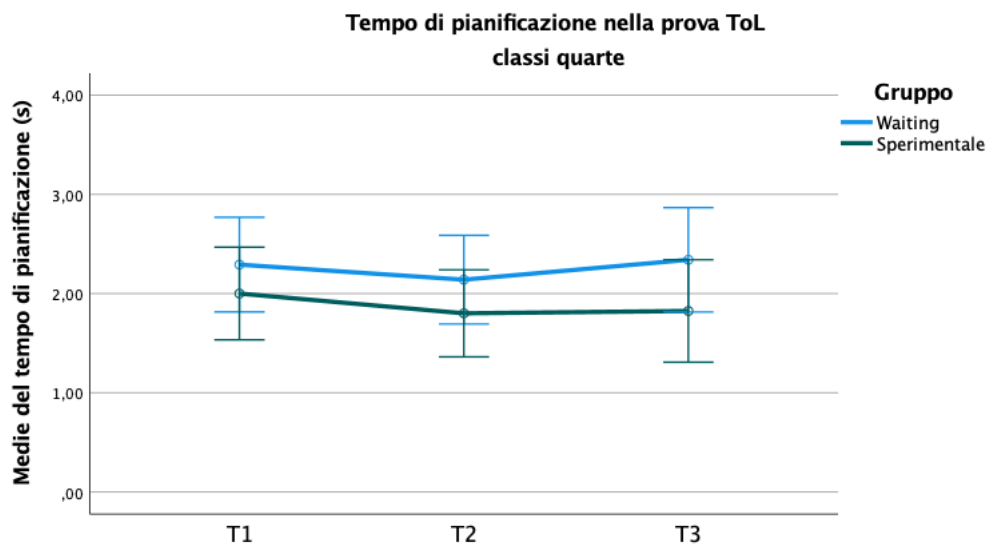


Figura 21 Rappresentazione grafica delle medie del tempo di pianificazione nella prova ToL dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi quarte

Accuratezza

Relativamente all'accuratezza nella prova ToL, l'ANOVA non evidenzia un effetto statisticamente significativo riferito al fattore principale Tempo. Emerge un effetto statisticamente significativo dell'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo: $F(2, 138) = 6.78$; $p = .002$; $\eta_p^2 = .09$ e dell'interazione tra il fattore Tempo e il fattore Gruppo classe: $F(2, 138) = 10.57$; $p < .001$; $\eta_p^2 = .13$.

Dai confronti a coppie, svolti al fine di approfondire l'interazione Tempo * Gruppo, si evidenzia nel gruppo sperimentale una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(36) = -7.03$; $p < .001$; $d = -1.16$ e tra i tempi T1 e T3: $t(34) = -7.33$; $p < .001$; $d = -1.24$ e nel gruppo waiting emerge una differenza statisticamente significativa tra i tempi T2 e T3: $t(38) = -4.15$; $p < .001$; $d = -.66$ e tra i tempi T1 e T3: $t(38) = -6.18$; $p < .001$; $d = -.99$.

Relativamente all'interazione Tempo*Gruppo classe, si evidenzia nelle classi prime una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(34) = -4.67$; $p < .001$; $d = -.79$ e tra i tempi T2 e T3: $t(34) = -5.89$; $p < .001$; $d = -1.00$ e nelle classi quarte una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(40) = -4.06$; $p < .001$; $d = -.63$ e tra i tempi T1 e T3: $t(38) = -4.60$; $p < .001$; $d = -.74$.

Si è deciso di esplorare ciascuna condizione (gruppo sperimentale e gruppo waiting) in ciascun gruppo classe (prime e quarte) con dei t-test a campioni accoppiati.

I risultati evidenziano differenze statisticamente significative in:

- classi prime gruppo sperimentale tra i tempi T1 e T2: $t(14) = -6.39$; $p < .001$; $d = -1.65$ e tra i tempi T2-T3: $t(14) = -2.63$; $p = .02$; $d = -.68$.
- classi prime gruppo waiting tra i tempi T2-T3: $t(19) = -5.88$; $p < .001$; $d = -1.31$.

- classi quarte gruppo sperimentale tra i tempi T1 e T2: $t(21) = -4.30$; $p < .001$; $d = -.92$.

Riguardo la covariata SES, non è risultato nessun effetto statisticamente significativo.

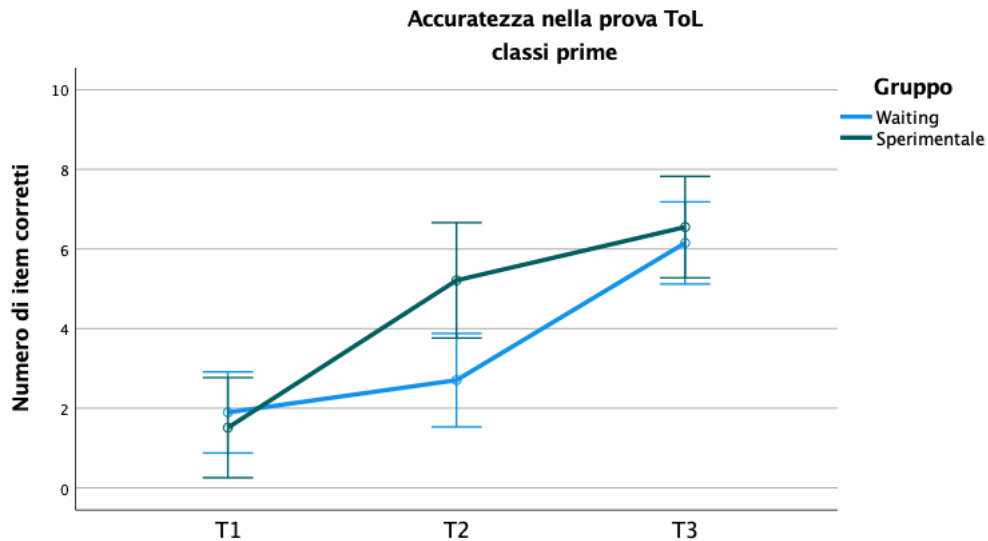


Figura 22 Rappresentazione grafica delle medie del numero di item corretti nella prova ToL dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi prime

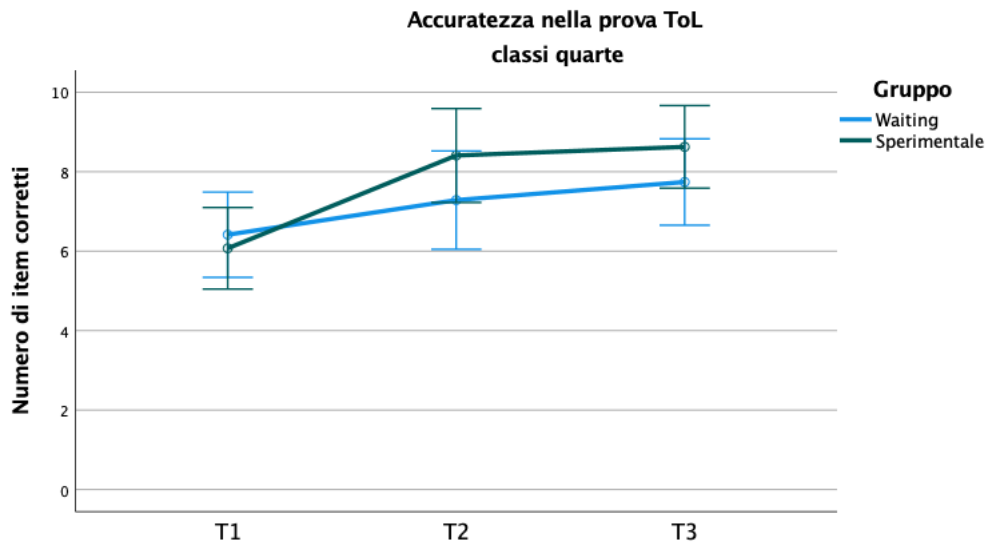


Figura 23 Rappresentazione grafica delle medie del numero di item corretti nella prova ToL dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi quarte

3.5.1.3 Prova di Coding

Coding

Nella **Tabella 12** sono riportate le medie e le deviazioni standard (tra parentesi) relative ai tempi di pianificazione ed all'accuratezza della prova di Coding del gruppo sperimentale e del gruppo waiting nelle classi prime e quarte, nei tempi T1, T2 e T3.

Tabella 12

Statistiche descrittive delle medie e delle deviazioni standard della variabile dipendente Coding nei tempi T1, T2, T3 per le classi prime e quarte (gruppo sperimentale, gruppo waiting)

CODING			T1	T2	T3
			M (SD)	M (SD)	M (SD)
Tempo pianificazione	Prime	Sperimentale	17.72 (8.12)	11.32 (3.10)	13.31 (4.34)
		Waiting	17.48 (9.04)	15.12 (6.57)	12.71 (4.22)
	Quarte	Sperimentale	17.98 (9.33)	10.44 (6.55)	8.56 (3.74)
		Waiting	17.45 (8.00)	12.12 (4.16)	8.12 (3.18)
Accuratezza	Prime	Sperimentale	1.13 (1.73)	5.53 (1.64)	6.07 (.88)
		Waiting	1.55 (1.67)	4.00 (1.65)	6.20 (1.32)
	Quarte	Sperimentale	1.10 (1.45)	4.05 (1.86)	4.33 (2.44)
		Waiting	.63 (1.12)	2.21 (2.78)	4.16 (1.92)

Tempo pianificazione

L'analisi della varianza non evidenzia effetti statisticamente significativi riferiti al fattore principale Tempo, e all'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo. Emerge un effetto

statisticamente significativo dell'interazione tra il fattore Tempo e il fattore Gruppo classe: $F(2, 140) = 3.85$; $p = .02$; $\eta_p^2 = .05$.

Dai confronti a coppie, svolti al fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo classe, si evidenzia nelle classi prime vi è una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(34) = 2.68$; $p = .006$; $d = .45$ e tra i tempi T1 e T3: $t(34) = 2.73$; $p = .02$; $d = .46$ e nelle classi quarte emerge una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(40) = 5.54$; $p < .001$; $d = .87$ e tra i tempi T2 e T3: $t(39) = 4.06$; $p = .001$; $d = .64$. Riguardo la covariata SES, non è risultato nessun effetto statisticamente significativo.

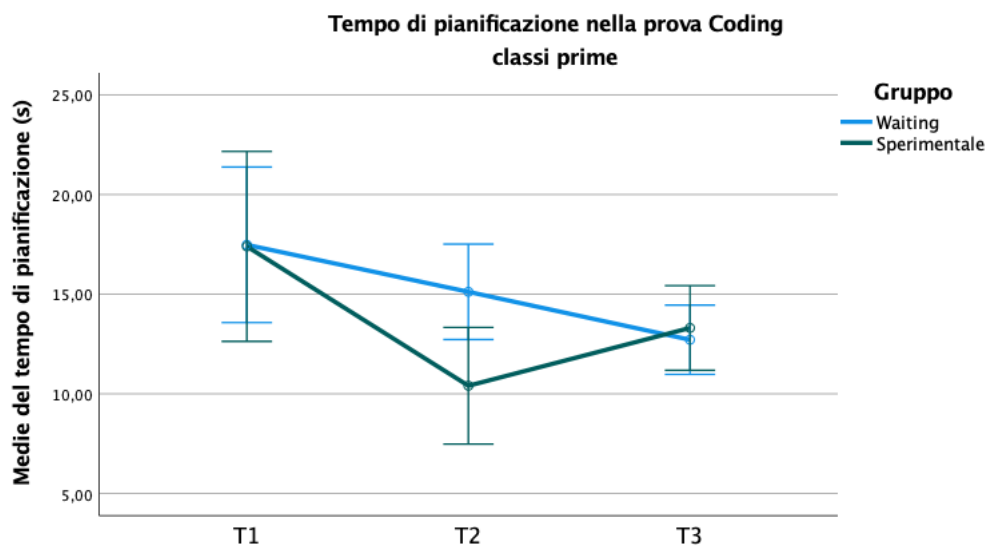


Figura 24 Rappresentazione grafica delle medie del tempo di pianificazione nella prova Coding dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi prime

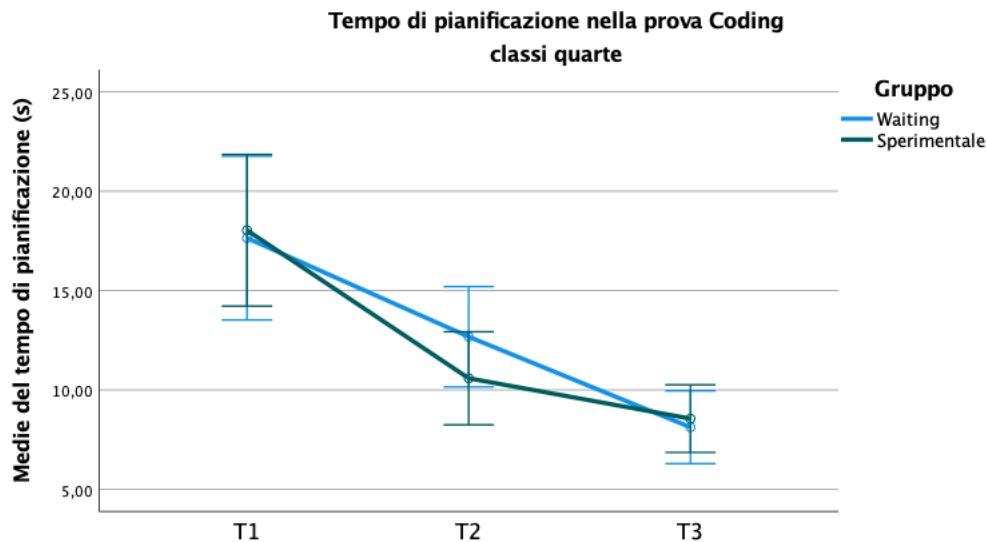


Figura 25 Rappresentazione grafica delle medie del tempo di pianificazione nella prova Coding dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi quarte

Accuratezza

Relativamente all'accuratezza nella prova Coding, l'ANOVA evidenzia effetti statisticamente significativi riferiti al fattore principale Tempo $F(2, 140) = 6.32$; $p = .002$; $\eta^2_p = .08$; all'interazione tra il fattore Tempo e il fattore Gruppo: $F(2, 140) = 10.07$; $p < .001$; $\eta^2_p = .13$ ed all'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo classe: $F(2, 140) = 7.44$; $p < .001$; $\eta^2_p = .10$.

Dai confronti a coppie, svolti al fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo, si evidenzia per il gruppo sperimentale una differenza statisticamente tra i tempi T1 e T2: $t(36) = -12.24$; $p < .001$; $d = -2.01$ e tra i tempi T1 e T3: $t(35) = -12.19$; $p < .001$; $d = -2.03$ e nel gruppo waiting emerge una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(38) = -7.21$; $p < .001$; $d = -1.16$ e tra i tempi T2 e T3: $t(38) = -6.39$; $p < .001$; $d = -1.02$.

Relativamente all'interazione Tempo*Gruppo classe, si evidenzia nelle classi prime una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(34) = -10.30$; $p < .001$; $d =$

-1.74 e tra i tempi T2 e T3: $t(34) = -4.70$; $p < .001$; $d = -.80$ e nelle classi quarte emerge una differenza statisticamente significativa tra i tempi T1 e T2: $t(40) = -8.10$; $p < .001$; $d = -1.26$ e tra i tempi T2 e T3: $t(39) = -3.03$; $p = .003$; $d = -.48$.

Si è deciso di esplorare ciascuna condizione (gruppo sperimentale e gruppo waiting) in ciascun gruppo classe (prime e quarte) con dei t-test a campioni accoppiati.

I risultati evidenziano differenze statisticamente significative in:

- classi prime gruppo sperimentale tra i tempi T1 e T2: $t(14) = -8.88$; $p < .001$; $d = -2.29$.
- classi prime gruppo waiting tra i tempi T1 e T2: $t(19) = -7.86$; $p < .001$; $d = -1.76$ e tra i tempi T2-T3: $t(19) = -5.57$; $p < .001$; $d = -1.25$.
- classi quarte gruppo sperimentale tra i tempi T1 e T2: $t(21) = -9.72$; $p < .001$; $d = -2.07$.
- classi quarte gruppo waiting tra i tempi T1 e T2: $t(18) = -3.43$; $p = .003$; $d = -.79$ e tra i tempi T2 e T3: $t(18) = -3.66$; $p = .002$; $d = -.84$.

Riguardo la covariata SES, è risultato un effetto statisticamente significativo solo a T3: $B = .48$; $SE = .17$; $p = .005$. A T1 e T2 la covariata SES non ha un effetto statisticamente significativo.

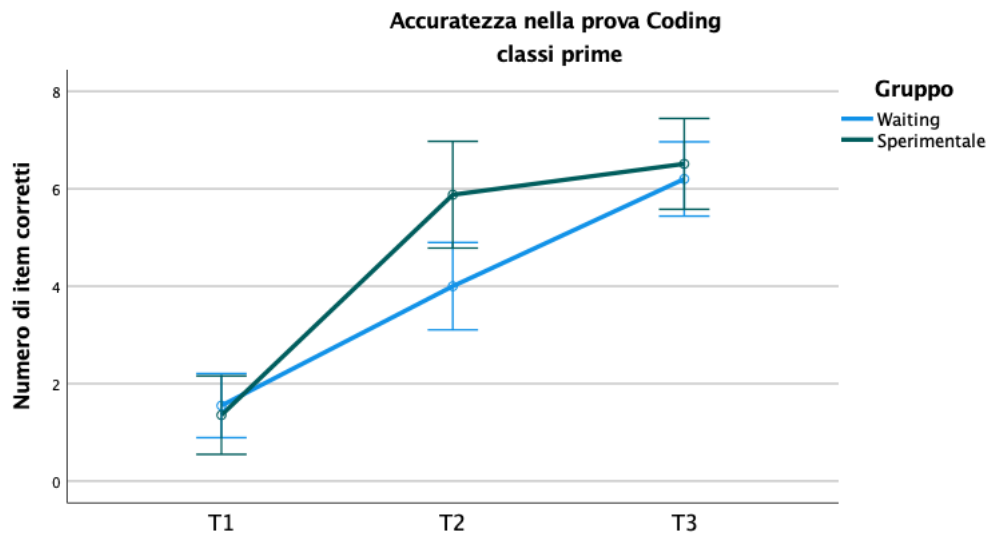


Figura 26 Rappresentazione grafica delle medie del numero di item corretti nella prova Coding dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting nelle classi prime

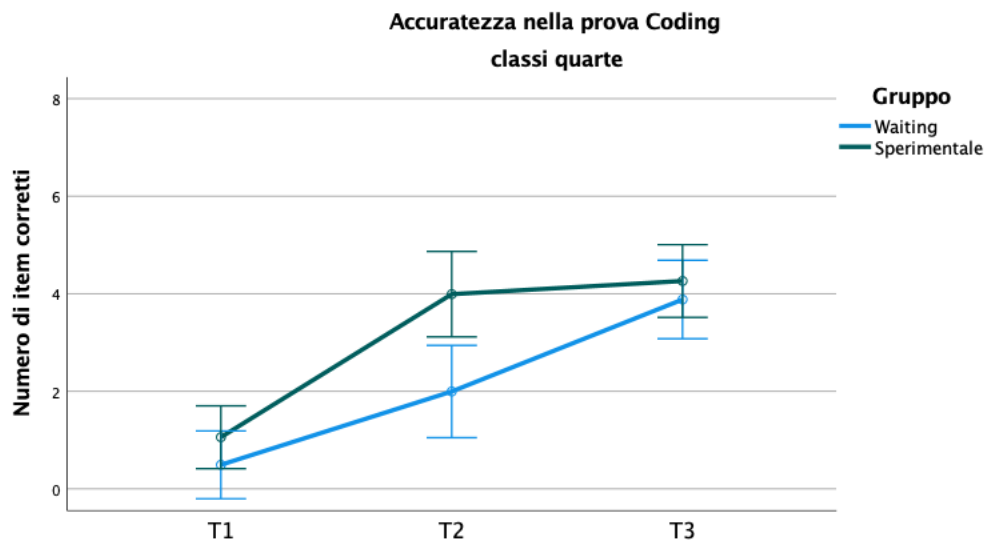


Figura 27 Rappresentazione grafica delle medie del numero di item corretti nella prova Coding dei gruppi sperimentali e dei gruppi waiting delle classi quarte

4.DISCUSSIONE

Il coding è stato introdotto recentemente nella scuola primaria come strumento per insegnare le abilità del pensiero computazionale (Arfé et al., 2019). Tramite alcune ricerche è stato riscontrato che allenare il pensiero computazionale migliora le funzioni esecutive negli studenti. Tuttavia, in letteratura risulta esserci un numero limitato di studi in questo campo, nei quali è stata considerata una ristretta fascia di età (5-6 anni) (Arfé et al., 2019, 2020; Di Lieto et al., 2017).

Pertanto, in questo studio ci si è posti l'obiettivo di verificare l'efficacia di attività di coding sulle abilità di pianificazione ed inibizione della risposta in alunni di prima primaria, analogamente a ciò che è stato osservato in studi precedenti (Arfé et al., 2019, 2020), e di verificare se gli effetti positivi di attività di coding su queste due funzioni esecutive si estendono anche ad una popolazione di classi quarte primaria.

Prove di inibizione

Dall'analisi della varianza svolta relativamente alla prova di inibizione Nepsy-II, emerge una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi (sperimentale e waiting) appartenenti alle classi prime. In particolare, il gruppo sperimentale migliora le abilità di inibizione in quanto diminuisce il numero di errori di inibizione commessi tra i tempi T1 e T2, a seguito dell'intervento con attività di coding. Come ci si aspettava, nel gruppo waiting invece, non diminuisce il numero di errori di inibizione commessi tra i tempi T1 e T2, ma tra i tempi T2 e T3, ovvero dopo aver partecipato all'intervento di coding.

Nelle classi quarte, a differenza delle classi prime, dopo aver svolto l'intervento con attività di coding, non risulta diminuire il numero di errori in modo statisticamente significativo né nel gruppo sperimentale, né nel gruppo waiting.

Si ipotizza che tale differenza tra le classi prime e le classi quarte nella prova di inibizione sia dovuta al fatto che l'inibizione risulta migliorare in maggior misura tra i 5 e gli 8 anni (Romine & Reynolds, 2005), pertanto i bambini di prima elementare potrebbero essere maggiormente predisposti all'apprendimento ed al potenziamento di tale abilità rispetto ai bambini di quarta, nei quali invece cominciano a migliorare per lo più le FE complesse come la pianificazione (Luciana & Nelson, 2002).

In generale, dunque, questo studio conferma i risultati di studi precedenti (Arfé et al., 2019, 2020) in quanto i bambini di classi prime di 6 anni, esposti ad attività di coding, mostrano un miglioramento nell'abilità di inibizione.

Per le classi quarte, invece, non si può affermare la stessa cosa, poiché dopo aver partecipato alle 8 lezioni di coding, non è stata riscontrata una diminuzione statisticamente significativa del numero di errori commessi.

Prova di pianificazione

Dopo l'intervento di coding, ci si aspettava che i bambini dedicassero più tempo alla pianificazione. Tuttavia, nella prova ToL non è risultato un effetto statisticamente significativo relativo all'interazione tra il fattore Tempo e il fattore Gruppo sia nelle classi prime che quarte. Pertanto, i risultati riscontrati in questo studio si differenziano da ciò che è stato osservato in studi precedenti, in cui era emerso che bambini di 5-6 anni esposti alle attività di coding avevano aumentato il tempo in compiti di pianificazione (Arfé et al., 2019, 2020). Dalle analisi effettuate in questa ricerca, infatti, sono stati rilevati miglioramenti significativi solo nell'accuratezza della prova ToL in bambini di 6 anni e di 8-9 anni. Una possibile interpretazione di questo risultato inaspettato può essere che al T1 i bambini hanno trascorso la maggior parte del tempo di pianificazione esplorando gli strumenti della prova e cercando di capire cosa fosse richiesto dal compito. Al T2, invece,

i bambini avevano una maggiore familiarità con la prova, sapevano già quali fossero le indicazioni da eseguire e gli obiettivi da raggiungere, e perciò dedicavano meno tempo a completare il compito.

Relativamente all'accuratezza nell'abilità di pianificazione, i risultati di questo studio sembrano essere in linea con le ricerche precedenti (Arfé et al., 2019, 2020).

In particolare, le analisi effettuate hanno evidenziato che il gruppo sperimentale delle classi prime aumenta l'accuratezza nella prova di pianificazione tra il T1 e il T2, dopo aver partecipato alle 8 lezioni di coding, con una dimensione dell'effetto grande ($d = -1.65$). Il gruppo waiting delle classi prime, invece, aumenta l'accuratezza nella prova di pianificazione tra il T2 e il T3, ovvero dopo aver beneficiato dell'intervento di coding, con una dimensione dell'effetto grande ($d = -1.31$).

Nelle classi quarte, invece, risulta aumentare l'accuratezza nella prova di pianificazione solo il gruppo sperimentale tra i tempi T1 e T2, dopo aver partecipato al training di coding, con una dimensione dell'effetto grande ($d = -.92$).

Si presume, quindi, che i bambini di classi prime primaria e quarte primaria esposti ad un intervento di coding possono generalizzare le abilità di pianificazione acquisite con attività di coding in prove di diversa natura e struttura (ad esempio nella prova ToL).

Inoltre, i miglioramenti nell'abilità di pianificazione sembrano essere mantenuti dopo un mese dalla fine dell'intervento nel gruppo sperimentale delle classi quarte, che avevano beneficiato delle attività di coding tra i tempi T1 e T2. Il gruppo sperimentale delle classi prime, invece, ha ulteriormente aumentato l'accuratezza nella prova di pianificazione al T3, dopo un mese dall'intervento ricevuto tra i tempi T1 e T2.

Prova di coding

Dall'analisi della varianza svolta relativamente all'accuratezza nella prova coding, emerge una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi (sperimentale e waiting) appartenenti alle classi prime e quarte. In particolare, nelle classi prime, il gruppo sperimentale aumenta l'accuratezza nella prova di coding tra i tempi T1 e T2 con una dimensione dell'effetto molto grande ($d = -2.29$). Il gruppo waiting delle classi prime, analogamente al gruppo sperimentale, aumenta l'accuratezza nella prova di coding tra i tempi T1 e T2 con una dimensione dell'effetto grande ($d = -1.76$) ma non quanto quella del gruppo sperimentale. Questa differenza d'effetto risulta essere coerente con le nostre aspettative, in quanto il gruppo sperimentale ha partecipato al training tra i tempi T1 e T2, mentre il gruppo waiting vi ha partecipato successivamente, tra i tempi T2 e T3. Inoltre, come ci si aspettava, il gruppo waiting aumenta l'accuratezza nella prova di coding tra il T2 e il T3, ovvero dopo aver partecipato all'intervento di coding, con una dimensione dell'effetto grande ($d = -1.25$).

È stato riscontrato un miglioramento, in seguito all'intervento di coding, anche nelle classi quarte, ma con effetti differenti a seconda del gruppo (sperimentale, waiting).

Il gruppo sperimentale ed il gruppo waiting aumentano l'accuratezza nella prova di coding tra i tempi T1 e T2 ma con una dimensione dell'effetto differente: il gruppo sperimentale presenta una dimensione dell'effetto molto grande ($d = -2.07$), mentre il gruppo waiting presenta una dimensione dell'effetto grande ($d = -.79$) ma non quanto quella del gruppo sperimentale. Questa differenza dell'effetto è ciò che ci si aspettava, in quanto il gruppo sperimentale ha partecipato alle attività di coding tra i tempi T1 e T2, mentre il gruppo waiting tra i tempi T2 e T3. Inoltre, il gruppo waiting aumenta l'accuratezza nella prova di coding con una dimensione dell'effetto grande ($d = -.84$) tra i tempi T2 e T3, ovvero dopo aver partecipato al training.

Pertanto, le classi prime e le classi quarte risultano aver appreso le abilità di coding dopo aver partecipato alle 8 lezioni di training, durante le quali sono stati proposti diversi esercizi che, pur essendo basati sull'allenamento delle stesse abilità e funzioni (ad esempio funzione ripeti, debugging, ecc.), si differenziavano in base alla diversa appartenenza degli studenti al gruppo classe (classi prime e classi quarte).

4.1 Conclusioni

Questo studio ha contribuito a confermare come la pratica del coding a scuola, non solo migliora le abilità del pensiero computazionale, ma possa anche influenzare positivamente importanti FE come la pianificazione e l'inibizione della risposta in bambini di 6 anni ed in una fascia di età fin ora non esaminata da precedenti ricerche (8-9 anni).

Dalle analisi effettuate nella presente ricerca è emerso che i bambini di prima primaria esposti alle attività di coding hanno diminuito gli errori in compiti di inibizione, e che sia i bambini di prima primaria che quarta primaria hanno aumentato l'accuratezza in compiti di pianificazione e di coding.

Nel presente studio, però, è possibile riscontrare alcuni limiti.

Un primo limite potrebbe essere la breve durata dell'intervento di coding: 8 incontri svolti in 4 settimane per ogni classe che ha partecipato al progetto, analogamente agli studi effettuati in precedenza (Arfé et al., 2019, 2020). Studi futuri dovrebbero indagare su quale sia la quantità ottimale di esercitazioni da svolgere per massimizzare i risultati dei bambini nel pensiero computazionale che permette a sua volta di migliorare le funzioni esecutive.

Nonostante la breve durata però, il training è stato sufficiente per far sì che i bambini di prima primaria migliorassero FE semplici come l'inibizione della risposta, e che sia i

bambini di prima primaria che quarta primaria migliorassero FE complesse come la pianificazione.

Inoltre, durante la somministrazione delle varie prove e lo svolgimento del training, alcuni bambini soprattutto di prima elementare, hanno mostrato difficoltà nell'utilizzo del computer e nella comprensione della lingua italiana. Ciò potrebbe aver influito negativamente nell'esecuzione dei vari compiti, in quanto prima di poter effettuare correttamente i vari esercizi, è stato necessario insegnare loro le competenze basilari e necessarie per poter utilizzare adeguatamente il computer e per poter comprendere il più possibile la lingua italiana.

In studi futuri, l'ideale sarebbe indagare nel campione il livello di conoscenza delle abilità informatiche basilari e della lingua prima dell'inizio del progetto di ricerca, in modo da poter intervenire e colmare eventuali difficoltà presenti, prima che queste influenzino negativamente lo svolgimento del progetto.

Un'altra direzione interessante per il futuro potrebbe essere quella di verificare se gli effetti positivi del coding si estendono anche ad una popolazione di bambini più grandi. Rispetto agli studi precedenti in cui è considerata solo la fascia di età 5-6 anni (Arfé et al., 2019, 2020) il presente studio considera un campione con una fascia di età più ampia (8-9 anni), ma comunque limitata. Una prospettiva futura, quindi, potrebbe essere quella di effettuare una ricerca longitudinale per verificare se gli effetti del coding sulle FE influenzano in modo statisticamente significativo non solo le fasce di età indagate in questo studio ma, ad esempio si potrebbe considerare un campione di studenti della scuola media e superiore.

Infine, nei consensi informati compilati dai genitori dei partecipanti allo studio, sono state raccolte informazioni sulla familiarità con i dispositivi digitali (uso del computer, del tablet e dello smartphone, motivo di utilizzo, ecc.) ma non è stata indagata l'influenza di

tale fattore nello svolgimento dei compiti di inibizione, pianificazione e coding. Ricerche future, potrebbero analizzare maggiormente questo aspetto ed esaminare l'eventuale influenza sulle abilità del pensiero computazionale e sulle FE.

In conclusione, l'efficacia delle attività di coding sulle funzioni esecutive è un argomento rilevante da considerare, soprattutto al giorno d'oggi. Come è emerso dai risultati di questo studio, infatti, è molto importante svolgere attività di coding nelle scuole in modo che possano essere migliorate le funzioni esecutive che permettono all'individuo di affrontare al meglio i problemi della vita quotidiana e di ottenere un buon risultato a livello accademico.

BIBLIOGRAFIA

- Aho, A. V. (2012). Computation and Computational Thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832–835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63–71.
- Altemeier, L., Jones, J., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2006). Executive Functions in Becoming Writing Readers and Reading Writers: Note Taking and Report Writing in Third and Fifth Graders. *Developmental Neuropsychology*, 29(1), 161–173. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2901_8
- Anderson, M. C., & Levy, B. J. (2009). Suppressing Unwanted Memories. *Current Directions in Psychological Science*, 18(4), 189–194. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01634.x>
- Anderson, N. e D. (2016). A Call for Computational Thinking in Undergraduate Psychology. *Psychology Learning & Teaching*, 15(3), 226–234. <https://doi.org/10.1177/1475725716659252>
- Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71–82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of Executive Functions Through Late Childhood and Adolescence in an Australian Sample. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 385–406. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_5
- Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, S. (2005). The Influence of the Parents' Educational Level on the Development of Executive Functions. *Developmental Neuropsychology*, 28(1), 539–560. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2801_5

- Arfé, B., & Vardanega, T. (2019). Imparare a ragionare: Il ruolo del pensiero computazionale a scuola. *Giornale italiano di psicologia*, 4, 765–770. <https://doi.org/10.1421/95548>
- Arfé, B., Vardanega, T., Montuori, C., & Lavanga, M. (2019). Coding in Primary Grades Boosts Children’s Executive Functions. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2019.02713>
- Arfé, B., Vardanega, T., & Ronconi, L. (2020). The effects of coding on children’s planning and inhibition skills. *Computers & Education*, 148, 103807. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103807>
- Asato, M. R., Sweeney, J. A., & Luna, B. (2006). Cognitive processes in the development of TOL performance. *Neuropsychologia*, 44(12), 2259–2269. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.010>
- Asquini, G. (2017). Primi risultati del Problem Solving Collaborativo in PISA 2015. *Lifelong Lifewide Learning*, 13(30), 143–148. <https://doi.org/10.19241/lll.v13i30.97>
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 2, pagg. 89–195). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), R136–R140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In G. H. Bower (A c. Di), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 8, pagg. 47–89). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Bagiati, A., & Evangelou, D. (2016). Practicing engineering while building with blocks: Identifying engineering thinking. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(1), 67–85. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2015.1120521>
- Barkley, R. A. (2012). *Executive Functions: What They Are, How They Work, and Why They*

Evolved. Guilford Press.

- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20–23.
- Bell, T. (2021). CS unplugged or coding classes? *Communications of the ACM*, 64(5), 25–27. <https://doi.org/10.1145/3457195>
- Bell, T., & Vahrenhold, J. (2018). CS Unplugged—How Is It Used, and Does It Work? In H.-J. Böckenhauer, D. Komm, & W. Unger (A c. Di), *Adventures Between Lower Bounds and Higher Altitudes: Essays Dedicated to Juraj Hromkovič on the Occasion of His 60th Birthday* (pagg. 497–521). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98355-4_29
- Benedetti, F. (2005). *Fisiologia delle funzioni esecutive frontali: Correlazioni con il sistema extrapiramidale*. Dipartimento di Neuroscienze, Università di Torino.
- Benson, J. E., Sabbagh, M. A., Carlson, S. M., & Zelazo, P. D. (2013). Individual differences in executive functioning predict preschoolers' improvement from theory-of-mind training. *Developmental psychology*, 49(9), 1615.
- Berland, M., & Wilensky, U. (2015). Comparing Virtual and Physical Robotics Environments for Supporting Complex Systems and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 628–647. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9552-x>
- Berlin, L., & Bohlin, G. (2002). Response Inhibition, Hyperactivity, and Conduct Problems Among Preschool Children. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 31(2), 242–251. https://doi.org/10.1207/S15374424JCCP3102_09
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development*, 81(6), 1641–1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). *Executive functions after age 5: Changes and correlates* | *Lettore avanzato Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002>

- Blair, C. (2017). Educating Executive Function. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*, 8(1–2), 10.1002/wcs.1403. <https://doi.org/10.1002/wcs.1403>
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating Effortful Control, Executive Function, and False Belief Understanding to Emerging Math and Literacy Ability in Kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647–663. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x>
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive Functions in Children Aged 6 to 13: A Dimensional and Developmental Study. *Developmental Neuropsychology*, 26(2), 571–593. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3
- Bundy, A. (2007). Computational thinking is pervasive. *Journal of Scientific and Practical Computing*, 1(2), 67–69.
- Burgess, P. W., Veitch, E., de Lacy Costello, A., & Shallice, T. (2000). The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. *Neuropsychologia*, 38(6), 848–863. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00134-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00134-7)
- Burke, Q., O’Byrne, W., & Kafai, Y. (2016). Computational Participation. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 59, 371–375. <https://doi.org/10.1002/jaal.496>
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 595–616. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802_3
- Carlson, S. M., Zelazo, P. D., & Faja, S. (2013). Executive function. *The Oxford handbook of developmental psychology (Vol 1): Body and mind.*, 706–743.
- Catale, C., Willems, S., Lejeune, C., & Meulemans, T. (2012). Parental educational level influence on memory and executive performance in children. *European Review of Applied Psychology*, 62(3), 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2012.04.003>
- Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. C. M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental*

Psychology, 37(5), 715–730. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.715>

Corsini, F., Davanzati, B., Mastio, E. D., Squitieri, G., & Tempestini, M. (2018). *Funzioni esecutive, apprendimento e autocontrollo*. 32.

Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M., & Damasio, A. R. (1994). *Il ritorno di Phineas Gage: Indizi sul cervello dal cranio di un famoso paziente*.

<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.8178168>

Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037–2078. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>

De Luca, C. R., Wood, S. J., Anderson, V., Buchanan, J.-A., Proffitt, T. M., Mahony, K., & Pantelis, C. (2003). Normative Data From the Cantab. I: Development of Executive Function Over the Lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(2), 242–254. <https://doi.org/10.1076/jcen.25.2.242.13639>

Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell’Omo, M., Laschi, C., Pecini, C., Santerini, G., Sgandurra, G., & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in Human Behavior*, 71, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.018>

Di Lieto, M. C., Pecini, C., Castro, E., Inguaggiato, E., Cecchi, F., Dario, P., Cioni, G., & Sgandurra, G. (2020). *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2019.03084>

Diamond, A. (2006). The Early Development of Executive Functions. In *Lifespan Cognition*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195169539.003.0006>

Diamond, A. (2012). Activities and Programs That Improve Children’s Executive Functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(5), 335–341.

<https://doi.org/10.1177/0963721412453722>

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168.

<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). *Preschool Program Improves Cognitive Control*.

https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.1151148?casa_token=X5miSIClWnQAAAAA%3AJnHJfNqv6yWpsZJn4xpJDpJZahYB5gOCbxE2B4JgQi-KXvm7IyHt_94Z5CoTo6_BtSaIU9KIjhEVfkQ

Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to Aid Executive Function Development in Children 4–12 Years Old. *Science (New York, N.Y.)*, 333(6045), 959–964.

<https://doi.org/10.1126/science.1204529>

Dostál, J. (2015). Theory of Problem Solving. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 2798–2805. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.970>

Doswell, J. T., & Mosley, P. H. (2006). Robotics In Mixed-Reality Training Simulations: Augmenting STEM Learning. *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, 864–868.

<https://doi.org/10.1109/ICALT.2006.1652579>

Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2009). Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *British Journal of Sports Medicine*, 43(1), 22–24.

<https://doi.org/10.1136/bjism.2008.052498>

Erol, O., & Çırak, N. S. (2022). The effect of a programming tool scratch on the problem-solving skills of middle school students. *Education and Information Technologies*, 27(3), 4065–4086. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10776-w>

Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The Contribution of Executive Functions to Emergent Mathematic Skills in

- Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 465–486.
https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_6
- Fancello, G. S., Vio, C., & Cianchetti, C. (2006). *TOL. Torre di Londra. Test di valutazione delle funzioni esecutive (pianificazione e problem solving). Con CD-ROM*. Edizioni Erickson.
- 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>
- Fuster, J. (2015). *The Prefrontal Cortex*. Academic Press.
- 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>
- Gazzaley, A., Cooney, J. W., Rissman, J., & D'Esposito, M. (2005). Top-down suppression deficit underlies working memory impairment in normal aging. *Nature Neuroscience*, 8(10), 1298–1300. <https://doi.org/10.1038/mn1543>
- Gazzaley, A., & Nobre, A. C. (2012). Top-down modulation: Bridging selective attention and working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 129–135.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.11.014>
- Grattan, L. M., & Eslinger, P. J. (1991). Frontal lobe damage in children and adults: A comparative review. *Developmental Neuropsychology*, 7(3), 283–326.
<https://doi.org/10.1080/87565649109540496>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
<https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Grover, S., & Pea, R. (2015). « *Systems of Assessments* » for Deeper Learning of Computational Thinking in K-12.

- Hackman, D. A., Gallop, R., Evans, G. W., & Farah, M. J. (2015). Socioeconomic status and executive function: Developmental trajectories and mediation. *Developmental Science, 18*(5), 686–702. <https://doi.org/10.1111/desc.12246>
- Henderson, P. B., Cortina, T. J., & Wing, J. M. (2007). Computational thinking. *Proceedings of the 38th SIGCSE technical symposium on Computer science education*, 195–196. <https://doi.org/10.1145/1227310.1227378>
- Hoff, E. (2003). Causes and consequences of SES-related differences in parent-to-child speech. In *Socioeconomic status, parenting, and child development* (pagg. 147–160). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Hooper, C. J., Luciana, M., Conklin, H. M., & Yarger, R. S. (2004). Adolescents' Performance on the Iowa Gambling Task: Implications for the Development of Decision Making and Ventromedial Prefrontal Cortex. *Developmental Psychology, 40*(6), 1148–1158. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.6.1148>
- Hughes, C. (1998). Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. *British Journal of Developmental Psychology, 16*(2), 233–253. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1998.tb00921.x>
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). *Doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010 | Lettore avanzato Elsevier.* <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>
- Ioannou, A., & Makridou, E. (2018). Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future work. *Education and Information Technologies, 23*(6), 2531–2544. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9729-z>
- Kalelioğlu, F. (2015). A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org. *Computers in Human Behavior, 52*, 200–210. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.047>

- Kalelioglu, F., & Gülbahar, Y. (2014). The Effects of Teaching Programming via Scratch on Problem Solving Skills: A Discussion from Learners' Perspective. *Informatics in Education, 13*(1), 33–50.
- KaleliOğlu, F., Gülbahar, Y., & Kukul, V. (2016). *A Framework for Computational Thinking Based on a Systematic Research Review*. 14.
- Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C.-T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science, 14*(5), 1046–1058. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x>
- Kazakoff, E. R., & Bers, M. U. (2014). Put Your Robot in, Put Your Robot out: Sequencing through Programming Robots in Early Childhood. *Journal of Educational Computing Research, 50*(4), 553–573. <https://doi.org/10.2190/EC.50.4.f>
- Klein, P. D., Boscolo, P., Gelati, C., & Kirkpatrick, L. C. (2014). *Nuove direzioni nella scrittura come attività di apprendimento in: La scrittura come attività di apprendimento*. https://brill.com/view/book/edcoll/9789004265011/B9789004265011_002.xml
- Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential Development of Attention and Executive Functions in 3- to 12-Year-Old Finnish Children. *Developmental Neuropsychology, 20*(1), 407–428. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_6
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2011). *Nepsy-II-Second Edition, Manuale di somministrazione, Adattamento italiano a cura di C.Urgesi, F.Campanella, F. Fabbro, Firenze, Giunti OS, 2011*.
- Kray, J. (2006). Task-set switching under cue-based versus memory-based switching conditions in younger and older adults. *Brain Research, 1105*(1), 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.016>

- La Paglia, F., Francomano, M. M., Riva, G., & La Barbera, D. (2018). *Educational Robotics to develop of executive functions visual spatial abilities, planning and problem solving*.
<https://iris.unipa.it/handle/10447/361240>
- Lai, A.-F., & Yang, S.-M. (2011). The learning effect of visualized programming learning on 6th graders' problem solving and logical reasoning abilities. *2011 International Conference on Electrical and Control Engineering*, 6940–6944.
<https://doi.org/10.1109/ICECENG.2011.6056908>
- Lamar, M., & Resnick, S. M. (2004). Aging and prefrontal functions: Dissociating orbitofrontal and dorsolateral abilities. *Neurobiology of Aging*, 25(4), 553–558.
<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2003.06.005>
- Lara, A. H., & Wallis, J. D. (2015). The Role of Prefrontal Cortex in Working Memory: A Mini Review. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 9.
<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnsys.2015.00173>
- Last, B. S., Lawson, G. M., Breiner, K., Steinberg, L., & Farah, M. J. (2018). Childhood socioeconomic status and executive function in childhood and beyond. *PLOS ONE*, 13(8), e0202964. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202964>
- Lee, J., & Junoh, J. (2019). Implementing Unplugged Coding Activities in Early Childhood Classrooms. *Early Childhood Education Journal*, 47(6), 709–716.
<https://doi.org/10.1007/s10643-019-00967-z>
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59–80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>
- Lezak, P. of N. P. and N. M. D., Lezak, M. D., Howieson, A. P. of N. and P. D. B., Howieson, D. B., Loring, P. of N. D. W., Loring, D. W., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press.

- Lu, J. J., & Fletcher, G. H. L. (2009). Thinking about computational thinking. *Proceedings of the 40th ACM technical symposium on Computer science education*, 260–264. <https://doi.org/10.1145/1508865.1508959>
- Luciana, M., Conklin, H. M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2005). The Development of Nonverbal Working Memory and Executive Control Processes in Adolescents. *Child Development*, 76(3), 697–712. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2005.00872.x>
- Luciana, M., & Nelson, C. A. (2002). Assessment of Neuropsychological Function Through Use of the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery: Performance in 4- to 12-Year-Old Children. *Developmental Neuropsychology*, 22(3), 595–624. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2203_3
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of Cognitive Processes From Late Childhood to Adulthood. *Child Development*, 75(5), 1357–1372. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00745.x>
- Lustig, C., Hasher, L., & Tonev, S. T. (2006). Distraction as a determinant of processing speed. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(4), 619–625. <https://doi.org/10.3758/BF03193972>
- Mackey, A. P., Hill, S. S., Stone, S. I., & Bunge, S. A. (2011). Differential effects of reasoning and speed training in children. *Developmental Science*, 14(3), 582–590. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.01005.x>
- Marzocchi, G. M., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2010). *BIA. Batteria italiana per l'ADHD per la valutazione dei bambini con deficit di attenzione-iperattività. Con DVD e CD-ROM*. Edizioni Erickson.
- Marzocchi, G. M., & Valagussa, S. (2011). *Le funzioni esecutive in età evolutiva*. Franco Angeli.
- Meuwissen, A. S., & Zelazo, P. D. (2014). *Hot and Cool Executive Function: Foundations for Learning and Healthy Development*. 6.

- Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). The integration of plans. In *Plans and the structure of behavior* (pagg. 95–102). Henry Holt and Co.
<https://doi.org/10.1037/10039-007>
- Ming, H., Zhang, F., Jiang, Y., Ren, Y., & Huang, S. (2021). Family socio-economic status and children’s executive function: The moderating effects of parental subjective socio-economic status and children’s subjective social mobility. *British Journal of Psychology*, *112*(3), 720–740. <https://doi.org/10.1111/bjop.12490>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Monette, S., Bigras, M., & Lafrenière, M.-A. (2015). Structure of executive functions in typically developing kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*, *140*, 120–139. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.07.005>
- Morrison, F. J., Ponitz, C. C., & McClelland, M. M. (2010). Self-regulation and academic achievement in the transition to school. In *Child development at the intersection of emotion and cognition* (pagg. 203–224). American Psychological Association.
<https://doi.org/10.1037/12059-011>
- Munakata, Y. (2001). Graded representations in behavioral dissociations. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(7), 309–315. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01682-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01682-X)
- Munakata, Y., & McClelland, J. L. (2003). Connectionist models of development. *Developmental Science*, *6*(4), 413–429. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00296>
- Murray, A. M., Nobre, A. C., & Stokes, M. G. (2011). Markers of preparatory attention predict visual short-term memory performance. *Neuropsychologia*, *49*(6), 1458–1465.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.016>

- Nardelli, E. (2020). *Coding e oltre: L'informatica nella scuola*. Liscianilibri.
- Nardelli, E., & Ventre, G. (2015). *Introducing Computational Thinking in Italian Schools: A First Report on "Programma Il Futuro" Project*.
- Noone, M., & Mooney, A. (2018). Visual and textual programming languages: A systematic review of the literature. *Journal of Computers in Education*, 5(2), 149–174.
<https://doi.org/10.1007/s40692-018-0101-5>
- Nutley, S. B. (2011). *Development and Training of Higher Order Cognitive Functions and Their Interrelations—ProQuest*.
<https://www.proquest.com/openview/4871ac70738025bf3f3d07873f2b1957/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Oakes, L. M., & Luck, S. J. (2013). Short-Term Memory in Infancy. In *The Wiley Handbook on the Development of Children's Memory* (pagg. 151–180). John Wiley & Sons, Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9781118597705.ch8>
- Oddie, A., Hazlewood, P., Blakeway, S., & Whitfield, A. (2010). Introductory Problem Solving and Programming: Robotics Versus Traditional Approaches. *Innovation in Teaching and Learning in Information and Computer Sciences*, 9(2), 1–11.
<https://doi.org/10.11120/ital.2010.09020011>
- Oluk, A., & Saltan, F. (2015). Effects of Using the Scratch Program in 6th Grade Information Technologies Courses on Algorithm Development and Problem Solving Skills. *Participatory Educational Research*, 2(5), 10–20.
<https://doi.org/10.17275/per.15.spi.2.2>
- Palmerio, L. (2021). Romsn. *I risultati dei quindicenni italiani nella rilevazione internazionale Ocse Pisa 2018*, 1–182.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *Int. J. Comput. Math. Learn.*, 1(1), 95–123.

- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). 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>
- Pirozzi, T. (2021). *Lo sviluppo della memoria di lavoro, della metamemoria e delle funzioni esecutive in età scolare*. Department of Clinical Psychology program at Selinus University.100.
- Prado, V. F., Janickova, H., Al-Onaizi, M. A., & Prado, M. A. M. (2017). Cholinergic circuits in cognitive flexibility. *Neuroscience*, 345, 130–141.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.09.013>
- Raviv, T., Kessenich, M., & Morrison, F. J. (2004). A mediational model of the association between socioeconomic status and three-year-old language abilities: The role of parenting factors. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(4), 528–547.
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.10.007>
- Relkin, E., de Ruiter, L. E., & Bers, M. U. (2021). Learning to code and the acquisition of computational thinking by young children. *Computers & Education*, 169, 104222.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104222>
- Rennie, D. A. C., Bull, R., & Diamond, A. (2004). Executive Functioning in Preschoolers: Reducing the Inhibitory Demands of the Dimensional Change Card Sort Task. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 423–443.
https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_4
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Comunicazioni dell'ACM*, 52(11), 60–67.
<https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Rezai, K., Andreasen, N. C., Alliger, R., Cohen, G., Swayze, V., II, & O'Leary, D. S. (1993).

- The Neuropsychology of the Prefrontal Cortex. *Archives of Neurology*, 50(6), 636–642.
<https://doi.org/10.1001/archneur.1993.00540060066020>
- Rijke, W. J., Bollen, L., & Eysink, T. H. S. (2018). Computational Thinking in Primary School: An Examination of Abstraction and Decomposition in Different Age Groups. *Informatics in Education - An International Journal*, 17(1), 77–92.
- Roberts, R. J., & Pennington, B. F. (1996). An interactive framework for examining prefrontal cognitive processes. *Developmental Neuropsychology*, 12(1), 105–126.
<https://doi.org/10.1080/87565649609540642>
- Robertson, J., Gray, S., Toye, M., & Booth, J. (2020). The relationship between Executive Functions and Computational Thinking. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 3(4), 35–49. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v3i4.76>
- Robins, A., Rountree, J., & Rountree, N. (2003). Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion. *Computer Science Education*, 13(2), 137–172.
<https://doi.org/10.1076/csed.13.2.137.14200>
- Román-González, M., Pérez-González, J.-C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678–691.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>
- 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
- Rushworth, M. F. S., Walton, M. E., Kennerley, S. W., & Bannerman, D. M. (2004). Action sets and decisions in the medial frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(9), 410–417. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.07.009>
- Sáez-López, J.-M., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming

languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “Scratch” in five schools. *Computers & Education*, 97, 129–141.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.003>

Sanford, J. F., & Naidu, J. T. (2016). Computational Thinking Concepts for Grade School. *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*, 9(1), 23–32.

<https://doi.org/10.19030/cier.v9i1.9547>

Sarsour, K., Sheridan, M., Jutte, D., Nuru-Jeter, A., Hinshaw, S., & Boyce, W. T. (2011). Family Socioeconomic Status and Child Executive Functions: The Roles of Language, Home Environment, and Single Parenthood. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(01), 120–132.

<https://doi.org/10.1017/S1355617710001335>

Schweiger, M., & Marzocchi, G. M. (2008). Lo sviluppo delle Funzioni Esecutive: Uno studio su ragazzi dalla terza elementare alla terza media. *Giornale italiano di psicologia*, 2/2008. <https://doi.org/10.1421/27215>

Selby, C., & Woollard, J. (2013). *Computational thinking: The developing definition* [Monograph]. University of Southampton (E-prints). <https://eprints.soton.ac.uk/356481/>

Senn, T. E., Espy, K. A., & Kaufmann, P. M. (2004). Using Path Analysis to Understand Executive Function Organization in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 445–464. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_5

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158.

<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>

Simmering, V. R. (2012). *The development of visual working memory capacity during early childhood* | *Lettore avanzato Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.10.007>

Solesio-Jofre, E., Lorenzo-Lopez, L., Gutierrez, R., Lopez-Frutos, J. M., Ruiz-Vargas, J. M., &

- Maestu, F. (2012). Age-Related Effects in Working Memory Recognition Modulated by Retroactive Interference. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 67A(6), 565–572. <https://doi.org/10.1093/gerona/qlr199>
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Funzioni esecutive e risultati a scuola: Spostamento, aggiornamento, inibizione e memoria di lavoro. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745–759. <https://doi.org/10.1080/17470210500162854>
- Strawhacker, A., & Bers, M. U. (2019). What they learn when they learn coding: Investigating cognitive domains and computer programming knowledge in young children. *Educational Technology Research and Development*, 67(3), 541–575. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9622-x>
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1984). Neuropsychological studies of the frontal lobes. *Psychological Bulletin*, 95(1), 3–28. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.95.1.3>
- The Royal Society. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. The Royal Society Education.
- Thies, R., & Vahrenhold, J. (2013). On plugging «unplugged» into CS classes. *Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education*, 365–370. <https://doi.org/10.1145/2445196.2445303>
- Threekunprapa, A., & Yasri, P. (2020). Unplugged Coding Using Flowblocks for Promoting Computational Thinking and Programming among Secondary School Students. *International Journal of Instruction*, 13(3), 207–222.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative-developmental study

- of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(2), 131–149. <https://doi.org/10.1080/87565649109540483>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Wing, J. (2010). *Computational thinking: What and why?*. Retrieved from <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>.
- Yadav, A., Zhou, N., Mayfield, C., Hambruch, S., & Korb, J. T. (2011). Introducing computational thinking in education courses. *Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education*, 465–470.
- Zanto, T. P., Toy, B., & Gazzaley, A. (2010). *Doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.003 | Lettore avanzato Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.003>
- Zelazo, F. D., Carter, A., & Reznick, J. S. (1997). *Early Development of Executive Function: A Problem-Solving Framework—Philip David Zelazo, Alice Carter, J. Steven Reznick, Douglas Frye, 1997*. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1037/1089-2680.1.2.198>
- Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2016). Executive Function: Implications for Education. NCER 2017-2000. In *National Center for Education Research*. National Center for Education Research.
- Zelazo, P. D., Craik, F. I. M., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica*, 115(2), 167–183. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2003.12.005>
- Zelazo, P. D., & Lyons, K. E. (2011). Mindfulness Training in Childhood. *Human Development*, 54(2), 61–65.
- Zimmerman, B. J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: Historical background,

methodological developments, and future prospects. *American educational research journal*, 45(1), 166–183.

Zosh, J. M., & Feigenson, L. (2015). *Array heterogeneity prevents catastrophic forgetting in infants* | *Lettore avanzato Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.11.042>

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione di questo elaborato.

Ringrazio la mia relatrice, la Prof.ssa Barbara Arfé, la quale mi ha permesso di partecipare a questo interessante progetto di ricerca.

Ringrazio la mia correlatrice, la Dott.ssa Chiara Montuori, la quale durante tutti questi mesi è stata sempre disponibile, anche in quei giorni ed orari in cui non si dovrebbe lavorare. Ha saputo guidarmi e fornirmi tutte le indicazioni necessarie affinché io potessi riuscire a fare un buon lavoro. Devo veramente ringraziarla, perché mi ha insegnato tanto quest'anno, mi ha sicuramente resa migliore, e senza il suo supporto non ce l'avrei fatta.

Ringrazio i miei genitori, mia sorella Vanessa e il mio ragazzo Fabio, che più di tutti mi hanno davvero sostenuta nei momenti di sconforto, quando pensavo di non farcela loro ci sono sempre stati. Inoltre, un grazie a tutte quelle persone, amici e parenti (loro sanno), che anche con piccoli gesti mi sono stati vicino in questo percorso.

Infine, dedico questo traguardo a me stessa, che nonostante tutte le difficoltà non ho mai smesso di crederci e non ho mai abbandonato i miei sogni.

