



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

Un training di pensiero computazionale in prima primaria:
effetto del genere sulle abilità di coding e di funzionamento
esecutivo

A computational thinking training for first graders: gender effect on coding and
executive functioning skills

Relatrice

Prof.ssa Barbara Arfè

Correlatrice

Dott.ssa Chiara Montuori

Laureanda: Veronica Marchiori

Matricola: 1238839

Anno Accademico 2021/2022

Sommario

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO I.....	3
LE FUNZIONI ESECUTIVE.....	3
1.1 DEFINIZIONI.....	3
1.2 CLASSIFICAZIONE DELLE FUNZIONI ESECUTIVE.....	5
1.3 SVILUPPO NEUROANATOMICO DELLE FUNZIONI ESECUTIVE	13
1.4 MODELLI NEUROPSICOLOGICI	16
1.5 LE TRAIETTORIE DI SVILUPPO DELLE FUNZIONI ESECUTIVE	23
1.6 LE FUNZIONI ESECUTIVE IN RELAZIONE AGLI APPRENDIMENTI	26
1.7 LE DIFFERENZE DI GENERE NELLE FUNZIONI ESECUTIVE	28
CAPITOLO II.....	32
IL PENSIERO COMPUTAZIONALE.....	32
2.1 PANORAMICA SU UNA DISCIPLINA INNOVATIVA	32
2.2 IL PENSIERO COMPUTAZIONALE NEL CONTESTO SCOLASTICO.....	37
2.3 STRUMENTI PER ALLENARE IL PENSIERO COMPUTAZIONALE	41
2.4 EFFETTI DEL PENSIERO COMPUTAZIONALE SULLE FUNZIONI ESECUTIVE	47
2.5 PENSIERO COMPUTAZIONALE E DIFFERENZE DI GENERE	48
CAPITOLO III.....	53
LA RICERCA.....	53
3.1 OBIETTIVI	54
3.2 PARTECIPANTI.....	54
3.3 STRUMENTI E PROCEDURA	56
CAPITOLO IV	66
RISULTATI.....	66
DISCUSSIONI	82
CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE	86
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	88
RINGRAZIAMENTI	106

Introduzione

Il problem solving può essere definito come un'abilità che permette all'individuo di comprendere un problema, ideare ed eseguire un piano per risolverlo, ed infine valutarne l'efficacia, allo scopo di adattarsi alle richieste esterne.

Derivando dalla capacità di problem solving, il pensiero computazionale implica l'adozione di maggiori capacità di memoria di lavoro, inibizione della risposta e pianificazione. Il pensiero computazionale è il processo di pensiero che consente di analizzare e risolvere problemi servendosi di metodi logici dell'informatica. Lo strumento utilizzato per allenare il pensiero computazionale è il coding (programmazione). Recenti studi hanno dimostrato che l'esercizio dell'abilità di pensiero computazionale, attraverso attività di coding, potenzia le funzioni cognitive di inibizione e pianificazione in bambini di prima primaria, essenziali per una buona riuscita scolastica. Questa premessa risulta importante, in quanto alcuni studi evidenziano differenze di genere nei compiti di abilità matematica, in particolare nelle materie STEM (Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica). Esporre maggiormente i bambini al curriculum STEM sin dalla prima infanzia, ad attività computerizzate e a giochi interattivi per l'allenamento del pensiero computazionale, potrebbe risultare efficace nel ridurre lo sviluppo del gender gap.

Lo scopo del presente studio è stato quindi quello di: esplorare il ruolo del genere rispetto alle prestazioni di coding; indagare se gli effetti positivi sulle funzioni esecutive di pianificazione ed inibizione, conseguenti ad un mese di attività di coding, siano influenzati dal genere.

Capitolo I

Le funzioni esecutive

1.1 Definizioni

Nel corso degli ultimi decenni all'interno della letteratura scientifica si è dato sempre più spazio alla trattazione delle funzioni esecutive. Tuttavia, prima di giungere ad una definizione accurata di funzione esecutiva tale da mettere d'accordo gli studiosi del campo, si è passati per un progressivo cambiamento concettuale. A partire dalla seconda metà del XX secolo diversi autori hanno concordato sul fatto le funzioni esecutive siano considerate come un insieme omogeneo comprendente diverse sotto abilità interconnesse (Luria, 1966; Stuss & Benson, 1986; Lezak, 1993).

Il termine funzioni esecutive (FE) indica un insieme di processi mentali di ordine superiore attraverso i quali è possibile controllare e regolare volontariamente altri processi di ordine inferiore, grazie ad una continua interazione, ottimizzando costi ed energie (Gilbert & Burgess, 2008). Definite anche controllo esecutivo o controllo cognitivo, esse permettono di programmare e mettere in atto comportamenti adattivi e orientati al raggiungimento di obiettivi futuri (Burgess & Simons, 2005); una sorta quindi di "controllore" che svolge il ruolo di regolatore dei pensieri e dei comportamenti (Miyake & Friedman, 2012).

Walsh (1978) e Shallice (1990) propongono un'ulteriore specificazione al concetto di funzioni esecutive, sostenendo come queste vengano attivate in presenza di circostanze nuove o non familiari (Walsh, 1978; Shallice, 1990).

Di fronte ad una situazione dove è richiesta una risposta precisa ad un determinato stimolo, la persona deve allocare una quantità di risorse cognitive non indifferente, tale a volte da indurre l'individuo a adottare un comportamento non più di routine (Burgess & Simons, 2005). In altri termini, queste funzioni intervengono nel momento in cui una risposta automatica, guidata dall'istinto o dall'abitudine o dal fatto di voler compiere

minore fatica cognitiva, è sconsigliata per il raggiungimento di un obiettivo, ovvero in tutte quei compiti che richiedono ad esempio concentrazione, risoluzioni di problemi, scelte coscienti tra alternative (Diamond, 2006). Per comprendere con più precisione il significato di tali affermazioni, è necessario fare una distinzione tra ciò che è un'elaborazione automatica o di routine, ed un'elaborazione controllata o non di routine. Saper leggere, andare in bicicletta o guidare una macchina sono tutte azioni che fanno uso di un'elaborazione automatica: diventano degli automatismi, in quanto ogni individuo nel corso della propria vita compie questi tipi di azioni meccanicamente; non a caso, non si ha bisogno di ripercorrere le basi grammaticali dell'italiano o rimettere le rotelle alla bicicletta o ancora ripetere le lezioni di guida per far sì che queste azioni si possano attuare. Differenti sono le azioni in cui si verifica una situazione di stallo, in cui pare non ci sia via d'uscita per arrivare ad una soluzione (Gilbert & Burgess, 2008). Si pensi, ad esempio, al voler comprare un'auto nuova, e solo dopo aver concluso le pratiche rendersi conto di non potersela permettere; un errore di certo non da poco, che potrebbe andare ad influire negativamente sulla vita dell'individuo.

Le funzioni esecutive si possono pensare come quell'accorgimento grazie al quale l'individuo può modificare un proprio pensiero, azione e comportamento, andando oltre alla classica relazione stimolo-risposta. A tal proposito Lezak (1993) sostiene la distinzione tra abilità cognitive, considerate come dominio specifico, e funzioni esecutive aventi un impatto su più aspetti del comportamento. L'integrazione di tali funzioni risulta così necessaria per rendere possibile e migliorare le azioni quotidiane di ognuno, contrastando quelle che sono invece le azioni legate a stimoli percettivi (Lezak, 1993).

“Le funzioni esecutive rendono possibile giocare mentalmente con le idee; prendere il tempo di pensare prima di agire; affrontare nuove idee; resistere alle tentazioni; e rimanere concentrati” (Diamond, 2013, p. 135).

A partire dagli inizi del XXI secolo, nella letteratura scientifica esiste un accordo generale

riguardo all'esistenza di tre FE principali quali l'inibizione, la memoria di lavoro e la flessibilità cognitiva, implicate in altri processi cognitivi più complessi, tra i quali troviamo la pianificazione, il problem solving e il ragionamento analogico (Lehto et al., 2003).

1.2 Classificazione delle funzioni esecutive

Negli anni, alcuni autori si sono concentrati sulla suddivisione delle funzioni esecutive in base a due domini distinti: le funzioni esecutive emotive/motivazionali, comprendenti ad esempio, il controllo inibitorio, e le funzioni esecutive metacognitive, comprendenti la pianificazione, il problem solving e la memoria di lavoro (Stuss & Knight, 2002; Miller & Wang, 2006; Ardila, 2008).

Nell'articolo di Hobson (2011) si presenta un'ulteriore distinzione. Da un lato vi sono le funzioni esecutive "fredde", di ordine inferiore, come il controllo inibitorio, la memoria di lavoro e la flessibilità cognitiva, le quali si adoperano in presenza di compiti puramente cognitivi e neutri rispetto alla componente emotiva, come risoluzione di problemi astratti e non contestualizzati. Dall'altro, le funzioni esecutive "calde", di ordine superiore, come la pianificazione, il problem solving e il ragionamento analogico, presenti in compiti che prevedono una regolazione emotiva (Hobson et al., 2011). La combinazione delle funzioni esecutive "fredde" e "calde" induce l'individuo a risolvere un determinato problema o a raggiungere un obiettivo, adottando allo stesso tempo strategie cognitive ed emotivo-motivazionali (Zelazo, 2015).

Ad oggi esiste un accordo generale riguardo all'esistenza di tre FE principali (core) quali l'inibizione, la memoria di lavoro e la flessibilità cognitiva che fungono da base per le funzioni esecutive di ordine superiore quali il ragionamento, il problem solving e la pianificazione (Diamond, 2013).

1.2.1 Funzioni “fredde”

Controllo inibitorio

L'abilità di controllo inibitorio, anche definita con i termini controllo cognitivo o inibizione cognitiva, gioca un ruolo fondamentale nella messa in atto di alcuni comportamenti. Grazie all'inibizione cognitiva, è possibile controllare gli impulsi, sganciandosi dalle azioni di routine e porre maggiore attenzione (Diamond, 2013), ai fini di regolare qualsiasi comportamento, azione o pensiero (Fuster, 2002).

Si immagina un gruppo di bambini ad una festa di compleanno, immersi nell'ascoltare le spiegazioni delle regole di un gioco comune, e la rottura improvvisa di un palloncino non attraggia la loro attenzione. Una spiegazione a questo fenomeno è data dal fatto che il controllo inibitorio implica da un lato la selezione delle informazioni ritenute rilevanti, e dall'altro l'inibizione di tutte le altre informazioni non rilevanti per portare a termine un determinato compito (Posner & DiGirolamo, 1998).

Il controllo inibitorio, dunque, è un processo cognitivo che implica la capacità di ignorare la distrazione e rimanere concentrati. Ad esempio, a molti sarà capitato di aver preso una decisione o compiuto un'azione e solo poi essersi resi conto di non aver aspettato abbastanza. In questo caso, il controllo inibitorio non è risultato efficace. L'azione risultante, infatti, deve essere quella di sopprimere i pensieri indesiderati, in quanto lo scopo dell'individuo è quello di resistere all'instaurarsi di un'interferenza (Diamond, 2006).

Barkley ha distinto tre processi nell'inibizione, tra cui l'inibizione delle risposte prepotenti, l'arresto di una risposta in corso e il controllo delle interferenze, i quali permettono il funzionamento delle altre FE (Barkley, 1997).

Altri autori sostengono che l'inibizione comprenda: l'attenzione selettiva o focalizzata, che consente di concentrarsi su ciò che si predilige e di limitare l'attenzione verso altri stimoli (Stuss & Benson, 1987; Levin, 1990; Mateer & Williams, 1991); l'inibizione

cognitiva, che permette di sopprimere le rappresentazioni mentali prepotenti; infine, l'autocontrollo, inteso come il controllo del proprio comportamento e delle proprie emozioni (sopprimere quindi la risposta impulsiva). Quest'ultimo, dunque, è la capacità dell'individuo di non mettere in atto delle azioni o comportamenti che, se influenzati da un evento distraente, da un ricordo o da una tentazione, possano incidere negativamente su un compito (Diamond, 2012).

Memoria di lavoro

Ciò che permette il mantenimento, il recupero e la manipolazione delle informazioni, e dunque la buona riuscita del compito, è la memoria di lavoro (ML) (Baddeley & Hitch, 1994; Diamond, 2006). Se si pensa ad un compito di matematica, ove c'è la necessità di tenere a mente formule, varie regole per la costruzione di grafici o teorie per la risoluzione dei problemi, all'alunno viene richiesto uno sforzo cognitivo non da poco: la memoria di lavoro è quella capacità che permette all'individuo di mantenere e all'occorrenza recuperare una serie di informazioni, tra cui stimoli ed eventi, per poterle poi riutilizzare o evitarle (Grissom & Reyes, 2019). Inoltre, questa capacità è utile anche per riordinare mentalmente alcuni elementi, determinare la causa e l'effetto di un evento, integrare ciò che è già presente in memoria con le nuove informazioni (*updating*) e definire relazioni tra le varie informazioni per estrapolare un principio generale (Diamond, 2012).

La memoria di lavoro viene distinta in memoria di lavoro verbale e memoria di lavoro visuospaziale. La memoria di lavoro verbale permette il recupero delle informazioni e il conseguente ragionamento, cioè il saper costruire una connessione tra gli input verbali ai fini di prendere le giuste decisioni e all'occorrenza di introdurre delle strategie alternative; la memoria di lavoro visuospaziale coinvolta nella generazione, manipolazione e mantenimento delle informazioni visive, e permette inoltre di conservare input di tipo visivo e/o spaziali, ma anche linguistico ricodificato in forme non verbali o visive (Pham & Hasson, 2014).

Flessibilità cognitiva

La flessibilità cognitiva implica la capacità di allocare risorse in modo adattabile per selezionare la risposta comportamentale più efficace all'interno di un contesto in cui sono presenti differenti stimoli sensoriali per cui è necessario modificare il piano d'azione precedentemente adottato sulla base di quest'ultimi (Diamond, 2013).

Si supponga di dover svolgere un compito complesso in cui sono presenti delle interferenze; in questa circostanza può capitare che ci si imbatta in un contrasto di stimoli, tale da causare un conflitto cognitivo, cioè una discordanza tra ciò che l'individuo pensa e ciò che l'individuo mette in atto. La capacità che un individuo possiede di cambiare o aggiornare il proprio punto di vista o prospettiva, smettendo di adottare un pensiero rigido, è nota come flessibilità cognitiva o *shifting* o flessibilità mentale (Diamond, 2006; Diamond 2013).

In situazioni dove la flessibilità cognitiva si manifesta, il risultato avviene grazie all'intervento del controllo inibitorio che inibisce la risposta che si voleva dare e la memoria di lavoro che ne recupera e attiva una diversa; ecco perché questa funzione esecutiva si sviluppa più tardi rispetto alle altre (Garon, 2008).

La flessibilità cognitiva non solo comporta un "cambio di rotta", ma può anche coincidere con un'abilità che risiede nel saper riconoscere una diversa strategia da adottare per fronteggiare un problema, oppure nell'adattarsi a nuove, inaspettate o più complesse richieste che vengono poste (Diamond, 2012).

1.2.2 Funzioni "calde"

Ragionamento analogico

Ciò che distingue il comportamento umano da quello animale risiede nell'utilizzo di un pensiero analitico e induttivo, il quale sottintende la capacità di definire relazioni tra fenomeni disparati o dissimili (Gentner, 1983).

La capacità di ragionamento analogico può essere spiegata, nei bambini (Thibaut et al.,

2010) e negli adulti (Krawczyk et al., 2008), come il risultato di un'azione combinata di altre funzioni esecutive, come il controllo inibitorio e la memoria di lavoro.

Negli anni, sono state identificate diverse teorie che potrebbero spiegare la nascita del ragionamento analogico (Richland & Burchinal, 2012).

Andrews e Halford hanno proposto la Teoria della complessità relazionale, nella quale sostengono come il livello di maturità della memoria di lavoro e di quella a breve termine possa fungere da predittore rispetto alla quantità di relazioni analogiche che i bambini possono costruire: secondo questa teoria, dunque, è intuitivo il pensiero che bambini più piccoli avranno risorse più limitate per compiere analisi più complesse (Andrews & Halford, 2002).

Altre sottolineano il ruolo della coscienza, come la Teoria dell'intimità relazionale presentata da Goswami, la quale supporta l'idea che il ragionamento analogico sia disponibile fin dalla nascita, ma risulti subordinato alla conoscenza (Goswami, 1992).

Gentner e Rattermann propongono la Teoria dello spostamento relazionale, la quale supporta l'idea che i bambini prima di acquisire le conoscenze di base ragionino in modo non analogico, mettendo in relazione le varie caratteristiche di un dato stimolo sulla base di somiglianze; successivamente con l'acquisizione di conoscenze rilevanti, i bambini adottano il ragionamento analitico (Gentner & Rattermann, 1991).

Problem solving

Il problem solving può essere definito come un'abilità che, attraverso operazioni cognitive e comportamentali, permette all'individuo di comprendere un problema, ideare ed eseguire un piano per risolverlo, ed infine valutarne l'efficacia, allo scopo di adattarsi alle richieste esterne (Florez et al., 2017).

Le risorse della memoria di lavoro permettono all'individuo la riuscita di un compito valutato di facile realizzazione; tuttavia, in presenza di un compito più complesso, la memoria di lavoro risulta non essere più sufficiente per adempiere al raggiungimento

dell'obiettivo, ossia la realizzazione di tale compito. In presenza di una funzione la cui capacità risulta limitata, come la memoria di lavoro, è allora necessario che l'individuo frazioni il problema creando dei modelli mentali (Ericsson, 2003). Infatti, alcuni processi di problem solving dipendono dalla memoria di lavoro, come l'interpretazione delle affermazioni del problema, la generazione di rappresentazioni di esso e il recupero di fatti matematici (Wiley & Jarosz, 2012).

Inoltre, risulta di particolare importanza il controllo inibitorio, specialmente quando il problema contiene informazioni irrilevanti che pongono l'individuo a dover adottare ulteriori risorse cognitive per fronteggiare le varie richieste necessarie per sopprimere strategie inefficienti e fronteggiare successivamente le varie richieste (Passolunghi & Siegel, 2001). A sostegno di ciò, alcuni studi hanno suggerito che difficoltà nella abilità matematiche potrebbero derivare da difficoltà nelle abilità inibitorie (Gilmore et al., 2013); tuttavia, altri studi non ne hanno dimostrato la relazione (Censabella & Noël, 2007).

Diversi teorici nel corso del tempo hanno concordato nell'affermare che nel problem solving vengono identificate quattro fasi: comprensione del problema, ideazione di un piano, esecuzione del piano, e infine valutazione della soluzione (Polya, 1957; Mayer & Hegarty, 1996). Ad ogni fase corrisponderebbe una particolare abilità esecutiva: ad esempio, la comprensione del problema coinvolge le abilità di inibizione in quanto l'individuo deve identificare le informazioni rilevanti all'interno di un compito che potrebbe contenere caratteristiche irrilevanti; l'elaborazione e l'esecuzione di un piano può includere diverse abilità esecutive, in quanto per procedere è necessario stabilire le procedure più corrette e diversi calcoli matematici, i quali a loro volta richiederebbero l'intervento della ML; la valutazione della fase di esecuzione infine può richiedere le abilità della ML per la revisione finale (Swanson et al., 2013).

In letteratura non sono presenti molti studi che attestino se specifiche funzioni esecutive

siano rilevanti nel problem solving; anche se, uno studio condotto da Lee, Ng e Ng (2009) su bambini di undici anni ha indagato il ruolo della ML e dei processi di inibizione in alcune fasi di risoluzione di un problema, tra cui rappresentazione del problema, generazione della soluzione e alcune sottocomponenti della risoluzione di un problema, come la comprensione della domanda. Lo studio ha dimostrato la presenza di una correlazione tra problem solving e memoria di lavoro, ma non della capacità inibitoria, nel determinare l'accuratezza delle prestazioni nel problem solving (Lee et al., 2009).

Con una ricerca condotta da Kotsopoulos e Lee (12) su studenti di età compresa tra i tredici e quattordici anni, gli autori hanno indagato il modo degli studenti di affrontare le sfide in ciascuna delle quattro fasi del problem solving, e di come poi queste venivano successivamente messe in relazione ad una singola funzione esecutiva. I risultati hanno mostrato come il problem solving sia meno presente durante la fase iniziale di comprensione del problema, e che l'inibizione e la flessibilità cognitiva siano rispettivamente presenti nelle fasi di elaborazione e valutazione del problema (Kotsopoulos & Lee, 2012).

Diamond (2013) sostiene che l'interazione tra ragionamento, sia induttivo che deduttivo, e problem solving possa essere identificata come l'intelligenza fluida, ovvero quella capacità che permette di capire le relazioni astratte alla base delle analogie (Diamond, 2013).

Pianificazione

La pianificazione era stata già individuata e trattata in diversi modelli teorici, tra cui quello di Lezak (1995) e quello di Zelazo (1997). Lezak definisce questa funzione esecutiva come la capacità di identificare una sequenza di fasi intermedie necessarie per risolvere un problema e raggiungere un obiettivo. Necessaria, a tale abilità, è la capacità di prevedere le conseguenze di una propria azione e disporre mentalmente in sequenza le azioni prima di eseguirle (Lezak, 1995).

La pianificazione è una componente fondamentale della quotidianità, la quale permette all'individuo di poter programmare gli eventi futuri della propria vita. Vi è, perciò, una base decisionale, la quale implica le capacità dapprima di immaginare e poi di concretizzare (Miller et al., 2020). L'immaginazione, in termini più tecnici, può essere denominata come previsione o anticipazione, la quale aiuta l'individuo ad organizzare in modo flessibile i propri comportamenti decisionali per il raggiungimento di un obiettivo (Suddendorf & Moore, 2011).

Inoltre, la pianificazione richiede l'integrazione di una serie di processi cognitivi, come la formulazione di strategie, il coordinamento delle funzioni mentali, il riconoscimento del raggiungimento dell'obiettivo e la memorizzazione delle rappresentazioni (Cazzato et al., 2010).

La pianificazione si basa sul concetto di "risparmio cognitivo", secondo il quale l'individuo adotta una modalità di raggiungimento di un obiettivo attraverso la costruzione di schemi semplici dette euristiche cognitive (Cazzato et al., 2010). Queste vengono definite come schemi comportamentali che, ai fini di giungere ad un obiettivo, inducono l'individuo a adottare una minor quantità di risorse cognitive. Per giungere alla soluzione di un problema si genera così una strategia, ovvero un insieme di azioni che fungono da guida (Duncan, 1985). In altre parole, la pianificazione risulta la capacità di ordinare una serie di passaggi finalizzati al raggiungimento di un obiettivo (Bers et al., 2014).

La memoria di lavoro viene considerata come un prerequisito fondamentale per la pianificazione e la selezione delle azioni, in quanto queste attività sono subordinate all'elaborazione delle informazioni da parte della memoria di lavoro (Klenberg et al., 2011).

Da uno studio è emerso come la pianificazione di un evento immediato risulta meno difficoltosa di quella di un evento futuro, in quanto quest'ultimo richiede maggiori

funzioni esecutive (Redshaw & Suddendorf, 2013): si è visto, infatti, che alcune funzioni esecutive come il controllo inibitorio e la flessibilità cognitiva aiutino in questo tipo di compito, fungendo da base per la previsione (Atance & Meltzoff, 2006).

1.3 Sviluppo neuroanatomico delle funzioni esecutive

La comunità scientifica ha posto grande attenzione alla comprensione dei meccanismi che sottostanno al controllo cognitivo e comportamentale degli individui; tuttavia, è risultato difficile giungere alla conclusione che lo sviluppo delle funzioni esecutive fosse dovuto a specifiche aree cerebrali, come principalmente la corteccia prefrontale (PFC) e i lobi frontali, in quanto vi è un'elevata quantità e complessità di elaborazioni di stimoli di diversa natura a cui queste regioni sono sottoposte. Inoltre, la scarsa letteratura in merito e l'attuale interesse verso queste aree ha permesso solo di recente di ampliare la ricerca in merito (Gilbert & Burgess, 2008).

Sebbene non ci fossero ancora nozioni certe sulla connessione tra le funzioni esecutive e le aree cerebrali come i lobi frontali e la corteccia prefrontale, gli autori studiavano e indagavano sui principali effetti comportamentali a seguito di lesioni che coinvolgevano le suddette aree (Ardila, 2008).

L'esistenza di un meccanismo di controllo di pensiero e comportamento era già stata ipotizzata intorno al 1840, quando il famoso caso di Phineas Gage aveva mostrato come una lesione alle aree cerebrali frontali potesse determinare un importante cambiamento nel comportamento di un individuo. Sopravvissuto all'accaduto, infatti, egli cominciò tuttavia a manifestare tra le altre problematiche anche irascibilità e irresponsabilità. Questo caso ha permesso agli studiosi della metà del XX secolo di analizzare ancora più a fondo le relazioni tra le funzioni esecutive e la corteccia prefrontale: conclusero che quest'ultima non solo poteva essere coinvolta, dunque, nei processi di natura cognitiva, ma anche in quelli di natura emotiva, affermando perciò la presenza di un controllo della corteccia prefrontale anche sul sistema limbico, e in particolare nei disturbi del

coordinamento della cognizione e dell'emozione/motivazione (Mitchell & Phillips, 2007).

A sostegno di questo, nel 1923 Feuchtwanger individuò quella che venne definita la “sindrome del lobo frontale”, in quanto notò nei pazienti con lesioni a quest'area cambiamenti nell'integrità della personalità, disregolazione affettiva, ed incapacità di regolare e integrare altri comportamenti (Ardila, 2008).

Nel 1944 Goldestein aggiunse l'atteggiamento astratto, l'iniziazione e la flessibilità mentale al ruolo intrapreso dai lobi frontali (Ardila, 2008).

Luria, negli anni 1966 e 1969, incluse inoltre la programmazione del movimento motorio, il controllo inibitorio, il problem solving, la regolazione verbale del comportamento, la revisione comportamentale a seguito di conseguenze sull'adozione di un determinato comportamento, l'integrazione temporale del comportamento, e la coscienza (Ardila, 2008).

Nel 1986 Baddeley coniò il termine di “sindrome disesecutiva”, in quanto studi su pazienti con lesioni ai lobi frontali mostravano problemi di pianificazione, organizzazione dei comportamenti, disinibizione, perseveranza, ridotta fluidità e iniziazione (Ardila, 2008).

Durante la fine del XX secolo, con la pubblicazione di numerosi scritti in merito a ricerche sulla corteccia prefrontale, si arrivò a concludere che la sindrome frontale o prefrontale non fosse altro che un sinonimo della disfunzione esecutiva. Successivamente, grazie a studi di mappatura della funzione cerebrale, si ampliò il panorama di connessioni tra le funzioni esecutive e non solo la corteccia prefrontale, ma anche altre aree cerebrali, come le regioni posteriori, corticali, sottocorticali e il sistema limbico (Roberts et al., 2002).

Inoltre, a livello molecolare, la PFC richiede uno stato di equilibrio tra l'impulso eccitatorio dei neuroni del glutammato e l'impulso inibitorio dei neuroni GABA per un corretto funzionamento delle funzioni esecutive (Murphy et al., 2012). Risulta, perciò,

fondamentale durante i primi anni di vita il fenomeno del pruning sinaptico, ovvero quell'azione di potatura o rimozione naturale di alcune sinapsi meno attive in quanto permette di bloccare la sovrapproduzione di neuroni e le loro connessioni, che andrebbero ad influire notevolmente sullo sviluppo strutturale del cervello, specialmente in regioni come la PFC che continua il suo sviluppo fino all'adolescenza (Grissom & Reyes, 2019). La relazione tra questi concetti risiede nel fatto che deficit nella funzione sinaptica possono riversarsi in deficit delle funzioni esecutive (Hehar et al., 2015).

Ad esempio, Luria nel 1966, 1973 e 1980, anche grazie ai risultati delle ricerche citate nel paragrafo precedente, ha distinto tre sottogruppi di funzioni esecutive sulla base dell'area cerebrale coinvolta: eccitazione-motivazione, controllate dai sistemi limbici e reticolari; ricezione, elaborazione e memorizzazione delle informazioni, deputate alle aree corticali post-rolandiche; infine, programmazione, controllo e verifica dell'attività, dovute al controllo della corteccia prefrontale (Ardila, 2008).

Un'ulteriore distinzione riguarda le funzioni esecutive "fredde", le quali coinvolgono le regioni laterali della PFC (Zelazo, 2015); viceversa, le funzioni esecutive "calde", situate nelle regioni ventrali e mediali della PFC, le quali comprendono il circuito mesolimbico della ricompensa e sono dunque coinvolte nella regolazione emotivo-motivazionale (Zelazo, 2015).

Ad oggi, autori come Gilbert e Burgess si sono domandati se la funzione esecutiva potesse essere frazionata: cioè, se da un lato a livello comportamentale è possibile separare i diversi processi cognitivi che costituiscono le funzioni esecutive, e dall'altro se si può dimostrare che le diverse aree dei lobi frontali sostengano vari aspetti delle funzioni esecutive. Dalle analisi si evince che una singola funzione esecutiva non si riferisce solo ad un singolo processo cognitivo. A sostegno di tale affermazione, attraverso studi di mappatura della struttura cerebrale, si è potuto constatare che l'attivazione di una funzione esecutiva è evidente dai cambiamenti emodinamici in diverse parti dei lobi

frontali, e che danni a quest'ultimi hanno effetti differenziati in base alla funzione esecutiva presa in esame (Gilbert & Burgess, 2008).

Andando nel dettaglio, la corteccia prefrontale ventrolaterale (VLPFC) pare essere coinvolta in presenza di compiti relativamente semplici, come il memorizzare un numero di telefono prima di poterselo appuntare, i quali tuttavia non risultano immagazzinabili nella ML. La corteccia prefrontale dorsolaterale (DLPFC), invece, è imputata in compiti più complessi, come il comporre un numero nell'ordine inverso o formulare piani per il futuro, e dunque nella manipolazione di tali informazioni (Gilbert & Burgess, 2008).

Una regione cerebrale appartenente alla corteccia prefrontale mediale (PFC mediale), la corteccia cingolata anteriore (AAC), sembra essere implicata nel rilevare il bisogno di controllo: in particolare, il suo ruolo risiede nel segnalare alla DLPFC quando è richiesta una modulazione di livello superiore, ad esempio quando ci si trova in competizione tra due o più modi di comportarsi. Ciò consente alla PFC di attivarsi quando diventa necessario esercitare un controllo dall'alto verso il basso su altre regioni cerebrali (Gilbert & Burgess, 2008).

Infine, la corteccia prefrontale rostrale (RPF), invece, si attiva quando è necessario combinare due operazioni cognitive distinte per eseguire un unico compito, o nella funzione di "mentalizzazione", cioè nella capacità di riflettere su ciò che pensano gli altri, oppure ancora nella manipolazione delle informazioni contenute nella memoria di lavoro a lungo termine (Gilbert & Burgess, 2008).

1.4 Modelli neuropsicologici

La visione sull'evoluzione interpretativa del ruolo delle funzioni esecutive è cambiata nel corso dei decenni: in questo paragrafo si passano in rassegna alcuni dei principali modelli teorici disponibili in letteratura (Marzocchi & Valagussa, 2011).

1.4.1 Modelli unitari

Tali modelli definiscono le funzioni esecutive come appartenenti ad un unico sistema

unitario. Di questi, fanno parte il Sistema esecutivo centrale di Baddeley e Hitch (1974), e il Sistema Attentivo Supervisore di Norman e Shallice (1986).

Il Sistema esecutivo centrale

Definito come un sistema psicologico in grado di iniziare, mantenere e terminare un processo cognitivo, il sistema esecutivo centrale proposto da Alan Baddeley e Graham Hitch (1974) organizza le risorse di elaborazione dell'individuo al fine di rendere possibile la memorizzazione dei processi cognitivi. Questo avviene grazie all'intervento del sistema di memoria a breve termine, in particolare della memoria di lavoro, la quale risulta essere di capacità limitate ma con diverse sottocomponenti, in grado di conservare e attivare all'occorrenza le informazioni immagazzinate (Buehler, 2017).

Sulla base di un modello di memoria precedente proposto da Atkinson e Shiffrin, Baddeley e Hitch rivisitano la teoria dimostrando come la ML non potesse costituire un unico grande magazzino di elaborazione, proponendo un modello alternativo (Baddeley, 2012).

Inizialmente il modello originale (1974) era composto da un esecutivo centrale (EC), il cui scopo era quello del controllo attenzionale e dell'integrazione con la memoria a lungo termine delle informazioni provenienti da altre due componenti, quali il loop fonologico e il taccuino visuo-spaziale. Con le successive rivisitazioni (2000), il sistema si compone invece di tre sottosistemi interconnessi, come si può notare dalla **Figura 1**: il loop fonologico, il taccuino visuo-spaziale e il buffer episodico. Essi rispettivamente permettono all'esecutivo di elaborare informazioni provenienti da stimoli di natura percettiva, di mantenere le informazioni di natura visuo-spaziale generando delle rappresentazioni mentali, e di integrare le informazioni in modo multidimensionale (Baddeley, 2012). Le risorse che vengono impegnate si riversano poi anche sulla velocità e sulla precisione di elaborazione di un processo cognitivo, ciò che costituisce quella che viene definita come attenzione esecutiva; in sostanza, ciò che permette al sistema

esecutivo centrale di operare sono le funzioni esecutive quali controllo inibitorio, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva (Buehler, 2017).

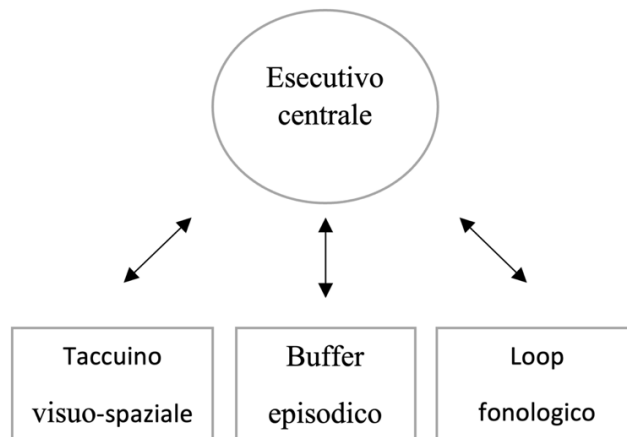


Figura 1. Il modello rivisitato di memoria di lavoro di Baddeley & Hitch (2000)

Il sistema Attentivo Supervisore (SAS)

Il modello di controllo esecutivo, rappresentato nella **Figura 2**, viene proposto da Norman e Shallice nel 1986. Gli autori sostengono che l'attuarsi di un comportamento piuttosto che l'altro sia dovuto all'adozione di "schemi" (Gilbert & Burgess, 2008) o sottosistemi multipli per l'elaborazione cognitiva (Posner & DiGirolamo, 1998), intesi come strutture interconnesse in grado di regolare pensieri e azioni; essi possono essere attivati da elementi diversi: da un lato vi è un'attivazione legata ad un sistema ambientale, dall'altro un'attivazione dovuta ad un sistema definito di supervisione (Gilbert & Burgess, 2008).

Il sistema ambientale si attiva quando si è in presenza di situazioni abituali; si pensi, ad esempio durante la guida, al frenare in prossimità di un semaforo rosso. In questo caso il semaforo rappresenta l'elemento-stimolo grazie al quale il sistema di frenare si attiva. Viceversa, quando le situazioni non sono più abituali, ma diventano più raffinate, esse necessitano di un sistema diverso: il sistema di supervisione (Gilbert & Burgess, 2008). Quest'ultimo, infatti, si attiva nel momento in cui gli schemi del sistema ambientale non sono più sufficienti o in grado di rispondere in modo adeguato a determinati stimoli, oppure in compiti di pianificazione e correzione di errori, i quali necessitano dunque di

un'elaborazione superiore, inibendo uno schema precedentemente attivato di ordine inferiore (Norman & Shallice, 1986).

In generale, in mancanza del sistema di supervisione si può arrivare ad una rigidità comportamentale, dovuta al fatto che l'individuo adotterà in qualsiasi situazione il sistema ambientale; mentre una scarsa attivazione del sistema può portare all'adozione di azioni non appropriate e distrazioni (Gilbert & Burgess, 2008).

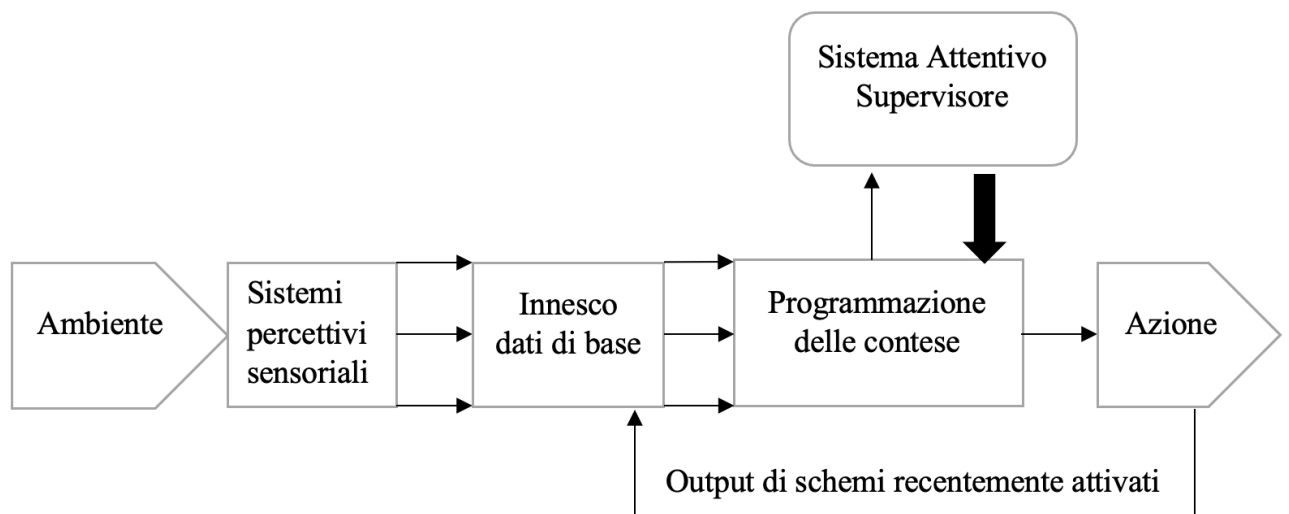


Figura 2. Il Sistema Attentivo Supervisore di Norman & Shallice (1986)

1.4.2 I modelli frazionati

Tali modelli possono essere definiti come intermedi in quanto, prevedendo l'esistenza di un meccanismo comune parzialmente dissociabile in sottocomponenti, si propongono come un'integrazione della prospettiva unitaria e della prospettiva multicomponentiale (Marotta et al., 2017). Tra questi rientrano il modello di Lezak (1995), il modello integrato di Miyake e Friedman (2012) e il sistema del controllo esecutivo di Anderson (2002).

Il modello di Lezak

Il modello proposto da Lezak (1995) comprende quattro domini: la volizione, ovvero la decisione consapevole di mettere in atto un'azione per il raggiungimento di un obiettivo; la pianificazione, che corrisponde alla formulazione delle varie fasi per la successiva risoluzione del problema; l'intenzione ad agire, determinata da rivalutazioni costanti e

feedback; infine, l'azione vera e propria (Lezak, 1995).

Il modello integrato di Miyake e Friedman

Il modello integrato proposto da Miyake e Friedman (2012) è una rielaborazione del modello precedentemente presentato da Miyake e collaboratori (2000). La prima versione del modello proponeva l'esistenza di tre funzioni esecutive di base: l'inibizione, la flessibilità cognitiva o *shifting*, e l'aggiornamento o *updating* (Miyake et al., 2000). Nel modello attuale, invece, viene sottolineato come le funzioni esecutive siano costituite sia da elementi specifici che da aspetti in comune con gli altri sottodomini. In particolare, secondo gli autori l'inibizione costituisce la componente alla base di tutte le altre funzioni esecutive, mentre la memoria di lavoro e la flessibilità cognitiva in aggiunta sono costituite da elementi specifici (Miyake & Friedman, 2012).

Il sistema del controllo esecutivo di Anderson

Il sistema del controllo esecutivo di Anderson (2002) si caratterizza per un approccio neuropsicologico e statistico; esso concettualizza il dominio esecutivo come un sistema di controllo globale comprendente quattro domini distinti associati ciascuno ad una specifica traiettoria evolutiva e rete neurale: il controllo attenzionale, la flessibilità cognitiva, la definizione degli obiettivi, ed il processamento delle informazioni. I diversi domini sono indipendenti ma interconnessi: ciò permette al sistema di funzionare come un unico sistema (Anderson, 2002).

1.4.3 I modelli sequenziali

Si propongono di spiegare il dominio esecutivo delle FE attraverso un approccio funzionale, ovvero incentrandosi sulle modalità con cui le FE contribuiscono alla risoluzione di problemi o al superamento di un compito complesso. La descrizione del funzionamento delle funzioni esecutive, dunque, dipende dalla modalità con cui esse operano per far sì che l'individuo raggiunga un obiettivo. Il modello del problem solving di Zelazo (1997) e il modello di Burgess (2000) sono alcuni degli approcci più rilevanti.

Il modello del problem solving

Questo modello, proposto da Zelazo e collaboratori (1997), evidenzia come i vari processi esecutivi operino in modo integrato, adottando azioni strategiche e metacognitive con lo scopo di far giungere l'individuo alla risoluzione di problemi e al raggiungimento di obiettivi. Il modello prevede quattro fasi distinte: la rappresentazione del problema, la quale prevede una ricostruzione e configurazione dei costrutti coinvolti in esso; la pianificazione, in cui avviene la formulazione di un piano; l'esecuzione, subordinata al mantenimento nella memoria a breve termine delle varie strategie; infine, la valutazione del processo (Zelazo et al., 1997).

Il modello di Burgess

Il modello di Burgess e collaboratori (2000) prevede delle fasi per la risoluzione di un problema complesso: l'apprendimento delle regole del compito; la pianificazione dei passaggi da seguire; l'esecuzione del compito; la coerenza tra pianificazione ed esecuzione; infine, la rievocazione della qualità dell'esecuzione per l'eventuale correzione di errori. Gli autori ipotizzano, inoltre, che la realizzazione di tali passaggi avvenga grazie alla presenza di tre processi cognitivi sottostanti: la memoria retrospettiva, incaricata dell'apprendimento delle regole e della rievocazione finale; la memoria prospettica, indispensabile per la fase di pianificazione e per la fase di coerenza tra quest'ultima e l'esecuzione del compito; infine, la pianificazione, cruciale per la fase di pianificazione dei passaggi (Burgess et al., 2000).

1.4.4 Modelli multicomponentiali

Tali modelli, successivamente affiancati ai modelli unitari, propongono un funzionamento delle FE in domini distinti e sono in grado di spiegare le compromissioni a specifiche funzioni esecutive (Marzocchi & Valagussa, 2011). Tra gli approcci più rilevanti rientrano il modello dell'autoregolazione di Barkley (1997) e il modello di Diamond (2013).

Il modello dell'autoregolazione

Secondo il modello dell'autoregolazione di Barkley (1997) l'intero dominio esecutivo viene scomposto in quattro funzioni dipendenti dal controllo inibitorio: la memoria di lavoro; l'autoregolazione delle emozioni, dell'arousal e della motivazione per l'adozione di comportamenti diretti ad uno scopo; l'interiorizzazione del discorso auto-diretto necessaria al controllo e al mantenimento di un comportamento guidato da regole, e alla creazione di strategie per la risoluzione di problemi; infine, la reconstitution cioè l'analisi e la sintesi dei comportamenti adottati per raggiungere un obiettivo (Barkley, 1997).

Il modello di Diamond

Secondo la Diamond, le funzioni esecutive sono una famiglia di processi mentali top-down (si veda la **Figura 3**), in cui alcune di queste sono di ordine inferiore, come la memoria di lavoro, il controllo inibitorio e la flessibilità cognitiva, e altre di ordine superiore come la pianificazione, il problem solving e il ragionamento analogico (Diamond, 2013).

L'autrice, riprendendo gli studi e le teorie presentate da Miyake e Friedman, ipotizza che esista una stretta interazione tra memoria di lavoro e controllo inibitorio. Ad esempio, quando si deve decidere se mantenere in memoria un obiettivo, è necessario capire se esso è rilevante o se deve essere inibito. A tal proposito, l'autoregolazione permette di mantenere un equilibrio ottimale nell'individuo dei livelli di eccitazione emotiva, motivazionale e cognitiva (Eisenberg et al., 2007): il controllo e la regolazione delle proprie emozioni si sovrappone dunque al controllo inibitorio.

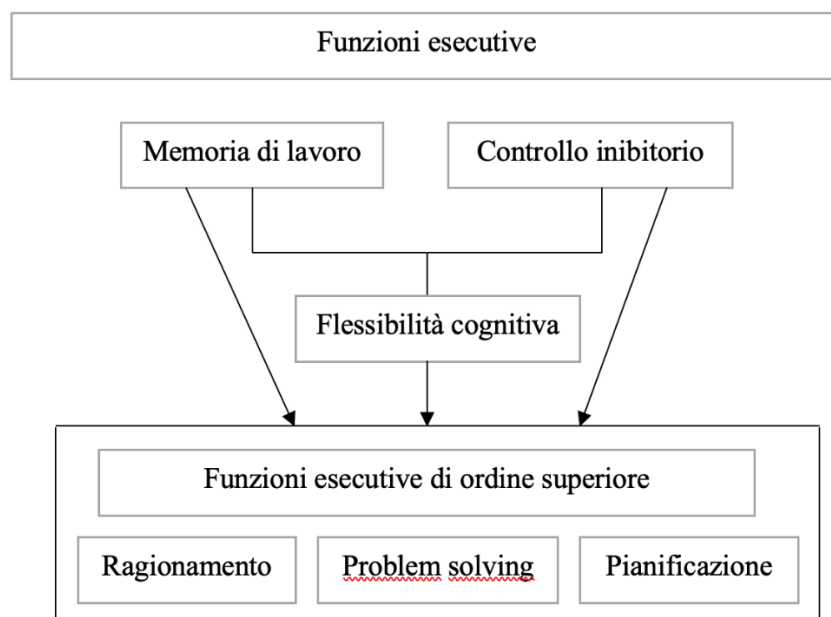


Figura 3. Il modello multicomponente di Adele Diamond (2013)

1.5 Le traiettorie di sviluppo delle funzioni esecutive

Si può identificare un parallelismo tra i modelli di sviluppo cognitivo e biologico, in particolare sottolineando come le funzioni esecutive possano progredire in linea con gli stadi di crescita del sistema nervoso centrale, attraverso una visione gerarchica. Un esempio, seppur non comprendente argomentazioni di tipo neurale, è rappresentato dalla teoria di Piaget, la quale descrive quattro stadi cognitivi sequenziali: sensomotorio, presente dalla nascita fino a circa i due anni di età; pre-operatorio, dai due ai sette anni; operativo concreto, dai sette ai nove anni; ed infine, operativo formale, a partire dalla prima adolescenza (Piaget, 1963).

Come riportato nell'articolo di Anderson, anche gli studi compiuti da Galles, Pennington e Groisser agli inizi degli anni '90 hanno fornito prove di uno sviluppo a stadi, sottolineando come alcune funzioni esecutive maturino prima di altre. Essi, infatti, sostengono che vi sono tre fasi di sviluppo distinte: la prima inizia intorno ai sei anni, la quale vede la capacità di resistere alle interferenze come la prima abilità a maturare; la seconda attorno ai dieci anni, in cui cominciano ad essere presenti la ricerca organizzata, la verifica delle ipotesi e il controllo degli impulsi; e l'ultima all'inizio dell'adolescenza,

nella quale si riscontrano fluidità verbale, sequenza motoria e capacità di pianificazione (Anderson, 2010).

Ad oggi si concorda sul fatto che le FE si sviluppano gradualmente durante l'infanzia, continuando fino all'adolescenza (Davidson et al., 2006).

Sebbene molti studiosi concordino sul fatto che i primi riscontri della distinzione tra funzioni esecutive "calde" e funzioni esecutive "fredde" si manifestano a circa tre anni di vita (Hongwanishkul et al., 2005), Zelazo nel suo articolo del 2015 fa riferimento a quanto osservato da Carlson e colleghi nel 2010: attraverso la somministrazione di batterie per la valutazione delle principali componenti delle FE, questo dato è stato riscontrato anche in bambini di 26 mesi (Zelazo, 2015).

Controllo inibitorio

La capacità di inibizione ha uno sviluppo precoce. Si è visto, infatti, che infanti di nove mesi non riescono ad inibire alcune risposte; tuttavia, già a partire dai dodici mesi questa funzione è resa possibile (Diamond, 1985). Entro i tre anni di vita i bambini riescono ad inibire i comportamenti istintivi, tuttavia continuando talvolta nella perseveranza dell'errore (Diamond & Taylor, 1996). È stato dimostrato che questa abilità subisce un rapido sviluppo nel passaggio dalla scuola dell'infanzia alla scuola primaria (McDonald et al., 2014). A sostegno di ciò, i bambini di sei anni mostrano notevoli cambiamenti nella velocità e nella precisione dei compiti di inibizione (Diamond & Taylor, 1996). A partire dai nove anni, invece, essi migliorano nel monitoraggio delle proprie azioni; tuttavia, a circa undici anni, si verifica una regressione nello sviluppo di tale abilità caratterizzato da un calo delle prestazioni e un aumento dell'impulsività (Anderson et al., 1996).

In uno studio di Levin e colleghi, gli autori suggeriscono che la capacità di inibizione aumenta con il progredire dell'età, ottenendo prestazioni maggiori a partire dai sette fino ai dodici anni di età, e un lieve miglioramento durante la fase adolescenziale (Levin et al., 1991). I risultati sono stati confermati dallo studio condotto da Williams e colleghi, i quali

hanno riportato maggiori capacità nella velocità di inibizione di una risposta prepotente in gruppi di bambini di età compresa fra i sei e gli otto anni, durante la preadolescenza, con un arresto durante la giovane età (Williams et al., 1999).

Inoltre, nei bambini di età compresa tra i tre e i cinque anni si possono osservare incrementi nella velocità di risposta (Espy, 1997), continuando a migliorare sino alla preadolescenza, in particolare attorno all'età di dodici anni (Kail, 1986), e durante l'adolescenza (Anderson et al., 2001) attorno ai quindici anni, raggiungendo il loro massimo (Kail, 1986).

Flessibilità cognitiva

La capacità di passare velocemente da un compito ad un altro trovando strategie alternative emerge tra i tre e i quattro anni di vita, tuttavia, perseverando l'errore quando si è di fronte ad un compito con regole molto complesse (Espy, 1997). Questa peculiarità si affievolisce attorno tra i sette e i nove anni, portando quindi ad un incremento delle prestazioni, migliorando durante la preadolescenza e l'adolescenza (Anderson et al., 2000).

Memoria di lavoro

Così come il controllo cognitivo, anche la memoria di lavoro ha un esordio molto precoce: si è visto, infatti, che già a partire da nove-dodici mesi gli infanti possiedono la capacità di tenere a mente più informazioni per un tempo relativamente ampio (Nelson et al., 2012), o creare dei nuovi contenuti da mantenere nel tempo (Bell & Cuevas, 2016), ma hanno bisogno di una maturazione maggiore per giungere anche ad una manipolazione delle informazioni (Cowan et al., 2011).

Pianificazione e ragionamento

Le capacità di pianificazione e ragionamento emergono a partire dai quattro anni; prima di quest'età, infatti, risulta troppo complesso organizzare le azioni in anticipo e generare nuovi concetti (Welsh et al., 1991). Esse si sviluppano velocemente tra i sette e i dieci

anni (Anderson et al., 1996); in particolare, la pianificazione si sviluppa maggiormente durante i primi anni della scuola primaria, trovando riscontro poi negli apprendimenti di lettura e matematica (Magi et al., 2016). Tuttavia, attorno ai dodici-tredici anni può verificarsi una regressione sulle traiettorie di sviluppo, in cui i preadolescenti prediligono strategie conservative (Anderson et al., 2001). Queste capacità continuano comunque a maturare gradualmente durante l'adolescenza (Krikorian & Bartok, 1998).

1.6 Le funzioni esecutive in relazione agli apprendimenti

Dato l'interesse della comunità scientifica per le funzioni esecutive, è stato possibile individuare gli effetti positivi di tali funzioni durante lo sviluppo. In particolare, è stato dimostrato come già dall'infanzia le funzioni esecutive possano predire notevoli risultati, come la preparazione scolastica all'asilo (Blair & Razza, 2007), il rendimento scolastico e la competenza sociale durante l'adolescenza (Mischel et al., 1989), e la salute fisica (Moffitt et al., 2011).

Queste abilità, dunque, se ben sviluppate e rafforzate, permettono al bambino un migliore adattamento, maggiore flessibilità e successivo apprendimento sia nella propria vita quotidiana che nei vari contesti in cui egli è inserito, da quello scolastico a quello relazionale (Meuwissen & Zelazo, 2014).

Negli anni si è concretizzata l'idea che le funzioni esecutive possono giocare un ruolo fondamentale nell'andamento dello sviluppo socio-cognitivo di un individuo: infatti, molti autori hanno dimostrato come queste possano incidere su costrutti psicologici, come ad esempio la teoria della mente (Devine & Hughes, 2014). Inoltre, il coinvolgimento dei genitori nella vita dei propri figli è un fattore rilevante che può arricchire lo sviluppo delle funzioni esecutive nel bambino (Sarsour et al., 2011).

Un buono sviluppo delle FE risulta rilevante anche nel predire gli effetti della disinibizione comportamentale (Young et al., 2009), definita come fattore di vulnerabilità alla base di problemi comportamentali esternalizzanti, come deficit di attenzione, ricerca

di novità o assunzione di rischi, disturbo della condotta e uso di sostanze (Miyake & Friedman, 2012). Al contrario, si è potuto constatare che mentre una scarsa maturazione delle funzioni esecutive “calde” in bambini di età prescolare viene associato a disturbi del comportamento, come iperattività e disattenzione, viceversa alle funzioni esecutive “fredde” si associano notevoli difficoltà nelle prestazioni scolastiche, specialmente in compiti di matematica e lettura (Kim et al., 2013). In aggiunta, a partire dallo sviluppo prenatale, le diverse esposizioni ambientali come i cambiamenti nella dieta, l’esposizione a tossine, le infezioni o infiammazioni, o i glucocorticoidi possono contribuire ad influenzare negativamente lo sviluppo delle FE (McCarthy, 2016).

Nella realtà scolastica, si è osservato come le funzioni esecutive e i processi ad esse collegate permettono ai bambini di imparare più facilmente ed efficacemente (Zelazo et al., 2016); in particolare è stato dimostrato che le FE sono essenziali per una buona riuscita scolastica (Best et al., 2011), e nell’apprendimento e affinamento delle abilità matematiche e di lettura (Morrison et al., 2010).

Sono state condotte diverse ricerche con lo scopo di determinare se vi fosse una relazione tra le funzioni esecutive “fredde” e il successo scolastico in bambini di età scolare.

In uno studio condotto da Vandenbrouke e colleghi (2017) su bambini frequentanti il primo anno di scuola primaria, gli autori hanno osservato come la memoria di lavoro risulti essere fondamentale per l’acquisizione di alcuni requisiti, come la lettura, le abilità ortografiche e matematiche (Vandenbrouke et al., 2017).

Tuttavia, i risultati mostrati da questo studio non riflettono quelli ottenuti da Stievano e collaboratori (2011) su un campione di bambini della stessa età. Gli autori hanno, infatti, dimostrato come le abilità matematiche potessero essere predette anche da altri domini esecutivi, quali l’inibizione e la flessibilità cognitiva (Stievano et al., 2011).

Lo studio condotto da Viterbori e colleghi (2017), su un campione di alunni dell’età di otto anni, ha posto come obiettivo quello di determinare il ruolo delle funzioni esecutive

“fredde” nelle diverse fasi che costituiscono l’abilità del problem solving. Sono state valutate le capacità di memoria di lavoro, inibizione e flessibilità cognitiva, e la correlazione con le abilità di lettura e comprensione, matematiche e di problem solving. Dalla somministrazione di dodici prove, gli autori hanno riscontrato che i punteggi più bassi ottenuti nelle prove di inibizione e memoria di lavoro fossero correlati a punteggi inferiori in tutte le prove presentate; mentre, punteggi più alti nelle prove di memoria di lavoro ad una maggior accuratezza nelle prove di problem solving.

Dai risultati emersi presenti in letteratura, risulta evidente la relazione positiva che intercorre tra lo sviluppo delle funzioni esecutive e le abilità di problem solving, la quale incide poi sullo sviluppo delle abilità matematiche, permettendo infine all’individuo di raggiungere adeguati livelli di funzionamento scolastico applicabili alla vita quotidiana.

In letteratura si sta facendo sempre più presente l’interesse nell’identificare se vi sia una relazione significativa tra funzioni esecutive ed abilità matematiche. A tal proposito, data la natura complessa della risoluzione dei problemi matematici, si è voluto indagare la relazione tra le funzioni esecutive e le diverse fasi del problem solving. Ad esempio: l’inibizione risulta essere necessaria durante la fase di comprensione del problema, specialmente quando sono presenti informazioni numeriche irrilevanti; la memoria di lavoro è utile per selezionare i processi e i calcoli matematici più adatti durante le fasi di elaborazione di un piano e di valutazione della soluzione (Viterbori et al., 2017).

1.7 Le differenze di genere nelle funzioni esecutive

Nel paragrafo precedente sono stati riportati studi che hanno evidenziato come un buono sviluppo delle Funzioni Esecutive influenzi positivamente vari aspetti della vita quotidiana e scolastica di un bambino. Tuttavia, la traiettoria stessa di sviluppo delle FE viene influenzata da diversi fattori, tra cui il Genere. Di seguito vengono presentati alcuni studi nei quali è stato possibile osservare sottili variazioni di prestazioni rispetto al genere su abilità esecutive specifiche.

Controllo inibitorio

Uno studio condotto da Carlson e Moses (2001) su un campione di bambini di tre e quattro anni ha mostrato come il genere femminile ottenga prestazioni maggiori rispetto al genere maschile nella capacità di inibizione (Carlson & Moses, 2001). Gli stessi risultati sono stati confermati testando bambini di età prescolare, dove si è visto come partecipanti di genere maschile hanno mostrato minor controllo inibitorio rispetto al genere femminile (Berlin & Bohlin, 2002).

Analizzando la velocità di risposta, in un campione di partecipanti di otto-dieci anni si è visto come le bambine erano meno impulsive rispetto ai bambini (Barnett et al., 2007); durante l'adolescenza, invece, si è osservato un andamento contrario, nel quale i bambini sono risultati meno impulsivi rispetto alle bambine (Lange et al., 2014).

L'età del bambino ad un test e la modalità con cui viene somministrato un test possono incidere notevolmente sul determinare delle differenze di genere nell'attenzione (Grissom & Reyes, 2019). In uno studio condotto su un campione di bambini di età compresa tra otto e dieci anni, attraverso delle batterie di test standardizzati per la valutazione dell'attenzione come componente del controllo inibitorio, si è potuto osservare come le bambine abbiano ottenuto punteggi migliori rispetto ai bambini (Barnett et al., 2007), risultati non più riscontrati durante l'adolescenza, dove infatti non sono apparse differenze di genere (Lange et al., 2014).

Memoria di lavoro

Il tipo di informazione che viene immagazzinato nella memoria di lavoro, visuo-spaziale o verbale, è supportato da circuiti neurali diversi: ad esempio, l'ippocampo e il lobo temporale sembrano essere implicati nell'elaborazione delle informazioni spaziali, mentre le regioni corticali nell'elaborazione del linguaggio, del discorso e di stimoli verbali. Ne consegue che il tipo di informazione mantenuto in memoria di lavoro può sviluppare delle differenze di genere (Grissom & Reyes, 2019).

Lo studio proposto da Lejbak e collaboratori ha identificato delle differenze di genere in alcuni sottodomini specifici della memoria di lavoro (Lejbak et al., 2009). Andando più nel dettaglio, attraverso studi di neuroimaging, si è potuta osservare negli adolescenti una discrepanza sostanziale nell'attività neurale in compiti di memoria di lavoro spaziale, tale che il genere femminile ne ha mostrato una riduzione rispetto a quella del genere maschile, come riportato nell'articolo di Alarcon e colleghi (Alarcon et al., 2014). Il dato può portare a ragionare sul fatto che possano esserci delle differenze dovute all'esistenza di strategie specifiche rispetto al genere di appartenenza (Zelazo, 2015), tale per cui potrebbe non esistere un'unica rete di attivazione neurale per la memoria di lavoro o che tale attivazione risulti differire nei due generi in base al tipo di stimolo (Grissom & Reyes, 2019).

Nell'abilità di memoria di lavoro non sono state riscontrate differenze di genere durante l'infanzia (Loe et al., 2012) e l'adolescenza (Alarcon et al., 2014).

Pianificazione

Per ciò che riguarda la pianificazione, si è visto come la capacità di pianificare segue traiettorie evolutive diverse nei maschi e nelle femmine: uno studio ha dimostrato che il genere femminile già a partire dall'età di cinque anni ottiene prestazioni parificabili a bambini di sei, in contrasto con i coetanei di genere maschile, i quali hanno raggiunto le stesse prestazioni alla tipica età dell'iscrizione a scuola (Unterrainer et al., 2013).

Questo sviluppo specifico rispetto al genere nella pianificazione può riguardare le differenze nelle traiettorie di maturazione della corteccia prefrontale dorsolaterale: a partire dall'infanzia (Zielinski et al., 2010), e in modo più evidente dall'età scolare (Lenroot et al., 2007), le femmine raggiungono lo sviluppo corticale prefrontale prima dei maschi (Raznahan et al., 2011), portando un notevole cambiamento nell'abilità di pianificare durante l'età scolare (Kaller et al., 2008).

Uno studio condotto su 18 partecipanti (nove maschi e nove femmine) condotto Boghi e

collegi (2006) ha indagato le differenze di genere nell'attivazione delle aree cerebrali durante i compiti di pianificazione. I risultati mostrano che le aree attivate comprendevano la zona fronto-parietale in entrambi i generi. In particolare, le cortecce prefrontale dorsolaterale e parietale destra erano più attive nel genere femminile rispetto al genere maschile, mentre quest'ultimo mostrava più attività nelle aree del precuneo. Inoltre, l'attività dell'area parietale risulta essere associata a bassi livelli di difficoltà del compito, mentre l'attivazione delle regioni frontali e subcorticali risultano essere implicate durante lo svolgimento di compiti più complessi (Boghi et al., 2006). Lo studio riporta differenze di genere, oltre all'attivazione di diverse aree cerebrali, anche rispetto alla natura del compito evidenziando risultati dimostrati in altri studi precedentemente: in particolare, come il genere maschile mostri prestazioni migliori in compiti visuo-spaziali (Saucier et al., 2002), mentre il genere femminile in quelli verbali e di elaborazione esecutiva (Kramer et al., 1997).

Nel prossimo capitolo verrà resa esplicita la relazione che intercorre tra il problem solving, e uno dei processi più complessi ad essi associato, il pensiero computazionale. Inoltre, verranno illustrate le principali metodologie, come attività computerizzate e giochi interattivi, volte a potenziare queste importanti funzioni.

Capitolo II

Il pensiero computazionale

2.1 Panoramica su una disciplina innovativa

L'espressione pensiero computazionale, traduzione del termine inglese *computational thinking*, era stata resa nota e già usata negli anni '50 da Seymour Papert nel suo lavoro sull'apprendimento della matematica, e da diversi scienziati che realizzavano esperimenti mediante simulazioni al computer dei fenomeni oggetti di studio (Nardelli, 2020).

Il pensiero computazionale (PC) è un termine usato per la prima volta da Jeanette Wing, la quale lo definisce come un processo mentale che consente di risolvere problemi di varia natura, seguendo procedure tipiche dell'informatica (l'analisi sistematica del problema, l'elaborazione di algoritmi per la sua soluzione, e la verifica, logica prima che empirica, della soluzione) (Wing, 2006).

Secondo Wing il pensiero computazionale deriva dalla capacità del problem solving e include un insieme di abilità cognitive di ordine superiore, tra cui: analizzare i problemi e scomporli in più parti; pianificare le istruzioni necessarie alla riuscita di ogni sottoparte; riconoscere gli eventuali errori commessi da parte di una macchina o di un essere umano e correggerli (debugging); infine, generalizzare a contesti e compiti di varia natura le strategie di problem solving apprese (Wing, 2006; Shute et al., 2017).

Il pensiero computazionale può essere applicato a problemi di varia natura (Román-González et al., 2018a); per questo non viene considerato solamente come una caratteristica tipica di informatici o programmatori (Wing, 2006). Considerare il pensiero computazionale come l'abilità di saper programmare risulta troppo limitativo. Infatti, secondo il National Research Council le competenze acquisite di pensiero computazionale dovrebbero essere accessibili a tutti, non solo ai programmatori, includendo la gestione delle informazioni in modo efficiente ed efficace (Burke et al., 2016).

In altre parole, l'introduzione dell'educazione al pensiero computazionale include una serie di abilità comprendenti la comunicazione, l'alfabetizzazione digitale, il pensiero critico e la creatività (Bocconi et al. 2016).

In questi anni, sebbene la rilevanza del pensiero computazionale nel campo dell'informatica sia risultato evidente, la letteratura scientifica ha cercato di concentrarsi sull'integrazione di questa abilità oltre il ramo informatico (Armoni, 2016), sottolineando come il pensiero computazionale risulti la capacità attraverso cui è possibile giungere a delle soluzioni complesse e risolvere i problemi in maniera efficace attraverso l'integrazione di operazioni algoritmiche tramite concetti informatici e indipendentemente dall'uso o meno di un computer (Tsarava et al., 2022).

Il pensiero computazionale riguarda una forma di ragionamento di tipo analitico o pensiero "lento", come viene definito da Bucciarelli (Bucciarelli, 2019), ma anche deduttivo, induttivo, abduzione e analogico (Arfè & Vardanega, 2019), e include processi come la decomposizione, il pensiero algoritmico, la verifica logica (deduttiva) e l'astrazione (Yasar, 2018). Andando nello specifico, per giungere alla soluzione di un problema: il processo di decomposizione è un processo analitico e deduttivo che, tramite un'azione sequenziale, si traduce nello scomporre un problema complesso in sotto-problemi o sotto-unità; il pensiero algoritmico si serve di una sequenza di azioni o istruzioni base dirette ad un esecutore terzo; la verifica logica consiste nell'individuare errori, procedure più idonee e istruzioni più sintetiche, impiegando funzioni come quella della ricorsività e della ripetizione; l'astrazione è un processo induttivo che consiste nel semplificare e categorizzare i problemi, nel rendere possibile estrapolare le proprietà essenziali di un sistema di informazioni celandone gli aspetti irrilevanti (Yasar, 2018). In aggiunta, vi è la generalizzazione, un processo di ragionamento analogico che consiste nella capacità di cogliere quelle caratteristiche ricorrenti e somiglianti di un problema, trasferendo le procedure di risoluzione a nuovi problemi (Roman-Gonzalez et al., 2017).

Diversi autori hanno potuto dare il loro contributo nel trovare una definizione adatta di pensiero computazionale. Ad esempio, secondo Barr e colleghi (2011) il pensiero computazionale è un processo di problem solving che comprende diverse abilità, tra cui: formulare problemi; organizzare ed analizzare i dati in modo sistematico; rappresentare i dati tramite modelli e simulazioni; automatizzare le soluzioni con l'uso del pensiero algoritmico; identificare, analizzare ed implementare soluzioni al fine di combinare azioni e risorse nel modo più efficiente ed efficace possibile; generalizzare, ossia trasferire le abilità computazionali ad un'ampia gamma di situazioni in cui un problema può essere risolto seguendo gli stessi passi che seguirebbe un informatico in un compito di programmazione (Barr et al, 2011).

Come riportato nell'articolo di Tsarava e colleghi (2022), varie abilità, tra cui cognitive, matematiche, linguistiche e visuo-spaziali sono implicate nel processo di pensiero computazionale (Tsarava et al., 2022).

Pensiero computazionale e abilità cognitive

Come descritto precedentemente, il pensiero computazionale è un processo di problem solving. Alcuni studi hanno dimostrato l'esistenza di un'implicazione di alcune abilità cognitive nel pensiero computazionale, in particolare per quanto riguarda alcuni aspetti dell'intelligenza, a sua volta collegata alle abilità non verbali (Carroll, 1993).

A sostegno di tale affermazione, in uno studio condotto su 28 bambini dai tre ai sei anni è stata riscontrata una correlazione positiva tra il pensiero computazionale e l'intelligenza non verbale (Marinus et al., 2018); in ugual modo, lo studio sperimentale condotto da Çiftci e Bildiren (2020) su un campione di 28 bambini di quattro e cinque anni ha dimostrato una relazione positiva causa-effetto sulle abilità non verbali a seguito di un addestramento di programmazione (Çiftci & Bildiren, 2020).

Questi risultati erano già stati evidenziati in una meta-analisi di 65 studi condotta da Liao e Bright (1991), determinando un'associazione tra intelligenza e abilità di pensiero

computazionale. Dai risultati emersi, gli autori hanno dimostrato che sviluppare la capacità di pensiero computazionale può portare ad una generalizzazione delle abilità di programmazione, portando così ad ottenere effetti positivi sul pensiero logico e sul ragionamento, ma anche sulla capacità di pianificare e risolvere problemi (Liao & Bright, 1991). Il dato è stato confermato dai risultati di uno studio più recente condotto da Ambrosio e colleghi (2014) su un campione di 12 studenti universitari al primo anno, il quale ha evidenziato una correlazione positiva tra le prestazioni accademiche nell'abilità di programmazione e l'intelligenza (Ambrosio et al., 2014).

Pensiero computazionale e abilità matematiche

Lo studio condotto da Román-González e colleghi (2018) su un campione di 314 studenti tra i dodici e i tredici anni, ha mostrato la presenza seppur debole di una correlazione tra le abilità numerico/matematiche e pensiero computazionale (Román-González et al., 2018a). Allo stesso modo, uno studio condotto da Tsarava e colleghi (2019) su un campione di 31 alunni di scuola primaria di età compresa fra i sette e i dieci anni ha mostrato la presenza di una correlazione da moderata ad alta tra le prestazioni ottenute in compiti matematici semplici e complessi, e pensiero computazionale (Tsarava et al., 2019).

Tuttavia, i risultati di una correlazione tra il pensiero computazionale e le prestazioni in matematica forniscono dati incoerenti a seconda dell'età. La relazione tra le due componenti pare essere più presente nei bambini della scuola primaria, ma sembra diminuisca con l'avanzare dell'età, specialmente se si passa da compiti semplici a compiti più complessi, che possono interessare maggiormente gli studenti a partire dalla scuola secondaria di primo grado (Tsarava et al., 2022).

Pensiero computazionale e abilità linguistiche

Di seguito vengono presentati alcuni studi correlazionali e si sottolineano i diversi risultati rispetto alle fasce d'età dei partecipanti.

Uno studio condotto da Marinus e colleghi (2018) su un campione di 28 bambini di età compresa fra i tre e i sette anni ha dimostrato la presenza di una correlazione positiva tra la generazione di una sintassi corretta e la capacità di pensiero computazionale (Marinus et al., 2018). Viceversa, nello studio di Tsarava e colleghi (2019) su un campione di 31 bambini tra i sette e i dieci anni non sono è stata riscontrata alcuna correlazione significativa delle prestazioni tra il pensiero computazionale e il ragionamento verbale (Tsarava et al., 2019). In un ulteriore studio condotto su un campione di 1251 alunni di età compresa fra i dieci e i sedici anni è stata trovata una correlazione positiva tra debole e moderata tra le abilità linguistiche e il pensiero computazionale (Román-González et al., 2017).

Tuttavia, è stato possibile constatare tramite lo studio condotto da Howland e Good (2015) su un campione di 53 bambini di dodici-tredici anni che attività di programmazione hanno contribuito allo sviluppo del pensiero computazionale, potenziato attraverso attività per la soluzione di problemi narrativi (ad esempio, il digital storytelling) (Howland & Good, 2015).

Pensiero computazionale e abilità visuo-spaziali

In uno studio condotto da Città e colleghi (2019) sono stati testati 92 bambini di scuola primaria (dalla prima alla quinta elementare); gli autori hanno osservato una correlazione positiva tra le abilità visuo-spaziali (la rotazione mentale) e il pensiero computazionale (Città et al., 2019). I risultati sono stati dimostrati anche da un ulteriore studio condotto da Tsarava e colleghi (2019) condotto su un campione di 31 alunni di età compresa fra i sette e i dieci anni, mostrando come le abilità visuo-spaziali fungessero da predittori per lo sviluppo del pensiero computazionale (Tsarava et al., 2019). Lo stesso Román-González e colleghi (2017), testando un campione di 1251 alunni di età compresa fra i dieci e i sedici anni, ha rilevato la presenza di una correlazione positiva moderata tra il pensiero computazionale e le abilità visuo-spaziali (Román-González et al., 2017).

Inoltre, si sono osservate correlazioni positive tra pensiero computazionale e abilità-visuo-spaziali anche a livelli maggiori di istruzione: testando infatti studenti universitari, studenti di master, e studenti e personale accademico, i risultati sopra descritti sono stati confermati in diversi studi, mostrando la presenza di una relazione significativa e coerente con i risultati ottenuti testando bambini della scuola primaria (ad esempio, Ambrosio et al., 2014; Jones & Burnett, 2008; Prkinson & Cutts, 2018).

Le capacità di individuare, affrontare e risolvere nuovi problemi sono abilità cognitive superiori di cui la Scuola si fa promotrice (Arfè & Vardanega, 2019).

2.2 Il pensiero computazionale nel contesto scolastico

A partire dall'anno 2016/2017 viene pubblicato il documento "Programma il futuro", un'iniziativa promossa dal MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) e in collaborazione con il CINI (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica), con lo scopo di avvicinare gli studenti all'informatica attraverso l'adozione di strumenti semplici, interattivi e facilmente utilizzabili.

Nel 2018 viene pubblicato il documento "Indicazioni nazionali e nuovi scenari" dal Comitato Scientifico Nazionale istituito dal MIUR, con lo scopo di inserire come nuova disciplina il pensiero computazionale nel curriculum della scuola dell'infanzia e della scuola primaria. Comparso già nella Legge 107/2015, il pensiero computazionale non era stato, tuttavia, paragonato alle altre discipline scolastiche, ma trovabile piuttosto all'interno di un panorama di competenze digitali. Con il nuovo documento se ne esplicita lo scopo: il pensiero computazionale, al pari della matematica, delle scienze, storia, lingue e altre materie canoniche, serve a educare ad una forma di ragionamento (Arfè & Vardanega, 2019). Diversamente da quello che ci si potrebbe aspettare dalla natura di tale disciplina, il pensiero computazionale non ha come obiettivo l'insegnamento di un linguaggio di programmazione o *coding*, quanto piuttosto fornire al bambino le modalità di pensiero necessarie per lo sviluppo di un ragionamento analogico, deduttivo ed

induttivo (Arfè & Vardanega, 2019). Nel contesto scolastico, la maturazione di diverse forme di ragionamento porta con sé vantaggi per le varie attività di apprendimento, come lettura, scrittura e abilità matematiche, ad esempio nel produrre e comprendere testi (Klein et al., 2014), comprendere e risolvere problemi matematici (Francisco & Maher, 2015), o dibattere di idee (Mason, 2001).

Il pensiero computazionale come disciplina innovativa viene introdotto in molte scuole a partire dal 2014, mentre in altre questo progetto non è ancora stato avviato.

Con l'introduzione del concetto di pensiero computazionale come un'abilità del XXI secolo da formare, si è resa sempre più necessaria la sua implementazione nei curricula scolastici nazionali interessando gran parte dei livelli di istruzione: dalla scuola dell'infanzia (Sullivan et al., 2014), alla scuola primaria (Duncan & Bell, 2015) e secondaria (Settle et al., 2012), fino a raggiungere il livello universitario (Dierbach et al., 2011). Nel 2008 Wing afferma "Se volessimo garantire una base comune e solida di comprensione e applicazione del pensiero computazionale per tutti, allora questo apprendimento dovrebbe avvenire al meglio nei primi anni dell'infanzia" (Wing, 2008, p. 3720). Nel 2017 Manches e Plowman hanno ribadito l'importanza di inserire attività di potenziamento del pensiero computazionale all'interno dei curricula della scuola dell'infanzia (Manches & Plowman, 2017).

La domanda, tuttavia, che viene posta più frequentemente dai ricercatori è: come allenare il pensiero computazionale nella prima infanzia se esso richiede di adottare un'abilità di alto livello come il problem solving? Il periodo prescolare è un momento dello sviluppo critico per i bambini, in quanto a questa età sono in una fase di transizione tra i processi concreti e quelli astratti: questo è il motivo per cui, secondo Flannery e Bers (2013) il periodo prescolare risulta essere arduo per l'implementazione dell'educazione al pensiero computazionale e alla abilità di coding (Flannery & Bers, 2013). Tuttavia, Geist afferma che sostenere la transizione all'astratto attraverso l'esperienza attiva, favorendo i processi

di pensiero (Piaget, 1973), offre l'opportunità ai bambini di affrontare i problemi utilizzando passaggi sistematici (Geist, 2016). Come descritto da Piaget (1964), i bambini nel periodo preoperatorio possono avere delle difficoltà nel giungere ad un'esperienza concreta, in quanto non sono ancora in grado di concepire concetti astratti (Kalyenci et al., 2021). Per provare a risolvere questo limite evolutivo, sfruttando i concetti della teoria cognitiva di Piaget, Papert (1980) utilizza un approccio strutturalista; esso sottolinea come l'ambiente e gli oggetti fisici sono essenziali per l'apprendimento della programmazione concreta (Scharf et al., 2008). Inoltre, come sottolineato dall'International Educational Technologies Association (ISTE, 2016) uno degli scopi degli studenti è quello di dover sviluppare le loro competenze per diventare cittadini digitali, costruttori di conoscenza, designer innovativi, pensatori computazionali e comunicatori creativi (Bati, 2022).

Come riportato nell'articolo di Arfè e colleghi (2020), alcune componenti del pensiero computazionale, come l'astrazione e la decomposizione, sono già presenti nei bambini all'inizio del terzo o quarto anno della scuola primaria; questo viene reso possibile grazie allo sviluppo e all'acquisizione delle abilità cognitive sottostanti alla formazione e adozione del pensiero computazionale (Rijke et al., 2018). Esistono, però, prove a sostegno del fatto che già bambini di età prescolare sono in grado di programmare (Bers et al., 2014), e che il coding può essere utile per incentivare queste abilità cognitive (Di Lieto et al., 2017). Tuttavia, si deve considerare la generale immaturità del sistema cognitivo di questa popolazione di studenti prima di poter trarre conclusioni sui possibili effetti del coding (Arfè et al., 2020).

Attività per il potenziamento del pensiero computazionale a partire dalla prima infanzia aiutano i bambini a sviluppare la capacità di problem solving (Kazakoff & Bers, 2012) per comprendere le tecnologie che fanno parte della loro quotidianità (Levy & Mioduser,

2010) e per diventare dei costruttori attivi di conoscenza tecnologica (Wyeth & Wyeth, 2008).

Il limite che si riscontra, tuttavia, risiede nel fatto che troppe poche scuole utilizzano attività didattiche di coding, inserendo questa disciplina innovativa all'interno del curriculum STEM; questo può essere dovuto al fatto che la maggior parte degli insegnanti non ha familiarità con strumenti come Code.org (Arfè et al., 2019).

Sebbene, infatti, in molti paesi, come l'Italia, la conoscenza del coding risulti molto limitata o assente, le istituzioni di tutto il mondo stanno cercando di adottare sempre di più questa disciplina; ad esempio, l'Estonia, come il Regno Unito, la Finlandia e l'Irlanda, ha introdotto il coding nei curriculum scolastici già a partire dal 2012 (DePryck, 2016).

Inoltre, in alcune scuole sono state sviluppate delle linee guide, come quelle proposte dalla Computer Science Teachers Association (CSTA), l'International Society for Technology in Education (ISTE), il Cyber Innovation Center e la National Math and Science Initiative per l'educazione al pensiero computazionale e le attività di coding (Angeli & Giannakos, 2020).

In letteratura ci sono pochi studi a sostegno dell'efficacia delle attività di coding sugli apprendimenti. Di seguito ne vengono citati alcuni.

Lo studio di Kalelioglu (2015) ha indagato gli effetti cognitivi delle attività di coding su un campione di bambini di quarta elementare a seguito di un corso di cinque ore utilizzando Code.org, una piattaforma creata da un'organizzazione no-profit. In particolare, si è voluto dimostrare se l'apprendimento tramite le attività di coding trovasse un riscontro positivo sulla capacità di pensiero riflessivo, e quindi di pensiero critico. Non si è riscontrata correlazione tra coding e pensiero riflessivo, probabilmente data la complessità di quest'ultimo per i bambini di quarta primaria o la loro difficoltà di cogliere alcune sottigliezze cognitive ad un'età così prematura (Kalelioglu, 2015).

2.3 Strumenti per allenare il pensiero computazionale

Negli ultimi anni si è incrementata sempre di più la ricerca sugli strumenti per allenare la capacità di pensiero computazionale in tutti i livelli di istruzione ed inserire questa disciplina all'interno dei curricula scolastici (Tsarava et al., 2022).

Le attività per allenare il pensiero computazionale possono essere digitali e analogiche (Bucciarelli, 2019). In particolare, nel caso di ragionamento deduttivo e abduktivo vengono indicate attività di problem solving più o meno strutturate, sotto forma di giochi logici (Kalelioglu, 2015). Inoltre, proprio perché non è necessario l'uso di un computer o competenze strettamente legate al campo informatico, in generale il pensiero computazionale può essere sostenuto da attività plugged (basate sull'uso di un computer) e attività unplugged (ad esempio carta-matita) (Lee & Junoh, 2019).

Il *coding* (programmazione) è il primo strumento utilizzato per allenare il pensiero computazionale nelle scuole primarie (Lye & Koh, 2014; Tuomi et al., 2018).

Il coding può essere definito come uno strumento in grado di mettere in comunicazione l'utente con una macchina, nella maggior parte dei casi con un computer; così facendo, l'alunno impara a pianificare i passi da compiere per fornire al computer i comandi necessari al fine di risolvere problemi, dai più semplici ai più complessi (Bers et al., 2019).

Insegnare il coding non implica solamente imparare a scrivere un codice di programmazione, quanto piuttosto ad analizzare problemi e a produrre delle strategie algoritmiche per giungere ad una soluzione (Florez et al., 2017), favorendo l'apprendimento dei concetti essenziali del pensiero computazionale, come algoritmo (procedimento sistematico per la soluzione di un problema), sequenza (successione progressiva di azioni), loop (successione di azioni ripetute), dichiarazioni condizionali (se, allora), o delle capacità ad esso collegate, come astrazione, decomposizione, debug e

sequenziamento (Bers et al., 2014), oppure di alcune competenze curriculari, come il linguaggio, la matematica e il pensiero geometrico (Fessakis et al., 2013).

Sono stati proposti diversi strumenti per insegnare il coding dalla scuola dell'infanzia alla scuola primaria, i quali utilizzano una programmazione visiva basata sui blocchi (Saez-Lopez et al., 2016).

La disponibilità delle scuole e la loro responsabilità nell'utilizzo di tali mezzi portano con sé conseguenze vantaggiose per l'apprendimento degli alunni, come la rivisitazione dei curricula o l'utilizzo di nuovi metodi pedagogici (Tuomi et al., 2018).

2.3.1 Coding tangibile

L'espressione coding tangibile comprende tutte quelle attività selezionate per l'insegnamento al coding che comportano l'utilizzo di oggetti fisici e materiali digitali (Faes, 2021).

Educazione robotica

L'educazione robotica è uno dei metodi utilizzati nel coding tangibile. Questo metodo comporta la progettazione, la creazione, l'assemblaggio e la programmazione delle azioni che i bambini, tramite una manipolazione attiva degli oggetti e il linguaggio di programmazione, mettono in pratica (Di Lieto et al., 2017). Questi passaggi vengono applicati attraverso dei giochi, come quello mostrato nella **Figura 4**.

Studi dimostrano che la robotica educativa offre numerosi vantaggi agli studenti, contribuendo a sviluppare il pensiero critico, la risoluzione dei problemi e le abilità metacognitive (Atmatzidou & Demetriadis, 2016); altri studi hanno dimostrato l'impatto che questo tipo di attività genera sugli apprendimenti, facendo sviluppare la motivazione, la collaborazione, la fiducia in sé stessi e la creatività degli studenti (Khanlari, 2013).

I software di programmazione a blocchi per la progettazione di robot educativi, come il ToonTalk ideato da Morgado e colleghi (Morgado et al., 2010) o il Creative Hybrid Environment for Robotic Programming (CHERP) sviluppato da Flannery e Bers

(Flannery & Bers, 2013), possono essere utilizzati sin dalla scuola dell'infanzia per sviluppare la capacità di pensiero computazionale (Gordon et al., 2015).



Figura 4- Esempio di attività di coding tangibile

2.3.2 Coding virtuale

L'espressione coding virtuale comprende tutte quelle attività che utilizzano un linguaggio di programmazione visivo. La proprietà fondamentale di queste tipologie di ambienti di programmazione è che forniscono ai bambini degli elementi visivi, come i blocchi, e permettono loro di creare delle sequenze di comandi semplicemente spostandoli: adottano, cioè la metodologia del "drag and drop". Il linguaggio di programmazione è block-based, in quanto ad ognuno dei blocchi visivi corrisponde un comando da far eseguire; inoltre, essi devono essere disposti in sequenza per poter eseguire un'azione completa (Chao, 2016). È importante sottolineare come il coding possa essere suddiviso in coding non strutturato e coding strutturato.

Coding non strutturato

Il coding virtuale non strutturato è uno degli strumenti utilizzati per potenziare il pensiero computazionale ed è basato su attività plugged, per le quali si utilizza un computer e un'interfaccia (Bati et al., 2022). A tal proposito i ricercatori del gruppo DevTech della Tufts University e del Lifelong Kindergarten Group del Massachusetts Institute of Technology (MIT) hanno progettato Scratch (*Figura 5*), uno strumento idoneo ad alunni dai quattro ai sette anni di età (Flannery & Bers, 2013; Reilly, 2013), basato su una

programmazione visiva con l'uso di blocchi (Saez-Lopez et al., 2016). Include una vasta gamma di attività, tra cui simulazioni, tour virtuali, videogiochi in grado di stimolare il bambino nel programmare, nell'apprendere concetti matematici e nello sviluppo della capacità di ragionamento (Resnick et al., 2009).

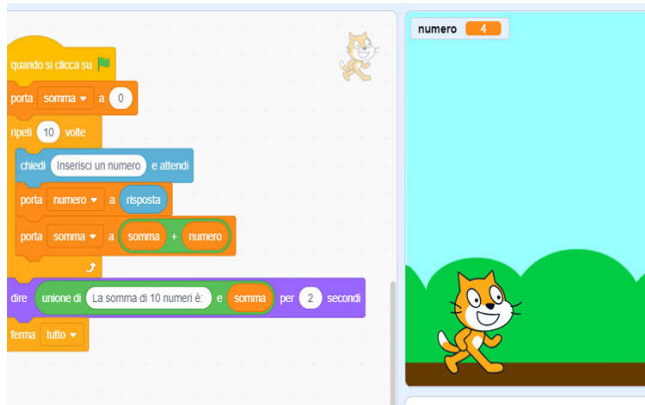


Figura 5- Scratch

Coding strutturato

Il coding virtuale strutturato è uno degli strumenti utilizzati per potenziare il pensiero computazionale ed è anch'esso basato su attività plugged (Bati et al., 2022). Code.org è una piattaforma messa a disposizione dalla no-profit Code.org® per insegnare l'uso della programmazione nella scuola primaria allenando la capacità di pensiero computazionale (Nardelli & Ventre, 2015). Gli esercizi messi a disposizione dalla piattaforma, disponibile in 34 lingue, sono proposti sotto forma di gioco e basati su personaggi di cartoni animati e videogiochi, per rendere più stimolante l'allenamento al pensiero computazionale e il suo apprendimento. Inoltre, per aumentare il coinvolgimento dei giovani studenti, gli esercizi di Code.org (**Figura 6**) sono strutturati con applicazioni intuitive di drag-and-drop e un linguaggio visivo basato su blocchi (Saez-Lopez et al., 2016). Gli scenari proposti dalla piattaforma e i feedback personalizzati coinvolgono i bambini di età e generi diversi, contribuendo a rendere l'esperienza di apprendimento più interattiva.



Figura 6- Code.org

2.3.3 Attività unplugged

Coding unplugged

Le attività unplugged non richiedono l'uso di un computer, giochi fisici e/o applicazioni basate su ambienti fisici (ad esempio, Bee-Bot) (*Figura 7*), esse riportino nei giovani alunni risultati efficaci nello sviluppo del pensiero computazionale (Highfield, 2010). C'è un accordo generale, infatti, nel voler iniziare con attività unplugged il percorso di sviluppo dell'abilità di pensiero computazionale, a partire dalla scuola dell'infanzia; questo perché, anche se già i bambini di età prescolare sono in grado di imparare alcuni concetti della programmazione informatica (come loop ed espressioni condizionali), tale metodo può fornire un'esperienza di apprendimento più concreta (Campbell & Walsh, 2017) in assenza di materiali di difficile utilizzo e comprensione, come un computer, soprattutto per i bambini più piccoli (Scharf et al., 2008).

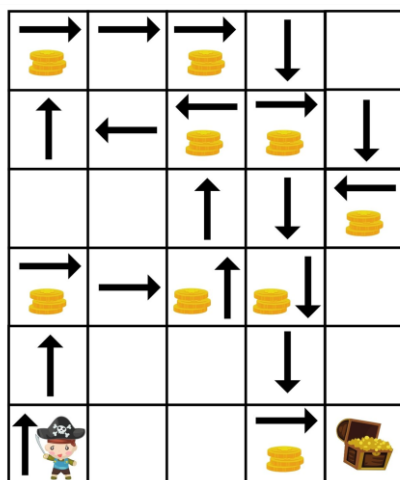


Figura 7- Esempio di attività unplugged

In letteratura non sono presenti molti studi a livello di scuola primaria, anche se esistono strumenti di valutazione creati appositamente per specifici ambienti di progettazione didattica, come Scratch (Moreno-León et al., 2015), Alice (Werner et al., 2015), e valutazioni digitali interattive riguardanti specifici argomenti STEM (Weintrop et al., 2014). Altri approcci, invece, misurano il pensiero computazionale indipendentemente da ambienti specifici di programmazione.

A tal proposito, Weintrop e Wilensky (2015) hanno progettato uno strumento in grado di misurare cinque diversi concetti del pensiero computazionale, quali: fondamenti come variabili, assegnazioni, dichiarazioni di selezione, cicli definiti, cicli indefiniti e parametri di funzioni/metodi (Weintrop & Wilensky, 2015). Altri autori, come Ambrósio, Xavier e Georges (2015) hanno progettato un sistema di valutazione cognitiva digitale per misurare alcuni componenti del pensiero computazionale, quali il ragionamento spaziale, l'induzione e la memoria di lavoro (Ambrósio et al., 2015). Chen e colleghi (2017) hanno sviluppato un altro strumento per la valutazione del pensiero computazionale, in particolare per le componenti di sintassi, dati, algoritmi, rappresentazione ed efficienza (Chen et al., 2017). Nel 2018 è stato progettato uno dei primi strumenti per la valutazione del pensiero computazionale nei bambini di età prescolare, utilizzando un robot in legno programmabile (Marinus et al., 2018).

Il test di Pensiero Computazionale (tCT) progettato da Román-González e colleghi (2017) è stato validato sistematicamente negli ultimi anni per bambini di età compresa fra i dieci e i sedici anni. Esso si compone di 28 compiti a scelta multipla che mirano a valutare sette diversi concetti del pensiero computazionale, tra cui: direzioni di base-sequenze, volte ripetute- loop, ripetere fino a- loop, condizionali semplici-se, condizionali complessi-se/allora, while conditionals e funzioni semplici (Román-González et al., 2017). Nello studio presentato da Tsarava e colleghi (2022), in mancanza di uno strumento validato e disponibile per bambini di una fascia d'età inferiore, il tCT è stato riadattato ad una

versione abbreviata (tCT abbreviato) e utilizzato per valutare il pensiero computazionale in alunni di terza e quarta elementare (Tsarava et al., 2022).

Seguendo un approccio simile a quello presentato dal tCT, Zapata-Cáceres e colleghi (2020) hanno progettato il Computational Thinking Test for Beginners (BCTt), il quale utilizza elementi semplificati e più amichevoli per i bambini più piccoli (Zapata-Cáceres et al., 2020). Inoltre, Relkin e colleghi (2020) hanno sviluppato un sistema di valutazione unplugged a scelta multipla per misurare il pensiero computazionale i bambini di età compresa fra i cinque e i nove anni (Relkin et al., 2020).

La partecipazione attiva dei bambini e le attività concrete sono elementi essenziali per una buona educazione al coding (Metin, 2020).

2.4 Effetti del pensiero computazionale sulle funzioni esecutive

Il periodo di transizione tra la scuola dell'infanzia e la scuola primaria costituisce un importante svolta a livello di funzionamento cognitivo (Traverso et al., 2015): si determinano quelli che possono diventare i futuri risultati sia in termini scolastici che a livello di autoregolazione (Stad et al., 2018). La risultante di questi cambiamenti, cioè il funzionamento esecutivo, può essere allenato e migliorato: la letteratura scientifica suggerisce che interventi all'interno della finestra temporale dei cinque e i sette anni possono influire positivamente, specialmente se implementati precocemente, portando benefici generalizzabili a più contesti della vita del bambino (Blair, 2017).

Derivando dalla capacità di problem solving, il pensiero computazionale implica l'adozione di maggiori capacità di memoria di lavoro (Shute et al., 2017), inibizione della risposta (Di Lieto et al., 2017) e pianificazione (Chao, 2016).

In letteratura sono presenti diversi studi che attestano gli effetti degli apprendimenti sulle funzioni esecutive (Brod et al., 2017; Zhang et al., 2019); tuttavia, determinare l'associazione tra specifiche attività del curriculum scolastico (come, l'alfabetizzazione) e le funzioni esecutive risulta essere una sfida ardua per i ricercatori.

Di Lieto e colleghi (2020) dimostrano che vi possano essere effetti positivi della programmazione su alcune funzioni esecutive in bambini di prima primaria, suggerendo come questi siano più facilmente riscontrabili attraverso attività di coding tangibile. I risultati dimostrano come l'esposizione all'educazione robotica influenzi in modo positivo lo sviluppo delle abilità di memoria visuo-spaziale ed inibizione della risposta (Di Lieto et al., 2020). Partendo da questi presupposti, nello studio condotto da Arfè e collaboratori (2019) su un campione di alunni di prima primaria, si è voluta indagare l'efficacia delle attività di coding sulle funzioni esecutive di pianificazione ed inibizione della risposta utilizzando un ambiente virtuale, come Code.org (Arfè et al., 2019). Gli autori ipotizzano, infatti, che: l'abilità di pianificazione possa essere potenziata attraverso strumenti in grado di allenare il pensiero computazionale, in quanto implicata nel processo di problem solving (Chen et al., 2017); creare una sequenza di azioni richieda, inoltre, controllo cognitivo sulle risposte impulsive (Magi et al., 2016), e dunque che allenare il pensiero computazionale favorisca lo sviluppo della capacità di inibizione della risposta. I risultati hanno dimostrato come l'allenamento del pensiero computazionale tramite attività di coding possa incrementare in modo significativo lo sviluppo delle funzioni esecutive nei bambini, in particolare la capacità di inibizione e pianificazione (Arfè et al., 2019).

Si può concludere che l'incremento delle abilità nelle funzioni esecutive tramite l'allenamento del pensiero computazionale è reso accessibile utilizzando sia un ambiente di programmazione virtuale (coding) sia tangibile (educazione robotica).

2.5 Pensiero computazionale e differenze di genere

La presenza di un gender gap nell'ambito delle materie scientifiche, come l'informatica, la programmazione, e le discipline STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), è un fenomeno ormai noto: sin dalla prima infanzia, infatti, i bambini vengono esposti maggiormente a giochi di natura tecnologica, diversamente dalle

bambine. La minaccia dello stereotipo di genere, secondo il quale le femmine tendono ad ottenere risultati inferiori rispetto ai maschi nei compiti di abilità matematiche, potrebbe portare il genere femminile già dall'infanzia a non intraprendere percorsi di natura più scientifica e ad influenzare negativamente le loro prestazioni in tale ambito (Sullivan & Bers, 2016; Contini et al., 2017).

Alcune ricerche condotte si sono concentrate sul voler determinare la presenza o meno del gender gap nelle abilità matematiche in bambini di età prescolare e scolare.

Uno studio condotto da Kersey e colleghi (2018), su bambini di età inferiore agli otto anni, si è posto l'obiettivo di osservare la presenza o meno di differenze di genere nell'abilità di pensiero matematico. I risultati non hanno dimostrato alcuna differenza statisticamente significativa riguardo le prestazioni degli alunni in prove di percezione e rappresentazione delle numerosità, e di formazione di concetti matematici, come la capacità di calcolo, la conoscenza numerica, e la capacità di ragionamento su trasformazioni e relazioni quantitative. Pur non essendo state riscontrate differenze di genere nello sviluppo dell'abilità di pensiero matematico, gli autori hanno osservato che il sentimento di inferiorità percepito dal genere femminile può determinare in esso prestazioni inferiori rispetto al genere maschile (Kersey et al., 2018).

Un ulteriore svantaggio rispetto al gender gap verso la matematica risiede nel fatto che il genere femminile, minacciato dal far crescere questo fenomeno, produce livelli di ansia elevati rispetto a questa disciplina (Maloney et al., 2014): da analisi di neuroimmagine funzionale si è osservato come nelle alunne non solo è presente un'attività cerebrale maggiore nelle regioni coinvolte nell'elaborazione di emozioni negative, ma anche una ridotta attivazione nelle aree deputate al ragionamento matematico (Young et al., 2012).

Differenze di genere nell'apprendimento della robotica

L'educazione robotica, come strumento interdisciplinare, permette agli studenti di utilizzare concetti STEM attraverso specifici linguaggi di programmazione al fine di

sviluppare e potenziare le competenze di pensiero computazionale, e risolvere problemi informatici (Chen et al., 2017). Inoltre, risulta essere uno strumento in grado di modificare l'atteggiamento delle studentesse nei confronti delle discipline STEM e di sviluppare maggior interesse nei confronti dell'informatica tale da essere mantenuto anche dopo la scuola secondaria di primo e secondo grado (Witherspoon et al. 2017).

In uno studio condotto da Sullivan e Bers (2016) su un campione di bambini di età compresa fra i quattro e i sette anni i risultati mostrano che non vi fossero differenze di genere nell'apprendimento della robotica. In particolare, posti di fronte a richieste come descrivere le componenti o le funzioni di un robot, i bambini non mostravano alcune differenze di genere nella conoscenza dei concetti di base dell'informatica, evidenziando come tutti i bambini indipendentemente dal genere ottenessero una padronanza dei concetti. Sono stati, tuttavia, riscontrati effetti statisticamente significativi sulle differenze di genere nelle prestazioni, in particolare nelle attività di programmazione avanzata, sottolineando come i bambini ottenessero punteggi maggiori rispetto alle bambine (Sullivan & Bers, 2016).

Nello studio proposto Sullivan e Bers (2013), condotto su bambini frequentanti la scuola dell'infanzia, gli autori hanno voluto indagare se fossero presenti differenze di genere nell'apprendimento della robotica. L'obiettivo che si era posto questo studio era quello di confutare gli stereotipi di genere. I risultati hanno mostrato che, sebbene i maschi ottenessero punteggi più alti rispetto alle femmine nella maggior parte dei compiti, gran parte delle differenze non erano statisticamente significative; ciò ha portato i ricercatori ad affermare che entrambi i generi potessero ottenere prestazioni di successo in ugual misura nell'apprendimento della robotica, specialmente se esposti alla programmazione fin dall'asilo (Sullivan & Bers, 2013).

Nello studio di Angeli e Valanides (2020) si sono voluti indagare gli effetti dell'ambiente di programmazione sullo sviluppo del pensiero computazionale e l'acquisizione delle

competenze nel campo dell'educazione robotica. Partendo da un livello molto simile in termini di capacità nell'adottare il pensiero computazionale, per gli esercizi proposti dagli sperimentatori sono state utilizzate tecniche di supporto (scaffolding): si è osservato che queste incidono in maniera diversa sul miglioramento delle prestazioni dei bambini rispetto al genere di appartenenza. Infatti, a seconda delle richieste poste dagli sperimentatori, l'apprendimento dei bambini era maggiormente sostenuto in presenza di attività di tipo individualista, orientate allo spazio e basate sulla manipolazione; mentre, nelle bambine, le quali apprendevano più efficacemente se le attività richiedevano scrittura collaborativa. In generale, lo studio ha dimostrato come entrambi i generi abbiano beneficiato delle tecniche di scaffolding mostrando un aumento di capacità di pensiero computazionale (Angeli & Valanides, 2020).

Ciò che si dovrebbe sottolineare è che, data l'affluenza del genere maschile nelle professioni STEM e le concezioni errate sui risultati contrastanti tra maschi e femmine, il genere dovrebbe essere considerato come un fattore socialmente costruito (Powell et al., 2009).

Differenze di genere nel coding virtuale

Nello studio di Funke e Geldreich (2017) gli autori hanno voluto indagare gli effetti di un corso di coding sugli apprendimenti di base della programmazione usando Scratch in 600 alunni di età compresa fra i cinque e i dodici anni. I risultati non hanno evidenziato differenze di genere nell'abilità di programmazione tra i partecipanti. Tuttavia, anche se in alcuni casi le prestazioni del genere femminile erano migliori rispetto a quelle del genere maschile, le bambine non ne erano consapevoli; inoltre, a differenza dei bambini, avevano bisogno di incoraggiamento costante per sperimentare nuove attività (Funke & Geldreich, 2017).

Negli ultimi decenni, specialmente con la maggior adozione dell'approccio STEM all'educazione, la ricerca riguardante il pensiero computazionale si è intensificata,

determinando come i bambini che sono esposti maggiormente al curriculum STEM e alla programmazione sin dalla prima infanzia manifestino meno stereotipi di genere (Metz, 2007). L'età prescolare risulta, dunque, un periodo cruciale nell'acquisizione e nello sviluppo dell'interesse verso le discipline STEM.

Per enfatizzare, orientare o sviluppare l'interesse, la fiducia e l'autoefficacia degli alunni, e in particolare delle studentesse, verso le discipline STEM è possibile proporre in maniera combinata attività didattiche tradizionali e tecniche volte all'ingegneria, come l'elettronica, la robotica e la stampa tridimensionale (Tuomi et al., 2018). Inoltre, l'apprendimento partecipativo in rete guidato dai pari enfatizza la motivazione, il coinvolgimento e la condivisione (Nourbakhsh et al., 2004).

Concludendo, gli strumenti per allenare il pensiero computazionale devono risultare adeguati alle esigenze dei bambini e devono porsi l'obiettivo di coinvolgere ed interessare indistintamente tutti gli alunni in modo da non innescare la minaccia dello stereotipo di genere.

Inoltre, è utile sottolineare come le istituzioni scolastiche siano via via sempre più esposte all'adozione e all'implementazione del coding; tuttavia, potrebbe essere necessario fornire delle linee guida in modo tale da far accrescere l'apprendimento e la consapevolezza dell'importanza di tale disciplina, non solo negli alunni, ma anche negli insegnanti (Tuomi et al., 2018).

Capitolo III

La ricerca

Nei capitoli precedenti sono state affrontate differenti tematiche pertinenti l'educazione nella scuola primaria: sono state trattate le principali Funzioni Esecutive, esposto il concetto di Pensiero Computazionale ed evidenziate le relazioni esistenti tra FE, CT e apprendimento, in particolare delle materie STEM. È stato dimostrato come lo sviluppo ottimale delle FE e delle abilità ad esse correlate siano predittivi di un buon funzionamento cognitivo e successo scolastico dei bambini (Vandenbroucke et al., 2017; Viterbori et al., 2017). Inoltre, sono stati esposti gli studi che indagavano l'eventuale presenza di differenze di genere nello sviluppo delle FE (Klenberg et al., 2001) e negli apprendimenti matematici (Kersey et al., 2018).

Sono stati poi descritti gli strumenti volti all'insegnamento e allo sviluppo del Pensiero Computazionale, quali l'educazione robotica e attività di coding, strumenti che sono risultati efficaci nel potenziare le abilità di funzionamento esecutivo in bambini di scuola primaria (Arfè et al., 2019; Angeli & Valanides, 2020).

Nell'anno scolastico 2021/2022 l'Università di Padova ha proposto a due scuole del territorio padovano un progetto di coding (programmazione). Recenti studi hanno dimostrato che l'esercizio dell'abilità di pensiero computazionale, attraverso attività di coding, potenzia le funzioni cognitive di inibizione e pianificazione in bambini di prima primaria, essenziali per una buona riuscita scolastica.

Scopo del progetto è quello di diffondere l'educazione al pensiero computazionale e sensibilizzare gli alunni, già a partire dalla prima primaria, all'uso della programmazione attraverso un contesto di gioco.

3.1 Obiettivi

Il presente studio ha voluto esplorare gli effetti dell'attività di coding sulle funzioni esecutive (inibizione della risposta e pianificazione) di bambini di prima primaria, e se essi variassero in funzione del genere. In particolare, si sono posti i seguenti obiettivi:

- valutare gli effetti dell'attività di coding sulle capacità di inibizione della risposta e di pianificazione, e se questi fossero influenzati dal Genere;
- indagare l'effetto del Genere sugli eventuali miglioramenti nell'abilità di pensiero computazionale conseguenti ad un mese di attività di coding;

3.2 Partecipanti

Lo studio ha coinvolto un totale di 69 alunni, 32 femmine e 37 maschi, all'inizio della prima primaria. Le classi sono state assegnate in modo randomizzato e casuale alla condizione sperimentale e a quella di waiting: il gruppo sperimentale rappresentava la classe che avrebbe partecipato alle attività di coding subito dopo la prima fase di valutazione; il gruppo waiting nella prima fase della ricerca rappresentava il gruppo di controllo, ed era costituito dalla classe che avrebbe partecipato alle attività di coding a seguito della seconda fase di valutazione. Nessun bambino partecipante allo studio aveva ricevuto una certificazione di difficoltà di apprendimento o disturbi dello sviluppo.

Prima di procedere con lo studio sono stati raccolti tutti i consensi informati firmati dai genitori dei partecipanti. È stato inoltre somministrato un questionario per i genitori, le cui risposte sono servite per calcolare:

1. il titolo di studio (si veda *Tabella 1*) e l'occupazione dei genitori (*Tabella 2*), per stimare il SES familiare, ovvero lo Status Socio-Economico della famiglia;
2. la frequenza e l'utilizzo quotidiano, da parte del bambino, di strumenti tecnologici quali computer, tablet, smartphone, al fine di stimare la FAM_TECN, cioè la familiarità con le tecnologie; in particolare, viene chiesto ai genitori di specificare:

- il possesso o meno di computer (specificandone la tipologia tra fisso, portatile o entrambi), tablet, smartphone;
- il tempo di utilizzo dei dispositivi digitali;
- le attività svolte dal bambino tramite l'utilizzo di dispositivi digitali, come guardare cartoni animati, ascoltare musica, utilizzare programmi come paint.

TITOLO DI STUDIO	PUNTEGGIO ATTRIBUITO
Università	3
Superiori	2
Elementari/Medie	1

Tabella 1- Scala dei punteggi attribuiti al Titolo di Studio

PROFESSIONE	PUNTEGGIO ATTRIBUITO
Imprenditore, docente, specialista (medico, etc.)	5
Impiegato, infermiere, educatore	4
Operaio, artigiano	3
Collaboratore domestico, bracciante	2
Casalinga, disoccupato	1

Tabella 2- Scala dei punteggi attribuiti alla Professione

Nella **Tabella 3** sono riportate alcune statistiche descrittive, tra cui la frequenza (FRE) e la percentuale (%) riferite al genere dei bambini (distinzione di genere binaria: maschio o femmina). Sono state inoltre riportate il punteggio minimo (MIN), il punteggio massimo (MAX), la media (MEDIA) e la deviazione standard (SD) relativi rispettivamente all'età (ETÀ), allo status socioeconomico (SES) e alla familiarità con le tecnologie (FAM_TECN) dei due campioni.

Genere alunni	Gruppo	Alunni		ETÀ			SES			FAM_TECN		
		FRE	%	MIN	MAX	MEDIA (SD)	MIN	MAX	MEDIA (SD)	MIN	MAX	MEDIA (SD)
Femmine	Sperimentale	13	40.62	6	6	6.00 (.00)	2	8	4.31 (1.75)	1	3	1.38 (.65)
	Waiting	19	59.38	6	6	6.00 (.00)	4	8	6.32 (1.53)	0	3	1.37 (.76)
Maschi	Sperimentale	15	40.54	6	6	6.00 (.00)	3	8	4.80 (1.32)	1	3	2.07 (.80)
	Waiting	22	59.46	6	6	6.00 (.00)	2	8	5.23 (1.74)	0	3	1.86 (.99)

Tabella 3- Statistiche descrittive relative al genere, all'età, al SES e alla familiarità con le tecnologie dei partecipanti

3.3 Strumenti e procedura

3.3.1 Strumenti

Capacità di pianificazione e inibizione della risposta

Capacità di pianificazione

Per valutare la capacità di pianificazione non verbale nei bambini è stato utilizzato il test Torre di Londra, rappresentato nella **Figura 8** (ToL) (Fancello et al., 2006).

Al bambino viene richiesto di riprodurre una serie di immagini contenenti diverse configurazioni di tre palline colorate (verde, rossa e blu) su tre bastoncini di altezze diverse, ricordando una serie di regole: non posizionare più di una pallina sul bastoncino inferiore e non più di due sul bastoncino in mezzo; non spostare da un bastoncino all'altro più di una pallina alla volta; non tenere in mano la pallina o appoggiarla sul tavolo o su una qualsiasi altra superficie una volta afferrata per spostarla. La prova è composta di 12 item di difficoltà crescente; in caso di necessità, il bambino aveva la possibilità di chiedere allo sperimentatore di ricominciare, ripartendo dalla posizione di partenza delle palline.

Le prestazioni sono state valutate per:

- Accuratezza: veniva assegnato un punteggio di 1 se il bambino aveva eseguito correttamente la prova entro 1 minuto, senza infrangere alcuna regola, altrimenti 0;

- Tempo di pianificazione: corrispondeva ai secondi trascorsi da quando la prova veniva mostrata al bambino fino a quando compiva la prima mossa.

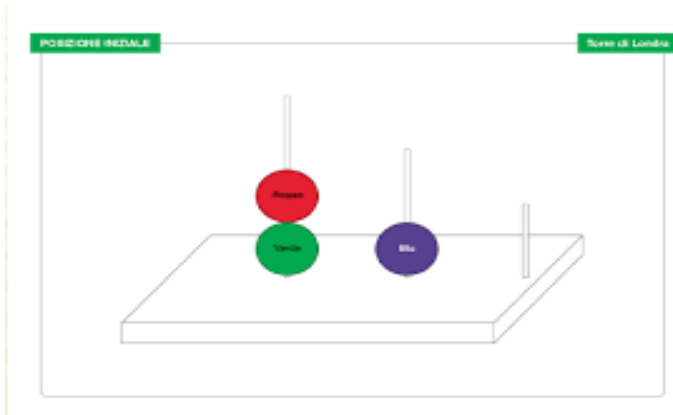


Figura 8- Torre di Londra (Fancello et al., 2006)

Abilità di inibizione della risposta

Per valutare le capacità di inibizione delle risposte prepotenti sono stati utilizzati due test standardizzati: il subtest di inibizione (quadrati/cerchi) del test NEPSY-II (Korkman et al., 2007) e il test di Stroop numerico della Batteria Italiana ADHD (BIA) (Marzocchi et al., 2010).

Il subtest di inibizione del test NEPSY-II, rappresentato nella **Figura 9**, si compone di due prove. Nella prima parte, alla prova di denominazione, viene richiesto al bambino di denominare in modo sequenziale da sinistra verso destra tutte le figure presenti su un foglio (quadrati e cerchi) disposte su cinque file (otto forme per fila), più velocemente e accuratamente possibile. Poi viene eseguita la prova di inibizione vera e propria, secondo la quale il bambino deve ad esempio vedendo un quadrato rispondere “cerchio”, e viceversa. Le prestazioni sono state valutate per:

- Accuratezza: numero di errori (comprese le omissioni) e autocorrezioni compiute dal bambino nell'eseguire il compito;
- Tempo di inibizione: i secondi richiesti per completare il compito.

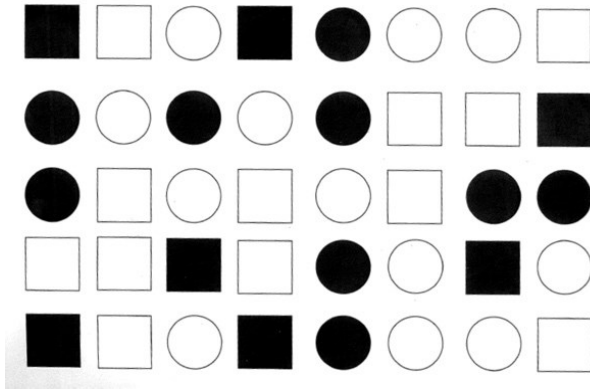


Figura 9- Nepsy-II (Korkman et al., 2007)

Con la somministrazione del test di Stroop numerico, illustrato nella **Figura 10**, si registra dapprima il tempo di esecuzione a livello baseline del bambino. Viene presentata al bambino una tabella composta da 12 celle; all'interno di ogni cella della tabella viene rappresentato un numero variabile di stelline (da 1 a 5): il bambino deve pronunciare ad alta voce il numero corretto di stelline presenti all'interno di ogni cella più velocemente e accuratamente possibile.

Poi, comincia il test di inibizione vero e proprio. Al bambino viene presentata una tabella composta da 75 celle totali con all'interno una quantità variabile di numeri (da 1 a 5). Il test consiste nel pronunciare la quantità corretta di numeri rappresentati dentro ad ogni cella più velocemente e accuratamente possibile, sopprimendo la risposta automatica. Ad esempio, in una cella viene rappresentato il numero "3" per due volte: il bambino dovrà dire per quante volte viene presentata la cifra e non che cifra è stata scritta (in questo esempio, la risposta corretta sarà "2"). La performance viene valutata per:

- Accuratezza: numero di errori (comprendenti: errori di conteggio, cioè quando il bambino sbaglia nel riconoscere la quantità dei numeri presenti dentro ad ogni cella; errori di interferenza, cioè quando il bambino non riesce a sopprimere la risposta automatica pronunciando come risposta corretta la cifra rappresentata) e autocorrezioni;
- Tempo di inibizione: i secondi richiesti per completare il compito.

3. Test di Stroop Numerico

4	5 5	1 1 1 1	2	4 4 4	5	3 3 3
1 1	2 2 2	4 4 4	5 5 5	3	5 5 5	1 1
2 2 2 2	4 4 4	3	5 5 5 5	1	3 3 3	2 2
4 4 4 4	3 3 3	5	1 1 1 1	4	5 5 5	2
1 1 1	4 4 4	5	3 3 3	2 2 2	4	1 1 1

Figura 10- Stroop numerico (Marzocchi et al., 2010)

Abilità di coding

Per la valutazione delle abilità di coding, i bambini hanno eseguito individualmente quattro esercizi selezionati dal corso 1 di Code.org (**Figura 11**): prova 9 (lezione 4), prova 2 (lezione 5), prova 3 (lezione 8), e prova 4 (lezione 14). Sia il gruppo waiting che il gruppo sperimentale, prima di ogni prova, sperimentavano gli esercizi attraverso delle prove-esempio e familiarizzavano con il meccanismo del “trascinare e rilasciare” assistiti dallo sperimentatore. Per ogni prova, è stata registrata:

- **Accuratezza:** veniva assegnato un punteggio di 2 se il bambino aveva risolto la prova correttamente al primo tentativo, 1 se lo risolveva al secondo tentativo, 0 al terzo;
- **Tempo di pianificazione:** corrispondeva ai secondi trascorsi dal momento in cui il bambino riceveva le istruzioni del compito al momento in cui spostava il primo blocco.

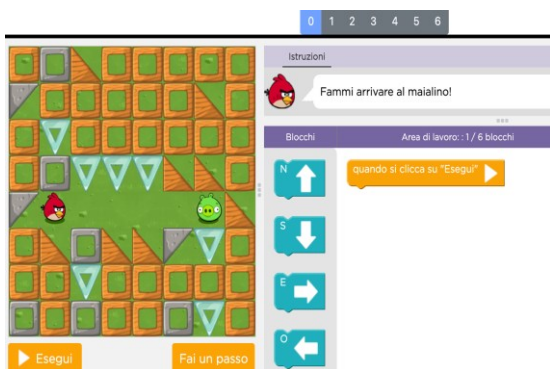


Figura 11- Esempio di prova delle abilità di coding in Code.org

Training

Per la fase di training, cioè la fase in cui venivano proposte le attività di coding, il protocollo prevedeva otto sessioni di coding (due lezioni a settimana per quattro settimane) della durata di 60 minuti circa e l'esecuzione di circa 8 problemi ciascuna. La

Tabella 4 rappresentata il protocollo riassuntivo delle lezioni.

FASI DEL TRAINING	CORSO	LEZIONI	ESERCIZI	FUNZIONI ESERCITATE
Familiarizzazione	Corso 1	lezione 4	1 (esempio), 9	Angry birds: Sequenze
		lezione 5	1 (esempio), 2	Labirinto: Correzione Errori Artista: Sequenze
		lezione 8		
		lezione 14	1 (esempio), 3	Ape: Cicli
			2 (esempio), 4	
1° Incontro	Corso 1	lezione 3	dal n.1 al n. 6	Drag and Drop: Puzzle. Impara come trascinare e rilasciare con il mouse. Angry Bird: Sequenze
		lezione 4	n. 2,5,6,7	

2° Incontro	Corso 1	lezione 4	n. 8, 10	Sequenze
		lezione 5	n. 3,4,5,6,7	Correzione Errori
3° Incontro	Corso 1	lezione 8	n. 4, 5, 6, 7, 8	Artista: Disegna sequenze
		lezione 5	n. 8,9, 10	Angry Bird: Correzione Errori
4° Incontro	Corso 1	lezione 8	n. 9, 10, 11	Artista: Disegna sequenze non continue con salto
		lezione 10	n. 4, 5, 6, 7, 8	Artista: Disegna forme geometriche
5° Incontro	Corso 1	lezione 13	n. 1, 2, 3, 4	Labirinto: Cicli (es. uccello deve arrivare a maiale)
		lezione 13	n. 5, 6, 7	Angry Bird: Cicli con aggiunta della funzione ripeti (blocco ripeti)
6° Incontro	Corso 1	lezione 13	n. 8, 9, 10, 11, 12	Cicli con blocco ripeti
7° Incontro	Corso 1	lezione 14	n. 3,5,6,7,8, 9	Ape: Cicli
8° Incontro	Corso 1	lezione 18	n. 2, 4, 5, 6, 7	Artista: Cicli
Chiusura	Riflessione metacognitiva			

Tabella 4- Protocollo delle attività di coding per le classi di prima primaria

È stata utilizzata la piattaforma Code.org. In particolare, per l'allenamento del coding delle classi prime sono stati selezionati una serie di esercizi dal corso 1. Le difficoltà dei compiti aumentavano man mano che si proseguiva con il protocollo, per stimolare i bambini al miglioramento nel coding: in Code.org venivano presentati dapprima compiti che richiedevano la creazione di sequenze, e successivamente l'uso dei cicli e delle istruzioni condizionali. Cambiando frequentemente scenari e funzioni, i bambini venivano indotti a stimolare il problem solving.

Le attività sono state svolte all'interno del laboratorio di informatica della scuola; durante le sessioni di addestramento, gli sperimentatori sono intervenuti a sostegno delle classi, alle quali:

1. veniva illustrato il compito da svolgere attraverso l'uso di uno strumento multimediale (video-proiettore), leggendo insieme le istruzioni e introducendo le funzioni presenti all'interno degli esercizi;
2. veniva discussa la procedura da adottare per giungere alle soluzioni degli esercizi, ma senza fornirla in modo esplicito, e stimolando il ragionamento;
3. veniva stimolato il lavoro in autonomia, con la richiesta di non aiutare i compagni suggerendo le soluzioni degli esercizi.

Il compito dei bambini era quello di usare dei blocchi contenenti delle istruzioni di base, messe loro a disposizione, per creare una sequenza di comandi: si trattava di eseguire una serie di azioni per raggiungere un obiettivo. Al termine dell'esecuzione, la piattaforma forniva un feedback descrittivo e visivo.

Grazie ad un lavoro interdisciplinare, quest'anno è stata proposta una nuova App, Cothi, la quale riprende la tipologia di esercizi proposti di Code.org cercando di sopperire a dei limiti osservati da questa piattaforma. Tra le novità, i bambini selezionano il proprio nome (come si nota dalla **Figura 12**) e il tipo di attività da svolgere (**Figura 13**). Al termine dell'esecuzione, l'app fornisce un feedback motivazionale descrittivo e visivo (**Figura 14**). Elementi nuovi, come disegni e animazioni, sono risultati di gran sostegno per un maggior coinvolgimento delle classi.

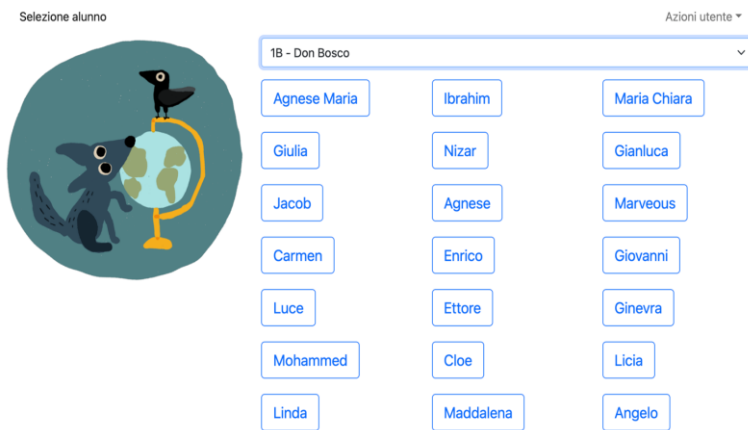


Figura 12- Selezione del proprio nome da Cothi

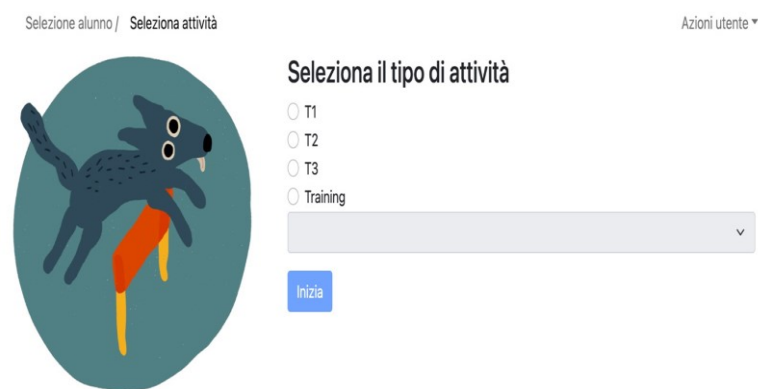


Figura 13- Selezione del tipo di attività da Cothi



Figura 14- Feedback motivazionale nell'app Cothi

3.3.2 Procedura

Sono state valutate le capacità cognitive di pianificazione e inibizione della risposta, e la abilità di pensiero computazionale durante le fasi di Pre-test (T1), Post-test (T2) e Follow-up (T3) attraverso l'uso di strumenti standardizzati.

I partecipanti delle classi prime sono stati suddivisi in Gruppo Sperimentale e Gruppo Waiting; per comodità si è scelto di attribuire la condizione sperimentale alla sezione A e la condizione waiting alla sezione B. La ricerca ha visto il susseguirsi delle seguenti fasi:

1. nella prima fase (T1) i partecipanti di entrambi i gruppi sono stati sottoposti ad una prima valutazione o Pre-test, durante il quale è stato misurato il livello di partenza, o baseline, delle funzioni esecutive prese in esame e delle capacità di pensiero computazionale;
2. nella seconda fase (TRAINING) gli alunni del gruppo sperimentale hanno partecipato all'intervento, un training con attività di coding sull'allenamento del pensiero computazionale, mentre i bambini del gruppo waiting continuavano le normali attività scolastiche;
3. nella terza fase (T2) i partecipanti di entrambi i gruppi sono stati sottoposti ad una seconda valutazione o Post-test, in particolare: per il gruppo sperimentale si verificava se vi era stato un miglioramento delle prestazioni subito dopo le attività di coding, mentre per il gruppo waiting è stato misurato se vi erano stati dei cambiamenti nelle prestazioni rispetto a quelle misurate durante la prima fase;
4. nella quarta fase (TRAINING) gli alunni del gruppo waiting hanno beneficiato anch'essi dell'intervento;
5. nella quinta fase (T3) o Follow-up gli alunni di entrambi i gruppi sono stati sottoposti ad un'ultima valutazione, in particolare: per il gruppo sperimentale è stato misurato lo stato di mantenimento degli eventuali benefici a distanza di circa

un mese/mese e mezzo dalla conclusione delle attività di coding, mentre per il gruppo waiting è stato verificato se era stato un miglioramento delle prestazioni subito dopo le attività di coding.

Le valutazioni, proposte in forma di gioco, venivano svolte individualmente a scuola e richiedevano circa 30 minuti per ciascun bambino.

Capitolo IV

Risultati

Preliminarmente sono stati svolti dei t-test per campioni indipendenti al fine di verificare che i due gruppi (sperimentale e waiting) non presentassero differenze statisticamente significative relative all'età, al livello socio-economico (SES) e alla familiarità con le tecnologie (FAM_TECN). Le statistiche descrittive relative al Genere, all'età, al SES e alla FAM_TECN sono state precedentemente illustrate nella **Tabella 3**.

Dal t-test per campioni indipendenti, svolto al fine di identificare eventuali differenze statisticamente significative nel SES e nella familiarità con le tecnologie, si evince che i due gruppi (sperimentale, waiting) non sono omogenei per il livello di Status Socio-Economico $t(67) = 2.88$, $p < .05$. I due gruppi non differiscono invece in maniera statisticamente significativa per i punteggi inerenti alla familiarità con le tecnologie $t(67) = -.54$, $p = .59$ e non differiscono per età.

Per valutare le eventuali differenze nella distribuzione di genere tra il gruppo sperimentale e il gruppo waiting, è stata svolta un'analisi del Chi-quadrato (χ^2) dalla quale è emerso che il campione è bilanciato per Genere (M,F) $\chi^2 = .003$, $p = .96$. 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 Pre-test, all'interno di ciascun gruppo (Maschi, Femmine) rispetto alle seguenti variabili dipendenti:

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

Nella **Tabella 5** sono riportati la numerosità (N), i valori di media (MEDIA), deviazione standard (DS) e test statistici relativi al Pre-test del Gruppo (GRUPPO) divisi per Genere (GENERE).

GENERE	PROVE	GRUPPO	N	MEDIA (DS)	t(gl)	p-value
Femmine	NEPSY-II <i>tempo inibizione</i>	Sperimentale	13	53.08 (14.92)	.07	.94
		Waiting	19	53.42 (11.57)	(30)	
	NEPSY-II <i>numero errori</i>	Sperimentale	13	8.54 (6.21)	-1.55	.13
		Waiting	19	5.42 (5.15)	(30)	
	Stroop <i>tempo inibizione</i>	Sperimentale	13	205.55 (52.67)	-2.35	.03
		Waiting	19	171.01 (30.60)	(30)	
	Stroop <i>numero errori</i>	Sperimentale	13	14.69 (10.96)	-2.17	.04
		Waiting	19	7.63 (7.49)	(30)	
	Torre di Londra <i>tempo pianificazione</i>	Sperimentale	13	2.76 (1.26)	.67	.51
		Waiting	19	3.07 (1.30)	(30)	
	Torre di Londra <i>accuratezza</i>	Sperimentale	13	1.69 (2.06)	.75	.46
		Waiting	19	2.32 (2.45)	(30)	
	Coding <i>tempo pianificazione</i>	Sperimentale	13	17.70 (8.70)	-.65	.52
		Waiting	19	15.85 (7.37)	(30)	
	Coding <i>accuratezza</i>	Sperimentale	13	1.62 (1.98)	.32	.75
		Waiting	19	1.84 (1.95)	(30)	
Maschi	NEPSY-II <i>tempo inibizione</i>	Sperimentale	15	54.57 (13.16)	-.56	.58
		Waiting	22	52.13 (12.92)	(35)	
	NEPSY-II <i>numero errori</i>	Sperimentale	15	9.20 (9.60)	-.31	.76
		Waiting	22	8.18 (9.95)	(35)	
	Stroop <i>tempo inibizione</i>	Sperimentale	15	197.99 (66.38)	-.57	.57
		Waiting	22	188.48 (35.26)	(35)	
	Stroop <i>numero errori</i>	Sperimentale	15	13.67 (10.09)	-.69	.49
		Waiting	22	11.59 (8.13)	(35)	
	Torre di Londra <i>tempo pianificazione</i>	Sperimentale	15	3.29 (1.46)	-.71	.48
		Waiting	22	2.93 (1.57)	(35)	
	Torre di Londra <i>accuratezza</i>	Sperimentale	15	2.47 (2.64)	-.32	.75
		Waiting	22	2.18 (2.68)	(35)	
	Coding <i>tempo pianificazione</i>	Sperimentale	15	12.01 (6.44)	1.01	.32
		Waiting	22	14.56 (8.22)	(35)	

Coding <i>accuratezza</i>	Sperimentale	15	2.40 (2.38)	-.44 (35)	.66
	Waiting	22	2.09 (1.90)		

Tabella 5- Medie, Deviazioni Standard e t-test al Pre-test per Genere (Maschi, Femmine) divise per Gruppo (Sperimentale, Waiting)

Relativamente al Genere Femmine, dalle analisi non emergono differenze statisticamente significative nelle variabili dipendenti al T1 tra il gruppo sperimentale e il gruppo waiting, ad eccezione della prova di Stroop numerico. Le analisi rilevano differenze statisticamente significative tra il gruppo sperimentale e il gruppo waiting nel tempo di inibizione e nel numero di errori commessi.

Successivamente, è stato effettuato un t-test per campioni indipendenti volto a rilevare eventuali differenze statisticamente significative tra il Gruppo Femmine e il Gruppo Maschi al Pre-test, rispetto alle variabili dipendenti precedentemente menzionate.

Dalle analisi si evince che i due gruppi (Maschi, Femmine) non presentano differenze statisticamente significative al Pre-test.

Per verificare gli effetti del training è stata condotta un'analisi della varianza (ANOVA) mista a misure ripetute con variabili *between* fattore Genere e fattore Gruppo, e con variabile *within* fattore Tempo (Pre-test, Post-test e Follow-up), utilizzando la variabile SES come covariata. Queste analisi sono state effettuate al fine di indagare l'effetto del Genere sul potenziamento delle funzioni esecutive e delle abilità di coding conseguente a un mese di attività di *coding*. Inoltre, sono stati analizzati gli effetti del fattore Tempo, del fattore Gruppo e gli effetti delle interazioni tra i fattori: Tempo*Gruppo, Tempo*Genere e Tempo*Gruppo*Genere, per tutte le variabili sopra elencate.

Di seguito sono riportati i risultati per ciascuna variabile dipendente.

Prova di Pensiero Computazionale

Nella **Tabella 6** sono state riportate la media (MEDIA) e la deviazione standard (DS) riferite al tempo di pianificazione e all'accuratezza nella prova di Coding al Pre-test, Post-test e Follow-up per ciascun Genere (Maschi, Femmine) diviso in gruppo sperimentale e gruppo waiting.

CODING			T1	T2	T3
			Media (DS)	Media (DS)	Media (DS)
Tempo di pianificazione	Femmine	Sperimentale	17.70 (8.70)	10.97 (3.37)	14.10 (4.82)
		Waiting	15.85 (7.37)	15.04 (8.86)	11.21 (3.93)
	Maschi	Sperimentale	12.01(6.44)	12.01 (5.85)	11.94 (4.39)
		Waiting	14.56 (8.22)	13.53 (6.78)	10.85 (4.23)
Accuratezza	Femmine	Sperimentale	1.62 (1.98)	5.38 (1.32)	6.00 (.58)
		Waiting	1.84 (1.95)	3.68 (1.86)	6.21 (1.32)
	Maschi	Sperimentale	2.40 (2.38)	5.40 (2.29)	5.20 (1.86)
		Waiting	2.09 (1.90)	3.95 (1.89)	6.14 (1.21)

Tabella 6- Medie (MEDIA) e Deviazione Standard (DS) del Genere divise per Gruppo nel T1, T2, T3 delle prove di coding

Coding Tempo di Pianificazione

L'analisi della varianza (ANOVA) non evidenzia effetti statisticamente significativi riferiti ai fattori Tempo, Gruppo e Genere. Non emergono effetti statisticamente significativi per le interazioni Tempo*Gruppo, Tempo*Genere e Tempo*Gruppo*Genere.

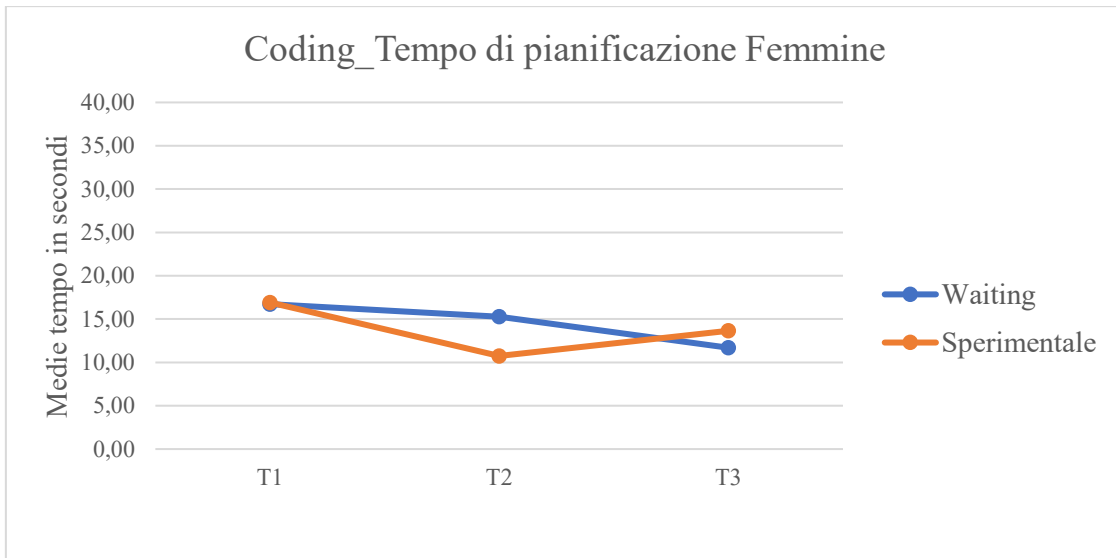


Figura 15- Medie del Tempo di pianificazione nella prova di Coding al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Femmine

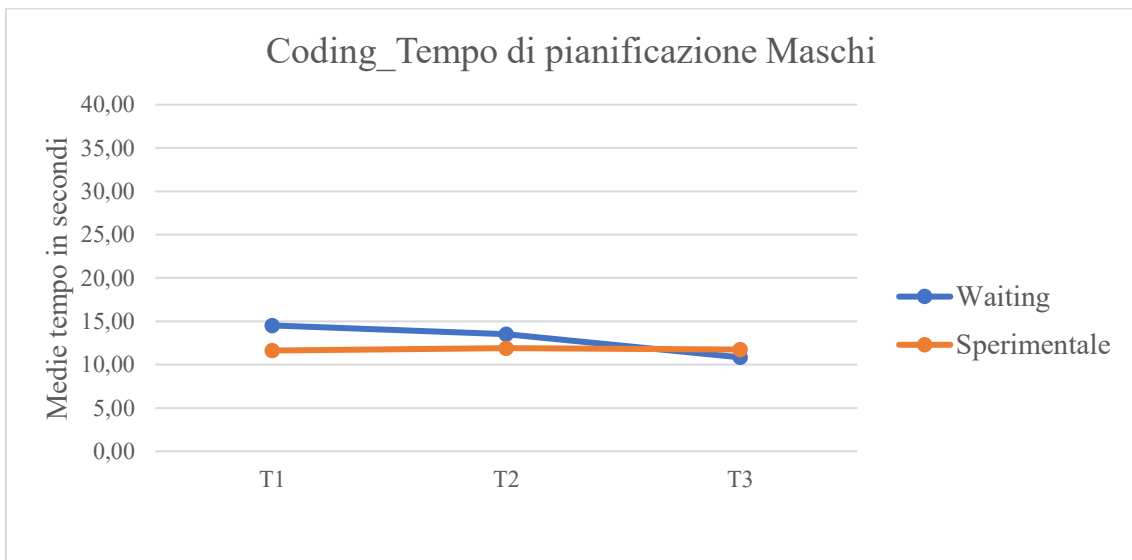


Figura 16- Medie del Tempo di pianificazione nella prova di Coding al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Maschi

Coding Accuratezza

Dall'analisi della varianza (ANOVA) emerge un effetto significativo per il fattore Tempo $F(2,128)=17.08$, $p<.001$, $\eta^2_p= .23$ e per l'interazione Tempo*Gruppo $F(2,128)=8,46$, $p<.001$, $\eta^2_p= .12$. Non sono emersi effetti statisticamente significativi riferiti all'interazione tra i fattori Tempo*Genere e all'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo*Genere. Dal test degli effetti tra i soggetti non è stato riscontrato nessun effetto statisticamente significativo.

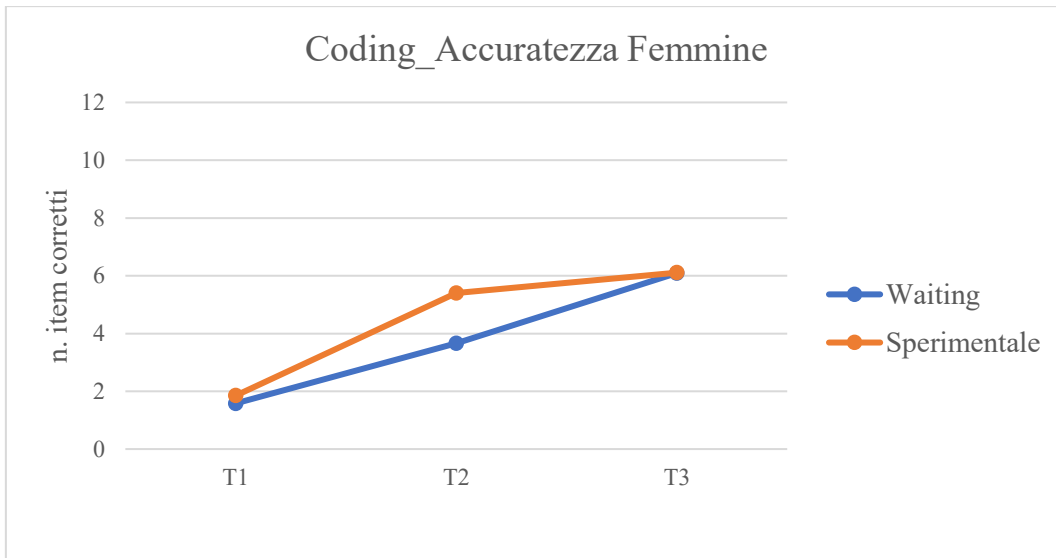


Figura 17- Medie dell'Accuratezza nella prova di Coding al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Femmine

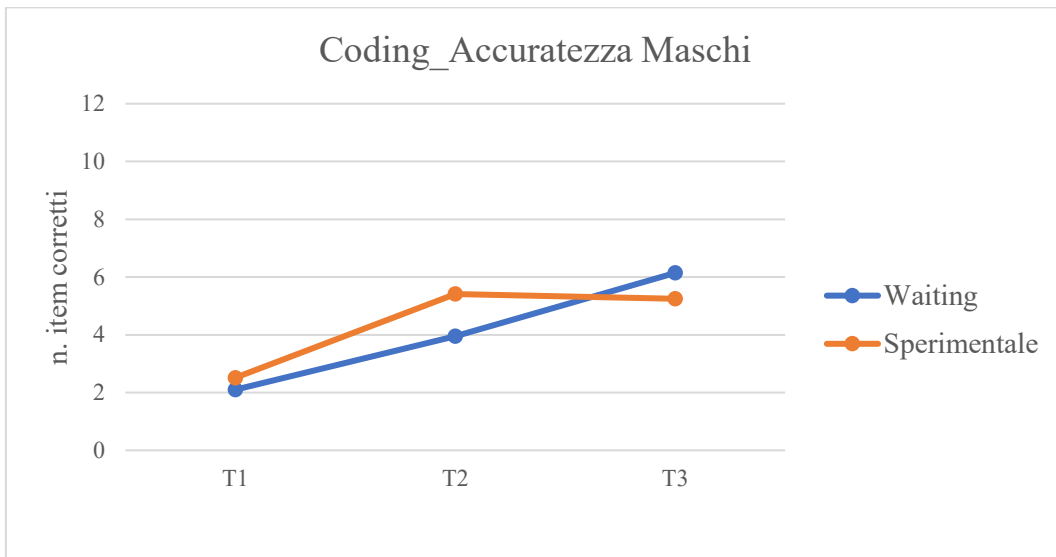


Figura 18- Medie dell'Accuratezza nella prova di Coding al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Maschi

Sono stati effettuati dei *confronti pairwise* con il fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo emersa. Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo sperimentale, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa tra T1-T2: $t(27) = -8.41$, $p < .001$, $d = -1.59$.

Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo waiting, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa tra T1-T2: $t(40) = -7.19$, $p < .001$, $d = 1.12$;

- una differenza statisticamente significativa T2-T3: $t(40) = -7.92$, $p < .001$, $d = -1.24$.

Prove di Inibizione

Nella **Tabella 7** sono state riportate la media (MEDIA) e la deviazione standard (SD) riferite al tempo di inibizione e al numero di errori nella prova NEPSY-II al Pre-test, Post-test e Follow-up per ciascun Genere (Maschi, Femmine) diviso in gruppo sperimentale e gruppo waiting.

NEPSY-II			T1	T2	T3
			Media (DS)	Media (DS)	Media (DS)
Tempo di inibizione	Femmine	Sperimentale	53.08 (14.92)	38.85 (10.32)	40.52 (8.30)
		Waiting	53.42 (11.57)	47.08 (9.51)	40.62 (6.25)
	Maschi	Sperimentale	54.57 (13.16)	44.76 (12.93)	43.65 (14.66)
		Waiting	52.13 (12.92)	44.87 (11.47)	42.50 (10.50)
N. errori	Femmine	Sperimentale	8.54 (6.21)	2.62 (2.06)	3.31 (3.01)
		Waiting	5.42 (5.15)	6.16 (6.20)	2.42 (2.89)
	Maschi	Sperimentale	9.20 (9.60)	2.73 (2.79)	3.73 (3.75)
		Waiting	8.18 (9.95)	7.05 (9.39)	2.77 (3.39)

Tabella 7- Medie (MEDIA) e Deviazioni Standard (DS) del Genere divise per Gruppo nel T1, T2, T3 delle prove NEPSY-II

NEPSY-II Tempo di Inibizione

L'analisi della varianza (ANOVA) mostra un effetto significativo del fattore Tempo con $F(2,128) = 5.43$, $p < .05$, $\eta^2_p = .08$. Non vengono invece rilevati effetti statisticamente significativi per quanto riguarda le interazioni tra Tempo*Gruppo, Tempo*Genere e tra Tempo*Gruppo*Genere.

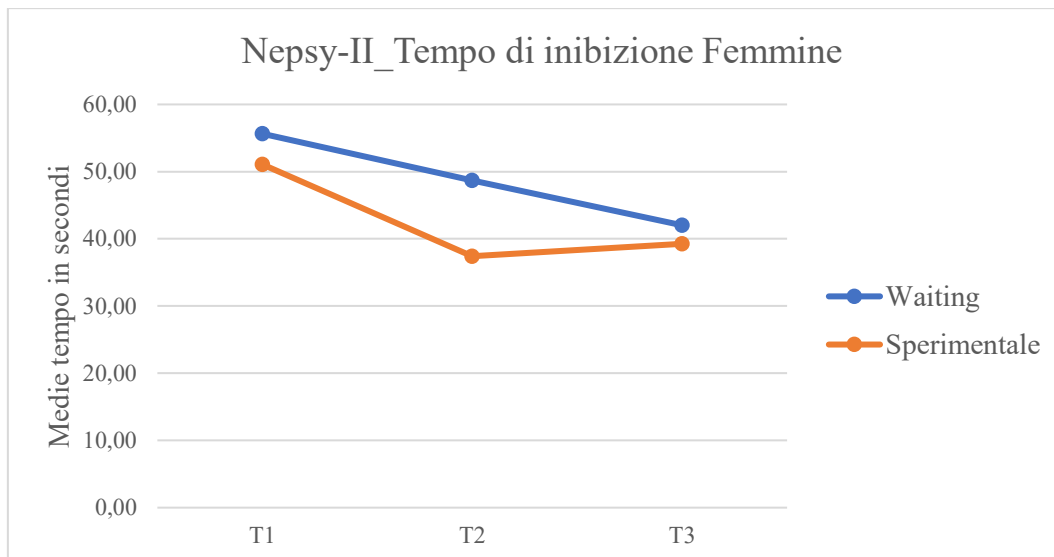


Figura 19- Medie del Tempo di inibizione nella prova Nepsy-II al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Femmine

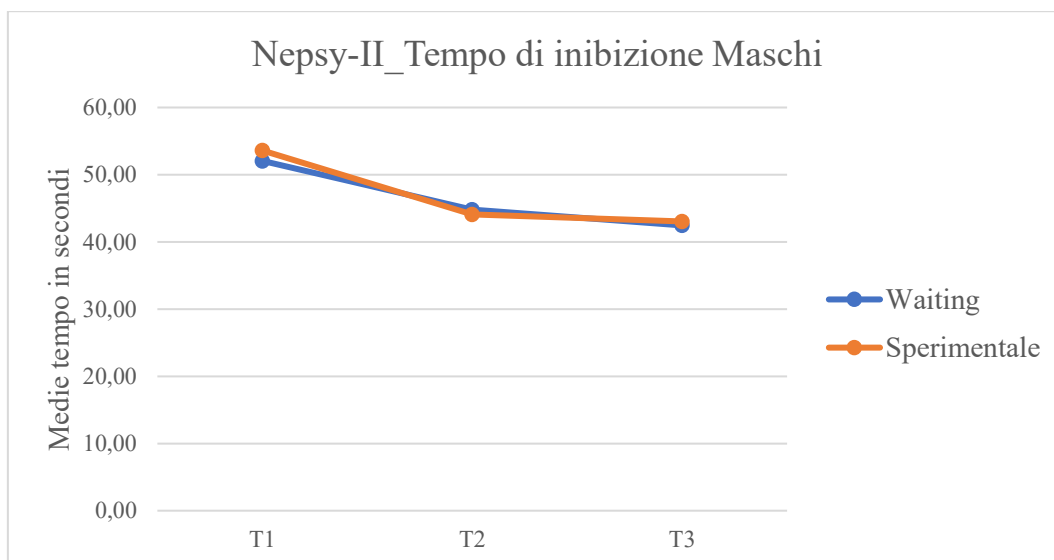


Figura 20- Medie del Tempo di inibizione nella prova Nepsy-II al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Maschi

NEPSY-II Numero Errori

Dall'ANOVA emerge un effetto statisticamente significativo del fattore Tempo con $F(2,128)=4.94$, $p<.05$, $\eta^2_p=.07$, e dell'interazione Tempo*Gruppo con $F(2,128)=7.08$, $p<.05$, $\eta^2_p=.10$. Per quanto riguarda gli effetti tra i soggetti, l'ANOVA non mostra effetti statisticamente significativi per quanto riguarda la covariata SES, i fattori Gruppo e Genere, e l'interazione Gruppo*Genere.

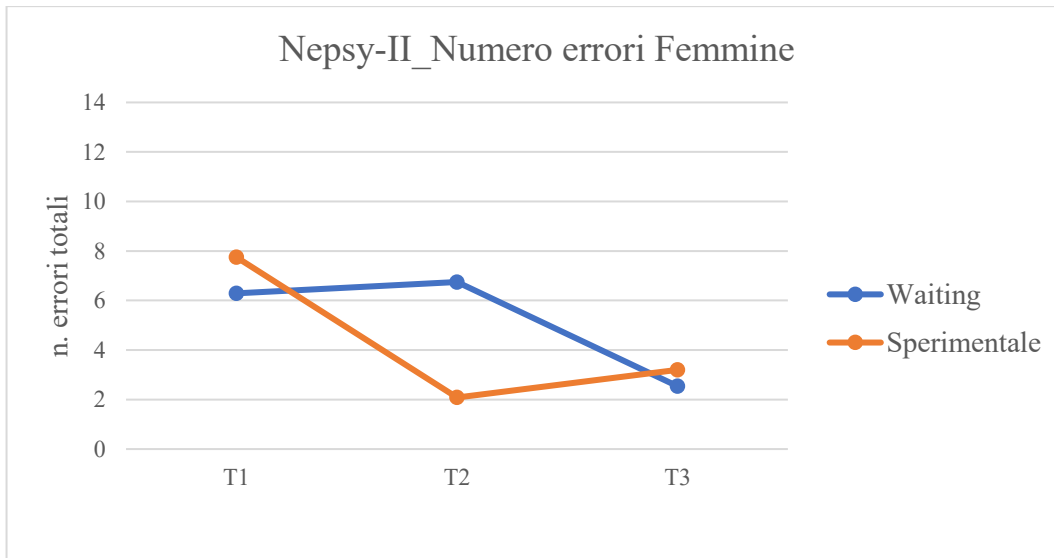


Figura 21- Medie del Numero di errori nella prova Nepsy-II al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Femmine

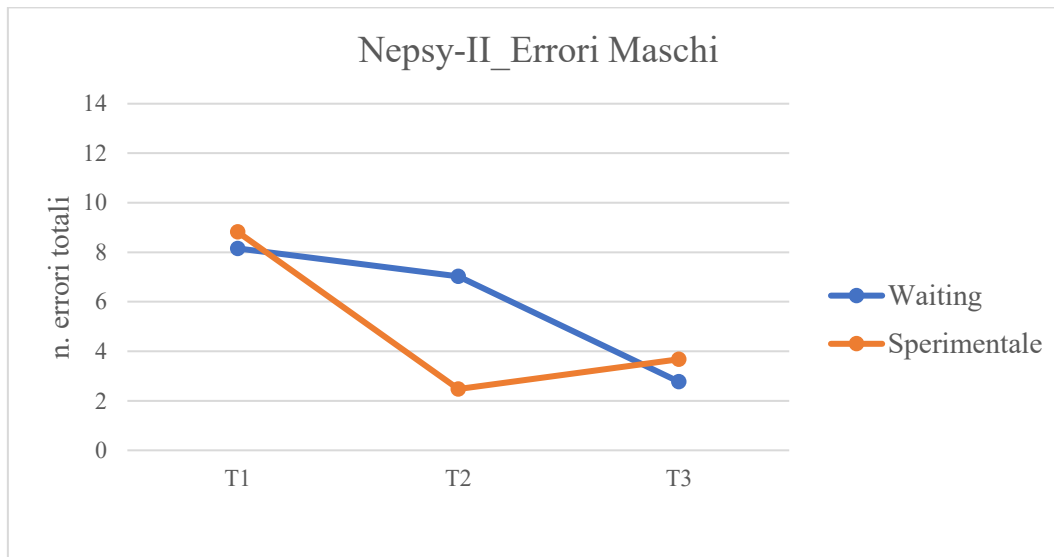


Figura 22- Medie del Numero di errori nella prova Nepsy-II al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Maschi

Sono stati effettuati dei *confronti pairwise* con il fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo emersa. Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo sperimentale, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa tra T1-T2: $t(27) = 4.56, p < .001, d = .86$.

Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo waiting, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa tra T2-T3: $t(40) = 3.80, p < .001, d = .59$.

Nella **Tabella 8** sono state riportate la media (MEDIA) e la deviazione standard (DS) riferite al tempo di inibizione e al numero di errori nello Stroop Test al Pre-test, Post-test e Follow-up per ciascun Genere (Maschi, Femmine) diviso in gruppo sperimentale e gruppo waiting.

STROOP			T1	T2	T3
			Media (DS)	Media (DS)	Media (DS)
Tempo di inibizione	Femmine	Sperimentale	205.55 (52.67)	140.11 (28.50)	141.94 (34.11)
		Waiting	171.01 (30.60)	154.24 (23.46)	142.15 (26.27)
	Maschi	Sperimentale	197.99 (66.38)	178.95 (61.63)	165.25 (42.53)
		Waiting	188.48 (35.26)	159.06 (34.05)	153.52 (39.24)
N. errori	Femmine	Sperimentale	14.69 (10.96)	5.23 (4.15)	4.54 (3.53)
		Waiting	7.63 (7.49)	6.26 (6.32)	3.47 (3.10)
	Maschi	Sperimentale	13.67 (10.09)	5.93 (4.15)	7.67 (6.79)
		Waiting	11.59 (8.13)	8.64 (6.08)	6.73 (5.62)

Tabella 8- Medie (MEDIA) e Deviazione Standard (DS) del Genere divise per Gruppo nel T1, T2, T3 delle prove dello Stroop Test

Stroop Test Tempo di Inibizione

Dall'analisi della varianza (ANOVA) sono emersi come statisticamente significativi sia l'effetto del fattore Tempo con $F(2,128)=11.96$, $p < .001$, $\eta^2_p = .16$, sia l'interazione tra i fattori Tempo*Gruppo*Genere con $F(2,128)=4.03$, $p < .05$, $\eta^2_p = .06$. Non sono emersi invece effetti statisticamente significativi per le interazioni Tempo*SES, Tempo*Genere e Tempo*Gruppo.

Per quanto riguarda gli effetti tra i soggetti non sono emersi effetti statisticamente significativi.

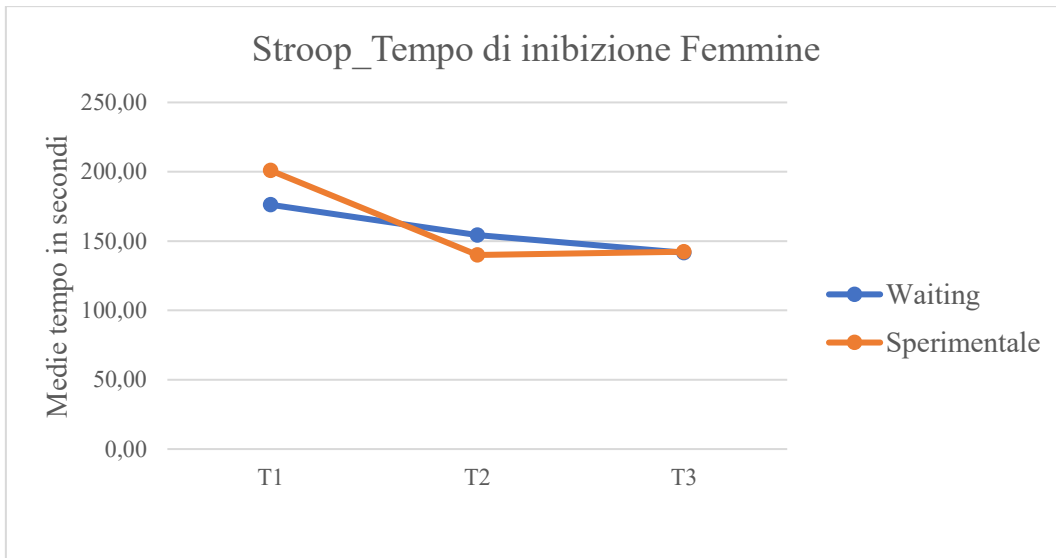


Figura 23- Medie del Tempo di Inibizione nella prova di Stroop Numerico al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Femmine

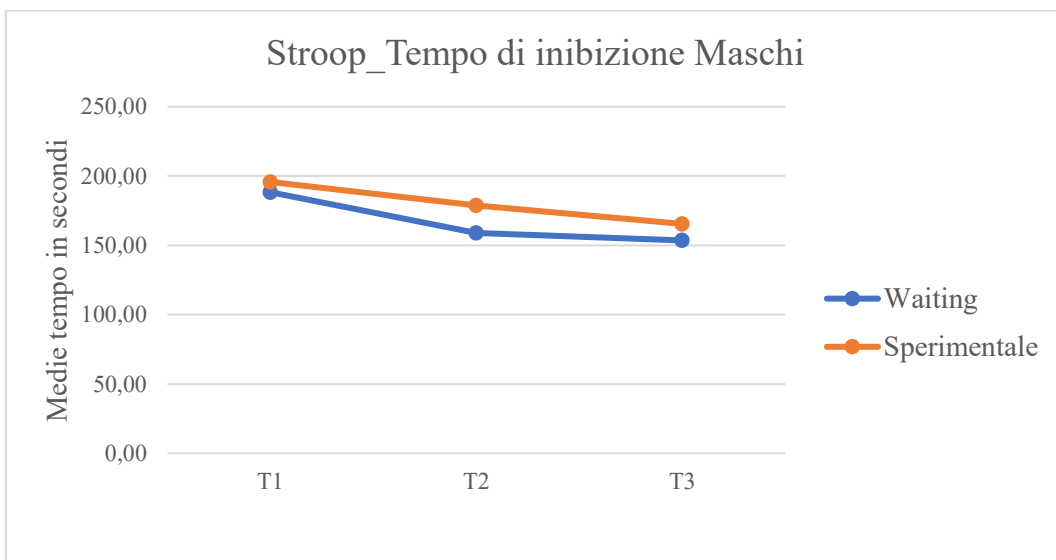


Figura 24- Medie del Tempo di Inibizione nella prova di Stroop Numerico al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Maschi

Sono stati effettuati dei *confronti pairwise* con il fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo*Genere emersa. Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo sperimentale, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa del Genere tra T1-T2: $t(12) = 5.80$, $p < .001$, $d = 1.61$, a favore delle Femmine.

Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo waiting, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa del Genere tra T1-T2: $t(18)= 2.70$, $p<.05$, $d=.62$, a favore delle Femmine;
- una differenza statisticamente significativa del Genere tra T2-T3: $t(18)= 3.23$, $p<.05$, $d=.74$, a favore delle Femmine.

Stroop Test Numero Errori

Dall'analisi della varianza (ANOVA) emerge un effetto significativo del fattore Tempo con $F(2,128)=5.69$, $p<.05$, $\eta^2_p=.08$, e dell'interazione dei fattori Tempo*Gruppo con $F(2,128)=3.73$, $p<.05$, $\eta^2_p=.06$. È stato inoltre riscontrato un effetto significativo del fattore SES dall'analisi del test degli effetti tra i soggetti: $F(1,64)=4.30$, $p<.05$, $\eta^2_p=.06$. Non sono emersi effetti significativi in relazione ai fattori Gruppo e Genere, e all'interazione tra i fattori Gruppo*Genere.

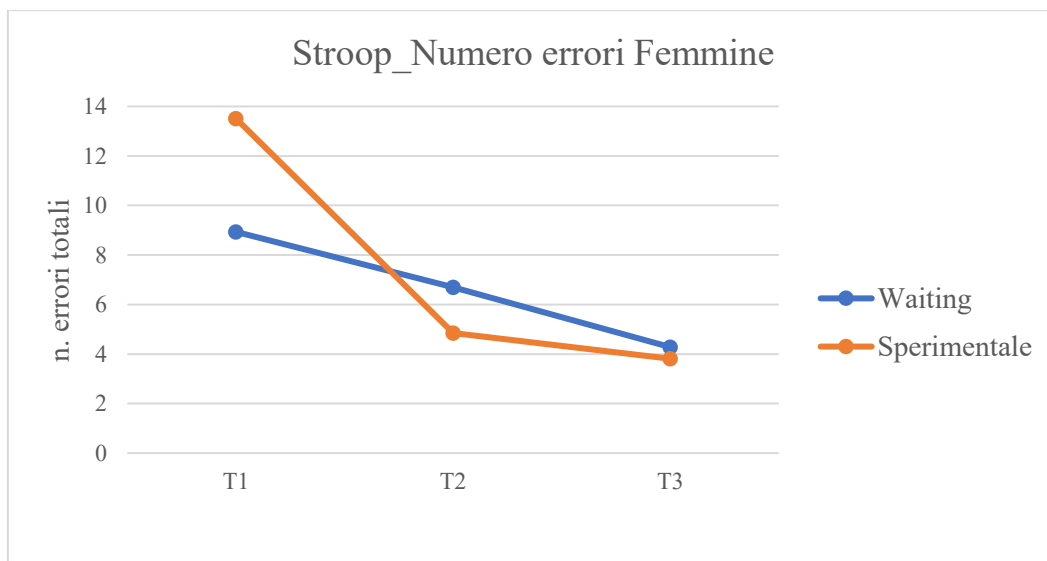


Figura 25- Medie del Numero di errori nella prova di Stroop Numerico al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Femmine

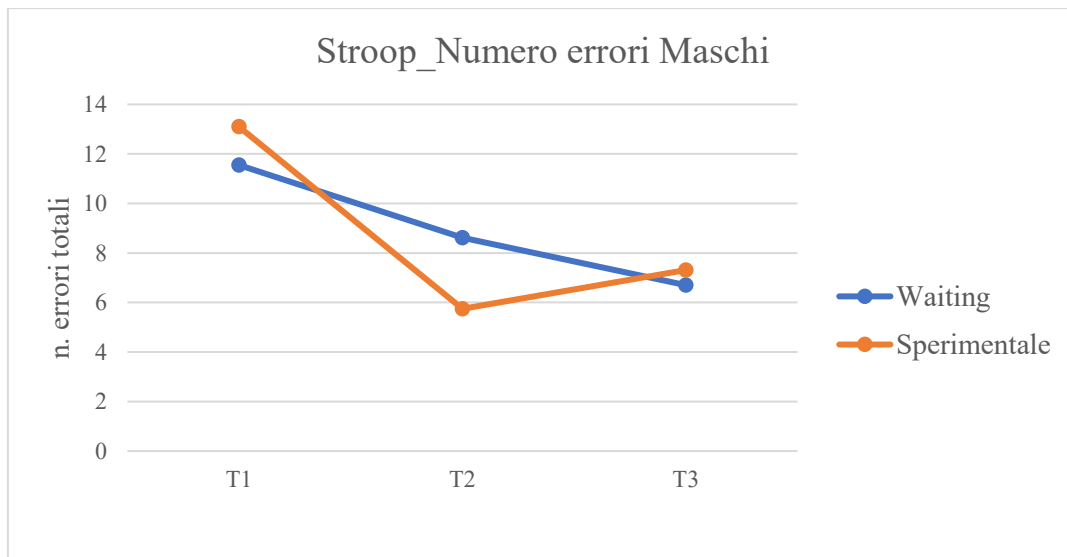


Figura 26- Medie del Numero di errori nella prova di Stroop Numerico al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Maschi

Sono stati effettuati dei *confronti pairwise* con il fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo emersa. Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo sperimentale, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa tra T1-T2: $t(27)=4.23$, $p < .05$, $d = .80$.

Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo waiting, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa tra T1-T2: $t(40)=2.77$, $p < .05$, $d = .43$;
- una differenza statisticamente significativa tra T2-T3: $t(40)=2.69$, $p < .05$, $d = .42$.

Prova di Pianificazione

Nella **Tabella 9** sono state riportate la media (MEDIA) e la deviazione standard (DS) riferite al tempo di pianificazione e all'accuratezza nella prova Torre di Londra al Pre-test, Post-test e Follow-up per ciascun Genere (Maschi, Femmine) diviso in gruppo sperimentale e gruppo waiting.

TORRE di LONDRA			T1	T2	T3
			Media (DS)	Media (DS)	Media (DS)
Tempo di pianificazione	Femmine	Sperimentale	2.76 (1.26)	2.90 (2.38)	2.93 (2.04)
		Waiting	3.07 (1.30)	2.81 (.97)	3.12 (1.08)
	Maschi	Sperimentale	3.29 (1.46)	4.12 (3.17)	3.58 (1.76)
		Waiting	2.93 (1.57)	2.66 (1.17)	3.01 (1.22)
Accuratezza	Femmine	Sperimentale	1.69 (2.06)	4.77 (2.56)	5.77 (1.88)
		Waiting	2.32 (2.45)	3.47 (2.14)	7.47 (2.39)
	Maschi	Sperimentale	2.47 (2.64)	5.13 (3.52)	6.20 (3.23)
		Waiting	2.18 (2.68)	2.82 (3.10)	5.59 (2.67)

Tabella 9- Medie (MEDIA) e Deviazione Standard (DS) del Genere divise per Gruppo nel T1, T2, T3 delle prove Torre di Londra

Torre di Londra Tempo di Pianificazione

Dall'analisi della varianza (ANOVA) non sono emersi effetti significativi in nessuno dei quattro fattori presi in considerazione. Per quanto concerne l'analisi del test degli effetti tra i soggetti non è emerso alcun effetto statisticamente significativo.

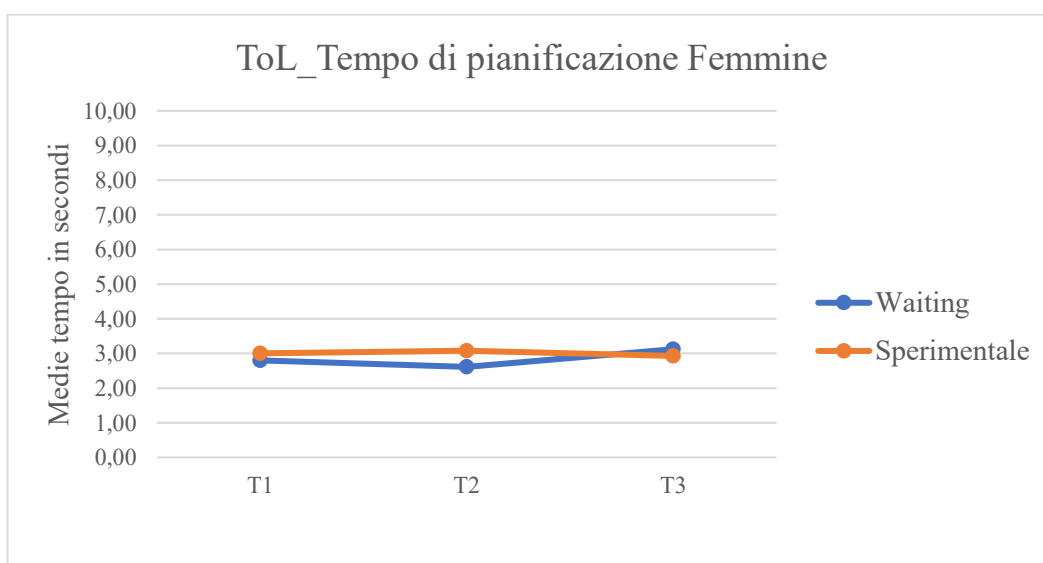


Figura 27- Medie del Tempo di pianificazione nella prova della Torre di Londra (ToL) al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Femmine

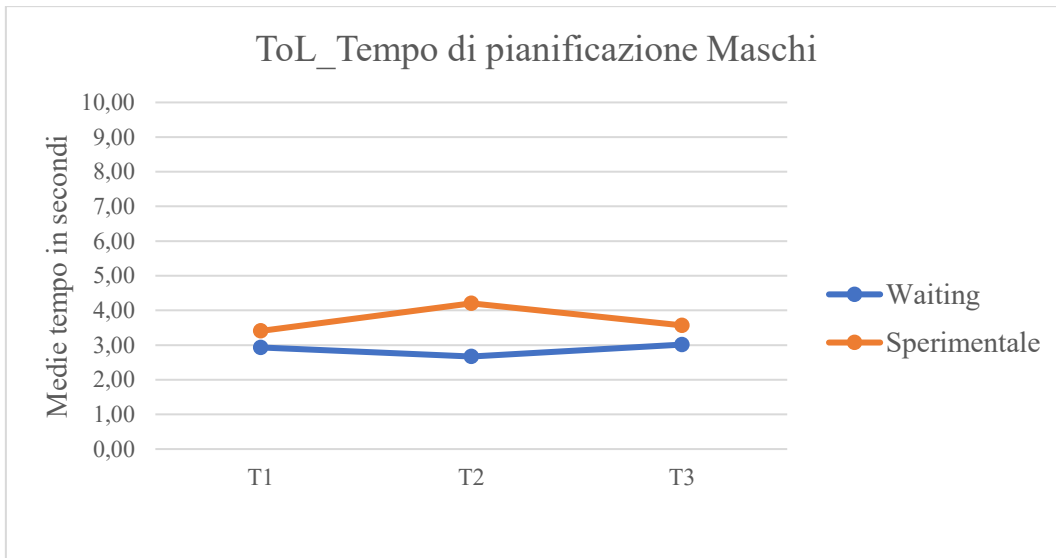


Figura 28- Medie del Tempo di pianificazione nella prova della Torre di Londra (ToL) al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Maschi

Torre di Londra Accuratezza

L'analisi della varianza (ANOVA) mostra degli effetti statisticamente significativi rispetto al fattore Tempo $F(2,128)=8.93$, $p < .001$, $\eta^2_p = .12$, e all'interazione Tempo*Gruppo con $F(2,128)=5.46$, $p < .001$, $\eta^2_p = .08$. Non sono stati riscontrati invece degli effetti statisticamente significativi né nell'interazione Tempo*Genere, né per quanto concerne l'interazione Tempo*Gruppo *Genere.

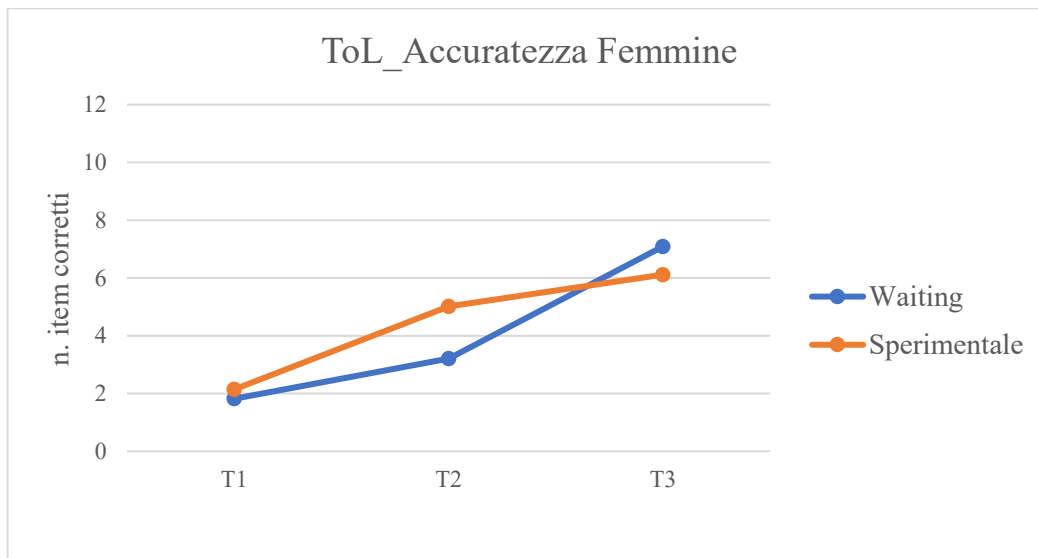


Figura 29- Medie dell'Accuratezza nella prova della Torre di Londra (ToL) al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Femmine

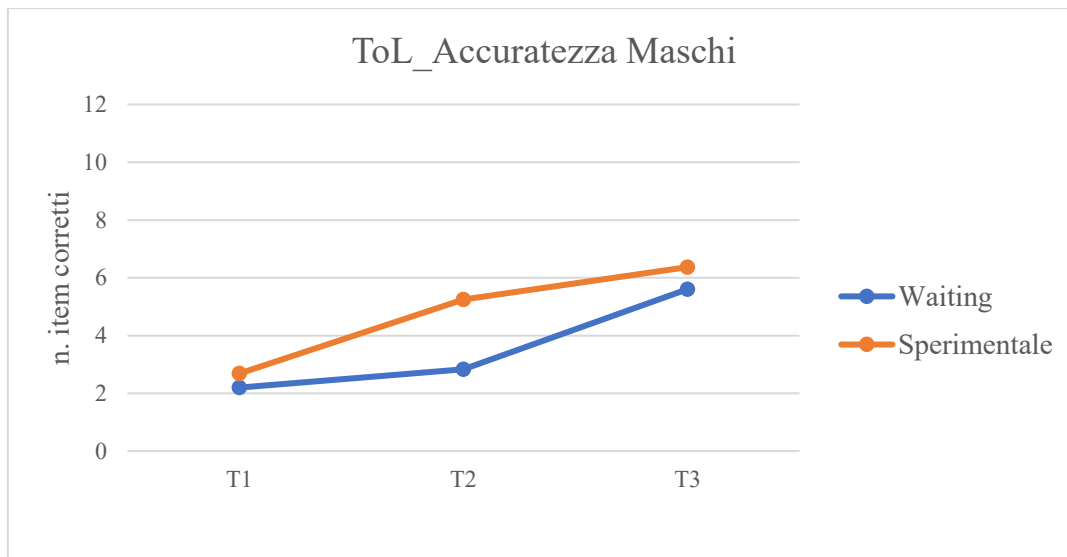


Figura 30- Medie dell'Accuratezza nella prova della Torre di Londra (ToL) al T1, T2, T3 per il gruppo sperimentale e il gruppo waiting del Genere Maschi

Sono stati effettuati dei *confronti pairwise* con il fine di approfondire l'interazione Tempo*Gruppo emersa. Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo sperimentale, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa tra T1-T2: $t(27) = -5.35$, $p < .001$, $d = -1.01$;
- una differenza statisticamente significativa tra T2-T3: $t(27) = -2.18$, $p < .05$, $d = -.42$.

Dai *confronti pairwise*, all'interno del gruppo waiting, tra i tre tempi (T1, T2, T3), emerge:

- una differenza statisticamente significativa tra T1-T2: $t(40) = -2.41$, $p < .05$, $d = .38$;
- una differenza statisticamente significativa tra T2-T3: $t(40) = -8.34$, $p < .001$, $d = -1.30$.

Discussioni

La premessa per questo studio risiede nel fatto che l'insegnamento del pensiero computazionale attraverso un training di coding può migliorare diverse capacità, in particolare le funzioni esecutive di controllo inibitorio e di pianificazione (Arfè et al., 2019; Angeli & Valanides, 2020; Arfè et al., 2020). In particolare, con questo studio si è voluto indagare l'effetto che il genere avrebbe avuto sullo sviluppo delle FE, si è voluto osservare il diverso effetto di un training di coding sia in termini di effetti sulle funzioni esecutive che sulle capacità di pensiero computazionale, nei Maschi e nelle Femmine.

Lo studio presentato è stato dunque condotto al fine di indagare se l'apprendimento delle abilità di pensiero computazionale e il potenziamento nelle capacità di inibizione e di pianificazione mostrati dai bambini e dalle bambine di prima primaria, a seguito di un training di coding, fossero influenzati dal Genere.

Prova di pensiero computazionale

L'analisi della varianza svolta sui dati relativi ai tempi di pianificazione non evidenzia alcun effetto statisticamente significativo relativo al Tempo, al Genere e al Gruppo dei bambini. Ciò significa che, indipendentemente dal momento in cui vengono somministrate le prove di valutazione, dalla condizione sperimentale e dal Genere di appartenenza, il tempo di pianificazione varia.

Le attività di coding hanno invece comportato un significativo miglioramento delle prestazioni in relazione all'Accuratezza di coding nel corso delle tre valutazioni (T1, T2, T3).

Sebbene entrambi i Gruppi migliorino le loro prestazioni tra T1-T2, il miglioramento risulta significativamente maggiore per il gruppo sperimentale. Questo presenta infatti una grandezza dell'effetto ($d = -1.59$) maggiore rispetto al gruppo waiting ($d = -1.12$), coerentemente con le nostre aspettative: il gruppo sperimentale, infatti, tra T1-T2 è stato sottoposto al training, differente dal gruppo waiting, il quale vi ha partecipato solo in

seguito. Il gruppo waiting, infatti, aumenta l'accuratezza del coding tra T2-T3 in maniera statisticamente significativa, con una dimensione dell'effetto ampia ($d = -1.24$), cioè le prestazioni degli alunni migliorano dopo il training di coding, mentre il gruppo sperimentale in questa fase (T2-T3) mantiene le prestazioni raggiunte nella fase T1-T2. Questa ricerca si è servita del coding virtuale di tipo strutturato per allenare e misurare la capacità di pensiero computazionale in alunni di prima primaria: i dati rispetto alla presenza di differenze di genere hanno confermato i risultati riscontrati dallo studio di Funke e Geldreich (2017), che non hanno evidenziato gender gap nell'abilità di programmazione tra i partecipanti. Da questa ricerca non sono infatti emersi effetti significativi legati al Genere in relazione all'Accuratezza di coding: sia i bambini che le bambine migliorano le loro prestazioni, aumentando il numero di esercizi svolti correttamente nella fase di Post-test. Si può pertanto ipotizzare che l'attività di coding, tramite la piattaforma Code.org e l'App Cothi, possa essere particolarmente funzionale e comportare significativi miglioramenti nelle abilità di pensiero computazionale, indipendentemente dal Genere.

Prova di Pianificazione

Le analisi di questa ricerca sulle differenze di genere non hanno confermato i risultati riscontrati dallo studio di Unterrainer e collaboratori (2013), il quale, sebbene condotto su alunni di età pre-scolare, affermava la presenza di differenze di genere statisticamente significative nell'abilità di pianificazione, a favore delle Femmine.

A seguito del training di coding, rispetto ai dati relativi al tempo di pianificazione nella prova della Torre di Londra (ToL), non sono emersi effetti statisticamente significativi.

Le attività di coding hanno invece comportato un significativo miglioramento delle prestazioni in relazione all'Accuratezza di pianificazione nel corso delle tre valutazioni (T1, T2, T3). Sebbene entrambi i Gruppi migliorino le loro prestazioni tra T1-T2, il miglioramento risulta significativamente maggiore per il gruppo sperimentale. Il gruppo

sperimentale presenta infatti una grandezza dell'effetto molto ampia ($d = -1.01$) maggiore rispetto al gruppo waiting ($d = .38$), coerentemente con le nostre aspettative: il gruppo sperimentale, infatti, tra le valutazioni T1-T2 è stato sottoposto al training. Da ciò che si evince dalla dimensione dell'effetto, il gruppo waiting tra T1-T2 evidenzia un peggioramento delle prestazioni tra T1-T2; tuttavia, presenta una grandezza dell'effetto grande ($d = -1.30$) maggiore rispetto al gruppo sperimentale ($d = -.42$) tra T2-T3, a seguito del training di coding. Il training di coding sembra quindi portare un miglioramento significativo nell'accuratezza, cioè nel numero totale di item corretti, dei partecipanti di entrambi i Gruppi, dopo che sono stati esposti alle attività di coding.

Non sono invece emersi effetti significativi legati al Genere in relazione all'Accuratezza di pianificazione: sia i bambini che le bambine migliorano nella fase di Post-test.

Prove di Inibizione

Le analisi relative alle prove di inibizione (Nepsy-II e Stroop Test) mostrano come l'attività di coding comporti un decremento significativo dei tempi di inibizione in tutti i partecipanti tra le valutazioni T1, T2 e T3. Inoltre, rispetto ai dati relativi al tempo di inibizione nella prova di Stroop numerico, è emersa un'interazione statisticamente significativa tra i fattori Tempo*Gruppo*Genere. È risultato che le Femmine del gruppo sperimentale e le Femmine del gruppo waiting migliorano le loro prestazioni, diminuendo i tempi di inibizione rispettivamente tra T1-T2 ($d = 1.61$) e tra T2-T3 ($d = .74$), a differenza dei Maschi del gruppo sperimentale e del gruppo waiting, nei quali non è stata riscontrata alcuna differenza statisticamente significativa rispettivamente tra T1-T2 e tra T2-T3, non apportando modifiche significative nelle loro prestazioni.

Le analisi relative alle prove di inibizione (Nepsy-II e Stroop Test) mostrano come l'attività di coding comporti inoltre un aumento significativo dell'Accuratezza del controllo inibitorio: nei partecipanti si riscontra un decremento degli errori tra le fasi di valutazione (T1, T2, T3). In particolare, nella prova NEPSY-II l'effetto del training risulta

evidente negli alunni appartenenti ad entrambi i Gruppi. Il gruppo sperimentale migliora le prestazioni tra T1-T2 ($d = .86$) e il gruppo waiting solo dopo aver partecipato all'intervento, cioè tra T2-T3 ($d = .59$). Il training di coding sembra quindi portare un miglioramento significativo nell'Accuratezza, con una diminuzione del numero di errori di inibizione commessi dai partecipanti.

Nella prova di Stroop numerico l'effetto del training risulta evidente in entrambi i Gruppi; infatti, sia il gruppo sperimentale sia il gruppo waiting migliorano le loro prestazioni tra T1-T2, ma con una grandezza dell'effetto differente. Il gruppo sperimentale presenta infatti una grandezza dell'effetto grande ($d = .80$) maggiore rispetto al gruppo waiting ($d = .43$), coerentemente con le nostre aspettative: il gruppo sperimentale, infatti, tra T1-T2 è stato sottoposto al training, a differenza del gruppo waiting che vi ha partecipato solo in seguito. Quest'ultimo diminuisce il numero di errori di inibizione commessi tra T2-T3 ($d = .42$) in maniera statisticamente significativa, sebbene la dimensione dell'effetto sia equivalente a quella riscontrata in assenza di intervento (tra le valutazioni T1-T2).

I risultati presentati in questa tesi nello Stroop Test sembrano confermare quelli ottenuti dagli studi di Carlson e Moses (2001), e Berlin e Bohlin (2002) che, sebbene condotti su alunni di età pre-scolare, hanno riscontrato effetti del Genere sulle prestazioni di inibizione, a favore delle Femmine.

Il training di coding sembra quindi portare un miglioramento significativo nei tempi di inibizione e di accuratezza del controllo inibitorio dei partecipanti di entrambi i Gruppi: il decremento nel numero di errori commessi dai bambini, così come nel tempo di inibizione registrato in ciascuna prova di inibizione, pone dunque in risalto l'efficacia dell'intervento con il coding.

Conclusioni e prospettive future

I risultati di questo studio, che non hanno rilevato differenze di genere sulle abilità di coding e di funzionamento esecutivo, suggeriscono che l'introduzione di strumenti tecnologici, volti a sviluppare le abilità di pensiero computazionale e di problem solving nei bambini, potrebbero essere utili a ridurre l'instaurarsi di un eventuale gender gap. Il training di coding sembra apportare effetti positivi nelle funzioni esecutive e nelle abilità di pensiero computazionale, indipendentemente dal Genere di appartenenza.

Dati i risultati positivi riscontrati in questa ricerca, potrebbe dunque risultare interessante riprodurre e ampliare lo studio tenendo conto dei seguenti accorgimenti:

- considerando i risultati riscontrati nella misura della variabile tempo di pianificazione alla Torre di Londra, potrebbe essere utile usufruire di uno strumento che risenta meno dell'effetto dello sperimentatore. La Torre di Londra è uno strumento che si discosta maggiormente, rispetto alle altre prove proposte, da quelli che sono i compiti scolastici più usuali e può richiedere un'attenzione superiore da parte del bambino. La variabile tempo di pianificazione misurata tramite la Torre di Londra è dunque generalmente più influenzabile, soprattutto quando rilevata nelle prestazioni di bambini piccoli, da fattori esterni che possono condizionare la prestazione del bambino;
- partendo dal presupposto che alcuni studi, tra cui Arfè e collaboratori (2020), e Di Lieto e colleghi (2020), hanno dimostrato una relazione tra il pensiero computazionale e le funzioni esecutive attraverso attività di coding, si potrebbe proporre una ricerca longitudinale, in modo da valutare gli effetti delle differenze di genere sulle prestazioni degli alunni dai primi agli ultimi anni di scuola primaria;
- valutare, attraverso appositi questionari, la percezione degli alunni rispetto ai compiti che andranno a svolgere. Ciò permetterebbe allo sperimentatore di tenere in considerazione sentimenti ed atteggiamenti provati e messi in atto dai bambini durante le prove di valutazione delle funzioni esecutive e del pensiero computazionale: l'utilizzo del

computer, per esempio, potrebbe generare sentimenti differenti nei bambini rispetto alle bambine. La creazione di uno strumento il più possibile neutro e adeguato alle esigenze del bambino risulterebbe la scelta più efficace;

Come accennato nel paragrafo 3.3, quest'anno è stata utilizzata una nuova App, CoThi, per la valutazione del pensiero computazionale. Tra le altre funzioni, l'App ha permesso agli sperimentatori di misurare i tempi di pianificazione ed esecuzione (cioè il tempo impiegato dall'alunno per concludere la prova) nelle prove di coding in modo accurato e standardizzato. A tal proposito, sarebbe interessante in futuro utilizzare questo strumento per le valutazioni delle funzioni esecutive, a partire da quelle misurate in questo studio (controllo inibitorio e pianificazione): in questo modo, si andrebbe a ridurre l'errore commesso dallo sperimentatore nella rilevazione di tempi molto brevi, come ad esempio quello della pianificazione nel test della Torre di Londra, permettendo una raccolta dati molto più precisa.

Per concludere, il tema delle differenze di genere nelle materie scientifiche rimane presente tutt'oggi; ampliare la conoscenza riguardo l'effetto positivo che attività di coding vi possono apportare, e l'importanza di inserire e rendere accessibili tali programmi agli studenti fin dalla scuola primaria permetterebbe di implementare interventi a carattere preventivo.

Riferimenti bibliografici

- Alarcon, G., Cservenka, A., Fair, D. A., & Nagel, B., J. (2014). Sex differences in the neural substrates of spatial working memory during adolescence are not mediated by endogenous testosterone. *Brain Research*, 1593 (17), 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.09.057>
- Ambrósio, A. P., Almeida, L. S., Macedo, J., & Franco, A. (2014). Exploring core cognitive skills of computational thinking. Psychology of programming interest group Annual conference 2014 proceedings.
- Ambrósio, A. P., Xavier, C., & Georges, F. (2015). Digital ink for cognitive assessment of computational thinking. *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings*, 1-7.
- Anderson, P., Anderson, V., & Lajoie, G. (1996). The Tower of London Test: Validation and standardization for pediatric populations. *The Clinical Neuropsychologist*, 10 (1), 54-65. <https://doi.org/10.1080/13854049608406663>
- Anderson, V. (1998). Assessing Executive Functions in Children: Biological, Psychological, and Developmental Considerations. *Neuropsychological Rehabilitation*, 8 (3), 319-349. <https://doi.org/10.1080/713755568>
- Anderson, P. J., Anderson, V., Northam, E., & Taylor, H. G. (2000). Standardization of the contingency naming test (CNT) for school-aged children: a measure of reactive flexibility. In *Standardization of the Contingency Naming Test (CNT) for school-aged children: A measure of reactive flexibility* (Vol. 1, pp. 247-273)
- Anderson, V., 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
- Andrews, G., & Halford, S. (2002). A cognitive complexity metric applied to cognitive development. *Cognitive Psychology*, 45 (2), 153-219. [https://doi.org/10.1016/S0010-0285\(02\)00002-6](https://doi.org/10.1016/S0010-0285(02)00002-6)
- Angeli, C. & Giannakos, M. (2020). Computational thinking education: Issues and challenges. *Computers in Human Behavior*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185>
- Angeli, C., & Valanides, N. (2020). Developing young children's Computational Thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in Human Behaviour*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>
- Ardila, A., & Surloff, C. (2007). *Dysexecutive syndromes*. San Diego: Medlink: Neurology.
- Ardila, A. (2008). On the evolutionary origins of executive functions. *Brain and Cognition*, 68 (1), 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.03.003>

- Arfè, B., & Vardanega, T. (2019). Imparare a ragionare: il ruolo del pensiero computazionale a scuola. *Giornale Italiano di Psicologia*, 765-760.
- Arfè, B., Vardanega, T., Montuori, C., & Laanga, M. (2019). Coding in primary grades boosts children's executive functions. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02713>
- Arfè, B., Vardanega, T., & Ronconi, L. (2020). The effects of coding on children's planning and inhibition skills. *Computers & Education*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103807>
- Armoni, M. (2016). COMPUTING IN SCHOOLS Computer science, computational thinking, programming, coding: the anomalies of transitivity in K-12 computer science education. *ACM Inroads*, 7 (4), 24-27. <https://doi.org/10.1145/3011071>
- Atance, C. M., & Meltzoff, A. N. (2006). Preschoolers' Current Desires Warp Their Choices for the Future. *Psychological Science*, 17 (7), 583-587. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01748.x>
- Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75(part b), 661-670. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.10.008>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G., J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8 (4), 485-493. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.485>
- Baddeley, A. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1 (29).
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121 (1), 65-94.
- Barnett, J. H., Heron, J., Ring, S. M., Golding, J., Goldman, D., Xu, K., & Jones, P. B. (2007). Gender-specific effects of the catechol-O-methyltransferase Val^{108/158}Met polymorphism on cognitive function in children. *The American Journal of Psychiatry*, 164 (1), 142-149. <https://doi.org/10.1176/ajp.2007.164.1.142>
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning and Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- Bati, K. (2022). A systematic literature review regarding computational thinking and programming in early childhood education. *Education and Information Technologies*, 27, 2059-2082. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10700-2>
- Bell, M. A., & Cuevas, K. (2016). Psychobiology of executive function in early development. In J. A. Griffin, P. McCardle, & L. S. Freund (Eds.), *Executive function in preschool-age*

children: *Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research*, pp. 157–179. <https://doi.org/10.1037/14797-008>

- Berlin, L., & Bohlin, G. (2002). Response inhibition, hyperactivity, and conduct problems among preschool children. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 31 (2), 242-251. https://doi.org/10.1207/S15374424JCCP3102_09
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Bers, M. U., González-González, C., & Armas–Torres, M. B. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers Education*, 138, 130–145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and individual differences*, 21(4), 327-336.
- 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), 647-673. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., et al. (2016). Exploring the field of computational thinking as a 21st century skill. *EDULEARN16 Proceedings*, 4725-4733.
- Boghi, A., Rasetti, R., Avidano, F., Manzone, C., Orsi, L., D'Agata, F., et al. (2006). The effect of gender on planning: An fMRI study using the Tower of London task. *NeuroImage*, 33 (3), 999-1010. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.07.022>
- Brod, G., Bunge, S. A., & Shing, Y. L. (2017). Does one year of schooling improve children's cognitive control and alter associated brain activation? *Psychological Science*, 28 (7), 967–978. <https://doi.org/10.1177/0956797617699838>
- Bucciarelli, M. (2019). Imparare a ragionare... e continuare a farlo. *Giornale Italiano di Psicologia*, 46 (4), 743-760.
- Buehler, D. (2017). The central executive system. *Neuroscience and Its Philosophy*, 195, 1969-1991. <https://doi.org/10.1007/s11229-017-1589-3>
- 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)
- Burgess, P., & Simons, J. (2005). Theories of frontal lobe executive function: clinical applications. In *Effectiveness of Rehabilitation for Cognitive Deficits*, ed. PW Halligan, DT Wade, pp. 211–31. New York: Oxford University Press.

- Burke, Q., O'Byrne, W.I., & Kafai, Y. B. (2016). Computational participation: Understanding coding as an extension of literacy instruction. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 59 (4), 371-375. <https://doi.org/10.1002/jaal.496>
- Campbell, C., & Walsh, C. (2017). Introducing the “new” digital literacy of coding in the early years. *Practical Literacy: THE Early and Primary Years*, 22(3), 10-12. <https://search.informit.org/doi/10.3316/aeipt.217865>
- Carlson, S., M., & Moses, L., J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children’s theory of mind. *Child Development*, 72 (4), 1032-1053. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00333>
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor analytic studies*. Cambridge University Press.
- Cazzato, V., Basso, D., Cutini, S., & Bisiacchi, P. (2010). Gender differences in visuospatial planning: An eye movements study. *Behavioural Brain Research*, 206 (2), 177-183. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.09.010>
- Censabella, S., & Noël, M. P. (2007). The inhibition capacities of children with mathematical disabilities. *Child Neuropsychology*, 14 (1), 1-20. <https://doi.org/10.1080/09297040601052318>
- Chao, P. Y. (2016). Exploring students’ computational practice, design and performance of problem-solving through a visual programming environment. *Computers & Education*, 95, 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.010>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Çiftci, S., & Bildiren, A. (2020). The effect of coding courses on the cognitive abilities and problem-solving skills of preschool children. *Computer Science Education*, 30 (1), 3-21. <https://doi.org/10.1080/08993408.2019.1696169>
- Città, G., Gentile, M., Allegra, M., Arrigo, M., Conti, D., Ottaviano, S., et al. (2019). The effects of mental rotation on computational thinking. *Computers & Education*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103613>
- Contini, D., Di Tommaso, M.L., & Mendolia, S. (2017). The gender gap in mathematic achievement: evidence from Italian data. *Economics of Education Review*, 58, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2017.03.001>
- Cowan, N., AuBuchon, A., M., Gilchrist A., L., Ricker, T., J., Saults, J., S. (2011). Age differences in visual workingmemory capacity: not based on encoding limitations. *Developmental Science*, 14 (5), 1066-1074. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01060.x>

- 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>
- DePryck, K. (2016). From computational thinking to coding and back. *TEEM'16: Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 27-29. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012492>
- Devine, R., T., & Hughes, C. (2014). Relations Between False Belief Understanding and Executive Function in Early Childhood: A Meta-Analysis. *Child Development*, 85 (5), 1777-1794. <https://doi.org/10.1111/cdev.12237>
- Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., et al. (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., et al. (2020) Empowering Executive Functions in 5- and 6-Year-Old Typically Developing Children Through Educational Robotics: An RCT Study. *Frontiers in Psychology*, 10. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03084>
- Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Child Development*, 56 (4), 868-883. <https://doi.org/10.2307/1130099>
- Diamond, A., & Taylor, C. (1996). Development of an aspect of executive control: Development of the abilities to remember what I said and to “do as I say, not as I do”. *Developmental Psychobiology*, 29 (4), 315-334.
- Diamond, A. (2006). The Early Development of Executive Function. In E. Bialystok & F. I. M. Craik (Eds.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 70-95). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195169539.003.0006>
- Diamon, 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, 135-168.
- Dierbach, C., Hochheiser, H., Collins, S., Jerome, G., Ariza, C., Kelleher, T., et al. (2011). A model for piloting pathways for computational thinking in a general education curriculum. *SIGCSE'11: Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education*, 15 (5), 257-262. <https://doi.org/10.1145/1953163.1953243>

- Duncan, J. (1985). Disorganisation of behaviour after frontal lobe damage. *Cognitive Neuropsychology*, 3 (3), 271-290. <https://doi.org/10.1080/02643298608253360>
- Duncan, C., & Bell, T. (2015). A pilot computer science and programming course for primary school students. *WiPSCE'15: Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 39-48. <https://doi.org/10.1145/2818314.2818328>
- Eisenberg, N., Hofer, J., & Vaughan, C. (2007). Effortful control and its socioemotional consequences. In *Handbook of Emotion Regulation*, ed. JJ Gross, pp. 287-306. New York: Guilford
- Ericsson, A., K. (2003). The acquisition of expert performance as problem solving. *The psychology of problem solving*, 31-83.
- Espy, K. (1997). The Shape School: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13 (4), 495-499. <https://doi.org/10.1080/87565649709540690>
- Faes, A. (2021). Coding tangibile: la sua evoluzione e i vantaggi di utilizzo. Edutech.
- 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.
- Fessakis, G., Gouli, E., & Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers & Education*, 63, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- Flannery, L. P., & Bers, M. U. (2013). Let's dance the "robot hokey-pokey!" children's programming approaches and achievement throughout early cognitive development. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(1), 81-101. <https://doi.org/10.1080/15391523.2013.10782614>
- Florez, F. B., Casallas, R., Hernandez, M., Reyes, A., Restrepo, S., & Danies, G. (2017). Changing a generation's way of thinking: teaching computational thinking through programming. *Review of Educational Research*, 87 (4), 834-860. <https://doi.org/10.3102/0034654317710096>
- Francisco, J. M., & Maher, C. A. (2005). Conditions for promoting reasoning in problem solving: Insights from a longitudinal study. *Journal of Mathematical Behavior*, 24 (3-4), 361-372. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2005.09.001>
- Funke, A., & Geldreich, K. (2017). Gender Differences in Scratch Programs of Primary School Children. *WiPSCE '17: Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, 57-64. <https://doi.org/10.1145/3137065.3137067>
- Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385. <https://doi.org/10.1023/A:1024190429920>

- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Geist, E. (2016). Robots, programming and coding, Oh my! *Childhood Education*, 92 (4), 298–304. <https://doi.org/10.1080/00094056.2016.1208008>
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7 (2), 155-170. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(83\)80009-3](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(83)80009-3)
- Gentner, D., & Rattermann, M. J. (1991). Language and the career of similarity. In S. A. Gelman & J. P. Byrnes (Eds.), *Perspective on language and thought: Interrelations in development* (pp. 225–277). London, England: Cambridge University Press
- Gilbert, S., J., & Burgess, P., W. (2008). Executive function. *Current Biology*, 18 (3).
- Gilmore, C., Attridge, N., Clayton, S., Cragg, L., Johnson, S., Marlow, N., et al. (2013). Individual differences in inhibitory control, not non-verbal number acuity, correlate with mathematics achievement. *PLoS One*, 8 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067374>
- Gordon, M., Rivera, E., Ackermann, E., & Breazeal, C. (2015). Designing a relational social robot toolkit for preschool children to explore computational concepts. *ICD'15: Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children*, 355–358. <https://doi.org/10.1145/2771839.2771915>
- Goswami, U. (1992). Analogical reasoning in children. Sussex, England: Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9781315804729>
- Grissom, N., M., & Reyes, T., M. (2019). Let's call the whole thing off: evaluating gender and sex differences in executive function. *Neuropsychopharmacology*, 44, 86-96. <https://doi.org/10.1038/s41386-018-0179-5>
- Hehar, H., Yeates, K., Kolb, B., Esser, M., J., & Mychasiuk, R. (2015). Impulsivity and concussion in juvenile rats: examining molecular and structural aspects of the frontostriatal pathway. *PLOS ONE*, 10 (10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139842>
- Highfield, K. (2010). Robotic toys as a catalyst for mathematical problem solving. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 15 (22), 22-27. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.150648554236567>
- Hobson, C. W., Scott, S., & Rubia, K. (2011). Investigation of cool and hot executive function in ODD/CD independently of ADHD. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52 (10), 1035-1043. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02454.x>

- Hongwanishkul, D., Happaney, K. R., Lee, W., & Zelazo, P. D. (2005). Assessment of Hot and cool executive function: Age-related changes and individual differences. *Developmental Neuropsychology*, 28 (2), 617-644. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802_4
- Howland, K., & Good, J. (2015). Learning to communicate computationally with flip: A bi-modal programming language for game creation. *Computers & Education*, 80, 224-240. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.014>
- Jones, S., & Burnett, G. (2008). Spatial ability and learning to program. *Human Technology*, 4 (1), 47-61.
- Kail, R. (1986). Sources of age differences in speed of processing. *Child Development*, 57 (4), 969-987. <https://doi.org/10.2307/1130372>
- Kalelioglu, 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>
- Kaller, C., P., Rahm, B., Spreer, J., Mader, I., & Unterrainer, J., M. (2008). Thinking around the corner: the development of planning abilities. *Brain and Cognition*, 67 (3), 360-370. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.02.003>
- Kalyenci, D., Metin, Ş., & Başaran, M. (2021). Test for assessing coding skills in early childhood. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10803-w>
- Kazakoff, E., & Bers, M. (2012). Programming in a robotics context in the pre-primary classroom: The impact on sequencing skills. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 21 (4), 371–391.
- Kersey, A.J., Braham, E.J., Csumitta, K.D., Libertus, M.E., & Cantlon, J.F. (2018). No intrinsic gender differences in children’s earliest numerical abilities. *npj Science of Learning*, 3 (12). <https://doi.org/10.1038/s41539-018-0028-7>
- Kim, S., Nordling, J. K., Yoon, J. E., Boldt, L. J., & Kochanska, G. (2013). Effortful control in “hot” and “cool” tasks differentially predicts children’s behavior problems and academic performance. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 41 (1), 43-56. <https://doi.org/10.1007/s10802-012-9661-4>
- Khanlari, A. (2013). Effects of robotics on 21st century skills. *European Scientific Journal*, 9(27), 26–36.
- Klein, P. D., Boscolo, P., Gelati, C., & Kirkpatrick, L. C. (2014). New directions in writing as a learning activity. In *Writing as a learning activity*, 28, 1-14. https://doi.org/10.1163/9789004265011_002
- Klenberg, L., Marit Korkman, M., & Lahti-Nuuttila, 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. E., & Kemp, S. (2007). *NEPSY-II: A Developmental Neuropsychological Assessment*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Kotsopoulos, D., & Lee, J. (2012). A naturalistic study of executive function and mathematical problem-solving. *Journal of Mathematical Behavior*, 31 (2), 196-208. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2011.12.005>
- Kramer, J. H., Delis, D. C., Kaplan, E., O'Donnell, L., & Prifitera, A. (1997). Developmental sex differences in verbal learning. *Neuropsychology*, 11 (4), 577-584. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.11.4.577>
- Krawczyk, D. C., Morrison, R. G., Viskontas, I., Holyoak, K. J., Chow, T. W., Mendez, M. F., et al. (2008). Distraction during relational reasoning: The role of prefrontal cortex in interference control. *Neuropsychologia*, 46 (7), 2020-2032. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.02.001>
- Krikorian, R., & Bartok, J. (1998). Developmental data for the Porteus Maze Test. *The Clinical Neuropsychologist*, 12 (3), 305-310. <https://doi.org/10.1076/clin.12.3.305.1984>
- Lange, K., Thamotharan, S., Sferra, M., Ramos, A., & Fields, S. (2014). Effects of weight and gender on a task of inattention. *Eating Behaviors*, 15 (4), 574-577. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2014.08.009>
- Lee, K., Ng, E. L., & Ng, S. F. (2009). The contributions of working memory and executive functioning to problem representation and solution generation in algebraic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 101 (2), 373-387. <https://doi.org/10.1037/a0013843>
- 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>
- Lejbak, L., Vrbancic, M., & Crossley, M. (2009). The female advantage in object location memory is robust to verbalizability and mode of presentation of test stimuli. *Brain and Cognition*, 61 (1), 148-153. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.06.006>
- Lenroot, R., K., Gogtay, N., Greenstein, D., K., Wells, E., M., Wallace, G., L., Clasen, L., S., et al. (2007). Sexual dimorphism of brain developmental trajectories during childhood and adolescence. *NeuroImage*, 36 (4), 1065-1073. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.03.053>
- Levin, B. (1990). Organizational deficits in dyslexia: Possible frontal lobe dysfunction. *Developmental Neuropsychology*, 6 (2), 95-110. <https://doi.org/10.1080/87565649009540453>

- Levin, H., S., Culhane, K., A., Hartmann, J., Evankovich, K., Mattson, A. J., Harward, H., et al. (1991). Developmental changes in performance on tests of purported frontal lobe functioning. *Developmental Neuropsychology*, 7 (3), 377-395. <https://doi.org/10.1080/87565649109540499>
- Levy, S. T., & Mioduser, D. (2010). Approaching complexity through playful play: Kindergarten children's strategies in constructing an autonomous robot's behavior. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15 (1), 21-43. <https://doi.org/10.1007/s10758-010-9159-5>
- Lezak, M. D. (1993). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Liao, Y-K. C., & Bright, G. W. (1991). Effects of Computer Programming on Cognitive Outcomes: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 7 (3), 251-268. <https://doi.org/10.2190/E53G-HH8K-AJRR-K69M>
- Loe, I., M., Luna, B., Bledsoe, I., O., Yeom, K., W., Fritz, B., L., & Feldman, H., M. (2012). Oculomotor assessments of executive function in preterm children. *The Journal of Pediatrics*, 161 (3), 427-433. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.02.037>
- Luria, A. R. (1966). *Higher cortical functions in man*. New York: Basic Books.
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: what is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- Macdonald, J. A., Beauchamp, M. H., Crigan, J. A., & Anderson, P. J. (2014). Age-related differences in inhibitory control in the early school years. *Child Neuropsychology*, 20 (5), 509-526. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.822060>
- Magi, K., Mannamaa, M., & Kikas, E. (2016). Profiles of self-regulation in elementary grades: relations to math and reading skills. *Learning and Individual Differences*, 51, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.08.028>
- Maloney, E.A., Sattizahn, J.R., & Beilock, S.L. (2014). Anxiety and cognition. *Wiley Interdisciplinary Reviews Cognitive Science*, 5 (4), 403-411. <https://doi.org/10.1002/wcs.1299>
- Manches, A., & Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, 48 (1), 191-201. <https://doi.org/10.1111/bjet.12355>
- Marinus, E., Powell, Z., Thornton, R., McArthur, G., & Crain, S. (2018). Unravelling the cognition of coding in 3-to-6-year olds: The development of an assessment tool and the relation between coding ability and cognitive compiling of syntax in natural language.

ICER '18: Proceedings of the 2018 ACM conference on international computing education research, 133-141. <https://doi.org/10.1145/3230977.3230984>

- Marotta, L., Mariani, E., & Pieretti, M. (2017). *Percorsi di riabilitazione – funzioni esecutive nei disturbi del linguaggio*. Trento: Erikson.
- Marzocchi, G. M., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2010). *BIA. Batteria Italiana per l'ADHD*. Trento: Erickson.
- Marzocchi, G. M., & Valagussa, S. (2011). *LE FUNZIONI ESECUTIVE IN ETÀ EVOLUTIVA*. Modelli neuropsicologici, strumenti diagnostici, interventi riabilitativi, pp. 188.
- Mason, L. (2001). Introducing talk and writing for conceptual change: A classroom study. *Learning and Instruction*, 11 (4-5), 305-329. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00035-9)
- Mateer, C. A., & Williams, D. (1991). Effects of frontal lobe injury in childhood. *Developmental Neuropsychology*, 7 (3), 359-376. <https://doi.org/10.1080/87565649109540498>
- Mayer, R. E., & Hegarty, M. (1996). The process of understanding mathematical problems. In R. J. Sternberg & T. Ben-Zeev (Eds.), *The nature of mathematical thinking* (pp. 29–53). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- McCarthy, M., M. (2016). Sex differences in the developing brain as a source of inherent risk. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 18 (4), 361-372. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2016.18.4/mmccarthy>
- Mejía-Rodríguez, A. M., Luyten, H., & Meelissen, M.R.M. (2020). Gender Differences in Mathematics Self-concept Across the World: An Exploration of Student and Parent Data of TIMSS 2015. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 1229-1250. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10100-x>
- Metin, S. (2020). Activity-based unplugged coding during the preschool period. *International Journal of Technology Design Education*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09616-8>
- Metz, S. S. (2007). Attracting the engineering of 2020 today. In R. Burke, M. Mattis, & E. Elgar (Eds.), *Women and minorities in science, technology, engineering and mathematics: Upping the numbers* (pp. 184–209). Edward Elgar Publishing.
- Meuwissen, A. S., & Zelazo, P. D. (2014). Hot and cool executive function: Foundations for learning and healthy development. *Zero to Three*, 35.
- Miller, P., & Wang, X. J. (2006). Inhibitory control by an integral feedback signal in prefrontal cortex: A model of discrimination between sequential stimuli. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103 (1), 201–206. <https://doi.org/10.1073/pnas.0508072103>

- Miller, R., Frohnwieser, A., Ding, N., Troisi, C., A., Schiestl, M., Gruber, R., et al. (2020). A novel test of flexible planning in relation to executive function and language in young children. *Royal Society Open Science*, 7 (4). <https://doi.org/10.1098/rsos.192015>
- Mischel, W., Shoda, Y., & Rodriguez, M. L. (1989). Delay of gratification in children. *Science*, 244 (4907), 933-938.
- Mitchell, R. L., & Phillips, L. H. (2007). The psychological, neurochemical and functional neuroanatomical mediators of the effects of positive and negative mood on executive functions. *Neuropsychologia*, 45 (4), 917-629. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.030>
- 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>
- Miyake, A., & Friedman, N., P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21 (1), 8-14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., et al. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (7), 2693-2698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108>
- Moreno-León, J., Robles, G., & Román-González, M. (2015). Dr. Scratch: Automatic analysis of Scratch projects to assess and foster computational thinking. *RED-Revista de Educación a Distancia*, 46 (10), 1-23.
- Morgado, L., Cruz, M., & Kahn, K. (2010). Preschool cookbook of computer programming topics. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26 (3). <https://doi.org/10.14742/ajet.1077>
- Murphy, E., R., Fernando, A., B., Urcelay, G., P., Robinson, E., S., Mar, A., C., Theobald, D., E., et al. (2012). Impulsive behaviour induced by both NMDA receptor antagonism and GABAA receptor activation in rat ventromedial prefrontal cortex. *Psychopharmacology*, 219, 401-410. <https://doi.org/10.1007/s00213-011-2572-1>
- Morrison, F. J., Ponitz, C. C., & McClelland, M. M. (2010). Self-regulation and academic achievement in the transition to school.
- Nardelli, E., & Ventre, G. (2015). “Introducing computational thinking in italian schools: a first report on “programma il futuro” project,” *Paper presented at the 9th International Technology, Education and Development Conference (INTED)*, Madrid.

- Nardelli, E. (2020). *Coding e oltre. L'informatica nella scuola*. <https://www.lafeltrinelli.it/coding-oltre-informatica-nella-scuola-libro-vari/e/9788892810426>
- Nelson, J., M., Sheffield, T., D., Chevalier, N., Clark, C., A., C., & Espy, K., A. (2012). Psychobiology of executive function in early development. In *Executive Function in Preschool Age Children: Integrating Measurement, Neurodevelopment and Translational Research*, ed. P McCardle, L Freund, JA Griffin. Washington, DC.
- Norman, D., A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behaviour. In *Consciousness and self-regulation* (ed. G. E. Schwartz & D. Shapiro), 4. Plenum Press: New York.
- Nourbakhsh, I. R., Hamner, E., Crowley, K., & Wilkinson, K. (2004). Formal measures of learning in a secondary school mobile robotics course. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2, 1831-1836.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with specific arithmetic learning disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80 (1), 44-57. <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2626>
- Pham, A. V., & Hasson, R. M. (2014). Verbal and Visuospatial Working Memory as Predictors of Children's Reading Ability. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 29 (5), 467-477. <https://doi.org/10.1093/arclin/acu024>
- Piaget, J. (1963). *The origins of intelligence in children*. New York: W.W. Norton.
- Piaget, J. (1973). *The child and reality: Problems of genetic psychology*. Grossman.
- Polya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Posner, M., I., & DiGirolamo, G., J. (1998). Executive attention: conflict, target detection, and cognitive control. In *The Attentive Brain*, ed. R Parasuraman, pp. 401-23. Cambridge, MA: MIT Press.
- Powell, A., Bagilhole, B., & Dainty, A. (2009). How Women Engineers “Do” and “Un-do” Gender: Consequences for Gender Equality. *Gender, Work & Organization*, 16 (4), 411-428. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0432.2008.00406.x>
- Raznahan, A., Lerch, J., P., Lee, N., Greenstein, D., Wallace, G., L., Stockman, M., et al. (2011). Patterns of coordinated anatomical change in human cortical development: a longitudinal neuroimaging study of maturational coupling. *Neuron*, 75 (2), 873-884. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.09.028>
- Redshaw, J., & Suddendorf, T. (2013). Foresight beyond the very next event: four-year-olds can link past and deferred future episodes. *Frontiers in Psychology*, 4 (404). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00404>

- Reilly, M. (2013). The kindergarten coders. *New Scientist*, 2927, 21–22.
- Rijke, W. J., Bollen, L., Eysink, T. H. S., & Tolboom, J. L. J. (2018). Computational thinking in primary school: An examination of abstraction and decomposition in different age groups. *Informatics in Education*, 17 (1), 77-92. <https://doi.org/10.15388/infedu.2018.05>
- Relkin, E., de Ruiter, L., & Bers, M. U. (2020). TechCheck: Development and validation of an unplugged assessment of computational thinking in early childhood education. *Journal of Science Education and Technology*, 29 (4), 482-498. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09831-x>
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernandez, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., et al. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52 (11), 60-67. <http://doi.acm.org/10.1145/1592761.1592779>
- Richland, L., E., & Burchinal, M., R. (2012). Early Executive Function Predicts Reasoning Development. *Psychological Science*, 24 (1), 87-92. <https://doi.org/10.1177/0956797612450883>
- Roberts, A. C., Robbins, T. W., & Weiskrantz, L. (2002). *The prefrontal cortex: Executive and cognitive functions*. Oxford: Oxford University Press.
- Román-González, M., Perez-Gonzalez, J-C., Jimenez-Fernandez, 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>
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., Moreno-León, J., Robles, G. (2018a). Can computational talent be detected? Predictive validity of the computational thinking test. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 18, pp. 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.004>
- Saez-Lopez, J. M., Roman-Gonzalez, M., & Vazquez-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>
- Saucier, D. M., Green, S. M., Leason, J., MacFadden, A., Bell, S., & Elias, L. J. (2002). Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? *Behavioral Neuroscience*, 116, 403-410. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.116.3.403>
- 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(1), 120-132.

- Scharf, F., Winkler, T., & Herczeg, M. (2008). Tangicons: Algorithmic reasoning in a collaborative game for children in kindergarten and first class. *IDC'08: Proceedings of the 7th international conference on interaction design and children*, 242-249. <https://doi.org/10.1145/1463689.1463762>
- Settle, A., Franke, B., Hansen, R., Spaltro, F., Jurisson, C., Rennert-May, C., et al. (2012). Infusing computational thinking into the middle- and high-school curriculum. *ITiCSE '12: Proceedings of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education*, 22-27. <https://doi.org/10.1145/2325296.2325306>
- Shallice, T. (1990). *From neuropsychology to mental structure*. New York: Cambridge University Press.
- 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>
- Suddendorf, T., & Moore, C. (2011). Introduction to the special issue: The development of episodic foresight. *Cognitive Development*, 26 (4), 295-298. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2011.09.001>
- Sullivan, A., & Bers, M.U. (2013). Gender differences in kindergarteners' robotics and programming achievement. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 691–702. <https://doi.org/10.1007/s10798-012-9210-z>
- Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). Girls, boys, and bots: Gender differences in young children's performance on robotics and programming tasks. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 15, 145- 165.
- Stievano, P., Rango, F., Rigamonti, C., & Scalisi, T. G. (2011). Funzioni esecutive e capacità di calcolo: una ricerca longitudinale sulle prime fasi di apprendimento scolastico. *Psichiatria dell'infanzia e dell'adolescenza*, 78, 560-576.
- Stuss, D.T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.
- Stuss, D.T., & Benson, D.F. (1987). The frontal lobes and control of cognition and memory. In E. Perecman (Ed.), *The frontal lobes revisited*. (pp. 141–158). New York: IRBN Press.
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2002). *Principles of frontal lobe function*. New York NY: Oxford University Press.
- Swanson, H. L., Lussier, C., & Orosco, M. (2013). Effects of cognitive strategy interventions and cognitive moderators on word problem solving in children at risk for problem solving difficulties. *Learning Disabilities Research & Practice*, 28 (4), 170–183. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12019>

- Thibaut, J.-P., French, R., & Vezneva, M. (2010). The development of analogy making in children: Cognitive load and executive functions. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106 (1), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.01.001>
- Tsarava, K., Leifheit, L., Ninaus, M., Román-González, M., Butz, M. V., Golle, J., et al. (2019). Cognitive Correlates of Computational Thinking: Evaluation of a Blended Unplugged/Plugged-In Course. *WiPSCE'19: Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 1-9. <https://doi.org/10.1145/3361721.3361729>
- Tsarava, K., Moeller, K., Román-González, M., Golle, J., Leifheit, L., Butz, M. V., & Ninaus, M. (2022). A cognitive definition of computational thinking in primary education. *Computers & Education*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104425>
- Tuomi, P., Multisilta, J., Saarikoski, P., & Suominen, J. (2018). Coding skills as a success factor for a society. *Education and Information Technologies*, 23, 419–434. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9611-4>
- Unterrainer, J., M., Ruh, N., Loosli, S., V., Heinze, K., Rahm, B., & Kaller, C., P. (2013). Planning Steps Forward in Development: In Girls Earlier than in Boys. *PLoS ONE*, 8 (11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080772>
- Vandenbroucke, L., Baeyens, D., & Verschueren, L. (2017). The development of executive functioning across the transition to first grade and its predictive value for academic achievement. *Learning and Instruction*, 49, 103-112. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.12.008>
- Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M.C. (2017). The role of executive function in arithmetic problem-solving process: a study of third graders. *Journal of Cognition and Development*, 18 (5), 595-616. <https://doi.org/10.1080/15248372.2017.1392307>
- Walsh, K.W. (1978). *Neuropsychology: Aclinical approach*. New York: Churchill Livingston.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M. S., Orton, K., Trouille, L., Jona, K., et al. (2014). Interactive assessment tools for computational thinking in high school STEM classrooms. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering*, 136. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08189-2_3
- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2015). Using commutative assessments to compare conceptual understanding in blocks-based and text-based programs. *Icer'15: Proceedings of the 2015 ACM conference on international computing education research*, 101-110. <https://doi.org/10.1145/2787622.2787721>
- Welsh, M., Pennington, B., & Groisser, D. (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>

- Werner, L., Denner, J., & Campe, S. (2015). Children programming games. *ACM Transactions on Computing Education*, 14 (4), 1-22. <https://doi.org/10.1145/2677091>
- Wiley, J., & Jarosz, A. F. (2012). Working memory capacity, attentional focus, and problem solving. *Current Directions in Psychological Science*, 21 (4), 258-262. <https://doi.org/10.1177/0963721412447622>
- Williams, B., R., Ponesse, J., S., Schachar, R., J., Logan, G., D., & Tannock, R. (1999). Development of inhibitory control across the life span. *Developmental Psychology*, 35 (1), 205-213. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.35.1.205>
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communication of the ACM*, 49 (3), 33-35.
- 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>
- Witherspoon, E. B., Higashi, R. M., Schunn, C. D., Baehr, E. C., & Shoop, R. (2017). Developing computational thinking through a virtual robotics programming curriculum. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 18(1), 1-20. <https://doi.org/10.1145/3104982>
- Wyeth, P., & Wyeth, G. (2008). Robot building for preschoolers. In R. Goebel, J. Siekmann, & W. Wahlster (Eds.), *Lecture notes in artificial intelligence* (pp. 124–135). Springer.
- Yasar, O. (2018). A new perspective on computational thinking. *Communications of the ACM*, 61 (7), 33-39.
- Young, S. E., Friedman, N. P., Miyake, A., Willcutt, E. G., Corley, R. P., Haberstick, B. C., et al. (2009). Behavioral disinhibition: Liability for externalizing spectrum disorders and its genetic and environmental relation to response inhibition across adolescence. *Journal of Abnormal Psychology*, 118 (1), 117-130. <https://doi.org/10.1037/a0014657>
- Young, C.B., Wu, S.S., & Menon, V. (2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychological Science*, 23 (5), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0956797611429134>
- Zapata-Cáceres, M., Martín-Barroso, E., & Román-González, M. (2020). Computational thinking test for Beginners: Design and content validation. *2020 IEEE global engineering education conference (EDUCON)*, 1905-1914.
- Zelazo, P. D. (2015). Executive function: Reflection, iterative reprocessing, complexity, and the developing brain. *Developmental Review*, 38, 55-68. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.07.001>
- Zelazo, P.D., Muller, U., Frye, D., & Marcovitch, S. (1997). The development of executive function in early childhood. *Monographs of Society for research in Child Development*, 68(3).

- Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2016). Executive Function: Implications for Education. NCER 2017-2000. *National Center for Education Research*.
- Zhang, Q., Wang, C. P., Zhao, Q. W., Yang, L., Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2019). The malleability of executive function in early childhood: effects of schooling and targeted training. *Developmental Science*, 22 (2). <https://doi.org/10.1111/desc.12748>
- Zielinski, B. A., Gennatas, E. D., Zhou, J., & Seeley, W. W. (2010). Network-level structural covariance in the developing brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (42), 18191-18196. <https://doi.org/10.1073/pnas.1003109107>

Ringraziamenti

Voglio dedicare questa sezione a coloro che hanno contribuito al raggiungimento di questo importante traguardo.

Si ringrazia in particolar modo la Prof.ssa Barbara Arfè, relattrice di tesi, per avermi guidato nella fase più importante del mio percorso accademico e avermi dato la possibilità di inserirmi all'interno di un progetto interdisciplinare, contribuendo a rendere più ricca la mia formazione professionale.

Un ringraziamento speciale alla Dott.ssa Chiara Montuori, correlatrice di tesi, per il grande lavoro svolto di costante supporto, per l'impareggiabile impegno professionale, e per la sua complicità nella realizzazione della mia tesi e della mia crescita personale.

Un grazie alla Dott.ssa Lucia Ronconi per aver collaborato nella realizzazione delle analisi statistiche di questo elaborato.

Ringrazio le istituzioni scolastiche del territorio padovano che hanno partecipato a questa ricerca, l'Istituto comprensivo Mantegna/Donatello e la Scuola primaria Don Bosco, che hanno fornito strumenti e luoghi adeguati allo svolgimento di questo progetto. Inoltre, voglio ringraziare i genitori di tutti gli alunni che hanno partecipato a questa ricerca: l'entusiasmo e il coinvolgimento dei bambini in questi mesi è stato così gratificante che hanno reso il lavoro un'esperienza non solo di crescita professionale ma anche personale.

Un ringraziamento particolare alla mia famiglia, per avermi permesso di raggiungere questo importante traguardo sostenendo ed appoggiando le mie scelte. Ai miei nonni, per essere stati presenti sin dall'inizio, confortandomi e gioendo assieme a me per ogni mio passo. Ai miei amici e a tutte quelle persone che, nel bene e nel male, hanno contribuito a farmi crescere.

Un ultimo ringraziamento lo rivolgo a me stessa per non essermi mai arresa e aver creduto nel mio futuro.

“La vita è come una scatola di cioccolatini, non sai mai quello che ti capita”.