

Dottorato di Ricerca in Scienze Sociali
Curriculum Psicologia e Scienze Cognitive

Tutor: Prof. Sergio Morra

Co-tutor: Prof.ssa Laura Traverso

XXXVI ciclo

RELAZIONE SUL PROGETTO DI RICERCA

A.A. 2020/2021

Funzioni esecutive e working memory: indagine di costrutto e possibilità di potenziamento

ABSTRACT

Le Funzioni Esecutive (FE) sono un insieme di processi cognitivi di ordine superiore che permettono la messa in atto di comportamenti finalizzati a un obiettivo. In età adulta gli studi hanno consentito di identificare almeno tre funzioni esecutive distinte ma correlate tra loro: inibizione, shifting e updating (Miyake et al.; 2000). Mentre è assodato che queste funzioni siano distinte negli adulti, in letteratura non vi è accordo sulla loro struttura in età evolutiva, specialmente nella fascia prescolare. In particolare, c'è ancora poca chiarezza riguardo alla relazione tra FE, in particolare tra updating, e Working Memory (WM) alla natura dell'inibizione. Funzioni esecutive e memoria di lavoro sono alla base dell'acquisizione di competenze cognitive e sociali e il loro sviluppo subisce un notevole impulso in età prescolare. Data l'importanza di queste funzioni, la loro stimolazione in questa fascia d'età assume un ruolo cruciale. In letteratura sono state studiate numerose tipologie di training. Tuttavia, vi sono ancora poche ricerche sull'uso della robotica educativa nel potenziamento cognitivo, nonostante sembri essere uno strumento promettente in questo campo. Il presente progetto si pone un duplice obiettivo: (a) indagare maggiormente il costrutto delle FE; (b) valutare l'efficacia di training di potenziamento delle funzioni esecutive attraverso la robotica educativa rispetto a un training senza robotica educativa.

STATO DELL'ARTE

Le Funzioni Esecutive (FE) sono sempre più considerate come una componente fondamentale nello sviluppo cognitivo e sociale del bambino; in particolare, le ricerche condotte negli ultimi decenni hanno rilevato come le FE siano associate ad aspetti come l'attenzione, la regolazione del comportamento, l'apprendimento scolastico e la sfera socio-emozionale (Blair e Razza, 2007; Best, Miller e Jones, 2009; Cameron et al., 2012; Carlson et al., 2014; Diamantopoulou, Rydell, Thorell, e Bohlin, 2007).

Quando parliamo di FE facciamo riferimento a un insieme di processi cognitivi di ordine superiore integrati tra loro, che sono fondamentali per l'autoregolazione e per la messa in atto di comportamenti orientati a uno scopo in quanto deputati al monitoraggio e al controllo del pensiero e dell'azione. Questi processi, considerati come dominio-generalisti, hanno una funzione fortemente adattiva e il loro contributo è molto importante soprattutto quando ci troviamo di fronte a situazioni o problemi nuovi in cui la messa in atto di risposte automatiche o impulsive sarebbero inadeguate o non sufficientemente efficaci (Carlson, 2005; Diamond, 2013).

Il termine Working Memory (WM) si riferisce di solito a un sistema in grado di immagazzinare e allo stesso tempo processare le informazioni. In altre parole, la WM mantiene disponibili le rappresentazioni mentali in modo che possano essere elaborate, selezionate, integrate o trasformate (Engle, Cantor, e Carullo, 1992; Oberauer, Farrell, Jarrold, e Lewandowsky, 2016).

Impatto delle FE sullo sviluppo

Le FE e la WM ricoprono un ruolo fondamentale fin dai primi anni di vita del bambino. Infatti, sebbene lo sviluppo di questi processi prosegua fino all'adolescenza, i progressi più rapidi si osservano tra i 3 e i 5 anni (Carlson, 2005); ciò favorisce nei bambini un'organizzazione del pensiero e del comportamento caratterizzata da maggiore flessibilità, una diminuzione delle risposte impulsive e la messa in atto di comportamenti maggiormente autoregolati. Inoltre, lo sviluppo prescolare delle FE e della WM è associato all'incremento delle abilità socio emotive, tra cui la teoria della mente, alla capacità di problem solving e ai prerequisiti scolastici (Hughes ed Ensor, 2007; Senn, Espy e Kaufmann, 2004; Blair e Razza, 2007). La relazione che lega le FE e la WM a questi ultimi, in particolare, è stata ampiamente studiata in letteratura. La WM, per esempio, sembra essere associata ai prerequisiti matematici e alle successive competenze matematiche vere e proprie. Da uno studio condotto da Passolunghi e Costa (2016) è emerso che bambini esposti a un potenziamento della WM hanno mostrato miglioramenti significativi non solo nelle abilità di memoria ma anche in quelle di calcolo. Allo stesso modo, anche le

FE sono associate allo sviluppo dei prerequisiti scolastici: è il caso, ad esempio, della competenza ortografica o della comprensione del testo (Shaul, e Schwartz, 2013; Iglesias-Sarmiento, Carriedo López, e Rodríguez Rodríguez, 2015); inoltre Viterbori, Usai, Traverso e De Franchis (2015) hanno osservato come il livello registrato nelle FE durante l'ultimo anno di scuola dell'infanzia rappresenti un importante predittore dei risultati in matematica nella prima e nella terza classe della scuola primaria.

FE: costruito unitario o differenziato? Le principali *open questions*

In letteratura ritroviamo posizioni contrastanti a proposito della distinzione delle FE e molte ricerche sono state condotte con lo scopo di fare maggiore chiarezza su questo argomento.

I primi modelli vedevano le FE come un costrutto unitario. È il caso, per esempio, del Sistema Esecutivo Centrale di Baddeley (1986; 2003), definito come un sistema attenzionale con capacità limitata, che interviene nel trattamento e nella memorizzazione delle informazioni, nella focalizzazione e nello spostamento dell'attenzione, nel ragionamento e nel processo decisionale. Il Sistema Esecutivo Centrale si rifà a sua volta al Sistema Attentivo Supervisore (SAS) elaborato da Norman e Shallice (1980; 1986), ossia un sistema di controllo attentivo con funzioni di natura esecutiva collegate a differenze individuali nei compiti cognitivi che richiedono capacità di pianificazione e di controllo.

Tali modelli si sono però dimostrati inadeguati a spiegare la complessità del costrutto, lasciando spazio a modelli multicomponentiali.

Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, HoWMrter e Wager (2000) hanno segnato una vera e propria svolta per questo filone di ricerca: hanno eseguito un'analisi fattoriale confermativa, dalla quale è risultato significativamente migliore negli adulti un modello a tre fattori differenziati ma correlati tra loro. Le FE identificate sono lo shifting, l'updating e l'inibizione. Nello specifico, l'inibizione è definita come l'abilità di inibire quando necessario e consapevolmente risposte dominanti, automatiche o prepotenti; lo shifting viene definito come la capacità di spostare l'attenzione da un compito all'altro o da un'operazione all'altra; l'updating, infine, è inteso come la capacità di aggiornare informazioni nella WM, eliminando quelle vecchie e irrilevanti e sostituendole con quelle nuove e più rilevanti ai fini del compito. Secondo questa prospettiva, le FE dipendono dalla WM, definita dagli autori come il simultaneo mantenimento e manipolazione di informazioni. Inoltre, sembrerebbe che le tre funzioni abbiano alla base un processo inibitorio, che spiegherebbe il fatto che risultino correlate tra loro (Friedman e Miyake, 2004).

Negli ultimi anni sono proliferati anche studi sulla differenziazione delle FE in età evolutiva. Tuttavia, mentre per gli adulti sembra assodato che il modello migliore sia quello individuato da Miyake e colleghi (2000), per l'età dello sviluppo i risultati ottenuti non sono sempre in accordo tra loro.

Lehto, Juujärvi, Kooistra e Pulkkinen (2003) per esempio, hanno condotto un'analisi fattoriale confermativa da cui è emerso che nei bambini di età compresa tra i 9 e i 13 anni è significativamente più adatto nello spiegare i dati da loro osservati un modello simile a quello identificato da Miyake et al. (2000), caratterizzato dalle funzioni di updating, inibizione e shifting, differenziate ma comunque correlate tra loro. Shing, Lindenberg, Diamond, Li e Davidson (2010), invece, hanno rilevato attraverso questo tipo di analisi due funzioni differenziate (mantenimento in memoria e controllo inibitorio) tra i 10 e i 15 anni, mentre hanno individuato un'unica struttura indifferenziata nei bambini tra i 4 e i 9 anni. Questi risultati sono in linea con quelli ottenuti da Brydges, Reid, Fox e Anderson (2012) che non hanno trovato alcuna differenziazione tra le funzioni di inibizione, WM e shifting in bambini di età compresa tra 7 e 9 anni, mentre sono in contrasto da quanto emerso dalla ricerca di Lerner e Lonigan (2014), che hanno evidenziato la multidimensionalità delle FE identificando la WM e l'inibizione come costrutti differenziati in età prescolare. Un modello a due fattori è risultato anche dallo studio di Usai, Viterbori, Traverso e De Franchis (2014), in cui è emersa una componente inibizione distinta da una componente WM-shifting.

In generale, una systematic review condotta da Karr, Areshenkoff, Rast, Hofer, Iverson e Garcia-Barrera (2018) ha evidenziato come la maggior parte degli studi condotti in età prescolare abbia individuato uno o due fattori, mentre in quelli condotti in età scolare sembrano dominare modelli a due o tre fattori. Tuttavia, come si può notare dagli esempi riportati e come sottolineato anche da Morra, Panesi, Traverso e Usai (2018), nel momento in cui vengono individuati due o più fattori, non vi è accordo tra le diverse ricerche nemmeno sulla loro natura precisa.

In relazione alla struttura delle FE, e in particolare alla difficoltà nell'identificarne la struttura in maniera univoca, ad oggi ci sono due importanti questioni aperte nell'ambito della ricerca sull'età evolutiva.

Una di queste riguarda la distinzione o la sovrapposizione tra i costrutti di WM e updating. Mentre nella ricerca sugli adulti (vedi per esempio Himi, Bühner e Hilbert, 2021) l'updating è considerato una funzione esecutiva al servizio della WM, come teorizzato dal modello di Miyake (2000), nella ricerca sull'età evolutiva updating e WM sono spesso considerati come sinonimi. Garon, Bryson e Smith (2008), per esempio, hanno pubblicato una review sulle FE nei bambini in età prescolare identificando come funzioni l'inibizione, lo shifting e la WM. Allo stesso modo, anche Diamond (2013) parla di inibizione, WM e flessibilità cognitiva come FE sviluppate in età evolutiva. Così facendo, la WM viene considerata una FE.

Esiste però un'altra corrente di ricercatori dello sviluppo che ritiene che ci sia una distinzione sostanziale tra i costrutti di WM e di updating (es: Morra et al., 2018). La loro convinzione affonda le sue radici nei modelli di WM più recenti, che enfatizzano il ruolo delle risorse attentive nel mantenere

attivate le informazioni rilevanti per il compito (vedi per esempio Cowan, 2005; Engle, Kane e Tuholski, 1999). Una menzione particolare merita il modello sviluppato da Im-Bolter, Johnson Pascual-Leone (2006) a partire dalla Teoria degli Operatori Costruttivi (TCO; vedi Pascual-Leone e Johnson, 2005). Nel 1970 Pascual Leone aveva introdotto il concetto di M Capacity, intesa come una limitata capacità attentiva utile ad attivare uno o più schemi rilevanti per la prestazione in un determinato compito e che aumenta con il crescere dell'età. In particolare, bambini a sviluppo tipico a 3 anni hanno risorse attentive sufficienti all'attivazione di un solo schema, a 5 anni hanno una capacità di due schemi, mentre a 7 anni sono dotati di una capacità di tre schemi. Secondo Im-Bolter e colleghi (2006), una versione modificata del modello di Miyake e colleghi può essere integrata alla TCO, arrivando a concettualizzare l'esistenza di un modello a due livelli e quattro componenti. Secondo questo modello, infatti, vi è un primo livello alla base che include due risorse generali, che sono l'inibizione e la M Capacity; il secondo livello, invece, include le FE vere e proprie, che sono lo shifting e l'updating. Secondo questa teoria, quindi, M capacity e inibizione sono risorse mentali generali e le abilità di shifting e updating sono considerate schemi esecutivi che contribuiscono al controllo e alla coordinazione di entrambe le risorse mentali. Di conseguenza, è possibile individuare una netta distinzione tra i costrutti di M capacity e di updating, che all'interno di questa cornice teorica non possono essere considerati come sinonimi.

Nel 2020 Panesi e Morra hanno pubblicato uno studio i cui risultati sono coerenti con la teoria di Im-Bolter e colleghi (2006): gli autori, infatti, hanno individuato una distinzione tra le misure di M Capacity e quelle di inibizione; inoltre, è emerso che le misure di shifting e updating sono maggiormente correlate all'inibizione rispetto alla M Capacity.

Oltre che da un punto di vista teorico, la distinzione tra i costrutti di WM e updating è sostenuta anche da prove empiriche. Panesi e Morra (2017) hanno creato una prova di updating, la Casetta Magica, che correla maggiormente con le prove di inibizione rispetto alle prove di WM. Similmente, Traverso, Viterbori e Usai (2015) hanno utilizzato una versione del Keep Track adattata, che nei bambini di 5 anni correla principalmente con le misure di inibizione e meno con quelle di WM.

Questa confusione tra updating e WM nella letteratura sull'età evolutiva è in parte giustificata dal fatto che effettivamente sono reperibili pochi compiti per bambini in età prescolare. È anche vero che la confusione a livello di terminologia implica necessariamente una confusione anche nella scelta delle prove: gli studi che considerano updating e WM come sinonimi useranno in maniera indiscriminata compiti relativi ai due costrutti; studi che invece considerano queste due funzioni come distinte si serviranno invece di compiti differenziati.

Un'altra importante questione aperta riportata da Morra e colleghi (2018) è legata al costrutto dell'inibizione: alcuni studi, infatti, sostengono che l'inibizione non debba essere considerata come una

funzione unitaria ma come un costrutto multicomponentiale che include diverse dimensioni utili per svolgere compiti diversi. La natura di tale modello multifattoriale, tuttavia, è oggetto di discussione in letteratura: esistono infatti diverse tassonomie a riguardo. Dempster (1993), per esempio, distingue diverse inibizioni dell'interferenza nei domini motori, linguistici e percettivi.

Un'altra serie di modelli considera l'inibizione nelle sue componenti di inibizione della risposta, ossia l'abilità di sopprimere una risposta dominante ma inappropriata prevenendo un comportamento impulsivo (Nigg, 2000), e di inibizione dell'interferenza, intesa come l'abilità di prevenire l'interferenza proveniente da stimoli in competizione tra loro (Diamond, 2013; Friedman e Miyake, 2004; Nigg, 2000). A sostegno di questa posizione troviamo, per esempio, il modello elaborato da Gandolfi, Viterbori, Traverso e Usai (2014), elaborato a partire da uno studio su bambini di età compresa tra i 24 e i 48 mesi. Le autrici hanno individuato un unico fattore di inibizione nei bambini di 2 anni, mentre nei bambini di 3 anni è emerso un modello a due fattori, in cui la componente di inibizione della risposta è differenziata dalla componente di soppressione dell'interferenza. Traverso, Fontana, Usai e Passolunghi (2018) hanno dimostrato che un modello in cui queste due dimensioni sono distinte è più adatto rispetto a un modello monofattoriale anche in bambini tra i 5 e i 6 anni. Questi risultati sono stati confermati da Traverso, Viterbori, Malagoli e Usai (2020), che hanno identificato questi due fattori distinti in un campione di bambini di 5 anni.

Risultati discordanti invece sono stati riscontrati da Friedman e Miyake (2004), che hanno individuato in un campione di giovani adulti sani un modello dell'inibizione a due fattori: un fattore comprende l'inibizione della risposta e l'inibizione dell'interferenza dovuta alle informazioni irrilevanti; un secondo fattore invece comprende la resistenza all'interferenza proattiva, definita come l'abilità di sopprimere l'interferenza dovuta a informazioni precedentemente rilevanti ai fini del compito ma che ora sono irrilevanti.

In uno studio del 2002, Bunge, Dudukovic, Thomason, Vaidya e Gabrieli hanno effettuato una risonanza magnetica funzionale (fMRI) su giovani adulti e bambini in età scolare. I risultati negli adulti hanno mostrato una ingente attivazione della corteccia prefrontale ventrolaterale destra durante lo svolgimento sia del compito di soppressione dell'interferenza che nel compito di inibizione della risposta. Nei bambini invece si è evidenziata un'attivazione differente sia rispetto al tipo di compito svolto che rispetto a quella rilevata negli adulti.

Un'ulteriore distinzione proposta nel 1995 da Harnishfeger è quella tra inibizione intenzionale e automatica, ovvero un tipo di inibizione basata sull'elaborazione conscia in contrasto con una preconscia. Nel 2003 Johnson, Im-Bolter e Pascual-Leone riprendono la suddetta distinzione riconoscendo, però, un'inibizione definibile automatica e una "impegnata" che consisterebbe

nell'inibizione di informazioni salienti fuorvianti rispetto all'inibizione di schemi che sono semplicemente al di fuori del centro dell'attenzione.

Garon et al. (2008) distingue i compiti di inibizione in semplici e complessi: i compiti semplici sono quelli che implicano una minima richiesta di WM, mentre i compiti complessi sono quelli che richiedono un carico di WM maggiore. Sulla base di questo modello, i compiti di inibizione complessi sono costruiti sulle abilità richieste dai compiti di inibizione semplici.

Come si può notare, quindi, non vi è ancora chiarezza sulla natura del costrutto di inibizione.

Il potenziamento delle FE in età prescolare

La stimolazione precoce delle FE, quindi, è cruciale per uno sviluppo ottimale del bambino sul piano cognitivo, sociale e degli apprendimenti futuri. Per questa ragione, negli ultimi anni sono proliferati in letteratura studi che hanno esaminato l'efficacia di training cognitivi sia sulla WM e sulle FE, direttamente stimulate (near transfer) (per esempio Traverso, Viterbori e Usai, 2015), che su altre componenti o competenze non potenziate direttamente ma comunque associate alla WM e alle FE (far transfer) (per esempio Traverso, Viterbori e Usai, 2019).

Kassai, Futo, Demetrovics e Takacs (2019) hanno condotto una metanalisi su 38 studi allo scopo di analizzare l'efficacia dei training di potenziamento della WM e delle funzioni di inibizione e di shifting, sia in termini di near transfer che di far transfer in soggetti sia a sviluppo tipico che a sviluppo atipico in soggetti fino ai 12 anni di età. I risultati mostrano un miglioramento significativo delle funzioni allenate, mentre questi benefici non sembrano essere trasferibili alle componenti non direttamente allenate dal training.

Esistono diverse tipologie di intervento, che variano a seconda della metodologia su cui sono basati. Nel 2020, Diamond e Ling hanno pubblicato una revisione della letteratura sui training di potenziamento delle FE, includendo 179 studi condotti in tutto il mondo. I percorsi di potenziamento analizzati comprendevano training cognitivi computerizzati e non computerizzati, programmi basati sul neurofeedback, specifici curricula scolastici, interventi basati sull'attività fisica, interventi basati sulle pratiche di mindfulness e approcci vari (come ad esempio il teatro). Questa review ha messo in luce come i percorsi di potenziamento più efficaci siano in primis quelli basati sulle pratiche di mindfulness che coinvolgono il movimento (come taekwondo e tai chi); secondariamente troviamo quelli basati su programmi scolastici; come terzo tipo di intervento più efficace, infine, risultano i training cognitivi non computerizzati. Secondo le autrici, il fattore comune a questi tre approcci, in grado di renderli più efficaci rispetto, ad esempio, a un training cognitivo computerizzato, potrebbe essere il maggior coinvolgimento in presenza nell'interazione tra il soggetto e il conduttore del training.

Per quanto riguarda i training cognitivi nello specifico, una metanalisi condotta da Scionti, Cavallero, Zogmaister e Marzocchi (2020) ha analizzato 32 studi pubblicati negli ultimi dieci anni, mettendo a confronto diversi tipi di training rivolti a bambini di età compresa tra i 3 e i 6 anni a sviluppo tipico o soggetti a qualche condizione di rischio, sia a livello clinico che ambientale. Il risultato dell'analisi ha evidenziato come, effettivamente, i training cognitivi comportino un reale miglioramento nelle FE e nella WM nei bambini in età prescolare. In particolare, è emerso che un training cognitivo per WM e FE è in grado di portare significativi benefici soprattutto per i bambini esposti a condizioni di rischio per lo sviluppo: promuovere queste abilità, quindi, risulta essere un'importante strategia preventiva di successive difficoltà.

Un aspetto rilevante su cui si sono concentrati Scionti e colleghi nella loro metanalisi è stato quello di analizzare gli effetti positivi dei programmi di potenziamento basati su strumenti tecnologici, come videogiochi, app e software, o su attività più tradizionali. Ad oggi, infatti, in letteratura non vi è unitarietà di opinioni riguardo ai benefici legati a questa scelta. Sebbene si continui a utilizzare principalmente materiale tradizionale, un crescente numero di studi si serve di strumenti tecnologici come mezzo esclusivo di realizzazione dei training; vi è, invece, una carenza di ricerche che prevede la combinazione di strumenti tecnologici e tradizionali e, ancor di più, di studi che mettono queste due modalità a confronto l'una con l'altra. I risultati della metanalisi hanno mostrato che, nonostante entrambi possedessero una dimensione dell'effetto da non trascurare, i maggiori benefici si sono riscontrati nei training tradizionali.

Tuttavia, l'impiego della tecnologia all'interno dei training cognitivi non è da sottovalutare. Essendo un mezzo altamente motivante per i bambini, resta comunque una modalità promettente nel potenziamento delle FE e della WM. Diversi autori se ne sono serviti nelle loro ricerche con risultati soddisfacenti. Rojas-Barahona, Förster, Moreno-Ríos e McClelland (2015), ad esempio, hanno realizzato un percorso di potenziamento basato su un software pensato per stimolare la WM; rispetto al gruppo di controllo, i risultati hanno mostrato un miglioramento significativo nello sviluppo non solo della WM ma anche della prealfabetizzazione, potenziata grazie all'effetto far transfer del training.

Cao, Huang, Huang, Xie e Wang (2020) hanno pubblicato una systematic review in cui hanno esaminato gli effetti near e far transfer di alcuni training computerizzati per il potenziamento della WM e delle FE. In particolare, gli articoli analizzati hanno impiegato la versione computerizzata di misure convenzionali delle FE e della WM, come il test di Corsi, il DCCS e lo Stroop, oppure software come CogMed o Jungle Memory. I risultati hanno mostrato come l'intervento computerizzato abbia un effetto da piccolo a moderato sulle FE; sembra efficace soprattutto nel potenziamento della WM e dello shifting, mentre risulta meno significativo l'effetto sul controllo inibitorio. Inoltre, gli interventi computerizzati mostrano sia un effetto near che un effetto far transfer, sebbene quello near sia

leggermente più significativo rispetto al far. Infine, dai risultati sembra che i bambini più piccoli beneficino maggiormente da questo tipo di intervento.

Un approfondimento particolare merita la Robotica Educativa (RE). Con questo termine ci si riferisce a un approccio di apprendimento basato sulla progettazione, l'assemblaggio e la programmazione di robot. Sembra essere uno strumento particolarmente utile nel potenziamento della flessibilità cognitiva e delle capacità metacognitive e di problem solving; inoltre, si è rivelata efficace nell'insegnamento delle materie scientifiche, come scienze, matematica e tecnologia. Rispetto agli altri strumenti tecnologici più "passivi", come i software o le app, la RE ha il vantaggio di trasformare concetti astratti in operazioni concrete e verificabili, promuovendo attivamente nel bambino nuove prospettive di pensiero e strategie di problem solving. Inoltre, la RE possiede una serie di caratteristiche che la rendono adatta al potenziamento cognitivo, sia in ambito educativo che in ambito clinico: si tratta, infatti, di uno strumento particolarmente flessibile, che permette di realizzare attività stimolanti per il bambino e adattabili al suo funzionamento, consentendo di lavorare sulla sua zona di sviluppo prossimale. La programmazione di un robot, inoltre, richiede una serie di abilità: ragionamento sequenziale, anticipazione mentale, inibizione della risposta impulsiva, mantenimento in memoria, manipolazione e costante aggiornamento di rappresentazioni sia visuo-spaziali che verbali e spostamento dell'attenzione verso diversi comandi o diverse regole. Infine, attività con la RE possono essere realizzate facilmente all'interno del contesto scolastico, creando un ambiente motivante per i bambini e non richiedendo alcuna formazione particolare agli insegnanti (Di Lieto, Inguaggiato, Castro, Cecchi, Cioni et al., 2017; Di Lieto, Castro, Pecini, Inguaggiato, Cecchi et al., 2020). Nonostante i benefici che la RE può apportare alla realizzazione di un training cognitivo, la letteratura in proposito è ancora piuttosto carente. Per di più la maggior parte degli studi esistenti si è concentrata sull'utilizzo della RE nell'ambito degli apprendimenti (soprattutto nell'area STEM; vedi Hussain et al., 2006; Barker and Ansorge, 2007; Nugent et al., 2008) e dello sviluppo delle abilità sociali (vedi Robins, Dickerson, Stribling, e Dautenhahn, 2004; Sartorato, Przybylowski, e Sarko, 2017). Di Lieto e colleghi (2017) sono stati i primi a servirsi di questo strumento per il potenziamento delle FE e della WM, creando un percorso di potenziamento intensivo per bambini a sviluppo tipico in età prescolare; i risultati sono stati particolarmente incoraggianti, specialmente per quanto riguarda l'inibizione e la WM. Dal momento che la RE è uno strumento facilmente adattabile a diversi contesti e al livello di funzionamento individuale, nel 2020 Di Lieto e colleghi hanno sviluppato un percorso di potenziamento delle FE e della WM rivolto non solo a bambini con sviluppo tipico, ma anche a bambini con Bisogni Educativi Speciali (BES) che frequentavano il primo anno della scuola primaria. Anche in questo caso, gli autori hanno potuto rilevare un miglioramento nelle capacità inibitorie.

IL PROGETTO

Questo progetto si pone l'obiettivo di portare un contributo a questioni ancora irrisolte, come emerso dalla letteratura analizzata. È articolato in due fasi: la prima parte della ricerca verte sull'individuazione di un modello in grado di descrivere la struttura delle FE in età prescolare, con un'attenzione particolare alla distinzione tra updating e WM e alla struttura dell'inibizione; la seconda parte, invece, si propone di realizzare un training di potenziamento della WM e delle FE (Inibizione, Shifting e Updating) attraverso l'uso della robotica educativa.

Studio 1

Obiettivo

Come emerso dall'analisi della letteratura, vi sono ancora alcune questioni irrisolte riguardo lo sviluppo delle FE in età evolutiva e, in particolare in età prescolare. Ritroviamo infatti pareri contrastanti sul modello che meglio descrive le FE in questa fascia d'età. Alcuni studi hanno individuato modelli a due fattori (es: Usai et al., 2014), altri invece hanno ottenuto risultati a sostegno dell'esistenza di un modello unifattoriale (es: Shing et al., 2010).

Un'altra questione dibattuta è la considerazione di WM e updating come due funzioni distinte (vedi Morra et al., 2018) o come un unico costrutto (Garon et al., 2008; Diamond, 2013).

Inoltre, non vi è chiarezza sulla natura del costrutto di inibizione e su come questo interagisca con le altre FE.

L'obiettivo di questo studio, quindi, è quello inserirsi all'interno di questo dibattito, contribuendo a fare maggiore chiarezza. Ci proponiamo, infatti, di andare a indentificare la struttura delle FE e della WM in età prescolare. Nello specifico, uno degli scopi di questo studio è quello di indagare se nel nostro campione sia possibile individuare i costrutti di updating e di WM in forma distinta o se invece le prove utilizzate per misurarli siano riconducibili a un unico costrutto indifferenziato. Ci siamo quindi serviti di prove specifiche per la misurazione della WM e dell'updating in età prescolare.

Inoltre, ci siamo posti l'obiettivo di indagare la natura del costrutto di inibizione, andando ad analizzare il modello che meglio descrive la sua struttura, oltre alla sua relazione con le altre FE. A tal fine, all'interno della batteria sono stati inseriti strumenti deputati alla valutazione del costrutto dell'inibizione secondo diverse dimensioni.

Metodo

Partecipanti

I partecipanti allo studio sono bambini di età compresa tra i 4 e i 6 anni, reclutati tra i frequentanti dell'ultimo e del penultimo anno di scuola dell'infanzia. Le scuole dell'infanzia selezionate sono collocate in quartieri di diversa estrazione socioeconomica, in modo che il campione sia il più possibile rappresentativo.

I bambini inclusi sono a sviluppo tipico e hanno un buon livello di comprensione della lingua italiana in caso di bilinguismo.

La partecipazione dei bambini allo studio sarà tassativamente vincolata alla firma e restituzione da parte dei genitori o dei tutori del consenso informato, in cui saranno spiegati gli obiettivi della ricerca e le modalità di realizzazione, garantendo l'anonimato dei dati raccolti e la possibilità di ritirare l'autorizzazione in qualsiasi momento.

L'ampiezza campionaria prevista inizialmente era di 200 soggetti, da coinvolgere nel corso del primo anno di dottorato e durante parte del secondo. Tuttavia, a causa dell'emergenza sanitaria dovuta alla pandemia di Covid-19, l'accesso alle scuole dell'infanzia è stato significativamente limitato; pertanto, si sono potuti raccogliere i dati relativi solamente a 10 soggetti. La raccolta dei dati, quindi, potrebbe prolungarsi rispetto ai tempi preventivati.

Strumenti

Per valutare la WM e le FE sono proposte le seguenti prove:

❖ WM:

- Backward Word Span (BWS) (Morra, 1994): si tratta di una prova di WM verbale nel quale viene richiesto al soggetto di ripetere liste di parole in ordine inverso.
- Mr. Cucumber (Case, 1985): è un test di WM visuo-spaziale in cui il bambino deve ricordare la posizione di un numero crescente di pallini colorati posti su una figura extraterrestre.
- Direction Following Task (DFT) (Pascual-Leone e Johnson, 2005): è un compito che misura la WM nel dominio del linguaggio recettivo. L'obiettivo della prova è quello di presentare oggetti diversi per forma, colore e dimensione al bambino che deve mettere in scatole diverse per colore e grandezza sulla base delle istruzioni, che sono di complessità crescente.

❖ FE:

- Simon Says (Strommen, 1973): questa prova valuta il controllo inibitorio. Si articola in due fasi: nella prima fase al bambino è richiesto di eseguire le azioni elencate dallo sperimentatore solo quando sono precedute dall'espressione "Pippo dice..."; in caso contrario il bambino deve rimanere immobile. Nella seconda fase viene aggiunto un ulteriore elemento di difficoltà: lo sperimentatore riproduce tutte le azioni da lui elencate; come nella fase precedente, però, il bambino deve eseguire i comandi solo quando sono preceduti dall'espressione "Pippo dice...", altrimenti deve rimanere fermo.
- Circle Drawing Task (Traccia il cerchio, Usai et al., 2017; Bachorowski e Newman, 1985): si tratta di un altro compito per valutare il controllo inibitorio. Nella prima fase, lo sperimentatore chiede al bambino di tracciare il disegno di un cerchio con il dito, gli si chiede di farlo nuovamente, il più lentamente possibile.
- Statua (Korkman et al., 1998): è usato per valutare il controllo inibitorio. In questa prova viene chiesto al bambino di rimanere in piedi di fronte allo sperimentatore, immobile, con gli occhi chiusi, in silenzio e con un braccio sollevato, fingendo di tenere in mano una bandiera per 75 secondi. Nel frattempo, lo sperimentatore cerca di distrarlo battendo la penna sul tavolo, tossendo, bussando sul tavolo o schiarendosi la gola.
- Luria's Hand Game (Lerner, 2014): è usato per la valutazione del controllo inibitorio negli adulti; si articola in due fasi: nella fase di controllo al bambino viene chiesto di imitare lo sperimentatore quando indica col dito e quando mostra il pugno. Nella seconda si chiede al bambino di imitare lo sperimentatore solo quando indica col dito e di sopprimere la risposta quando mostra il pugno.
- Knock Tap (Korkman et al., 1998): è un test deputato alla valutazione dell'inibizione. È composta da due fasi: nella fase di controllo al bambino è richiesto di svolgere la stessa azione dello sperimentatore, che può essere il gesto di bussare sul tavolo (knock) oppure quello di battere sul tavolo con la mano aperta (tap). Nella seconda fase al bambino è richiesto di gestire l'interferenza eseguendo un'azione diversa da quella svolta dallo sperimentatore: se lo sperimentatore batte sul tavolo, quindi, il bambino deve bussare e viceversa.
- Fruit Stroop (Monette et al., 2015): in questo compito di inibizione vengono presentati al bambino tre fogli in sequenza, corrispondenti a tre diverse condizioni, contenenti ognuno 20 frutti fra fragole e banane. Nella prima condizione il bambino deve semplicemente nominare i colori dei frutti che vede il più velocemente possibile. Nella seconda condizione alcuni item sono incongruenti: in questo caso il bambino deve nominare velocemente i colori dei frutti facendo attenzione a dire sempre il colore corretto negli item che sono

incongruenti. Infine, nella terza condizione tutti gli item sono incongruenti e il bambino deve nominare il colore vero il più velocemente possibile.

- Flanker (Il gioco del pesciolino, Usai et al., 2017): in questa prova, deputata alla valutazione dell'inibizione, il bambino deve rispondere a un pesciolino azzurro, colorato sul fianco da una freccia gialla, che può comparire rivolto verso sinistra o verso destra, premendo il pulsante che si trova a sinistra o a destra. Nella condizione congruente, l'immagine target è accompagnata da altre identiche rivolte nella stessa direzione, mentre nella condizione incongruente è affiancata da pesciolini rivolti nella direzione opposta.
- Day/Night Task (Stroop Giorno Notte, Usai et al., 2017; Gerstadt et al., 1994): è un compito che indaga l'inibizione. Dopo una fase di addestramento, al bambino viene presentata una serie di 16 carte raffiguranti il sole o la luna; gli viene chiesto di dire «notte» quando vede l'immagine del sole e dire «giorno» quando vede l'immagine della luna.
- Dots (Diamond et al., 2007): è una prova di shifting svolta al computer. In tutte le condizioni del compito sulla sinistra o sulla destra dello schermo appaiono un cuore o un fiore. Nella condizione congruente il bambino deve premere un pulsante omolaterale quando vede il cuore, mentre nella condizione incongrua bisogna premerne uno controlaterale per il fiore, richiedendo perciò l'inibizione della tendenza a rispondere sul lato in cui appare lo stimolo.
- Dimensional Change Card Sort (DCCS) (Usai et al., 2017; Zelazo, 2006): è un compito di shifting in cui viene richiesto al bambino di classificare una serie di carte raffiguranti un coniglio blu o una barca rossa in base al colore (prima fase: pre-switch) per 6 item e successivamente in base alla forma (seconda fase: post-switch) per ulteriori 6 item. Nell'ultima fase, invece, vengono mostrate al bambino 12 carte totali raffiguranti un coniglio blu o una barca rossa con il bordo o senza bordo: in questo caso gli viene chiesto di classificare le carte con il bordo seguendo la regola della forma e le carte senza bordo seguendo la regola del colore.
- Shape School (Espy, 1997): Questo compito implica l'utilizzo dello shifting. Al bambino viene mostrata una pagina dove è rappresentata una scuola i cui studenti sono dei cerchi e dei quadrati colorati (blu, giallo e rosso). La prova si divide in quattro compiti di complessità crescente: nella prima fase il bambino deve dire i colori delle figure il più velocemente possibile. Nella seconda fase vengono presentate forme di colori differenti con facce felici e tristi: deve nominare solo le figure con un'espressione felice, attivando perciò i processi di inibizione. Nella terza condizione, il bambino deve chiamare per forma gli alunni col cappello e per colore quelli senza cappello. Nell'ultima condizione il bambino deve

chiamare per colore gli alunni con la faccia felice e senza cappello, mentre deve chiamare per forma gli alunni con la faccia felice e col cappello e non deve nominare gli alunni con la faccia triste.

- Self-Ordered Pointing Task (SOPT) (adattata da Petrides e Milner, 1982): si tratta di una prova di updating in cui al bambino viene presentato un libricino contenente diverse pagine, a seconda del livello; per ciascun livello, in ogni pagina viene mostrato lo stesso insieme di elementi, la cui posizione però varia in modo casuale da una pagina all'altra. Al bambino viene richiesto di indicare un elemento su ogni pagina, con il veto di toccarne uno già indicato in precedenza
- Keep Track (Usai et al., 2017): in questa prova di updating vengono presentate al bambino una serie di figure appartenenti a cinque categorie: animali, cielo, frutta, veicoli e vestiti. Dopo aver visto tutti gli elementi della serie, il bambino deve ricordare l'ultima figura che ha visto della categoria target.
- Casetta Magica (Panesi e Morra, 2017): si tratta di una prova di updating in cui il bambino deve prestare attenzione agli animali inseriti dallo sperimentatore in una casetta giocattolo e ricordare quali pupazzi sono stati inseriti per ultimo e penultimo.

Inoltre, sono somministrate due ulteriori prove:

- Peabody Picture Vocabulary Test (Stella, et al., 2000): è una prova che valuta il vocabolario recettivo. Comprende 175 tavole, ciascuna contenente 4 immagini; al bambino viene richiesto di indicare, tra le quattro alternative presentate in ogni tavola, la figura corrispondente alla parola pronunciata dal testista.
- Forma colore delle Matrici di Raven (CPM) (Raven, 1947): finalizzato alla valutazione dell'intelligenza fluida, questo test è costituito da 36 figure da cui è stata eliminata una porzione che deve essere scelta tra una delle 6 alternative poste immediatamente sotto l'immagine principale.

Procedura

La batteria di test viene somministrata individualmente nell'arco di 4 sessioni della durata di circa 20/30 minuti ciascuna. Le prove vengono somministrate all'interno delle due scuole dell'infanzia in una stanza che sia il più possibile tranquilla per ridurre al minimo eventuali distrazioni. Il bambino e lo sperimentatore, unici presenti durante la valutazione, sono seduti a un tavolino con due sedie disposte

l'una di fronte all'altra oppure vicine tra loro a seconda delle richieste delle singole prove. La somministrazione avviene di mattina, in orario compreso tra le 9 e le 12. Si è optato per questa fascia oraria sia per andare incontro alle esigenze delle maestre che per sfruttare il momento della giornata in cui i bambini avrebbero dovuto essere più riposati e più facilmente presenti a scuola.

Sono stati stabiliti quattro ordini diversi, in modo da evitare l'effetto di ordine e di sequenza. Per ogni sessione di ciascun ordine si è cercato di inserire le prove in modo da non accostare compiti misuranti lo stesso costrutto e cercando di bilanciare il più possibile i tempi di svolgimento di ogni seduta. Inoltre, abbiamo fatto attenzione a evitare che due o più prove fossero sempre presenti nella stessa sessione, ad eccezione delle Matrici Progressive di Raven che sono state sempre inserite come la prima prova della prima sessione. Infine, si è cercato di alternare compiti più impegnativi a compiti più divertenti, in modo che il bambino non si stancasse o si annoiasse eccessivamente, rischiando di compromettere la propria prestazione.

Risultati attesi

In seguito allo svolgimento delle analisi statistiche, ci si aspetta di fare maggiore chiarezza sulla struttura della WM e delle FE in età prescolare e, in particolare, sulla distinzione tra i costrutti di WM e updating e sulla natura del costrutto di inibizione. Sulla base della letteratura precedente, è probabile che anche il presente studio confermi l'esistenza di una differenza tra WM e updating. Inoltre, ci aspettiamo di confermare la natura multicomponentiale dell'inibizione.

Studio 2

Obiettivo

Sebbene la robotica educativa sembri essere per le sue caratteristiche uno strumento particolarmente adatto per il potenziamento cognitivo, pochissimi studi si sono focalizzati sul suo utilizzo in questo ambito.

L'obiettivo di questo studio, quindi, è quello di implementare un percorso di potenziamento delle FE e della WM attraverso l'uso della robotica educativa e di confrontarne l'efficacia rispetto a un training composto da attività più tradizionali, che non implicano l'uso della robotica educativa.

Metodo

Partecipanti

Come nello studio precedente, i partecipanti sono bambini di età compresa tra i 4 e i 6 anni, reclutati tra i frequentanti dell'ultimo e del penultimo anno di scuola dell'infanzia. Le scuole dell'infanzia selezionate sono collocate in quartieri di diverso status socioeconomico, in modo che il campione sia il più possibile rappresentativo.

I bambini inclusi sono a sviluppo tipico e hanno un buon livello di comprensione della lingua italiana in caso di bilinguismo.

La partecipazione dei bambini allo studio è tassativamente vincolata alla firma e restituzione da parte dei genitori o dei tutori del consenso informato, in cui saranno spiegati gli obiettivi della ricerca e le modalità di realizzazione, garantendo l'anonimato dei dati raccolti e la possibilità di ritirare l'autorizzazione in qualsiasi momento.

il campione dovrebbe essere costituito da almeno 75 bambini, suddivisi in tre gruppi:

- i. Training con robotica educativa
- ii. Training senza robotica educativa
- iii. Assenza di training

I partecipanti saranno assegnati ai vari gruppi tentando di bilanciare il più possibile caratteristiche individuali come il genere e l'età.

Materiali

Per la valutazione pre- e post-training della WM e delle FE sarà somministrato un sottoinsieme delle prove impiegate nello studio 1. Inoltre, sarà misurata la comprensione del linguaggio come controllo attraverso il Peabody Picture Vocabulary Test (Stella et al., 2000).

La condizione di training con la robotica educativa prevederà l'uso di Sapientino – Doc: si tratta di un robot educativo realizzato da Clementoni; ha colori vivaci ed è di forma umanoide, il che lo rende particolarmente attrattivo. Il bambino può interagire con Doc grazie a una pulsantiera collocata sopra la sua testa, in cui sono presenti 4 tasti corrispondenti alle direzioni che il robot può prendere: Avanti, Indietro, Destra e Sinistra. In questo modo il bambino può programmare gli spostamenti di Doc selezionando i comandi necessari per raggiungere l'obiettivo. Durante il training, il robot sarà collocato su un tabellone su cui sarà disegnata una griglia da usare come parametro per i suoi spostamenti. Sul tabellone saranno posti anche agli altri materiali necessari per i giochi di potenziamento cognitivo, che dovranno essere raggiunti da Doc.

Procedura

La fase di assessment delle FE e della WM sarà organizzata in un'unica sessione, in cui ad ogni bambino saranno proposte le diverse prove individualmente.

In entrambe le condizioni di training, con e senza l'utilizzo della robotica educativa, le sessioni di training avranno luogo due volte a settimana con una durata di circa 30/40 minuti ciascuno; i bambini svolgeranno le attività in piccolo gruppo di due bambini.

In entrambi i training è prevista una prima fase di familiarizzazione con i materiali: nel training senza robotica educativa si è pensato di inserire una sessione di familiarizzazione, mentre nel training con la robotica educativa la familiarizzazione con i materiali richiederà due sessioni, in modo da rendere il bambino il più competente possibile nell'utilizzo del robot.

Al fine di mantenere alte la motivazione e l'interesse dei bambini, tutti i giochi saranno immersi in una cornice narrativa, che costituirà il filo conduttore per l'intera durata del training.

Per ridurre al minimo qualunque differenza tra la prima e la seconda condizione, ad eccezione dell'utilizzo o meno della robotica educativa, i giochi previsti per il training tradizionale ricalcheranno il più possibile quelli pensati per il training con la RE.

Risultati attesi

In seguito allo svolgimento delle analisi statistiche, ci si aspetta innanzitutto un miglioramento nei punteggi delle prove che misurano le FE e la WM in seguito allo svolgimento del training rispetto alla condizione di controllo, indipendentemente al tipo di materiale impiegato. Inoltre, dalle analisi ci si aspetta di individuare una differenza nelle prestazioni a seconda dell'utilizzo o meno della robotica educativa all'interno del training.

BIBLIOGRAFIA

- Bachorowski, J.A., Newman, J.P. (1985). Impulsivity in adults: Motor inhibition and time-interval estimation. *Personality and Individual Differences*, 6, 133-136.
- Baddeley, A. (1986). Oxford psychology series, No. 11. Working memory. New York, NY, US.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature reviews neuroscience*, 4(10), 829.
- Barker, B. S., and Ansorge, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *J. Res. Technol. Educ.* 39, 229–243.
- Best, J.R., Miller, P.H., & Jones, L.L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review*, 29, 180–200.
- Blair C, & Razza RP. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*. 78(2):647–663.
- Bunge, S.A., Dudukovic, N.M., Thomason, M.E., Vaidya, C.J., & Gabrieli, J.D.E. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI. *Neuron*, 33, 301–311.
- Cameron CE, Brock LL, Murrah WM, Bell LH, Worzalla SL, Grissmer D, et al. Fine motor skills and executive function both contribute to kindergarten achievement. *Child Development*. 2012; 83(4):1229–1244.
- Cao, Y., Huang, T., Huang, J., Xie, X., & Wang, Y. (2020). Effects and Moderators of Computer-Based Training on Children's Executive Functions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*.
- Carlson, S.M. (2005) Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, 28:2, 595-616.
- Carlson, S.M., White, R.E., & Davis-Ungera, A. (2014). Evidence for a relation between executive function and pretense representation in preschool children. *Cognitive Development*, 29.
- Case, R. (1985). *Intellectual development: Birth to adulthood*. Orlando, FL: Academic Press.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. Hove, UK: Psychology Press.
- Dempster, F. N. (1993). Resistance to interference: Developmental changes in a basic processing mechanism. In M. L. HoWM & R.
- Pasnak (Eds.), *Emerging themes in cognitive development. Foundations* (Vol. 1, pp. 3–27). New York: Springer-Verlag.
- Di Lieto, M.C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., Laschi, C., Pecini, C., Santerini, G., Sgandurra, G., & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in Human Behavior*, 71, 16-23.
- Diamantopoulou S, Rydell AM, Thorell LB, Bohlin G. Impact of executive functioning and symptoms of attention deficit hyperactivity disorder on children's peer relations and school performance. *Developmental Neuropsychology*. 2007; 32(1):521–542.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.
- Diamond, A., & Ling, D.S. (2020). Review of the Evidence on, and Fundamental Questions About, Efforts to Improve Executive Functions, Including Working Memory. *Cognitive and Working Memory Training: Perspectives from Psychology, Neuroscience, and Human Development*.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science* (New York, N.Y.), 318(5855), 1387–1388.

- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In: A. Miyake, P. Shah (Eds.), *Models of working memory* (pp.102-130).
- Espy, K. (1997). The Shape School: Assessing Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology* 13(4):495-499.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The Relations Among Inhibition and Interference Control Functions: A Latent-Variable Analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 101–135.
- Gandolfi, E., Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M. C. (2014). Inhibitory processes in toddlers: A latent-variable approach. *Frontiers in Psychology*, 5, 381.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Review*, 134, 31–60.
- Gerstadt, C.L., Hong, Y.L., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: Performance of children 3 1/2-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53, 129–153.
- Harnishfeger, K.K. (1995). The development of cognitive inhibition. In F.N. Dempster & C.J. Brainerd (Eds.), *Interference and inhibition in cognition* (pp. 175–204). New York: Academic Press.
- Himi, S. A., Bühner, M., & Hilbert, S. (2021). Advancing the understanding of the factor structure of executive functioning. *Journal of Intelligence*, 9(1), 16.
- Hughes, C., and Ensor, R. (2007). Executive function and theory of mind: predictive relations from ages 2- to 4-years. *Dev. Psychol.* 43, 1447–145
- Hussain, S., Lindh, J., and Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils' school performance in mathematics, problem solving ability and attitude sWMDish data. *Educ. Technol. Soc.* 9, 182–194.
- Iglesias-Sarmiento, V., Carriedo López, N., & Rodríguez Rodríguez, J.L. (2015). Updating executive function and performance in reading comprehension and problem solving. *Anales de Psicología*, 31:1, 298-309.
- Im-Bolter, N., Johnson, J., & Pascual-Leone, J. (2006). Processing limitations in children with specific language impairment: The role of executive function. *Child Development*, 77(6), 1822-1841.
- Johnson, J., Im-Bolter, N., & Pascual-Leone, J. (2003). Development of mental attention in gifted and mainstream children: The role of mental capacity, inhibition, and speed of processing. *Child Development*, 74, 1594–1614.
- Karr, J. E., Areshenkoff, C. N., Rast, P., Hofer, S. M., Iverson, G. L., & Garcia-Barrera, M. A. (2018). The Unity and Diversity of Executive Functions: A Systematic Review and Re-Analysis of Latent Variable Studies. *Psychological Bulletin*.
- Korkman, M.; Kirk, U.; Kemp, S. NEPSY: A developmental neuropsychological assessment manual. The Psychological Corporation; San Antonio, TX: 1998.
- Lehto, J.E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 59–80.
- Lerner, M.D., & Lonigan, C.J. (2014). Executive Function Among Preschool Children: Unitary Versus Distinct Abilities. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 36:4, 626–639.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J.; Witzki, A.H., HoWMrter, 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.
- Monette, S., Bigras, M. & Lafrenière, M.A (2015). Structure of executive functions in typically developing kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 120-139.

- Morra, S. (1994). Issues in working memory measurement: Testing for M capacity. *The International Society for the Study of Behavioral Development*, 17, 143–159.
- Morra, S., Panesi, S., Traverso L., & Usai M.C. (2018). Which tasks measure what? Reflections on executive function development and a commentary on Podjarny, Kamawar, and Andrews. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 246-258.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126, 220–246.
- Norman D.A., Shallice T. (1980). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. Center for Human Information Processing, University of California, San Diego: Technical report n. 99.
- Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In R. Davidson, G. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (Vol. 4, pp. 1–18). New York: Plenum Press.
- Nugent, G., Barker, B., and Grandgenett, N. (2008). The effect of 4-H robotics and geospatial technologies on science, technology, engineering, and mathematics learning and attitudes. *Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2008*, Chesapeake, VA.
- Oberauer, K., Farrell, S., Jarrold, C., & Lewandowsky, S. (2016). What limits working memory capacity? *Psychological Bulletin*, 142, 758–799.
- Panesi, S. & Morra, S. (2017). La Casetta Magica Un nuovo strumento per indagare l'aggiornamento (updating) della memoria di lavoro in età prescolare. *Psicologia clinica dello sviluppo*, 21:3, 443-462.
- Panesi, S., & Morra, S. (2020). Executive Functions and Mental Attentional Capacity in Preschoolers. *Journal of Cognition and Development*, 21(1), 72-91.
- Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 63, 301-345.
- Pascual-Leone, J., & Johnson, J. (2005). A dialectical constructivist view of developmental intelligence. In: O. Wilhelm & R. Engle (Eds.), *Handbook of understanding and measuring intelligence* (pp. 177-201). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Pascual-Leone, J., Johnson, J. (2005). A dialectical constructivist view of developmental intelligence. In O. Wilhelm, R. Engle (a cura di), *Handbook of understanding and measuring intelligence*. Thousand Oaks, CA: Sage, pp. 177-201.
- Passolunghi, M.C. & Costa, H.M. (2016). Working memory and early numeracy training in preschool children. *Child Neuropsychology*, 22:1, 81-98.
- Petrides, M. & Milner, B. (1982). Deficits on subject-ordered tasks after frontal- and temporal-lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 20:3, 249-262.
- Raven, J. C. (1947). *Progressive Matrices Sets A, Ab, B*. London: H. K. Lewis & Co. Ltd Ridderinkhof, K. R. & Van Der Molen, M.W. A.
- Robins, B., Dickerson, P., Stribling, P., & Dautenhahn, K. (2004). Robot-mediated joint attention in children with autism: A case study in robot-human interaction. *Interaction Studies*, 5:2, 161-198.
- Rojas-Barahona, C.A., Förster, C.E., Moreno-Ríos, S., & McClelland M.M. (2015). Improvement of Working Memory in Preschoolers and Its Impact on Early Literacy Skills: A Study in Deprived Communities of Rural and Urban Areas. *Early Education and Development*, 26:5-6, 871-892.

- Sartorato, F., Przybylowski, L., & Sarko, D.K. (2017). Improving therapeutic outcomes in autism spectrum disorders: Enhancing social communication and sensory processing through the use of interactive robots. *Journal of Psychiatric Research*, 90, 1-11.
- Scionti, N., Cavallero, M., Zogmaister, C. & Marzocchi., G.M. (2020). Is Cognitive Training Effective for Improving Executive Functions in Preschoolers? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, 10.
- Senn, T.E., Espy, K.A., & Kaufmann, P.M. (2004). Using path analysis to understand executive function organization in preschool children. *Developmental Cognitive Neuroscience Laboratory - Faculty and Staff Publications*. 8.
- Shaul, S., & Schwartz, M. (2013). The role of the executive functions in school readiness among preschool-age children. *Reading and Writing*.
- Shing, Y. L., Lindenberger, U., Diamond, A., Li, S. C., & Davidson, M. C. (2010). Memory maintenance and inhibitory control differentiate from early childhood to adolescence. *Developmental neuropsychology*, 35(6), 679–697.
- Stella, G., Pizzoli, C., & Tressoldi, P.E. (2000). *Peabody – Test di vocabolario recettivo*. Torino:Omega.
- Strommen, E.A. (1973). Verbal self-regulation in a children’s game: Impulsive errors on “Simon says. *Child Development*, 44, 849–853.
- Traverso, L., Fontana, M., Usai, M. C., & Passolunghi, M. C. (2018). Response inhibition and interference suppression in individuals with Down Syndrome compared to typically developing children. *Frontiers in Psychology*, 9.
- Traverso, L., Viterbori, P., Malagoli, C., & Usai M.C. (2020). Distinct inhibition dimensions differentially account for working memory performance in 5-year-old children. *Cognitive Development*, 55:100909
- Traverso L, Viterbori P and Usai M.C. (2019) Effectiveness of an Executive Function Training in Italian Preschool Educational Services and Far Transfer Effects to Pre-academic Skills. *Front. Psychol.* 10:2053
- Traverso, L., Viterbori, P., Usai, M.C. (2015). Improving Executive Function in childhood: Evaluation of a training intervention for 5-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 6, 525.
- Usai, M. C., Viterbori, P., Gandolfi, E., & Traverso, L. (2017). FE-PS 2-6: Batteria per la valutazione delle funzioni esecutive in età prescolare. Edizioni Centro Studi Erickson.
- Usai, M. C., Viterbori, P., Traverso, L., & De Franchis, V. (2014). Latent structure of executive function in five-and six-year-old children: A longitudinal study. *European Journal of Developmental Psychology*, 11, 447–462.
- Viterbori, P., Usai, M.C., Traverso, L., & De Franchis, V. (2015). How preschool executive functioning predicts several aspects of math achievement in Grades 1 and 3: A longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 38– 55.
- Zelazo, P.D. (2006). The dimensional change card sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1, 297–301.