

Educational Robotics and empowerment of executive cognitive processes: from typical development to special educational needs

Robotica Educativa e potenziamento dei processi cognitivi esecutivi: dallo sviluppo tipico ai bisogni educativi speciali

Emanuela Castro^a, Maria Chiara di Lieto^a, Chiara Pecini^b, Emanuela Inguaggiato^a, Francesca Cecchi^c, Paolo Dario^c, Giovanni Cioni^d, Giuseppina Sgandurra^d

^a IRCCS Fondazione Stella Maris, ecastro@fsm.unipi.it, mcdilieto@fsm.unipi.it, inquaggiato@fsm.unipi.it

^b Università degli Studi di Firenze, chiara.pecini@unifi.it

^c Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, francesca.cecchi@santannapisa.it, paolo.dario@santannapisa.it

^d IRCCS Fondazione Stella Maris e Università di Pisa, gcioni@fsm.unipi.it, gsgandurra@fsm.unipi.it

Abstract

This paper describes a new Educational Robotic (ER) approach aimed to empower higher cognitive functions in school-setting. As robot programming requires to mentally plan a complex sequence of actions before the motor act, ER may indeed promote several crucial cognitive processes underlying learning. The steps needed and the mental acts for robot programming may involve Executive Functions (EF), that are complex higher cognitive processes, particularly crucial in the early development, because they are the base for abstraction and logical reasoning, decision-making, sequential thinking, maintaining and updating information in memory and problem-solving. Recent studies attempting to attest with a scientific approach the effect of ER on executive functioning are described. They concern both classroom with typical development or special educational needs and rehabilitation environment for children with developmental disorder.

Keywords: Educational Robotics; robot programming; Executive Functions; early childhood.

Abstract

Il presente lavoro descrive come la Robotica Educativa (RE) possa essere utilizzata per potenziare alcune funzioni cognitive di controllo. Le azioni necessarie e gli atti mentali per la programmazione di un robot implicano le Funzioni Esecutive (FE), processi cognitivi di alto ordine, particolarmente importanti durante lo sviluppo cognitivo perché coinvolti nel ragionamento logico e nell'astrazione, nel decision-making, nel pensiero sequenziale, nel problem-solving e nel mantenimento/ aggiornamento delle informazioni in memoria. Nell'articolo sono sintetizzati e discussi gli studi con cui abbiamo cercato di provare con metodi scientifici l'effetto della RE sulle FE, nel gruppo classe per bambini con sviluppo tipico o con bisogni educativi speciali, e in ambito riabilitativo per bambini con disturbo del neurosviluppo.

Parole chiave: Robotica Educativa; programmazione di robot; Funzioni Esecutive; età scolare e prescolare.

1. Introduzione

1.1. La Robotica Educativa

La Robotica Educativa (RE) studia gli effetti di attività di programmazione, design e costruzione di robot negli scolari di diversi ordini e gradi. La RE si basa sui principi di varie teorie dello sviluppo psicologico, come il costruzionismo di Seymour Papert (1980), il costruttivismo di Jean Piaget (Piaget & Inhelder, 1966), il costruzionismo sociale di Lev Semënovič Vygotskij (1980) e le teorie dell'apprendimento sociale di Albert Bandura (1986).

Comunemente gli studi sull'utilizzo della RE a scuola sono orientati a studiare l'impatto delle attività di Robotica Educativa sull'area STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), con un focus particolare sul design e sulla costruzione di robot (Barker & Ansorge, 2007; Conrad, Polly, Binns & Algozzine, 2018; Hussain, Lindh & Shukur, 2006; Nugent, Barker & Grandgenett, 2008; Nugent, Barker, Grandgenett & Adamchuk, 2010), mentre altre ricerche hanno studiato l'utilizzo della RE come device assistenziale in caso di problematiche motorie o sociali e come strumento per l'inclusione (Daniela & Lytras, 2018; Daniela & Strods, 2018; Krebs et al., 2012; Srinivasan, Eigsti, Gifford & Bhat, 2016; Vanderborght et al., 2012).

Recentemente è stata posta attenzione alle potenzialità della RE nel promuovere i processi cognitivi cruciali e sottostanti l'apprendimento strumentale. Questo perché programmare un robot richiede la pianificazione mentale di una complessa sequenza di azioni prima che questa venga posta in atto. Questo compito richiede diverse funzioni cognitive complesse, molto importanti nello sviluppo, come il problem-solving, le capacità inibitorie, il mantenimento e l'aggiornamento di informazioni in memoria, il ragionamento logico e sequenziale e l'astrazione. Secondo il costruzionismo, diversamente da altre tecnologie *più passive*, come i video-games, la RE pone il bambino di fronte ad un oggetto concreto con cui pensare (*artefatto cognitivo*) (Papert, 1980) e in un setting di gruppo con cui confrontarsi. Queste condizioni possono favorire lo sviluppo di processi cognitivi di ordine superiore, come il controllo cognitivo top-down e la metacognizione. Tuttavia, è solo di recente che alcuni studi hanno verificato queste ipotesi, indagando con una metodologia scientifica rigorosa, i cambiamenti avvenuti nelle funzioni cognitive di controllo dopo un training di RE (Di Lieto et al., 2017; Kazakoff & Bers, 2014; La Paglia, Rizzo & La Barbera, 2011). Tuttavia, questi studi molto spesso mostrano carenze metodologiche importanti che impediscono di trarre risultati conclusivi (Alimisis, 2013; Benitti, 2012).

1.2. Le funzioni esecutive

Molte funzioni cognitive di alto ordine implicate nella programmazione di un robot, come il problem-solving, il controllo cognitivo e il ragionamento logico, appartengono al dominio cognitivo delle Funzioni Esecutive (FE), un gruppo di funzioni cognitive top-down importanti per il comportamento adattivo e diretto ad uno scopo (Lehto, Juujärvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003; Miyake et al., 2000). Grazie alle FE siamo capaci di giocare mentalmente con le idee, affrontare sfide e novità, resistere alle tentazioni e rimanere concentrati, tutte operazioni che possono fortemente favorire l'adattamento dell'uomo del XXI secolo (Diamond, 2013). Secondo il modello frazionato-integrato di FE, si possono identificare tre componenti di base principali (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000). La prima è il controllo inibitorio, che consiste nell'abilità di sopprimere informazioni automatiche in favore di altre più appropriate al contesto anche quando ci sono stimoli

interferenti o rappresentazioni mentali predominanti. Questo processo gioca un ruolo fondamentale sia nelle componenti esecutive *fredde*, evocate nel ragionamento astratto e anaffettivo, sia nelle componenti *calde*, ad esempio durante contesti ad alto grado di emotività (Zelazo & Muller, 2002; Zelazo, Qu & Müller, 2005). Per questo, il controllo inibitorio gioca un ruolo fondamentale nello sviluppo delle capacità di auto-regolazione. La seconda componente di base delle FE è l'operazione di aggiornamento in memoria di lavoro, che si riferisce alla capacità di manipolare informazioni verbali o visuo-spaziali mantenute in memoria (Baddeley & Hitch, 1994; Smith & Jonides, 1999). Si tratta di una capacità molto importante per numerose funzioni, come comprendere il linguaggio scritto e parlato, riordinare mentalmente le idee, tradurre in azioni le istruzioni ricevute, apprendere a leggere e risolvere problemi matematici (Holmes, Gathercole & Dunning, 2009; Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen & Van Luit, 2015). Infine, la terza componente di base, che emerge dall'interazione fra inibizione e memoria di lavoro, è la flessibilità cognitiva, cioè l'abilità di alternare due o più compiti, regole o set mentali. Anche questa capacità risulta predittiva dell'adattamento e del successo scolastico (Diamond, 2013). Queste tre componenti sono ben connesse tra loro e su esse si basano altre funzioni esecutive più complesse, come il ragionamento, il problem-solving e la pianificazione (Collins & Koechlin, 2012; Diamond, 2013; Lunt et al., 2012). Questi processi vedono uno sviluppo cruciale durante l'età prescolare e i primi anni di età scolare e sono collegati al successo accademico tanto da essere frequentemente alterate in varie tipologie di disturbi del neurosviluppo (Vicari & Di Vara, 2017).

Sia i più accreditati modelli cognitivi che svariate evidenze scientifiche supportano specifiche traiettorie di sviluppo delle FE con il passaggio dalle componenti più semplici a quelle complesse e la progressiva differenziazione da un fattore unico nell'infanzia a tre fattori multipli già alle soglie dell'età scolare (Diamond, 2013; Hughes, Ensor, Wilson & Graham, 2009; Usai, Viterbori, Traverso & De Franchis, 2014). Pertanto, sebbene sia riconosciuto che, anche a causa della lenta mielinizzazione dei circuiti sottostanti, lo sviluppo delle FE duri a lungo e pertanto sia in un qualche modo ben malleabile dall'esperienza (Garon, Bryson & Smith, 2008), l'età compresa fra i tre e i sette anni rappresenta il periodo in cui si osservano i cambiamenti qualitativi e quantitativi più importanti (Garon et al., 2008).

2. La Robotica Educativa per potenziare le funzioni esecutive

2.1. Caratteristiche metodologiche

Al fine di utilizzare la RE per potenziare le FE, è necessario spostare l'attenzione dall'attività con il robot verso gli obiettivi cognitivi che vogliono essere raggiunti. È importante distinguere infatti fra il potenziamento di abilità generali, come la *school engagement*, le capacità di lavoro di gruppo o le performance nell'area delle STEM da un lato e il miglioramento di caratteristiche qualitative e quantitative dei processi di controllo cognitivo dall'altro. Parallelamente è necessario distinguere gli obiettivi a breve da quelli a lungo termine per rispettare le traiettorie di sviluppo delle diverse componenti delle FE, controllare gli obiettivi raggiunti e organizzare le attività per raggiungerne di nuovi.

In accordo con la letteratura sull'intervento sulle FE, è oggi riconosciuto come cruciale impostare attività intensive e pianificate secondo un modello pre-organizzato d'incremento della difficoltà, in modo che risultino sfidanti per il bambino (Klingberg et al., 2005;

Thorell et al., 2009). Le attività proposte devono sempre rientrare in un'area di potenzialità che secondo Vygotsky (1987) può essere riferita alla *zona di sviluppo prossimale*, vale a dire quella distanza tra l'attuale livello di sviluppo e il livello di sviluppo possibile. È tuttavia necessario integrare il criterio di *sfidante*, e pertanto a complessità crescente, con il paradigma dell'apprendimento senza errori (Warmington, Hitch & Gathercole, 2013) e quindi scomporre il compito in modo da diminuire il carico sui processi più difficoltosi.

Infine, per essere efficace un intervento sulle FE richiede di monitorare attivamente il livello di motivazione dei partecipanti, di sfidare continuamente la funzione che si intende potenziare attraverso attività sempre nuove ma che sottostanno allo stesso costruito e di pianificare le attività in un contesto ludico e sociale, poiché i benefici saranno maggiori se anche i bisogni fisici, emotivi e sociali verranno tenuti in considerazione (Diamond & Ling, 2016; Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno & Posner, 2005; Wass, 2015; Wass, Porayska-Pomsta & Johnson, 2011).

2.2. L'uso della RE per il potenziamento delle FE nello sviluppo tipico

Al fine di studiare in maniera quantitativa ed oggettiva l'effetto della RE sulle funzioni esecutive in una fascia di sviluppo cruciale per queste abilità (Diamond, 2013; Usai et al., 2014), è stato utilizzato il robot Bee-bot (Campus Store, <https://www.campustore.it/bee-bot>), un'ape-robot e uno tra i robot educativi più conosciuti tra i bambini prescolari e nei primi anni dell'età scolare (Janka, 2008). Bee-bot viene programmato attraverso dei bottoni posizionati sul dorso che permettono di farlo muovere nelle quattro direzioni dello spazio. Una volta inserita la programmazione spaziale, la piccola ape robot viene azionata da un pulsante verde. Per far muovere Bee-bot nello spazio vengono utilizzati dei tappeti, con riquadri 15 cm X 15 cm, in modo che lo spazio di movimento risulti ben delineato. I tappeti utilizzati nel laboratorio di Robotica Educativa rappresentavano diversi contesti narrativi, che coinvolgevano l'ape-robot in diverse avventure, in modo da stimolare la motivazione verso le attività e conservare un contesto ludico. Il laboratorio di Robotica Educativa è stato svolto bi-settimanalmente per sei settimane nello studio pilota condotto con 12 bambini di età prescolare (Di Lieto et al., 2017) e per dieci nello studio Randomised Control Trial (RCT) con 187 bambini del primo anno di scuola primaria (Di Lieto et al., under review). Ogni sessione durava circa un'ora. Oltre ad attività che richiedevano la programmazione di Bee-bot per navigazioni sempre più complesse (Figura 1), veniva incoraggiato un approccio metacognitivo alle attività, stimolando il ragionamento, la formulazione di ipotesi e la loro verifica e favorendo la collaborazione tra pari e l'apprendimento osservativo, secondo un criterio di incremento graduale della difficoltà, per avvicinare progressivamente il bambino ad esercitare inibizione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva attraverso l'apprendimento senza errori. Infatti, i bambini erano divisi in gruppi di cinque-sei, ognuno dei quali aveva a disposizione un robot. Le attività richiedevano di programmare l'ape-robot in modo da raggiungere obiettivi posti nello spazio delimitato dal tappeto, seguendo regole date, di volta in volta differenti, in modo da stimolare le capacità visuo-spaziali, mnestiche, d'inibizione e di flessibilità cognitiva. Durante la programmazione del robot, infatti, al bambino veniva richiesto prima di identificare l'obiettivo da raggiungere nello spazio (ad esempio, una specifica casella nel tappeto), poi di pensare in modo sequenziale ai vari passi necessari per raggiungere il target, aggiornando ogni volta in memoria il percorso che stava svolgendo l'ape ("dopo tre passi avanti, il robot si troverà in una data casella, se lo faccio girare a destra e andare avanti, si troverà in un'altra casella"). A questo punto, tramite l'avvio della sequenza inserita nel robot, il bambino poteva verificare se la programmazione inserita era corretta e se l'ape raggiungeva l'obiettivo desiderato. Inoltre, alcune regole date rendevano più difficile la

programmazione del percorso, ad esempio richiedendo abilità inibitorie (come la regola di non calpestare alcuni punti del tappeto) o di flessibilità cognitiva (seguire una regola se questa viene detta da un certo personaggio inserito nel contesto narrativo dell'attività, seguirne un'altra se la regola viene detta da un altro personaggio).

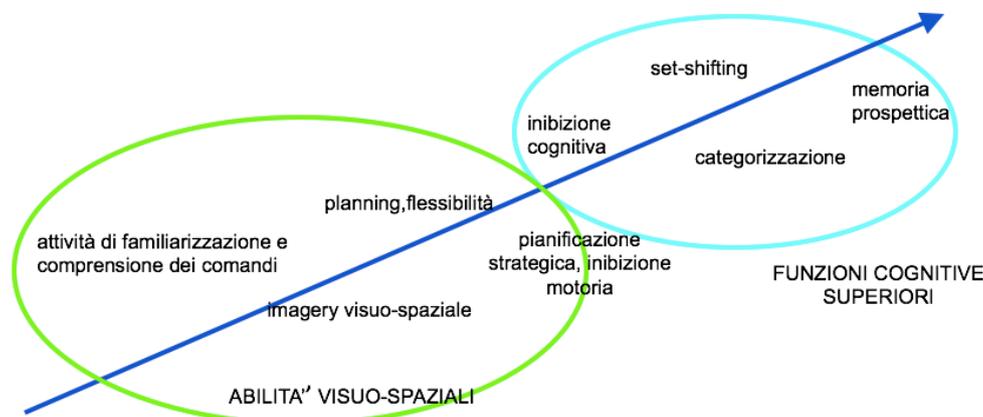


Figura 1. Esempio di organizzazione delle attività con Bee-bot (TTS), secondo un criterio di incremento graduale della difficoltà.

I bambini sono stati valutati all'inizio e alla fine dell'intervento con una batteria di test standardizzati sulla popolazione italiana per la valutazione delle principali componenti di Funzioni Esecutive. Per il dominio esecutivo, sono stati utilizzati i seguenti test:

- una versione adattata del test di inibizione motoria *Symon Says, Pippo dice* (Marshall & Drew, 2014) dove viene richiesto al bambino di svolgere o inibirsi nello svolgere alcune azioni, sulla base di come viene formulato il comando, vale a dire se esso è preceduto o meno dalle parole *Pippo dice*;
- il subtest della batteria *BVN Test di Corsi Indietro* (Bisiacchi, Cendron, Gugliotta, Tressoldi & Vio, 2005), dove al bambino viene mostrata una tavoletta contenente nove cubetti identici disposti in modo asimmetrico. L'esaminatore tocca una sequenza di cubetti, di numero sempre crescente, che il bambino deve riprodurre in modo opposto, partendo dall'ultimo cubetto toccato dall'esaminatore. Il numero di cubetti relativo alla sequenza più lunga (span) rappresenta la quantità di informazioni visuo-spaziali che il bambino riesce a trattenere ed elaborare nella memoria visuo-spaziale;
- il subtest *Inibizione* della batteria NEPSY-II (Korkman, Kirk & Kemp, 2007; Urgesi, Campanella & Fabbro, 2011) dove viene chiesto al bambino di denominare *cerchio* ogni volta che vede un quadrato e *quadrato* ogni volta che vede un cerchio. In questo test viene valutata sia l'accuratezza sia la velocità con cui il bambino svolge il compito;
- nel campione scolastico, il subtest *Percorsi su Matrici* della batteria BVS-Corsi (Mammarella, Toso, Pazzaglia & Cornoldi, 2008), dove viene chiesto al bambino di indicare su una griglia il punto finale di un percorso segnalato dalle istruzioni fornite dall'esaminatore, mantenendo in memoria informazioni via via più complesse;
- il subtest *Ranette* della batteria BIA (Marzocchi, Re & Cornoldi, 2010) dove al bambino viene richiesto di ascoltare una registrazione che presenta due tipi di suoni

differenti: all'udire un suono (Go) il bambino deve spuntare una casella, mentre all'udire del secondo suono (no-Go) non è consentito farlo.

Per il dominio visuo-spaziale, è stato utilizzato:

- il subtest della batteria BVS-Corsi *Test di Corsi Avanti* (Mammarella et al., 2008) dove viene mostrata al bambino la stessa tavoletta precedentemente citata, contenente nove cubetti identici disposti in modo asimmetrico. L'esaminatore tocca una sequenza di cubetti, di numero sempre crescente, che il bambino deve riprodurre in modo stavolta identico. Il numero di cubetti relativo alla sequenza più lunga rappresenta quantità di informazioni visuo-spaziali che il bambino riesce a trattenere passivamente nella memoria visuo-spaziale;
- infine, nel campione pre-scolare, il subtest *Trova la Strada* della batteria NEPSY-II (Korkman et al., 2007; Urgesi et al., 2011) dove viene mostrata al bambino una mappa con una casa bersaglio, che egli deve riconoscere tra altre mappe.

Nel campione pre-scolare, è stato inoltre utilizzato il subtest della batteria Leiter-R *Attenzione Sostenuta* (Roid & Miller, 2011) al fine di indagare le abilità attentive visive attraverso una prova di barrage a tempo, in cui si chiede al bambino di ricercare uno stimolo bersaglio tra alcuni distrattori. Al fine di monitorare l'apprendimento delle abilità di programmazione è stata inoltre creata una griglia osservativa in cui l'operatore annotava le capacità di programmazione raggiunte da ciascun bambino all'inizio di ogni sessione.

L'analisi inferenziale dei risultati ottenuti dai due studi ha confermato che un laboratorio di RE impostato secondo i principi sopra menzionati può favorire non solo il veloce incremento delle abilità di programmazione, documentato con la griglia di osservazione, ma anche il miglioramento significativo delle FE, attestato dai cambiamenti significativi ottenuti ai test standardizzati prima e dopo il trattamento. Nel campione pre-scolare, è stata rilevata, attraverso un'analisi non parametrica volta a confrontare le performance ottenute dai bambini nei test somministrati prima e dopo il trattamento, un incremento significativo nel *Test di Corsi Indietro* ($p < 0.005$), nel test *Pippo dice* ($p < 0.05$), e nell'accuratezza del subtest *Inibizione* ($p < 0.05$) (Di Lieto et al., 2017). Nel campione scolare, è stato riscontrato un incremento significativo delle performance dei bambini che avevano partecipato alle attività di RE nel *Test di Corsi Indietro* ($p < 0.05$) e nel *Test delle Ranette* ($p < 0.05$) (Di Lieto et al., under review). In particolare, dunque, essendo le attività prevalentemente basate sulla navigazione di Bee-bot, i miglioramenti sono stati riscontrati, come aspettato, nelle abilità d'inibizione e nelle capacità di memoria di lavoro visuo-spaziale. È importante notare che il grado di modificazione ai test standardizzati correlava con il grado di apprendimento delle abilità di programmazione di Bee-bot.

Inoltre, nello studio RCT, attraverso la comparazione dei risultati ottenuti dai test standardizzati nei follow-up, è stata rilevata una stabilità nei risultati del potenziamento cognitivo dello studio RCT nel follow-up eseguito a dieci settimane ($p < 0.001$).

I risultati di questi studi nei bambini fra i cinque e i sette anni con sviluppo tipico aprono una finestra nuova e più profonda sul modo di guardare alla RE, rendendo questo strumento efficace per il potenziamento di processi cognitivi trasversali agli apprendimenti scolastici. La ricaduta di una specifica modalità di RE sull'inibizione e sulla memoria di lavoro visuo-spaziale potrebbe aprire anche a nuove modalità d'intervento di tipo preventivo. Ad esempio, la rilevanza delle precoci abilità d'inibizione per lo sviluppo e per l'adattamento socio-lavorativo o la forte relazione, documentata dalla letteratura, fra memoria visuo-spaziale e competenze matematiche, suggerisce la possibilità di usare la RE per le FE come strumento di potenziamento e di prevenzione già nella scuola dell'infanzia.

2.3. L'uso della RE per il potenziamento delle FE nello sviluppo atipico

Numerose patologie del neuro-sviluppo come l'ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) (De La Fuente, Xia, Branch & Li, 2013), lo spettro autistico (Chen et al., 2016), le disabilità intellettive (Bexkens, Ruzzano, Collot d'Escury-Koenigs, Van der Molen & Huizenga, 2014), le paralisi cerebrali infantili (Bodimeade, Whittingham, Lloyd & Boyd, 2013), i disturbi dell'apprendimento e del linguaggio (Kapa & Plante, 2015; Kudo, Lussier & Swanson, 2015) e molti altri, riportano deficit di natura esecutiva.

Vari studi si sono soffermati sulla creazione e la valutazione dell'efficacia dei training di potenziamento esecutivo nei bambini con bisogni educativi speciali o disturbi del neurosviluppo (Di Lieto et al., under review; Green et al., 2012; Grunewaldt, Løhaugen, Austeng, Brubakk & Skranes, 2013; Klingberg et al., 2005; Klingberg, Forsberg & Westerberg, 2002; Mak, Whittingham, Cunnington & Boyd, 2017; Piovesana et al., 2017), ma sono ancora pochi gli interventi che rispondono contemporaneamente ai criteri di intensività, complessità crescente e socialità che abbiamo sottolineato come essenziali per l'uso della RE per le FE. In base alle caratteristiche evidenziate dagli studi sullo sviluppo tipico, la RE è apparsa come uno strumento che se usato secondo una certa metodologia può soddisfare i criteri sopra citati e pertanto può essere utilizzato per il potenziamento delle FE nei bambini con sviluppo atipico.

Come vedremo nelle esemplificazioni che seguono, sebbene la metodologia generale sia uguale a quella utilizzata nello sviluppo tipico (Di Lieto et al., 2017; under review), è stato necessario prevedere anche una serie di adattamenti, per facilitare la risposta motoria o la decodifica verbale o ancora la tenuta attentiva, al fine di rendere la RE adatta a potenziare le FE nei bambini con sviluppo atipico non solo in contesti clinici, ma anche in ambiti scolastici dove è cruciale favorire una didattica inclusiva, efficace e divertente.

- *Bambini con Sindrome di Down*

Un primo laboratorio di RE è stato proposto a bambini con una diagnosi di Sindrome di Down (SD). Otto bambini selezionati da un più vasto gruppo di bambini afferenti all'IRCCS Fondazione Stella Maris hanno partecipato al laboratorio. I bambini sono stati selezionati secondo criteri clinici specifici (Bargagna et al., 2018). Il laboratorio si è articolato in sessioni settimanali di 45 minuti, per otto settimane, usando Bee-Bot. I bambini sono stati valutati con specifici test psicometrici prima e dopo il laboratorio, come da protocollo utilizzato nei bambini con sviluppo tipico. I test includevano, per valutare il dominio esecutivo e visuo-spaziale, i già descritti *Pippo dice*, versione modificata del test *Symon says* (Marshall & Drew, 2014), i subtest della batteria BVN e BVS-Corsi *Corsi Indietro* e *Corsi Avanti* (Bisiacchi et al., 2005; Mammarella et al., 2008) e i subtest della batteria NEPSY-II *Inibizione* e *Trova la Strada* (Korman et al., 2007; Urgesi et al., 2011). Sono stati inoltre utilizzati test rivolti ad una popolazione solitamente prescolare, quali i subtest della batteria BAFE *Giorno & Notte*, una prova di controllo dell'interferenza in cui è richiesto di dire *notte* quando il bambino vede una carta che rappresenta il giorno e di dire *giorno* quando il bambino vede una carta che rappresenta la notte e il subtest *Giro dei barattoli*, un compito di memoria di lavoro visuo-spaziale dove si chiede al bambino di ricordare quali barattoli, tra una serie colorata di cui viene continuamente modificata la disposizione nello spazio, ha già sollevato e quali no (Valeri, Stievano, Ferretti, Mariani & Pieretti, 2015). Inoltre, è stato utilizzato il subtest *Casa degli Animali* (WPPSI-R, Wechsler 1989), che richiede al bambino di abbinare un segno e un simbolo, richiedendo abilità di memoria, attenzione e integrazione visuo-motoria. Infine, è stato tenuto un diario dei singoli laboratori in cui venivano annotati i miglioramenti dei bambini nella programmazione di Bee-bot, attraverso una griglia di valutazione.

Durante il laboratorio ai bambini veniva chiesto di programmare Bee-bot in modo da raggiungere degli obiettivi posti nello spazio delimitato dal tappeto sul quale si trovava il robot, in modo da stimolare le capacità di navigazione e memoria di lavoro visuo-spaziale e di pianificazione. Per rispondere ai bisogni e alle caratteristiche specifiche dei bambini, gli adattamenti del laboratorio sono stati multipli. È stata creata una configurazione estremamente strutturata dei tempi e delle attività per mantenere l'attenzione e l'interessamento. Il contesto narrativo è stato quindi semplificato e i gruppi di lavoro sono stati ristretti fino a prevedere sessioni individuali. A causa delle difficoltà di attenzione di alcuni dei bambini coinvolti nel laboratorio, in particolare se piccoli, sono state previste pause multiple entro ogni sessione ed è stata posta attenzione ad eliminare le possibili fonti di distrazione dall'ambiente. Per mantenere alta la motivazione ogni bambino riceveva un rinforzo positivo concreto (es. una figurina, un palloncino, un pezzo di plastilina) alla fine di ogni sessione. Bee-Bot è risultato uno strumento molto attraente, capace di promuovere interesse e catturare l'attenzione dei bambini e favorire, come mediatore, la relazione con l'adulto e i pari. In queste situazioni, gli adattamenti delle attività sono stati cruciali per mantenere l'efficacia dei laboratori.

Tutti i bambini sono stati capaci di compiere le attività, suggerendo la fattibilità dell'uso di questo strumento nella popolazione di bambini con SD. La valutazione pre- e post-trattamento ha permesso di valutare inoltre gli incrementi individuali di ciascun bambino, mentre, dato lo scarso numero di bambini coinvolti e l'eterogeneità del campione, non è stato possibile effettuare statistiche di gruppo. Le analisi qualitative dei singoli casi mostrano un progressivo incremento della capacità di programmazione con la Bee-bot, proporzionale alle abilità iniziali. Tuttavia, mentre i bambini di età scolare e con disabilità intellettiva di grado lieve hanno mostrato di apprendere velocemente le abilità di programmazione, nei bambini più piccoli o con disabilità cognitiva media, sono spesso prevalse le difficoltà attentive. Ad esempio, F., uno dei bambini in età scolare che ha partecipato al laboratorio, che presentava una disabilità intellettiva di grado lieve, ha partecipato alle attività con interesse e motivazione, arrivando a programmare con la Bee-bot percorsi complessi che comprendevano movimenti in avanti e indietro con rotazioni anche multiple. Nella valutazione post-trattamento, gli incrementi non sono stati altrettanto significativi, poiché è stato notato solo un aumento dello span di memoria visuo-spaziale passiva (Test di *Corsi Avanti* = da uno span di 4 a uno di 5) e una piccola riduzione del tempo necessario a completare la prova di *Inibizione* (NEPSY-II) a discapito però del parametro accuratezza. Il caso invece di S., una bambina in età prescolare con disabilità intellettiva moderata, è un esempio di un più difficoltoso adattamento alle attività di RE, a causa delle difficoltà relazionali e comportamentali che l'hanno portata a rifiutare il contesto di lavoro di gruppo. Nel suo caso, sono state quindi previste sessioni per lo più individuali. Alla fine del laboratorio S. era capace di programmare con la Bee-bot piccoli percorsi a step singoli. Piccoli miglioramenti sono stati registrati, nella valutazione post-trattamento, nella memoria visuo-spaziale passiva (da uno span da 2 a 3) e nell'orientamento spaziale su mappe (*Trova la Strada* = punteggio grezzo da 0 a 1).

Sebbene questa prima esperienza (Bargagna et al., 2018) abbia suggerito la fattibilità dell'uso della RE per potenziare il funzionamento esecutivo nei bambini con Sindrome di Down, ulteriori studi possono essere utili al fine di verificarne l'utilità all'interno del contesto classe piuttosto che in ambito ambulatoriale-riabilitativo.

- *Bambini con Diplegia Spastica congenita*

La diplegia congenita spastica è una forma di paralisi cerebrale in cui entrambe le parti del corpo sono coinvolte, con una predominanza degli arti inferiori (Rosenbaum et al., 2007).

Spesso i bambini con diplegia spastica congenita hanno deficit nell'intelligenza non-verbale, nelle abilità visuo-percettive e visuo-spaziali (Fazzi et al., 2009; Ito et al., 1996; Pavlova & Krägeloh-Mann, 2013; Sigurdardottir et al., 2008) e in una buona parte nelle abilità d'inibizione e memoria visuo-spaziale (Di Lieto et al., 2017).

Le attività di Robotica Educativa in questa popolazione sono state così pensate per potenziare gli aspetti cognitivi deficitari, attraverso attività di programmazione del robot simili a quelle già descritte precedentemente. Tre bambini prescolari con diplegia spastica congenita sono stati selezionati da un campione più ampio afferente all'IRCCS Stella Maris per partecipare alle attività. Il laboratorio è stato condotto settimanalmente, per 12 settimane, per circa 75 minuti a incontro. In ottica multidisciplinare, che ha visto la stretta collaborazione fra psicologo e psicomotricista, le attività sono state programmate in modo da rispettare il criterio di difficoltà crescente lavorando anche sulle abilità fino-motorie. L'adattamento delle attività prevedeva una semplificazione delle proposte, rispetto a quelle utilizzate nel campione dei soggetti sani, la ripetizione delle attività in modo da favorirne il consolidamento, la semplificazione delle richieste visuo-spaziali, l'utilizzo di suggerimenti verbali per compensare i deficit visivi e tempi di attesa brevi tra il turno di un bimbo e un altro in modo da facilitare la tolleranza alla frustrazione dell'attesa.

Per motivare i bambini durante le attività è stata creata appositamente una storia centrata sulla eccezionalità di questa nuova *ape con le ruote* che, proprio per questa caratteristica, potesse essere vicina al mondo di bambini con diplegia che spesso hanno bisogno di ortesi per muoversi. Nonostante le difficoltà iniziali, dovute principalmente all'ansia da separazione dai genitori, progressivamente i bambini hanno partecipato alle attività con più interesse, motivazione e divertimento. Alla fine dei tre mesi di laboratorio, sulla base delle necessità cliniche dei partecipanti, due bambini hanno continuato ad esercitarsi a casa sulle FE attraverso un nuovo software per la teleriabilitazione, *MemoRan*, (Anastasis, <https://www.anastasis.it/ridinet/>), mentre il terzo bambino ha effettuato un ciclo di teleriabilitazione (riabilitazione a distanza) utilizzando un altro software, incentrato sull'incremento delle capacità di denominazione rapida, *Run the RAN RANt*, prodotto sempre da Anastasis (<https://www.anastasis.it/ridinet/>) (Pecini et al., in press). Tutti e tre i bambini si sono esercitati con i software per tre mesi, circa tre-cinque volte a settimana, per 10-15 minuti.

È stata effettuata una valutazione pre- e post-trattamento con una batteria di test per lo più coincidente con la sopra-citata, con l'aggiunta di alcuni subtest della batteria FE-PS 2-6 come il *Gioco dei pesciolini*, volto a valutare le abilità di inibizione chiedendo al bambino di indicare la posizione in cui punta un pesciolino, ignorando le informazioni visive provenienti dai pesciolini distrattori laterali, e il *Gioco del colore e della forma* (Usai, Viterbori, Gandolfi & Traverso, 2017), in cui viene chiesto al bambino di classificare alcune carte secondo regole date, che vengono modificate nel corso dell'esercizio per testare l'abilità del bambino di essere flessibile. La batteria di test è stata utilizzata per valutare l'impatto dell'intervento sulle funzioni di memoria visive e spaziale, sulla flessibilità cognitiva, sull'inibizione motoria e cognitiva e sull'integrazione visuo-motoria, confrontando i punteggi ottenuti prima e dopo il laboratorio. I risultati ottenuti sull'analisi dei casi singoli, dato l'esiguo numero di bambini partecipanti, mostrano un incremento della velocità d'elaborazione in compiti di inibizione motoria e cognitiva, nella flessibilità cognitiva e, in due dei tre casi, di integrazione visuo-motoria.

Sebbene questa esperienza abbia coinvolto pochi bambini, le risposte ottenute aprono all'utilizzo della RE per potenziare i processi di controllo nel dominio visuo-spaziale in bambini con paralisi cerebrale infantile.

- *Bambini con Disturbo del Linguaggio*

L'intervento di RE per il potenziamento delle Funzioni Esecutive è stato utilizzato anche nei bambini con disturbo del linguaggio che, per definizione diagnostica (ICD10, DSM-5), hanno un ritardo o un deficit nelle principali tappe di apprendimento del linguaggio ma adeguate capacità d'intelligenza non verbale e assenza di alterazioni neurologiche o cliniche.

Dato che molti studi hanno documentato alterazioni delle FE nei Disturbi Specifici del Linguaggio (Im-Bolter, Johnson & Pascual-Leone, 2006; Marton, 2008), è riconosciuto il bisogno di progettare interventi sulle FE con l'ipotesi che un maggior controllo cognitivo possa avere effetti a cascata anche sull'apprendimento del linguaggio.

Entro questa cornice, imparare a programmare un robot può rappresentare un'attività extra-deficit linguistico in cui i bambini con difficoltà di linguaggio o di apprendimento esercitano abilità di aggiornamento in memoria di lavoro, inibizione ed elaborazione sequenziale. Sulla base di questo presupposto abbiamo recentemente messo a punto un intervento di RE per potenziare le FE in gruppi di bambini di età prescolare con difficoltà d'acquisizione di linguaggio orale. Ciascuna sessione, della durata di circa un'ora, consisteva di diverse attività finalizzate ad integrare, in accordo con un modello multifattoriale delle difficoltà di apprendimento, i processi trasversali di controllo cognitivo con quelli di elaborazione del linguaggio orale e scritto, di elaborazione visiva e di controllo motorio. Le attività venivano poste come sfide fra i bambini. Ad esempio, per promuovere l'integrazione fra abilità motorie e linguistiche, i bambini erano istruiti ad imitare i movimenti del robot, pre-programmato dall'operatore, mentre erano contemporaneamente impegnati nel contare i passi eseguiti. Durante questa attività i bambini esercitavano un controllo inibitorio sulla tendenza ad anticipare i movimenti del robot e contemporaneamente erano impegnati in un doppio compito motorio-linguistico. In un altro esercizio, un robot pre-programmato si muoveva su uno spazio pieno di sagome nere che rappresentavano animali di diversa specie, forma, dimensione o posizione e i bambini erano istruiti a raccogliere, il più velocemente possibile, tutte le sagome diverse da quelle toccate dal robot. Durante queste attività i bambini imparavano ad accedere velocemente alla rappresentazione semantica della categoria animali, indipendentemente dalla loro forma esatta, controllando e possibilmente anticipando contemporaneamente la navigazione visuo-spaziale del robot. Un terzo esercizio richiedeva ai bambini di programmare il robot per farlo muovere su quadrati di diverso colore e di pronunciare più parole possibili che iniziavano con la stessa iniziale del colore toccato dal robot. Quest'attività esercitava prevalentemente la fluenza lessicale e l'esplorazione visuo-spaziale. In ogni sessione le attività, che riguardavano circa 20 diversi tipi di esercizi, erano pre-pianificate dagli operatori in funzione del profilo dei bambini e delle risposte che avevano dato alla sessione precedente. In ogni sessione, infatti, due psicologi registravano on-line i risultati e pre-programmavano le attività successive. Sebbene anche in questo caso il ridotto numero di bambini che hanno partecipato ad oggi a questo progetto, non consenta analisi quantitative, l'ispezione qualitativa dei dati ottenuti attraverso griglie di osservazione comportamentale e l'uso di test standardizzati prima-dopo il laboratorio, suggerisce che alcune attività di RE per le FE possono essere utilizzate in parallelo alla terapia logopedica per rinforzare, lavorando in un dominio generale, l'efficacia dell'intervento dominio specifico.

- *Adattamenti della RE nel contesto classe*

Parallelamente ai percorsi citati sulle specifiche popolazioni, è stata valutata la fattibilità e l'efficacia dei laboratori di RE in bambini con Bisogni Educativi Speciali (BES) all'interno

del contesto classe. A questo scopo, i laboratori di RE sono stati organizzati a scuola e sono stati eseguiti specifici adattamenti per andare incontro alle diverse necessità dei bambini coinvolti. I bambini con BES che hanno partecipato nello studio, tutti della prima classe della scuola primaria, presentavano le seguenti principali tipologie di difficoltà:

- problemi motori o visivi;
- problemi linguistici;
- problemi cognitivi;
- problemi relazionali;
- problemi di attenzione.

Tra i vari robot presenti in commercio per questa fascia di età è stato scelto nuovamente Bee-bot in quanto flessibile, semplice ed economico (Janka, 2008).

Durante le attività i bambini di ogni classe sono stati divisi in piccoli gruppi, favorendo la collaborazione e il coinvolgimento fra pari con sviluppo tipico e atipico. Come negli studi citati in precedenza, le attività proposte consistevano in attività di programmazione robotica e sono state sempre inserite in un contesto narrativo, organizzate secondo una complessità crescente e incoraggiando la creazione di un ambiente di apprendimento libero dalla paura dell'errore.

Per bambini con BES, sono stati eseguiti adattamenti sia alle attività sia ai robot stessi. Infatti, Bee-bot è stato adattato per rispondere alle necessità di bambini con problematiche motorie o visive per le quali una semplificazione delle attività non risultava sufficiente: (i) i comandi sono stati riprodotti con tasti facilmente visibili e selezionabili (Figura 2a); (ii) la rappresentazione dei comandi è avvenuta su cartoncini plastificati per facilitare la visualizzazione degli stessi e la guida esterna, da parte di un operatore (Figura 2b).

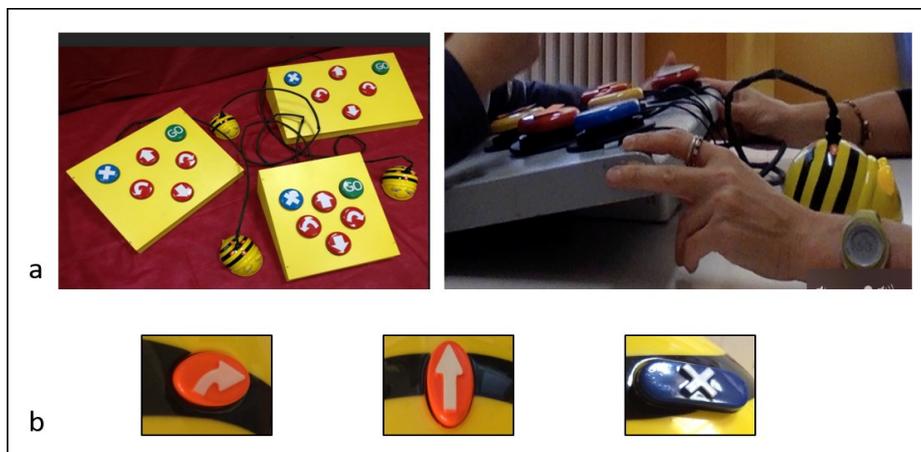


Figura 2. Esempificazione dell'adattamento di Bee-bot ai bambini con difficoltà motorie e/o visive.

Riguardo all'adattamento delle attività, sono state fornite alle insegnanti e agli operatori indicazioni generali per compiere le attività con bambini con BES:

- inserire il bambino in un gruppo meno numeroso;
- posizionare il bambino in un luogo con poche distrazioni;
- favorire il lavoro con un partner;
- favorire l'attenzione/motivazione verso l'attività.

Tutti i bambini sono stati capaci di compiere le attività di RE e dunque i risultati, in questo senso, dello studio di fattibilità sono promettenti. Inserendo la Robotica Educativa all'interno del sistema scolastico, è possibile facilitare l'inclusione di bambini con BES nei programmi di apprendimento, sfruttando l'adattabilità dei robot. Si tratta di un tentativo per far avvicinare anche gli studenti con BES alle nuove tecnologie favorendone un uso consapevole e valorizzando il ruolo educativo della robotica non solo nell'istruzione ma anche come supporto alle situazioni di disagio.

3. Conclusioni

Nonostante storicamente la RE sia stata utilizzata per lo più nel potenziamento dell'area STEM, negli ultimi anni è stato dimostrato come essa possa avere potenzialità anche di potenziamento delle funzioni cognitive (Benitti, 2012). I nostri studi si sono concentrati sulla valenza che la RE può avere nel potenziamento dei processi cognitivi di controllo, come le FE (Di Lieto et al., 2017). A causa dell'importanza di queste funzioni, trasversali a molti altri aspetti del funzionamento cognitivo e sociale, è stato indagato il potenziale della RE nel loro potenziamento in due fasce di età cruciali per lo sviluppo delle FE: l'età prescolare e il primo anno della scuola primaria (Di Lieto et al., 2017; under review). Dati i risultati incoraggianti ottenuti, è possibile chiedersi se questa metodica possa essere di interesse non solo in ambito pedagogico e scolastico, ma anche clinico. Infatti, la RE può diventare, se opportunamente programmata, uno strumento utile per il potenziamento delle principali Funzioni Esecutive nei bambini a sviluppo tipico e atipico. Gli studi riportati in questo articolo, in popolazioni con SD, diplegia spastica congenita, disturbi del linguaggio e altri BES si muovono in tal senso.

Nonostante in questo campo di ricerca non siano ancora molti gli studi che, ad oggi, hanno utilizzato una metodologia rigorosa e scientifica e ulteriori ricerche siano necessarie al fine di raccogliere dati su campioni più grandi di bambini con sviluppo tipico e con disturbi del neurosviluppo, sicuramente la RE appare come un dispositivo promettente in qualità di possibile strumento per potenziare le Funzioni Esecutive. In questo senso, le evidenze al momento disponibili suggeriscono che la RE debba essere utilizzata incorporando gli esercizi entro l'area cognitiva di maggior sviluppo ad una certa età o entro il dominio disfunzionale di un certo disagio o condizione clinica. Ciò significa che se, per alcuni bambini con difficoltà del neuro-sviluppo, i robot possono rappresentare una possibilità di facilitare l'azione, la rappresentazione e il pensiero, tale obiettivo necessita tuttavia di un intervento multidisciplinare: mentre gli psicologi dello sviluppo e i neuropsichiatri possono delineare le traiettorie di sviluppo e di potenziamento di processi tipici e atipici, le biotecnologie permettono di adattare vecchi e nuovi robot al fine di superare eventuali difficoltà sensoriali, motorie e cognitive che caratterizzano molti bambini con Bisogni Educativi Speciali. Alla luce di ciò, la RE si pone come una disciplina di confine con potenzialità ancora da esplorare.

Bibliografia

- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63–71. <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/119> (ver. 15.04.2019).
- Anastasis. <https://www.anastasis.it/ridinet/> (ver. 15.04.2019).

- Baddeley, A., & Hitch, G.J. (1994). Development in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8, 485–493. <http://dx.doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.485> (ver. 15.04.2019).
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bargagna, S., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dario, P., Dell’Omo, M., & Sgandurra, G. (2018). Educational robotics in Down syndrome: A feasibility study. *Technology, Knowledge and Learning*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9366-z> (ver. 15.04.2019).
- Barker, B.S., & Ansorge, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229–243. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782481> (ver. 15.04.2019).
- Benitti, F.B.V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978–988. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131511002508> (ver. 15.04.2019).
- Bexkens, A., Ruzzano, L., Collot d’Escury-Koenigs, A.M.L., Van der Molen, M.W., & Huizenga, H.M. (2014). Inhibition deficits in individuals with intellectual disability: A meta-regression analysis. *Journal of Intellectual Disability Research*, 58(1), 3–16. <https://doi.org/10.1111/jir.12068> (ver. 15.04.2019).
- Bisiacchi, P.S., Cendron, M., Gugliotta, M., & Tressoldi, P.E., & Vio, C. (2005). *BVN 5-11: batteria di valutazione neuropsicologica per l’età evolutiva*. Trento: Erickson.
- Bodimeade, H.L., Whittingham, K., Lloyd, O., & Boyd, R.N. (2013). Executive function in children and adolescents with unilateral cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(10), 926–933. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12195> (ver. 15.04.2019).
- Campus Store. Innovation for Education. <https://www.campustore.it/bee-bot> (ver. 15.04.2019).
- Chen, S.F., Chien, Y.L., Wu, C.T., Shang, C.Y., Wu, Y.Y., & Gau, S.S. (2016). Deficits in executive functions among youths with autism spectrum disorders: An age-stratified analysis. *Psychological Medicine*, 46(8), 1625–1638. <https://doi.org/10.1017/S0033291715002238> (ver. 15.04.2019).
- Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: Frontal lobe function and human decision-making. *PLoS Biology*, 10(3), e1001293. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001293> (ver. 15.04.2019).
- Conrad, J., Polly, D., Binns, I., & Algozzine, B. (2018). Student perceptions of a summer robotics camp experience. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideals*, 91(3), 131–139. <https://doi.org/10.1080/00098655.2018.1436819> (ver. 15.04.2019).
- Daniela, L., & Lytras, M.D. (2018). Educational Robotics for Inclusive Education. *Technology, Knowledge and Learning*, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9397-5> (ver. 15.04.2019).

- Daniela, L., & Strods, R. (2018). Robot as Agent in Reducing Risks of Early School Leaving. Innovations, In L. Daniela (ed.), *Innovations, technologies and research in education* (pp. 140-158). Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.
- De La Fuente, A., Xia, S., Branch, C., & Li, X. (2013). A review of attention-deficit/hyperactivity disorder from the perspective of brain networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(192), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00192> (ver. 15.04.2019).
- Di Lieto, M.C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell’Omo, M., Laschi, C., Pecini, C., Santerini, G., Sgandurra, G., & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in Human Behavior*, 71, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.018> (ver. 15.04.2019).
- Di Lieto, M.C., Pecini, C., Castro, E., Inguaggiato, E., Cecchi, F., Dario, P., Cioni, G., & Sgandurra, G. (2019). Empowering Executive Functions in 5-6-year-old typically developing children by Educational Robotics: an RCT study. Manuscript under review.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750> (ver. 15.04.2019).
- Diamond, A., & Ling, D.S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005> (ver. 15.04.2019).
- Fazzi, E., Bova, S., Giovenzana, A., Signorini, S., Uggetti, C., & Bianchi, P. (2009). Cognitive visual dysfunctions in preterm children with periventricular leukomalacia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(12), 974–981. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03272.x> (ver. 15.04.2019).
- Garon, N., Bryson, S., & Smith, I. (2008). Executive function in preschoolers; a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60.
- Green, C.T., Long, D.L., Green, D., Iosif, A.-M., Dixon, J.F., Miller, M.R., & Schweitzer, J.B. (2012). Will working memory training generalize to improve off-task behavior in children with attention-deficit/hyperactivity disorder? *Neurotherapeutics*, 9(3), 639–648. <https://doi.org/10.1007/s13311-012-0124-y> (ver. 15.04.2019).
- Grunewaldt, K.H., Løhaugen, G.C.C., Austeng, D., Brubakk, A.-M., & Skranes, J. (2013). Working memory training improves cognitive function in VLBW preschoolers. *Pediatrics*, 131(3), e747–e754. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-1965> (ver. 15.04.2019).
- Holmes, J., Gathercole, S.E., & Dunning, D.L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12(4), F9–F15. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x> (ver. 15.04.2019).
- Hughes, C., Ensor, R., Wilson, A., & Graham, A. (2009). Tracking executive function across the transition to school: A latent variable approach. *Developmental Neuropsychology*, 35(1), 20–36. <https://doi.org/10.1080/87565640903325691> (ver. 15.04.2019).

- Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils' school performance in mathematics, problem solving ability and attitude: Swedish data. *Educational Technology and Society*, 9(3), 182–194. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.9.3.182> (ver. 15.04.2019).
- 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.
- Ito, J.I., Araki, A., Tanaka, H., Tasaki, T., Cho, K., & Yamazaki, R. (1996). Muscle histopathology in spastic cerebral palsy. *Brain and Development*, 18(4), 299–303. [https://doi.org/10.1016/0387-7604\(96\)00006-X](https://doi.org/10.1016/0387-7604(96)00006-X) (ver. 15.04.2019).
- Janka, P. (2008). Using a programmable toy at preschool age: why and how. *Workshop proceedings of SIMPAR 2008. International conference on simulation, modeling and programming for autonomous robots*, Venezia, Italia. <http://www.dei.unipd.it/~emg/downloads/SIMPAR08-WorkshopProceedings/TeachingWithRobotics/pekarova.pdf> (ver. 15.04.2019).
- Kapa, L.L., & Plante, E. (2015). Executive function in SLI: Recent advances and future directions. *Current Developmental Disorders Reports*, 2(3), 245–252. <https://doi.org/10.1007/s40474-015-0050-x> (ver. 15.04.2019).
- Kazakoff, E.R., & Bers, M.U. (2014). Put your robot in, put your robot out: Sequencing through programming robots in early childhood. *Journal of Educational Computing Research*, 50(4), 553–573. <https://doi.org/10.2190/EC.50.4.f> (ver. 15.04.2019).
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P.J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., Gillberg, C.G., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD—a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177–186. <https://doi.org/10.1097/00004583-200502000-00010> (ver. 15.04.2019).
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of visuospatial working memory capacity during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1162/089892902317205276> (ver. 15.04.2019).
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2007). *NEPSY II: Clinical and interpretive manual*. San Antonio, TX: Harcourt Assessment.
- Krebs, H.I., Fasoli, S.E., Dipietro, L., Fragala-Pinkham, M., Hughes, R., Stein, J., & Hogan, N. (2012). Motor Learning Characterizes Habilitation of Children With Hemiplegic Cerebral Palsy. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 26(7), 855–860. <https://doi.org/10.1177/1545968311433427> (ver. 15.04.2019).
- Kudo, M.F., Lussier, C.M., & Swanson, H.L. (2015). Reading disabilities in children: A selective meta-analysis of the cognitive literature. *Research in Developmental Disabilities*, 40, 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.01.002> (ver. 15.04.2019).
- La Paglia, F., Rizzo, R., & La Barbera, D. (2011). Use of robotics kits for the enhancement of metacognitive skills of mathematics: A possible approach. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 9(1), 22–25. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-766-6-26> (ver. 15.04.2019).

- 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> (ver. 15.04.2019).
- Lunt, L., Bramham, J., Morris, R.G., Bullock, P.R., Selway, R.P., Xenitidis, K., & David, A.S. (2012). Prefrontal cortex dysfunction and “Jumping to Conclusions”: Bias or deficit? *Journal of Neuropsychology*, 6(1), 65–78. <https://doi.org/10.1111/j.1748-6653.2011.02005.x> (ver. 15.04.2019).
- Mak, C., Whittingham, K., Cunnington, R., & Boyd, R.N. (2017). MiYoga: a randomised controlled trial of a mindfulness movement programme based on hatha yoga principles for children with cerebral palsy: a study protocol. *BMJ open*, 7(7), e015191.
- Mammarella, I.C., Toso, C., Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (2008). BVS-Corsi. *Batteria per la valutazione della memoria visiva e spaziale. Con CD-ROM*. Trento: Erickson.
- Marshall, P.J., & Drew, A.R. (2014). What makes Simon Says so difficult for young children? *Journal of Experimental Child Psychology*, 126, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.03.011> (ver. 15.04.2019).
- Marton, K. (2008). Visuo- spatial processing and executive functions in children with specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 43(2), 181–200.
- Marzocchi, G.M., Re, A.M., & Cornoldi, C. (2010). *BIA. Batteria italiana per l'ADHD per la valutazione dei bambini con deficit di attenzione-iperattività. Con DVD e CD-ROM*. Trento: Erickson.
- 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(9), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734> (ver. 15.04.2019).
- Nugent, G., Barker, B., & Grandgenett, N. (2008). The effect of 4-H robotics and geospatial technologies on science, technology, engineering, and mathematics learning and attitudes. In J. Luca & E. Weippl (eds.), *Proceedings of ED-MEDIA 2008-World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (pp. 447-452). Vienna: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/p/28433/> (ver. 15.04.2019).
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N., & Adamchuk, V.I. (2010). Impact of robotics and geospatial technology interventions on youth STEM learning and attitudes. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(4), 391–408. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782557> (ver. 15.04.2019).
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. New York, NY: Basic Books.
- Pavlova, M.A., & Krägeloh-Mann, I. (2013). Limitations on the developing preterm brain: Impact of periventricular white matter lesions on brain connectivity and cognition. *Brain*, 136(4), 998–1011. <https://doi.org/10.1093/brain/aws334> (ver. 15.04.2019).
- Pecini, C., Spoglianti, S., Bonetti, S., Di Lieto, M.C., Guaran, F., Martinelli, A., Gasperini, F., Cristofani, P., Casalini, C., Salvadorini, R., Mazzotti, S., Bargagna, S.,

- Palladino, P., Cismondo, D., Verga, A., Zorzi, C., Brizzolara, D., Vio, C., Chilosi, A. (in press). Training RAN or Reading? A Tele-rehabilitation study on Developmental Dyslexia. *Dyslexia*.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1966). *L'immagine mentale chez l'enfant*. Parigi: Presses Universitaires de France.
- Piovesana, A., Ross, S., Lloyd, O., Whittingham, K., Ziviani, J., Ware, R.S., & Boyd, R.N. (2017). A randomised controlled trial of a web-based multi-modal therapy program to improve executive functioning in children and adolescents with acquired brain injury. *Clinical Rehabilitation*, *31*(10), 1351–1363. <https://doi.org/10.1177/0269215517695373> (ver. 15.04.2019).
- Roid, G.H., & Miller, L.J. (2011). *Leiter international performance scale-revised (Leiter-R)*. Wood Dale, IL: Stoelting.
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., Dan, B., & Jacobsson, B. (2007). A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *49*(SUPPL.109), 8–14. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.tb12610.x> (ver. 15.04.2019).
- Rueda, M.R., Rothbart, M.K., McCandliss, B.D., Saccomanno, L., & Posner, M.I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *The National Academy of Sciences*, *102*(2), 2–7. <https://doi.org/10.1073/pnas.0506897102> (ver. 15.04.2019).
- Sigurdardottir, S., Eiriksdottir, A., Gunnarsdottir, E., Meintema, M., Arnadottir, U., & Vik, T. (2008). Cognitive profile in young Icelandic children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *50*(5), 357–362. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-8749.2008.02046.x> (ver. 15.04.2019).
- Smith, E.E., & Jonides, J. (1999). Neuroscience - Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, *283*(5408), 1657–1661. <https://doi.org/10.1126/science.283.5408.1657> (ver. 15.04.2019).
- Srinivasan, S.M., Eigsti, I.M., Gifford, T., & Bhat, A.N. (2016). The effects of embodied rhythm and robotic interventions on the spontaneous and responsive verbal communication skills of children with Autism Spectrum Disorder (ASD): A further outcome of a pilot randomized controlled trial. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *27*, 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2016.04.001> (ver. 15.04.2019).
- Thorell, L.B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, *12*(1), 106–113. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x> (ver. 15.04.2019).
- Urgesi, C., Campanella, F., & Fabbro, F. (2011). *NEPSY-2: contributo alla taratura italiana*. Firenze: Giunti.
- Usai, M.C., Viterbori, P., Gandolfi, E., & Traverso, L. (2017). *FE-PS 2-6: Batteria per la valutazione delle funzioni esecutive in età prescolare*. Trento: 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(4), 447–462.
<https://doi.org/10.1080/17405629.2013.840578> (ver. 15.04.2019).
- Valeri, G., Stievano, P., Ferretti, M.L., Mariani, E., & Pieretti, M. (2015). *BAFE: Batteria per l'Assessment delle Funzioni Esecutive*. Firenze: Hogrefe.
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E.H., & Van Luit, J.E.H. (2015). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory and Cognition*, 43(3), 367–378.
<https://doi.org/10.3758/s13421-014-0480-4> (ver. 15.04.2019).
- Vanderborght, B., Simut, R., Saldien, J., Pop, C., Rusu, A.S., Pinte, S., Lefebvre, D., David, D.O. (2012). Using the social robot probot as a social story telling agent for children with ASD. *Interaction Studies*, 13(3), 348–372
<https://doi.org/10.1075/is.13.3.02van> (ver. 15.04.2019).
- Vicari, S., & Di Vara, S. (2017). *Funzioni Esecutive e Disturbi dello Sviluppo*. Trento: Erickson.
- Vygotsky, L.S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-92784-6> (ver. 15.04.2019).
- Vygotsky, L.S. (1987). *Zone of proximal development. Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Warmington, M., Hitch, G.J., & Gathercole, S.E. (2013). Journal of experimental child improving word learning in children using an errorless technique. *Journal of Experimental Child Psychology*, 114(3), 456–465.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.10.007> (ver. 15.04.2019).
- Wass, S., Porayska-Pomsta, K., & Johnson, M.H. (2011). Training attentional control in infancy. *Current Biology*, 21(18), 1543–1547.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.08.004> (ver. 15.04.2019).
- Wass, S.V. (2015). Applying cognitive training to target executive functions during early development. *Child Neuropsychology*, 21(2), 150–166.
<https://doi.org/10.1080/09297049.2014.882888> (ver. 15.04.2019).
- Wechsler, D. (1989). *Wechsler preschool and primary scale of intelligence-revised*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Zelazo, P.D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U.C. Goswami (ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 445–469). Hoboken, NJ: Blackwell.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470996652.ch20> (ver. 15.04.2019).
- Zelazo, P.D., Qu, L., & Müller, U. (2005). Hot and Cold Aspects of Executive Functions: Relations in Early Development. In W. Schneider, R. Schumann-Hengsteler & B. Sodian (eds.), *Young children's cognitive development: Interrelationships among executive functioning, working memory, verbal ability, and theory of mind* (pp. 71–93). Mahwah, NJ: Erlbaum.