

Social Robotic for the educational intervention in the Autism Spectrum Disorders. Opportunities and perspectives

Robotica sociale per l'intervento educativo nei disturbi dello spettro autistico. Opportunità e prospettive

Saverio Fontani^a

^a *Università degli Studi di Firenze*, saverio.fontani@unifi.it

Abstract

Social Robotic represents a research area that is being increasingly developed in the educational intervention for the Autism Spectrum Disorders. Communication and social deficits commonly associated with the disorder can be compensated by using Social Robotics. Related positive effects can be in terms of developing adaptive behavior. This paper presents evidences related to recent studies on the Social Robotics, and highlights the opportunities presented by the approach for the educational interventions specifically developed for the students with Autism Spectrum Disorders and low cognitive functioning.

Keywords: social robotics; Autism Spectrum Disorders; social inclusion.

Abstract

La robotica sociale rappresenta un'area di ricerca in costante sviluppo nell'intervento educativo nei disturbi dello spettro autistico. L'utilizzo della robotica sociale permette di compensare i deficit comunicativi e sociali comunemente associati al disturbo, con effetti positivi sullo sviluppo dei comportamenti adattivi. In questo articolo vengono presentate le evidenze relative agli studi più recenti sulla robotica sociale e vengono delineate le opportunità presentate dall'approccio per gli interventi educativi specificamente sviluppati per allievi con disturbi dello spettro autistico a bassa funzionalità cognitiva.

Parole chiave: robotica sociale; disturbi dello spettro autistico; inclusione sociale.

1. I disturbi dello spettro autistico

I disturbi dello spettro autistico (d'ora in poi ASD, Autism Spectrum Disorders,) rappresentano una disabilità neuroevolutiva complessa, caratterizzata da deficit nella comunicazione e nell'interazione sociale e da interessi ristretti e ripetitivi (APA, 2013). L'incidenza del disturbo, attualmente stimata in un rapporto di 1: 68 nella popolazione mondiale, risulta essere in aumento negli ultimi anni (CDCP, 2014).

Per la comprensione del profilo cognitivo e sociale e dei repertori comportamentali tipicamente associati al disturbo sembra proficuo il riferimento ai criteri diagnostici del *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM 5, APA, 2013), il principale repertorio diagnostico internazionale. I criteri attuali del DSM 5 sono basati su due indicatori: i deficit della comunicazione sociale e la restrizione-ripetizione dei comportamenti. I deficit comunicativi includono un ridotto interesse nella condivisione dell'attenzione e delle attività, con deficit dello sviluppo del linguaggio verbale. La restrizione dei comportamenti e degli interessi indica invece resistenza al cambiamento contestuale, stereotipie motorie o verbali e fissazione su oggetti o attività specifiche e (APA, 2013). Dalla presentazione dei criteri si evince la centralità del deficit comunicativo, che rappresenta uno degli aspetti primari di tutte le alterazioni dello spettro autistico, anche nelle forme con elevata funzionalità cognitiva. Il profilo cognitivo e sociale tipicamente associato al disturbo è caratterizzato dalla compromissione delle competenze sociali, verbali e di condivisione dell'attenzione con gli interlocutori (Ganz & Simpson, 2018; Odom, 2013). L'analisi delle competenze compromesse e conservate nel profilo cognitivo dell'ASD conferma come ogni intervento educativo dovrebbe essere focalizzato sul trattamento del deficit sociale (Odom, Collet-Klingenberg, Rogers & Hatton, 2010).

L'ambiente educativo dovrebbe essere caratterizzato sia da elementi di prevedibilità e di preparazione al cambiamento, sia da attività guidate di interazione sociale, allo scopo di facilitare lo sviluppo dei comportamenti prosociali e di diminuire gli eventuali comportamenti disadattivi, quali quelli rappresentati dalle stereotipie motorie o verbali (Cottini & Morganti, 2015; ISS, 2011; Odom, 2013). L'intervento educativo centrato sul deficit della socialità presenta valenza terapeutica per l'allievo con ASD, particolarmente nelle prime fasi dello sviluppo. Assumono particolare rilievo, in questa prospettiva, le competenze di imitazione e di condivisione dell'attenzione, che molti autori hanno indicato come fattori causali del deficit della socialità (Dawson & Rogers, 2009; Dawson et al., 2012; Prizant, Wetherby, Rubin & Rydell, 2006).

2. Robotica sociale per allievi con ASD

Tra le varie linee di ricerca emergenti nell'ambito dell'Educational Technology (Ranieri, 2015; Spector, 2013), una delle più promettenti per l'educazione speciale risulta quella rappresentata dalla *robotica sociale* (per una recente rassegna si veda Lepuschitz, Merdan, Koppensteiner, Balogh & Obdržálek, 2018). In tempi relativamente recenti la ricerca per l'intervento educativo nei ASD è stata significativamente influenzata dall'evoluzione di questo approccio (Lepuschitz et al., 2018; Pennisi et al., 2016; Thill, Pop, Belpaeme, Ziemke & Vanderborght, 2012). Uno dei primi contributi centrati sull'utilizzo dei dispositivi robotici per l'educazione speciale di allievi con ASD risulta quello di Weir (Weir & Emanuel, 1976), nel quale erano suggerite le opportunità del sistema *Logo* per lo sviluppo delle competenze comunicative. Papert (1980), in un volume successivo, descriveva invece le opportunità fornite dal coinvolgimento del robot nei processi educativi

per allievi con sviluppo tipico. È interessante notare come nel volume possano essere riscontrate alcune linee guida per la robotica sociale assimilabili a quelle contemporanee, rappresentate dal design della struttura fisica del robot e dal design della sua interazione con l'essere umano.

Sulla base di tali rilevazioni possono essere comprese le opportunità fornite dalla robotica sociale per gli interventi educativi sviluppati per allievi con ASD. I processi di imitazione e di attenzione congiunta, determinanti per lo sviluppo sociale e cognitivo del bambino, risultano gravemente compromessi nelle alterazioni dello spettro autistico (Dawson & Rogers, 2009; Dawson et al., 2012; Odom, 2013; Prizant et al., 2006). Per questo motivo, vari modelli di intervento educativo evidence based sono fondati sullo sviluppo di tali competenze, che rappresentano il core deficit del disturbo.

È questo il caso del *Denver Model*, (Dawson et al., 2012), dell'*Early Start Denver Model*, (Dawson & Rogers, 2009), del *Pivotal Response Training* (Koegel & Koegel, 2006) e del *Picture Exchange Communication System* (PECS, Bondy & Frost, 2002). I modelli sono caratterizzati dall'intervento precoce sulle competenze imitative e sulle competenze di attenzione congiunta. Il miglioramento di queste competenze, generalmente compromesse nell'ASD, può rappresentare un predittore positivo per lo sviluppo cognitivo e sociale, anche nei casi con bassa funzionalità cognitiva (Dawson et al., 2012). La mediazione dell'intervento attraverso dispositivi assistivi robotici rappresenta un'opportunità di rilevanza significativa, poiché la relazione con il robot risulta in grado di fornire un contesto educativo strutturato e prevedibile, associato alla diminuzione del disagio comunemente esperito dall'allievo nella relazione sociale reale (Caron & Holyfield, 2018; Kagohara et al., 2013).

Il robot, in altri termini, non presenta nei confronti dell'allievo le aspettative tipiche della relazione sociale in presenza, e questo dato potrebbe esercitare influenze positive per l'apprendimento delle competenze sociali. Il dispositivo fornisce modelli di comportamento altamente prevedibili, in grado di determinare situazioni sociali chiare e strutturate, indispensabili per l'apprendimento delle competenze imitative. L'elevata prevedibilità del contesto educativo e la presenza di feedback erogati attraverso la mediazione della robotica sociale possono favorire la diminuzione del disagio dell'allievo e l'apprendimento di competenze imitative, successivamente implementabili nella situazione sociale reale.

Dovrebbero essere considerati, in questa prospettiva, i dati derivati dalle meta-analisi più estese (Diehl, Schmitt, Villano & Crowell, 2012; Pennisi et al., 2016; Thill et al., 2012) che avvertono tuttavia dei limiti di generalizzazione tipicamente riscontrabili nella ricerca sui ASD. I limiti sono riconducibili alla scarsa numerosità dei campioni utilizzati, alla significativa presenza di studi condotti su casi singoli ed all'ampio utilizzo di misure qualitative (Cottini & Morganti, 2015; Pennisi et al., 2016). Le meta-analisi considerate possono comunque indicare una linea di tendenza relativa all'efficacia dei dispositivi robotici sia per lo sviluppo delle competenze imitative e di attenzione congiunta, sia per lo sviluppo di comportamenti prosociali adattivi e comunicativi (Pennisi et al., 2016). In base a tali motivazioni vengono successivamente descritte le opportunità presentate dalla robotica sociale per l'intervento educativo rivolto ad allievi con ASD a bassa funzionalità cognitiva.

3. Robotica sociale per lo sviluppo delle competenze linguistiche

Una rilevante opportunità rappresentata dall'utilizzo di mediatori robotici sociali nella relazione educativa per l'allievo con ASD è quella relativa allo sviluppo delle competenze linguistiche, che costituiscono una delle aree maggiormente compromesse nel profilo cognitivo tipico del disturbo. È verosimile che l'utilizzo di dispositivi in grado di riprodurre o di emettere suoni linguistici sia in grado di incidere positivamente sullo sviluppo delle competenze di comunicazione funzionale e sull'apprendimento di nuovi vocaboli (Kim et al., 2013; Pennisi et al., 2016; Wainer, Robins, Amirabdollahian & Dautenhahn, 2014). Tra gli studi recenti più significativi sono riscontrabili evidenze a favore dell'efficacia dell'utilizzo di dispositivi robotici per lo sviluppo delle competenze linguistiche. Gli studi di maggiore rilevanza sono sintetizzati nella Figura 1.

Studio	N	Gruppo Controllo	Condizione sperimentale
Kim et al. (2013)	24	No	Interazione con robot <i>Pleo</i>
Puyon & Giannopolu (2013)	11	No	Interazione con robot <i>Pol</i>
Wainer et al. (2014)	6	No	Interazione con robot <i>LEGO</i>

Figura 1. Studi rilevanti per lo sviluppo delle competenze linguistiche nell'ASD.

Lo studio di Kim et al. (2013) è quello con campione di maggiore consistenza numerica, anche se non presenta un gruppo di controllo. Il campione è costituito da 24 bambini con ASD a bassa funzionalità cognitiva con età media di nove anni e quattro mesi e un quoziente intellettivo inferiore a 70. Nello studio ogni partecipante veniva incluso in una situazione interattiva in base a tre diverse condizioni. Nella prima condizione l'interazione era di tipo diadico tra il bambino e un partner umano. Nella seconda condizione, sempre di tipo diadico, il bambino interagiva con il dispositivo robotico. Nella terza condizione, di tipo triadico, l'interazione avveniva tra il bambino ed il partner umano attraverso la mediazione del dispositivo robotico. Il dispositivo utilizzato era il robot *Pleo*, che presenta la forma di un giocattolo mobile con la forma di un piccolo dinosauro in materiale plastico. *Pleo* è in grado di muoversi autonomamente e di esprimere emozioni attraverso suoni e movimenti in funzione della pressione esercitata dalla mano del bambino. I risultati confermano come la situazione nella quale viene emesso il maggiore numero di suoni linguistici è la terza, di tipo triadico, nella quale l'oggetto dell'attenzione condivisa tra il bambino ed il partner umano è costituito dal comportamento del dispositivo *Pleo*.

Il contributo di Puyon & Giannopolu (2013), successivamente illustrato in relazione allo sviluppo delle competenze prosociali, è stato condotto su un gruppo di 11 bambini con ASD di età media di sette anni, in assenza di un gruppo di controllo. Nella situazione sperimentale venivano registrati il tempo utilizzato ed il numero di suoni linguistici utilizzati nell'interazione con il dispositivo *Pol*. Il dispositivo ha la forma di una gallina ed è in grado di muoversi autonomamente attraverso il controllo wireless di un operatore. Nella prima condizione il bambino veniva fatto interagire con il dispositivo; nella seconda condizione sperimentale l'oggetto dell'interazione era un giocattolo immobile in materiale plastico morbido, simile al dispositivo *Pol* ma privo di ogni possibilità di movimento. Il numero delle interazioni di ordine linguistico era significativamente superiore nella condizione di interazione con il dispositivo *Pol*, mentre nell'interazione con il giocattolo immobile le produzioni linguistiche erano inferiori.

I risultati descritti, a causa della significativa differenza tra il numero dei suoni linguistici emessi nelle condizioni di interazione con il dispositivo robotico e nelle condizioni di interazione con un partner umano o con un giocattolo immobile, sembrano indicare chiaramente l'efficacia del dispositivo per lo sviluppo delle competenze linguistiche nei

bambini con ASD a bassa funzionalità cognitiva. Risulta comunque evidente, a causa del numero ancora relativamente scarso di contributi sul tema, la necessità di conduzione di ulteriori studi pilota in tale ambito, allo scopo di verificare l'efficacia del dispositivo robotico come efficace tecnologia assistiva per lo sviluppo del linguaggio nel bambino con ASD (Ganz & Simpson, 2018; Wainer et al., 2014).

4. Robotica sociale per lo sviluppo delle competenze di attenzione congiunta

La prospettiva della robotica sociale presenta opportunità anche per lo sviluppo delle competenze dei processi di condivisione dell'attenzione. Tali processi risultano alla base della cognizione sociale, e risultano generalmente compromessi nell'allievo con ASD. Il deficit di condivisione dell'attenzione è tipicamente associato al disturbo, ed è responsabile dell'incapacità di condividere oggetti di interesse o attività con un partner (Dawson et al., 2012). Anche in questo ambito sono presenti vari modelli educativi orientati allo sviluppo delle competenze di condivisione dell'attenzione, quali il sistema SCERTS (*Social Communication, Emotional Regulation & Transactional Support*, Prizant et al., 2006) ed il sistema PECS (Bondy & Frost, 2002). Entrambi i modelli presentano espliciti riferimenti allo sviluppo dei processi di attenzione congiunta, indispensabili per la condivisione di attività ludiche e educative con un partner comunicativo. Nei sistemi considerati sono presentati copioni di attività nei quali l'educatore imita inizialmente le attività dell'allievo con ASD, ed in seguito si unisce progressivamente alla sua attività. La ripetuta presentazione di simili copioni interattivi permette il consolidamento della condivisione dell'attenzione con il partner comunicativo, con effetti positivi sullo sviluppo delle competenze sociali e di comunicazione funzionale (Caron & Holyfield, 2018).

La prospettiva della robotica sociale potrebbe rappresentare un'opzione alternativa alla relazione con un partner comunicativo, a condizione che il dispositivo robotico sia considerato come un supporto mediatico alla relazione sociale reale. La relazione con il dispositivo presenta opportunità per la condivisione dei processi attentivi, soprattutto quando essa viene supervisionata dall'educatore (Thill et al., 2012). L'estrema prevedibilità della relazione con il dispositivo e la possibilità di regolare il tempo di esposizione della postura o dell'espressione facciale da imitare, compongono inoltre fattori che rendono l'allievo con ASD particolarmente motivato alla relazione con il dispositivo robotico (Kim et al., 2013). Nonostante la presenza di tali opportunità, i risultati derivati dai principali studi sullo sviluppo dell'attenzione congiunta nella relazione mediata dal robot sociale non permettono ancora conclusioni definitive (Pennisi et al., 2016). Gli studi recenti più significativi sono schematizzati nella Figura 2.

Studio	N	Gruppo Controllo	Condizione sperimentale
Bekele et al. (2013)	6	Sì	Interazione con robot <i>Nao</i>
Anzalone et al. (2014)	16	Sì	Interazione con robot <i>Nao</i>
Kumazaki et al. (2018)	30	Sì	Interazione con robot <i>CommU</i>

Figura 2. Studi rilevanti per lo sviluppo delle competenze di attenzione congiunta nell'ASD.

Il contributo di Bekele, Crittendon, Swanson, Sarkar e Warren (2013) ha utilizzato un campione di sei partecipanti con ASD a bassa funzionalità (età media quattro anni e sette mesi), con un gruppo di controllo di analoga consistenza numerica composta da sei bambini a sviluppo tipico. Il dispositivo robotico utilizzato è il robot *Nao*, che si compone di un umanoide antropomorfo in plastica metallizzata alto 60 cm., in grado di presentare 25

diverse posture regolabili delle braccia, delle mani e della testa. Nao è dotato di occhi luminosi e di sensori e microfoni che permettono l'emissione e la ricezione di messaggi verbali. Nella situazione sperimentale il dispositivo invita ogni bambino a identificare un obiettivo situato in una posizione intermedia, ed è prevista la possibilità di fornire suggerimenti. I risultati, quantificati attraverso il numero dei suggerimenti forniti e dall'analisi della direzionalità dello sguardo del bambino, confermano che la sua attenzione si concentra sul dispositivo ma non sono registrati processi significativi di attenzione congiunta.

Nello studio di Anzalone et al. (2014) 16 bambini con età media di nove anni e ASD a media funzionalità cognitiva, accoppiati ad un gruppo di controllo parificato per ampiezza, età cronologica e funzionalità cognitiva, erano sottoposti ad una condizione sperimentale nella quale il mediatore robotico era costituito dal dispositivo Nao. Il dispositivo induceva vocalmente il bambino a guardare verso alcuni oggetti disposti lungo le pareti della stanza, e registrava la direzionalità del suo sguardo con dispositivo di tracciamento tridimensionale del movimento. Anche questi risultati evidenziano come l'attenzione dei partecipanti con ASD si concentri sul robot, che rappresenta un evidente attrattore dell'attenzione del bambino, ma può costituire allo stesso tempo un distrattore per il compito di attenzione congiunta.

Lo studio di Kumazaki et al. (2018) risulta quello con il campione più numeroso (30 bambini con ASD a bassa funzionalità, età media sei anni e nove mesi). Il gruppo di controllo è costituito da 38 bambini a sviluppo tipico con analoga età cronologica. Il dispositivo utilizzato è il robot *CommU*, di aspetto umanoide con altezza di 60 cm. *CommU* presenta 15 diverse posizioni tra le quali devono essere considerate le possibilità di movimento degli occhi (tre), delle labbra (uno) e la chiusura/apertura delle palpebre (uno). Gli aspetti che differenziano *CommU* dagli altri dispositivi robotici sono proprio quelli relativi alla possibilità di sorriso e di movimento oculare, che gli autori considerano determinanti per lo sviluppo di attenzione congiunta. Nella situazione sperimentale, il dispositivo richiedeva al bambino di guardare due immagini applicate alle parti laterali della stanza. L'attenzione congiunta veniva misurata attraverso il conteggio delle volte in cui il bambino girava la testa o gli occhi verso l'immagine indicata da *CommU*. Il gruppo di controllo eseguiva invece le consegne sotto la supervisione di un operatore umano. I risultati evidenziano un significativo incremento delle competenze di attenzione congiunta con il dispositivo robotico, rispetto al gruppo di controllo che interagiva con un operatore umano. I risultati dello studio, a causa della elevata numerosità del campione e della presenza di un gruppo di controllo, risultano quelli più significativi per la conferma delle opportunità fornite dalla robotica sociale per lo sviluppo delle competenze di attenzione congiunta.

5. Robotica sociale per lo sviluppo dei comportamenti prosociali

I dati che emergono dalle meta-analisi condotte su esperienze interattive mediate dai dispositivi di robotica sociale indicano una tendenza all'incremento dei comportamenti prosociali, verosimilmente attribuibile al miglioramento delle competenze comunicative e di condivisione dell'attenzione (Diehl et al., 2012; Thill et al., 2012). Le principali meta-analisi confermano significativi incrementi delle competenze sociali e comunicative del bambino sottoposto a training strutturati basati sulla relazione con un dispositivo robotico sotto la supervisione di educatori (Diehl et al., 2012; Thill et al., 2012; Wainer et al., 2014). Tra gli studi più significativi per la rilevazione di evidenze sulla promozione dei

comportamenti sociali da parte di un mediatore robotico sono stati selezionati quelli presentati nella Figura 3.

Studio	N	Gruppo Controllo	Condizione sperimentale
Chaminade et al. (2012)	12	Sì	Interazione con robot <i>Bioid</i>
Damm et al. (2013)	9	Sì	Interazione con robot <i>Flobi</i>
Puyon & Giannopolu (2013)	11	No	Interazione con robot <i>Pol</i>
Wainer et al. (2014)	6	No	Interazione sociale con robot <i>LEGO</i>

Figura 3. Studi rilevanti per lo sviluppo dei comportamenti prosociali nell'ASD.

Uno degli studi di maggiore rilevanza è quello di Chaminade et al. (2012), nel quale il gruppo sperimentale era composto da 12 giovani adulti con ASD (età media 21 anni), ed era prevista la presenza di un gruppo di controllo. I partecipanti dovevano imitare le posizioni del dispositivo robotico umanoide *Bioid*, che può realizzare 18 diverse posture corporee. Nel corso della seduta con il dispositivo, i partecipanti erano sottoposti ad analisi mediante Risonanza Magnetica Funzionale. I risultati evidenziano come i partecipanti con ASD utilizzino, nell'interazione con il dispositivo, gli stessi processi cognitivi che nei soggetti a sviluppo tipico sono attivati quando interagiscono con un interlocutore umano (Chaminade et al., 2012).

Di analogia rilevanza si configurano i risultati di Damm et al. (2013), derivati dall'analisi della direzionalità dello sguardo di nove partecipanti (età media 21 anni) che interagivano con il dispositivo *Flobi*. Il dispositivo si compone di una testa umana a grandezza naturale, ed ha la possibilità di realizzare 18 diverse espressioni facciali stilizzate e facilmente replicabili. La misura utilizzata nello studio era il contatto oculare, ed i risultati confermano come i partecipanti con ASD presentino verso il dispositivo robotico un numero di sguardi paragonabile a quello che i soggetti a sviluppo tipico utilizzano nell'interazione con un partner umano.

Nello studio di Puyon e Giannopolu (2013), condotto su un gruppo di 11 bambini con ASD a bassa funzionalità cognitiva senza la presenza del gruppo di controllo, venivano invece utilizzati come unità di misura il tempo di interazione ed il numero di parole emesse durante l'interazione con il dispositivo robotico *Pol* ed un giocattolo immobile. Il dispositivo ha la forma di una gallina, ed è in grado di muoversi attraverso i comandi inviati a distanza dall'operatore. Il confronto tra i tempi di interazione e le parole emesse del bambino nell'interazione con il dispositivo erano significativamente maggiori rispetto all'interazione con un giocattolo di forma analoga, ma privo delle possibilità di movimento.

Nella situazione sperimentale riconducibile allo studio di Wainer et al. (2014), condotta su un campione di sei bambini con bassa funzionalità cognitiva, venivano invece registrati i comportamenti, il numero di parole emesse e la direzionalità dello sguardo di ogni partecipante nell'interazione con il dispositivo LEGO. Il dispositivo ha forma umanoide ed un'altezza di 38 cm. I suoi sensori permettono di rilevare i suoni ed il contatto oculare; è in grado di riprodurre suoni. I risultati sono particolarmente interessanti per lo sviluppo del comportamento sociale, poiché immediatamente dopo una sessione di gioco interattivo con il dispositivo LEGO il bambino presenta maggiori tempi di contatto oculare ed emette un maggiore numero di suoni o parole durante situazioni di gioco sociale con i coetanei, rispetto alla condizione nella quale non viene utilizzato il dispositivo.

I risultati della breve rassegna di studi presentata sembrano indicare globalmente una linea di tendenza, secondo la quale la relazione con un dispositivo robotico potrebbe

rappresentare un promettente approccio per la mediazione tra l'allievo con ASD ed i suoi compagni. Alcuni studi (Puyon & Giannopolu; 2013; Wainer et al., 2014), sembrano suggerire l'ipotesi relativa alla maggiore disponibilità all'interazione sociale dell'allievo durante o immediatamente dopo la relazione con il dispositivo. Questo dato potrebbe suggerire l'opzione della mediazione sociale facilitata dal dispositivo per gli interventi educativi rivolti ad allievi che presentano espliciti comportamenti di rifiuto verso l'insegnante o i coetanei (Caron & Holyfield, 2018; Thill et al., 2012).

6. Conclusioni

Il presente contributo non si configura come una rassegna sistematica, ma piuttosto come una rassegna delle più recenti evidenze in grado di supportare conferme all'efficacia dell'utilizzo della robotica sociale nello sviluppo di interventi educativi per allievi con ASD. Nonostante tale limitazione, esso potrebbe fornire dati utili sia per la considerazione delle opportunità educative derivate dall'approccio.

Le considerazioni relative all'eterogeneità metodologica e campionaria degli studi considerati (per una rassegna si veda Pennisi et al., 2016) potrebbero orientare verso la consapevolezza della necessità di ulteriori approfondimenti, eventualmente condotti attraverso il confronto con le prestazioni di un gruppo di controllo in base a tecniche di misurazione di ordine quantitativo nelle condizioni di pre-test e di post-test. In questa prospettiva, il ricorso alle scale adattive Vineland Adaptive Behavior Scales (VABS, Sparrow, Balla & Cicchetti, 1984; Sparrow, Cicchetti & Balla, 2005), lo strumento standardizzato più utilizzato nella ricerca sui ASD, potrebbe costituire una significativa opzione grazie alla valutazione standardizzata e confrontabile dei vari aspetti del profilo cognitivo del soggetto. La progettazione di condizioni sperimentali basate su misure standardizzate come quelle indicate potrebbe essere utilizzata per la conferma dell'efficacia di una prospettiva educativa così promettente come quella rappresentata dalla robotica sociale. Analogamente, se vengono considerate le verosimili evoluzioni future dell'approccio, dovrebbe essere considerata anche l'opportunità della progettazione di studi pilota che prevedano la collaborazione interdisciplinare di ricercatori provenienti da diversi ambiti, quali quelli riconducibili all'ingegneria informatica, all'intelligenza artificiale e all'educazione speciale.

Bibliografia

- APA. American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Publishing.
- Anzalone, S. M., Tilmont, E., Boucenna, S., Xavier, J., Jouen, A. L. & Bodeau, N. (2014). How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D+ time) environment during a joint attention induction task with a robot. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8, 814–826.
- Bekele, E., Crittendon, J.A., Swanson, A., Sarkar, N., & Warren, Z.E. (2013). Pilot clinical application of an adaptive robotic system for young children with autism. *Autism*, 18, 598–608.
- Bondy, A., & Frost, L. (2002). *A picture's worth. PECS and other communication strategies in Autism*. Bethesda: Woodbine House.

- Caron, J., & Holyfield, C. (2018). High-tech aided AAC for individuals with Autism Spectrum Disorder and complex communication needs. In J.B. Ganz & R. Simpson (eds.), *Interventions for individuals with Autism Spectrum Disorder and complex communication needs* (pp.103-128). Baltimore, MD: Brookes.
- CDCP. Centers for Disease Control and Prevention (2014). Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years. Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network. *MMWR Surveillance Summary*, 63, 1–21.
- Chaminade, T., Da Fonseca, D., Rosset, D., Lutchter, E., Cheng, G., & Deruelle, C. (2012). fMRI study of young adults with autism interacting with a humanoid robot. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 103–110.
- Cottini, L., & Morganti, A. (2015). *Evidence Based Education e pedagogia speciale*. Roma: Carocci.
- Damm, O., Malchus, K., Jaecks, P., Krach, S., Paulus, F., Naber, M., & Wrede, B. (2013). Different gaze behavior in human-robot interaction in Asperger's syndrome: An eye tracking study. *International Symposium on Robot and Human Interactive Communication-IEEE*, 368–369.
- Dawson, G., Jones, E.J.H., Merkle, K., Venema, K., Lowy, R., & Faja, S. (2012). Early behavioral intervention is associated with normalized brain activity in young children with autism. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 51(11), 216–224.
- Dawson, G., & Rogers, S. (2009). Randomized, controlled trial of an intervention for toddlers with autism: the Early Start Denver Model. *Pediatrics*, 125(1), 17–23.
- Diehl, J.J., Schmitt, L.M., Villano, M., & Crowell, C.R. (2012). The clinical use of robots for individuals with autism spectrum disorders: A critical review. *Research in autism spectrum disorders*, 6(1), 249–262.
- Ganz, J.B., & Simpson, R. (2018). *Interventions for individuals with Autism Spectrum Disorder and complex communication needs*. Baltimore, MD: Brookes.
- ISS. Istituto Superiore della Sanità. (2011). *Il trattamento dei disturbi dello spettro autistico nei bambini e negli adolescenti*. <https://www.iss.it/>
- Kagohara, D., van der Meer, L., Ramdoss, S., O'Reilly, M., Lancioni, G., Davis, T., ...Sigafos, J. (2013). Using iPods and iPad in teaching programs for individuals with developmental disabilities: A systematic review. *Research in developmental disabilities*, 34(1), 147–156.
- Kim, E.S., Berkovits, L.D., Bernier, E.P., Leyzberg, D., Shic, F., Paul, R., & Scassellati, B. (2013). Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal of Autism Development Disorder*, 43, 1038–1049.
- Koegel, R.L., & Koegel, L.K. (2006). *Pivotal response treatments for autism: Communication, social, and academic development*. Baltimore, MD: Brookes.
- Kumazaki, H., Yoshikawa, Y., Yoshimura, Y., Ikeda, T., Hasegawa, C., Saito, D.N., ...Kikuchi, M. (2018). The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders. *Molecular Autism*, 9, 46.

- Lepuschitz, W., Merdan, M., Koppensteiner, G., Balogh, R., & Obdržálek, D. (2018). *Robotics in Education. Methods and Applications for Teaching and Learning*. Geneva: Springer International.
- Odom, S.L. (2013). *Technology-Aided Instruction and Intervention (TAII) fact sheet*. Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press.
- Odom, S.L., Collet-Klingenberg, L., Rogers S.J., & Hatton, D. (2010). Evidence-based practices in interventions for children and youth with Autism Spectrum Disorders. *Preventing School Failure, 54*(4), 275–282.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. London: Basic Books.
- Pennisi, P., Tonacci, A., Tartarisco, G., Billeci, L., Ruta, L., Gangemi, S., & Pioggia, G. (2016). Autism and Social Robotics: a Systematic Review. *Autism Research, 9*, 165–183.
- Prizant, B., Wetherby, A., Rubin, E., & Rydell, P.J. (2006). *The SCERTS Model: A comprehensive educational approach for children with Autism Spectrum Disorders*. Baltimore, MD: Brookes.
- Puyon, M., & Giannopolu, I. (2013). Emergent emotional and verbal strategies in autism are based on multimodal interactions with toy robots in free spontaneous game play. *International Symposium on Robot and Human Interactive Communication-IEEE, 593–597*.
- Ranieri, M. (2015). Emerging trends in educational technology research. *Form@re - Open Journal per la Formazione in Rete, 3*(15), 67–83.
- Sparrow, S.S., Balla, D.A., & Cicchetti, D.V. (1984). *Vineland Adaptive Behavior Scales*. Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Sparrow, S.S., Cicchetti, D.V., & Balla, D.A. (2005). *Vineland Adaptive Behavior Scales* (2nd ed.). Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Spector, J.M. (2013). Emerging educational technologies and research directions. *Educational Technology & Society, 16*(2), 21–30.
- Thill, S., Pop, C., Belpaeme, T., Ziemke, T., & Vanderborght, B. (2012). Robot-assisted therapy for autism spectrum disorders with (partially) autonomous control: challenges and outlook. *Paladyn, 3*(4), 209–217.
- Wainer, J., Robins, B., Amirabdollahian, F., & Dautenhahn, K. (2014). Using the humanoid robot KASPAR to autonomously play triadic games and facilitate collaborative play among children with autism. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, 6*(3), 183–199.
- Weir, S. & Emanuel, R. (1976). *Using LOGO to catalyse communication in an autistic child*. Technical Report DAI, Research Report No. 15. Edinburgh: Edinburgh University Press.