



La Robotica Sociale come tecnologia assistiva evidence based per lo sviluppo delle competenze comunicative negli allievi con Disturbi dello Spettro Autistico

The Social Robotic as evidence based assistive technology for the development of the communicative competencies in students with Autism Spectrum Disorders

Saverio Fontani

Università di Firenze - saverio.fontani@unifi.it

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorders represent one of the most complex developmental disabilities, and the increase of incidence in the school population requires the implementation of effective educational interventions based on evidence. In recent times, the Social Robotics approach has demonstrated significant levels of effectiveness for the development of skills for the attention sharing and for the empowerment of communicative skills in students with Autism Spectrum abnormalities. In this article, the most incisive experimental evidences are presented and the opportunities or the educational intervention are discussed.

I Disturbi dello Spettro Autistico rappresentano una delle disabilità evolutive di maggiore complessità, e l'aumento della loro incidenza nella popolazione scolastica impone l'implementazione di interventi educativi efficaci fondati su evidenze. In tempi recenti, l'approccio della Robotica Sociale ha dimostrato significativi livelli di efficacia per lo sviluppo delle competenze di condivisione dell'attenzione e delle competenze comunicative negli allievi con alterazioni dello Spettro Autistico. In questo articolo vengono presentate le evidenze sperimentali più incisive e vengono discusse le opportunità per l'intervento educativo.

KEYWORDS

Special education; Autism Spectrum Disorders; Social robotics; Assistive technologies.

Educazione speciale; Disturbi dello Spettro Autistico; Robotica sociale, Tecnologie assistive.

1. Introduzione

I Disturbi dello Spettro Autistico (*Autism Spectrum Disorders*, ASD) rappresentano una delle disabilità neuroevolutive di maggiore complessità, e sono caratterizzati da evidenti deficit nella comunicazione sociale, associati a comportamenti ripetitivi ed a interessi ristretti (APA, 2013). L'incidenza delle alterazioni dello Spettro autistico ha registrato aumenti significativi negli ultimi anni, e viene attualmente stimata in un rapporto approssimativo di 1: 68 (CDCP, 2014). L'aumento dell'incidenza del disturbo nella popolazione scolastica generale ha determinato recenti ampliamenti delle prospettive di ricerca per lo sviluppo di interventi educativi efficaci, tesi allo sviluppo delle competenze comunicative che rappresentano il core deficit del disturbo.

Gli attuali criteri diagnostici del *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders- DSM 5* (APA, 2013), che può essere considerato come il principale repertorio diagnostico internazionale, sono infatti basati su due ordini di indicatori: quelli relativi al deficit della comunicazione sociale e quelli fondati sulla restrizione-ripetizione dei comportamenti. I criteri illustrano efficacemente il profilo cognitivo ed i repertori comportamentali tipicamente associati al disturbo; per questo motivo essi sono sinteticamente riportati nella tab. 1.

A. Criteri per il deficit della comunicazione sociale:

Deficit nella reciprocità socio-emotiva: approccio sociale anormale. Ridotto interesse nella condivisione degli interessi e delle emozioni;

Deficit nei comportamenti non verbali usati per l'interazione sociale: anomalie nel contatto oculare e nel linguaggio del corpo. Deficit nella comprensione e nell'uso della comunicazione non verbale. Assenza di espressività facciale e gestualità.

Deficit nello sviluppo e mantenimento di relazioni appropriate: difficoltà nel regolare il comportamento rispetto ai diversi contesti sociali. Difficoltà nella condivisione del gioco immaginativo e nel fare amicizie. Apparente mancanza di interesse verso le persone.

B. Criteri per la restrizione-ripetizione dei comportamenti e degli interessi:

Linguaggio, movimenti motori o uso di oggetti stereotipato o ripetitivo. Presenza di stereotipie motorie, ecolalia o uso ripetitivo di oggetti;

Aderenza alla routine con eccessiva resistenza ai cambiamenti;

Fissazione in interessi ristretti con intensità anormale. Eccessivo attaccamento o preoccupazione per oggetti inusuali;

Interessi anomali con pervasiva manipolazione degli oggetti e attrazione verso luci o oggetti rotanti; alterazioni della reattività agli stimoli sensoriali, con apparente indifferenza al caldo, al freddo e al dolore.

Tab. 1. Criteri diagnostici per i disturbi dello spettro autistico. Adattato da APA (2013)

Il denominatore comune ai deficit della socialità è rappresentato da un ridotto interesse nella condivisione dell'attenzione e delle attività, con evidenti deficit nello sviluppo delle competenze linguistiche. La restrizione degli interessi risulta invece associata a comportamenti ripetitivi con forte resistenza al cambiamento contestuale, a stereotipie motorie o verbali ed alla fissazione su oggetti o attività specifiche (APA, 2013).

Nelle forme a bassa funzionalità cognitiva, che rappresentano una consistente quota dei disturbi, sono quindi osservabili compromissioni delle competenze sociali, linguistiche e di condivisione dell'attenzione con gli interlocutori. Tra le competenze conservate nel profilo cognitivo dell'allievo con ASD sono invece presenti le capacità di memoria visuospatiale (Ganz & Simpson, 2018). Il dato conferma la centralità del ruolo dello schema visivo nei processi di apprendimento dell'allievo con ASD. Per questo motivo, una significativa quota dei modelli di intervento educativo di maggiore efficacia è basata sulla modificazione del contesto educativo secondo parametri di prevedibilità e di preparazione al cambiamento. Un ulteriore obiettivo dei modelli di intervento educativo evidence based è rappresentato dallo sviluppo dei comportamenti prosociali e dalla diminuzione dei comportamenti disadattivi, come quelli relativi alle stereotipie motorie o verbali (Ganz & Simpson, 2018).

In relazione allo sviluppo dei comportamenti prosociali, dovrebbe essere considerato il ruolo delle competenze imitative e di condivisione dell'attenzione, che vengono attualmente considerati i principali fattori causali del deficit della socialità (Dawson & Rogers, 2009; Dawson et al., 2012). La possibilità di condividere l'attenzione su un oggetto con un interlocutore e la possibilità di condividere attività con un partner comunicativo, in altri termini, potrebbero essere considerati elementi centrali per la compensazione del deficit sociale e per lo sviluppo di comportamenti prosociali nell'allievo con ASD (Ganz & Simpson, 2018). Il promettente ruolo della Robotica Sociale per l'implementazione di interventi educativi evidence based destinati ad allievi con Disturbi dello Spettro Autistico a bassa funzionalità cognitiva risulta fondato proprio sulla facilitazione della condivisione dell'attenzione con il partner comunicativo attraverso la mediazione di un dispositivo robotico (Pennisi et al., 2016; Kumazaki et al., 2018; Lepuschitz et al., 2018).

2. La prospettiva della Robotica Sociale

In tempi relativamente recenti la ricerca per lo sviluppo di interventi educativi evidence based orientati ad allievi con alterazioni dello Spettro Autistico è stata influenzata dalla prospettiva della Robotica Sociale (Pennisi et al., 2016; Lepuschitz et al., 2018; Yang et al., 2018). Le più recenti meta-analisi condotte sull'efficacia dell'approccio nel miglioramento delle competenze comunicative confermano il promettente ruolo rivestito dai dispositivi robotici nell'intervento educativo precoce (Pennisi et al., 2016; Scassellati et al., 2018).

Già negli anni Settanta erano comparsi contributi che evidenziavano le opportunità presentate dai dispositivi robotici quali elementi di mediazione sociale nell'intervento educativo per bambini con bassa funzionalità cognitiva (Weir & Emanuel, 1976; Papert, 1980). Tra le prototipiche intuizioni di Papert (1980) devono essere considerate quelle relative al ruolo del dispositivo robotico come elemento di attenzione condivisa tra allievo ed educatore, testimoniata dagli aumentati tempi di fissazione del bambino sul dispositivo rispetto ai tempi di fissazione dello sguardo sull'educatore. Considerazioni di tale ordine, retrostanti alla diffusa preferenza dell'allievo con ASD per la relazione con il dispositivo rispetto alla relazione con l'educatore, risultano attualmente come i fattori responsabili dell'efficacia dell'intervento educativo condotto attraverso i dispositivi robotici, che possono essere considerati come elementi di tecnologia assistiva in grado di mediare la relazione tra educatore ed allievo (Scassellati, Admoni & Mataric, 2012).

Il promettente ruolo della Robotica sociale per l'educazione di allievi con disabilità neuroevolutive complesse fu intuito sola a partire dagli anni Novanta, pe-

riodo nel quale comparvero i primi studi relativi all'utilizzo di robot umanoidi tesi a favorire il coinvolgimento dell'allievo con ASD nelle attività educative (Begum, Serna & Yanco 2016; Lancioni, 2017). Nell'ultimo decennio il panorama delle tecnologie assistive per allievi con ASD derivate dalla Robotica Sociale è decisamente cambiato, ed il ruolo della prospettiva è divenuto sempre più determinante come integratore dell'intervento educativo (Pennisi et al., 2016). Diviene quindi possibile, con l'incremento degli studi, il riferimento a meta-analisi e a sintesi di evidenze in grado di indicare le opportunità presentate dall'approccio della Robotica Sociale come tecnologia assistiva per l'intervento educativo con allievi che presentano ASD a bassa funzionalità cognitiva (Lancioni, 2017).

Il dispositivo robotico presenta peculiari opportunità per il coinvolgimento dell'allievo con ASD (Thill et al., 2012; Scassellati, Admoni & Mataric, 2012; Belpaeme et al., 2018), che possono essere sintetizzate in tre ambiti correlati, riportati nella tab. 2.

Il dispositivo robotico agisce come mediatore sociale tra allievo e educatore

Il dispositivo compone oggetto di attenzione congiunta in grado di favorire il coinvolgimento dell'allievo

Il dispositivo rappresenta un elemento ludico interattivo in grado di favorire attività condivise di gioco durante l'intervento

Tab. 2. Opportunità fornite dalla Robotica Sociale nella relazione educativa per l'allievo con ASD

La considerazione delle opportunità fornite dal coinvolgimento del dispositivo nella relazione tra educatore ed allievo con ASD può favorire la comprensione delle influenze positive esercitate dalla Robotica Sociale nei confronti dell'intervento educativo per allievi con ASD. Deve infatti essere considerata la massiva compromissione dei processi di imitazione e di attenzione congiunta nel bambino con ASD. I processi si configurano centrali per lo sviluppo delle competenze cognitive e sociali, e tale dato spiega come la maggioranza dei modelli di intervento evidence based specificamente sviluppati per l'intervento nell'ASD presenti come obiettivo il loro sviluppo. Il *Sistema SCERTS* (Prizant et al., 2006), il *Pivotal Response Training* (Koegel & Koegel, 2006), il *Denver Model* (Dawson et al., 2012) ed il *Picture Exchange Communication System- PECS* (Bondy & Frost, 2002) risultano infatti fondati sullo sviluppo delle competenze imitative e su quelle di attenzione congiunta (Ganz & Simpson, 2018; Lepuschitz et al., 2018). Lo sviluppo di tali competenze rappresenta un predittore positivo per lo sviluppo cognitivo e sociale dell'allievo con ASD, particolarmente se l'intervento viene iniziato nelle fasi precoci dello sviluppo (Dawson et al., 2012; Kumazaki et al., 2018). La necessità della precocità dell'intervento viene confermata dallo sviluppo di modelli destinati ad allievi di età compresa tra i 3 e i 5 anni, come l'*Early Start Denver Model* (Dawson & Rogers, 2009).

La facilitazione della situazione interattiva mediata dal dispositivo robotico può essere ricondotta alle opportunità precedentemente accennate. Il dispositivo risulta in grado di diminuire in modo significativo le sensazioni di disagio generalmente esperite dall'allievo con ASD nella relazione comunicativa e sociale con

l'interlocutore, poiché esso non impone le aspettative tipiche della relazione educativa (Belpaeme et al., 2018). Il dispositivo, inoltre, permette lo sviluppo di un contesto educativo strutturato e prevedibile, basato essenzialmente sullo schema visivo, che a sua volta compone una delle competenze conservate anche nei casi con bassa funzionalità cognitiva (Caron & Holyfield, 2018; Kumazaki et al., 2018).

L'elevata prevedibilità del comportamento del dispositivo genera situazioni interattive semplificate e strutturate, nelle quali l'educatore può inserirsi progressivamente allo scopo di condividere l'attenzione sul robot sociale e di invitare l'allievo ad imitare le posture del dispositivo o i suoni linguistici da esso generati. La preferenza dell'allievo con ASD per i dispositivi robotici piuttosto che per le relazioni sociali reali potrebbe favorire lo sviluppo della motivazione al coinvolgimento nella sessione di gioco o di apprendimento, con il conseguente aumento dei tempi di attenzione sostenuta (Kumazaki et al., 2017; Ganz & Simpson, 2018; Scassellati et al., 2018). La possibilità di fornire feedback chiari e strutturati da parte del dispositivo, associata alla diminuzione del disagio e dell'ansia esperiti dall'allievo nei confronti della situazione sociale reale, potrebbe favorire i processi di condivisione dell'attenzione con l'educatore e lo sviluppo delle competenze imitative del bambino, che compongono predittori significativi per un'evoluzione positiva del disturbo (Dawson et al., 2012; Begum, Serna & Yanco, 2016; Caron & Holyfield, 2018).

In base a tali motivazioni, i dati forniti dalle più significative meta-analisi (Diehl, et al., 2012; Begum, Serna & Yanco 2016; Pennisi et al., 2016; Belpaeme et al., 2018) potrebbero risultare significativi per la comprensione delle opportunità del coinvolgimento del dispositivo robotico quale mediatore sociale nei modelli di intervento educativo precoce per allievi con ASD a bassa funzionalità cognitiva associato a rilevante ritiro sociale (Ganz & Simpson, 2018). Per questo motivo vengono presentate le evidenze più significative per lo sviluppo dei comportamenti prosociali, delle competenze imitative e delle competenze di attenzione congiunta condotte attraverso la mediazione della Robotica Sociale. Nella presente sintesi sono inclusi solo gli studi con gruppo di controllo e quelli con disegni ABA a misure ripetute.

3. Sviluppo delle competenze adattive e prosociali

Il deficit della comunicazione sociale rappresenta il *core deficit* del disturbo, e per questo motivo la maggioranza dei modelli di intervento educativo evidence based presenta l'obiettivo comune dello sviluppo delle competenze sociali e comunicative (Matson, 2014; Ganz & Simpson, 2018). Uno degli ambiti più promettenti delle tecnologie assistive basate sulla Robotica Sociale è rappresentato proprio dalla sua efficacia per lo sviluppo dei comportamenti adattivi e prosociali (Pennisi et al., 2016; Scassellati et al., 2018).

Le meta-analisi condotte sul tema evidenziano infatti una generale tendenza alla diminuzione dei comportamenti disadattivi ed allo sviluppo dei comportamenti prosociali, ascrivibili allo sviluppo delle competenze imitative e di attenzione congiunta (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 (Thill et al., 2012; Pennisi et al., 2016; Belpaeme et al., 2018).

Deve essere sottolineato come il dispositivo robotico, in questa prospettiva, sia considerato come un elemento assistivo in grado di facilitare sia la condivi-

sione dell'attenzione con l'educatore, sia la generazione di esperienze interattive con lo stesso, nelle quali l'oggetto di attenzione comune è rappresentato dal dispositivo (Scassellati et al., 2018). La relazione con il dispositivo, in altri termini, deve essere presentata sotto la forma di un training strutturato e prolungato condotto sempre sotto la supervisione dell'educatore. Se vengono considerati i rischi di affaccendamento afinalistico con il dispositivo, non appare produttivo lasciare che l'allievo giochi o interagisca da solo con lo stesso (Thill et al., 2012; Caron & Holyfield, 2018). Gli studi recenti di maggiore rilevanza per lo sviluppo delle competenze sociali e comunicative sono presentati nella Tab. 3.

Studio	N	Gruppo Controllo	Condizione sperimentale
Chaminade et al. (2012)	12	Presente	Interazione con robot Bioloid
Damm et al. (2013)	9	Presente	Interazione con robot Flobi
Puyon & Giannopolu (2013)	11	Assente	Interazione con robot POL
Scassellati et al. (2018)	12	Assente	Interazione con robot JIBO

Tab. 3. Studi significativi per lo sviluppo dei comportamenti prosociali nell'ASD

Lo studio di Chaminade et al. (2012) risulta di particolare rilevanza, poiché esso è stato condotto su un campione di 12 giovani adulti con ASD a bassa funzionalità cognitiva (età media 21 anni). Mentre sono abbondanti gli studi condotti su allievi in età evolutiva, risultano scarsi quelli condotti su partecipanti adulti; lo studio sembra confermare l'ipotesi secondo la quale l'effetto di facilitazione presentato dal dispositivo robotico è riscontrabile anche in giovani adulti con ASD. Nello studio era presente un gruppo di controllo di giovani adulti a sviluppo tipico, parificato per età cronologica; tutti i partecipanti erano sottoposti ad analisi derivata dalla Risonanza Magnetica Funzionale (fMR) durante ogni sessione sperimentale. Ogni partecipante era invitato ad imitare le posture corporee del dispositivo *Bioloid*, che ha forma antropomorfa e risulta in grado di assumere 18 diverse posizioni mediante controllo wireless. Le analisi condotte attraverso i sistemi di fMR indicano come nei partecipanti con ASD, durante l'interazione con *Bioloid*, siano attivati gli stessi processi cognitivi utilizzati dai soggetti a sviluppo tipico durante la relazione con un interlocutore umano (Chaminade et al., 2012).

Anche lo studio di Damm et al. (2013) è stato condotto su un campione di partecipanti di età adulta (N=9, età media 21 anni), e risulta significativo poiché conferma l'efficacia del dispositivo robotico nei giovani adulti con bassa funzionalità cognitiva, che in precedenza non hanno usufruito di tecnologie assistive quali quelle considerate. Il parametro utilizzato era quello relativo alla direzionalità dello sguardo, mentre il dispositivo utilizzato era *Flobi*. Questo dispositivo ha la forma di una testa umana antropomorfa in grado di realizzare 18 diverse espressioni facciali riconducibili alle emozioni di base. Lo studio prevedeva la presenza di un gruppo di controllo parificato per età cronologica e genere. I risultati dello studio confermano come la quantità dei contatti oculari e la direzionalità dello sguardo dei partecipanti con ASD siano paragonabili a quelli dei partecipanti a sviluppo tipico quando interagiscono con un partner umano. Poiché il numero

dei contatti oculari con interlocutori umani è significativamente inferiore nei soggetti con ASD, i dati sembrano confermare l'effetto di facilitazione indotto dal dispositivo. Deve essere inoltre considerata la possibilità di facilitazione nell'imitazione delle espressioni facciali per gli allievi con ASD, che frequentemente incontrano notevoli difficoltà nel loro riconoscimento durante l'interazione con un partner umano. La possibilità di imitazione e di riconoscimento delle espressioni facciali risulta infatti retrostante allo sviluppo delle competenze sociali di base (Dawson, 2009, 2012; Ganz & Simpson, 2018).

Lo studio di Puyon & Giannopolu (2013) ha utilizzato l'analisi delle situazioni interattive con il dispositivo *POL*. Il dispositivo è costituito da una gallina di materiale plastico colorato in grado di camminare e di girare attraverso comandi inviati in modalità wireless. Lo studio è stato condotto su un gruppo di bambini (N=11) con ASD a bassa funzionalità cognitiva, in assenza di gruppo di controllo. I parametri utilizzati come unità di misura erano rappresentati dai tempi di interazione e dal numero di parole emesse in due diverse condizioni sperimentali. Nella prima il bambino interagiva, sotto la supervisione dell'educatore, con il dispositivo *POL*; nella seconda condizione interagiva con un giocattolo di aspetto analogo, ma privo delle possibilità di movimento. I risultati hanno evidenziato un'importante differenza tra le due condizioni. I bambini presentavano tempi di interazione più lunghi e pronunciavano un numero di parole maggiore quando interagivano con il dispositivo robotico rispetto alla condizione di interazione con il giocattolo immobile. Anche questi dati possono essere interpretati alla luce della facilitazione sociale indotta dal dispositivo robotico, se vengono considerati i notori deficit di produzione linguistica comunemente associati al disturbo.

Il recente studio di Scassellati et al. (2018) illustra infine le opportunità di un dispositivo robotico sociale utilizzato in associazione con un monitor touch screen, e presenta particolari opportunità poiché condotto nel principale ambito di vita del bambino con ASD, quello domestico. Le possibilità di sviluppo delle competenze sociali attraverso la mediazione del dispositivo robotico sembrano infatti essere aumentate se l'interazione viene condotta con i compagni o con i genitori (Kim et al., 2012; 2013). Lo studio è stato condotto su campione di 12 bambini con ASD a bassa funzionalità cognitiva di età compresa tra i 6 e i 12 anni. Il disegno sperimentale è del tipo ABA a misure non ripetute, con una situazione di pre-test, una di post-test ed una di follow up, condotte a distanza di 30 giorni. La situazione sperimentale era composta da un training quotidiano di 30 minuti condotto per un mese, nel quale ogni bambino interagiva, sotto la supervisione di un genitore, con il dispositivo *JIBO*. *JIBO* è un robot sociale non antropomorfo alto 30 cm. e situato sul tavolo accanto al monitor. Il dispositivo è in grado di generare messaggi verbali che forniscono istruzioni e feedback per lo svolgimento di giochi interattivi condotti sul monitor touch screen, in collaborazione con il genitore. *JIBO* ha tre possibilità di movimento, con occhi mobili in grado di chiudersi e di dilatarsi: tali movimenti oculari possono segnalare al bambino la situazione di condivisione dell'attenzione. Nella situazione sperimentale era presente una telecamera in grado di registrare i tempi di fissazione e la direzionalità dello sguardo del bambino, le capacità di risposta al richiamo e al saluto generati da *JIBO*. Questi parametri erano utilizzati come unità di misura, in associazione ad interviste condotte con i genitori sul comportamento del bambino.

I risultati confermano come, nella fase di post-test, i bambini presentino incrementi significativi delle competenze sociali, di attenzione congiunta e di interazioni verbali spontanee con i genitori. Sono stati registrati anche incrementi significativi dei tentativi di inizio di scambi comunicativi, e questo dato deve essere considerato in relazione al deficit di comunicazione funzionale tipicamente

associato al disturbo. Di particolare rilievo risulta anche la parziale conservazione degli incrementi registrati anche nella fase di follow-up, ad un mese dal termine del training. I risultati dello studio illustrano efficacemente le possibilità interattive fornite dal dispositivo robotico nell'ambiente di vita del bambino, e possono essere considerati determinati per la valutazione della sua efficacia in relazione allo sviluppo dei comportamenti prosociali.

La sintesi delle evidenze derivate da questa breve rassegna segnalano le opportunità promosse dalla mediazione dei dispositivi di Robotica Sociale per lo sviluppo dei comportamenti adattivi e comunicativi. La maggiore disponibilità alla relazione sociale durante le interazioni condotte attraverso la mediazione indotta dal dispositivo, in altri termini, potrebbe rappresentare il punto di partenza per lo sviluppo di ulteriori esperienze interattive condotte nella situazione sociale reale. In base a queste motivazioni, la prospettiva della Robotica Sociale potrebbe essere considerata come una significativa opzione educativa in relazione all'intervento precoce e all'intervento per gli allievi con comportamenti di ritiro sociale e di rifiuto verso i compagni (Kim et al., 2012, 2013; Scassellati et al., 2012).

4. Sviluppo delle competenze imitative

Un ulteriore ambito, strettamente correlato allo sviluppo delle competenze sociali nell'ASD, è quello rappresentato dallo sviluppo delle competenze imitative, che compongono un deficit tipicamente associato al disturbo. Le competenze di imitazione sono indispensabili per lo sviluppo della cognizione sociale del bambino, e risultano gravemente compromesse in tutti i casi di ASD, con particolare riferimento alle forme con bassa funzionalità.

Per questo motivo i modelli per l'intervento educativo più efficaci prevedono l'insegnamento delle competenze imitative di base attraverso la stimolazione di comportamenti imitativi di semplici posture o gesti di un modello umano. Nel *Denver Model* (Dawson et al., 2012) e nell'*Early Start Denver Model* (Dawson & Rogers, 2009), ad esempio, gli allievi sono indotti alla imitazione di gesti relativi alla prensione, al saluto alla collocazione di oggetti nell'ambiente.

Poiché numerosi allievi con ASD sembrano presentare maggiore motivazione all'interazione con un dispositivo robotico, in confronto alla situazione sociale reale di insegnamento delle competenze imitative (Scassellati et al., 2012; 2018), sono stati sviluppati vari tentativi orientati allo sviluppo delle competenze imitative utilizzando un robot come modello. Gli studi più significativi sono riportati nella tab. 4.

Studio	N	Gruppo controllo	Condizione sperimentale
Bird et al. (2007)	16	Presente	Imitazione postura mano robotica
Michaud et al. (2007)	4	Assente	Imitazione gesti robot Tito
Pierro et al. (2008)	12	Presente	Imitazione postura arto robotico
Cook et al. (2014)	10	Presente	Imitazione movimenti in Ambiente Virtuale

Tab. 4. Principali studi sulle competenze di imitazione nella relazione con robot sociale

Lo studio di Bird et al. (2007) è stato condotto su un campione di 16 adulti con ASD ad elevata funzionalità cognitiva con età media di 34,90 anni, e prevedeva un disegno cross sezionale con gruppo di controllo parificato per età. La condizione sperimentale prevedeva l'imitazione delle posture e dei gesti di una mano robotica e di una mano umana mentre il parametro di misura era rappresentato dall'indicatore della velocità di risposta contrazione misurato attraverso dispositivo elettromiografico. I risultati confermano che le prestazioni imitative sono migliori nella condizione di imitazione di mano umana rispetto a quella robotica.

Uno studio di analoga rilevanza, orientato allo sviluppo delle competenze di imitazione motoria attraverso la relazione mediata dal robot, risulta quello di Michaud et al. (2007). Lo studio, condotto su un gruppo di 4 bambini di età media di 5 anni con ASD a bassa funzionalità cognitiva senza gruppo di controllo, ha utilizzato il mediatore robotico *Tito*. Questo dispositivo è realizzato in materiale soffice e colorato, ha aspetto antropomorfo e presenta la possibilità di alzare le braccia, di girare la testa e di sorridere. Il mediatore *Tito* può emettere messaggi vocali preregistrati e può essere controllato da una postazione di controllo remoto wireless. Nella situazione sperimentale *Tito* invitava i partecipanti ad imitare i suoi movimenti delle braccia, delle testa e di sorriso. I risultati, registrati in base all'osservazione comportamentale dopo un training di 22 sedute, confermano come bambini con bassa funzionalità cognitiva migliorino le loro competenze imitative se viene utilizzato un mediatore robotico.

Nello studio di Pierno et al. (2008), 12 bambini con ASD a bassa funzionalità cognitiva con età media di 11,10 anni erano invitati a riprodurre le posizioni di un arto robotico e quelle di uno sperimentatore umano. Era previsto un gruppo di controllo di analoga consistenza numerica, composto da bambini a sviluppo tipico, ed il parametro di misura era rappresentato dall'analisi del tracciamento dei movimenti oculari. I risultati confermano come le prestazioni imitative dei bambini con ASD siano migliori nella condizione di imitazione dell'arto robotico, mentre i bambini a sviluppo tipico presentano prestazioni migliori con l'essere umano.

Lo studio di Cook et al. (2014), condotto su un campione di 10 giovani adulti con ASD ad elevata funzionalità cognitiva con età media di 41 anni associato a gruppo di controllo di partecipanti a sviluppo tipico, prevedeva l'imitazione di movimenti di un essere umano virtuale e l'imitazione di un essere umano reale, con parametri di misura derivati dal tracciamento dei movimenti oculari. I risultati non evidenziano effetti positivi sulle competenze imitative dei partecipanti nella condizione di interazione con l'essere umano virtuale.

Sebbene contrastanti e di difficile interpretazione, le evidenze che risultano dalle meta-analisi potrebbero orientare verso una probabile influenza positiva della mediazione operata dal dispositivo robotico sullo sviluppo delle competenze imitative. Tale ambito rappresenta forse quello che necessita di maggiori approfondimenti per la validazione dell'efficacia della relazione mediata dal robot sociale (Cook et al., 2014; Pennisi et al., 2016).

5. Sviluppo delle competenze di condivisione dell'attenzione

I processi di condivisione dell'attenzione sono alla base della cognizione sociale, e rappresentano un deficit tipico del disturbo, responsabile dell'incapacità di condividere l'attenzione con un partner su oggetti o attività (Dawson et al., 2012; Wang et al., 2014). Lo sviluppo dell'attenzione congiunta è un obiettivo comune ai vari modelli di intervento evidence-based, quali quelli rappresentati dal *Denver Model* (Dawson et al., 2012), dal sistema *PECS* (Bondy & Frost, 2002) e dai Sistemi

di Comunicazione Aumentativa Alternativa (Wang et al., 2014, Ganz & Simpson, 2018).

I processi di attenzione congiunta risultano infatti indispensabili per la condivisione di attività ludiche e educative con un partner comunicativo, se viene considerata la loro stretta relazione sullo sviluppo delle competenze sociali e comunicative (Matson, 2014; Wang et al., 2014; Caron & Holyfield, 2018).

La prospettiva della Robotica Sociale presenta opportunità per la condivisione dei processi attentivi, soprattutto quando essa viene supervisionata dall'educatore, da un compagno o da un genitore (Kim et al., 2013; Desideri et al., 2017). La tipica situazione di condivisione dell'attenzione nelle attività educative condotte con la mediazione di un dispositivo robotico è di tipo triadico, e risulta composta dall'allievo, dall'educatore o da un compagno e dal dispositivo.

I processi di attenzione congiunta risultano inoltre determinanti per lo sviluppo delle competenze imitative: la richiesta di riprodurre la posizione di un arto, l'espressione facciale di un'emozione o una produzione verbale presuppongono infatti il ricorso ad esperienze di condivisione dell'attenzione tra allievo, educatore e dispositivo robotico. Deve comunque essere sottolineato come le principali meta-analisi degli studi in relazione ai processi di attenzione congiunta (Thill et al., 2012; Pennisi et al., 2016) non indichino ancora un'evidenza reale dell'intervento mediato dal dispositivo robotico. Gli studi più recenti, fondati su campioni più ampi e sull'utilizzo di dispositivi con occhi mobili, sembrano tuttavia indicare una probabile efficacia di tale tecnologia assistiva nei processi di condivisione dell'attenzione (Kumazaki et al., 2018; Scassellati et al., 2018). Gli studi recenti più significativi sono schematizzati nella tab. 5.

Studio	N	Gruppo Controllo	Condizione sperimentale
Anzalone et al. (2014).	16	Presente	Interazione con robot Nao
Kumazaki et al. (2018)	30	Presente	Interazione con robot CommU
Scassellati et al. (2018)	12	Assente	Interazione con robot JIBO

Tab. 5. Studi più rilevanti per lo sviluppo delle competenze di attenzione congiunta nell'ASD

Lo studio di Anzalone et al. (2014) è stato condotto su un campione di 16 bambini con età media di 9 anni e ASD a media funzionalità cognitiva. Era presente un gruppo di controllo di bambini a sviluppo tipico, di identica età cronologica. Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a sessioni interattive nelle quali il robot *Nao* veniva utilizzato come mediatore nella relazione tra allievo ed educatore. Il dispositivo *Nao* ha forma antropomorfica, può generare messaggi verbali e presenta occhi luminosi, ma non mobili. Nella condizione sperimentale il dispositivo emetteva messaggi verbali per invitare l'allievo ad osservare singoli oggetti fissati sulla parete. Il parametro utilizzato era quello della direzionalità dello sguardo registrata attraverso telecamera che forniva il tracciamento tridimensionale dei movimenti oculari di ogni allievo. I risultati indicano un aumento dei tempi di fissazione e di direzionalità dello sguardo sul dispositivo da parte degli allievi con ASD. Questo dato indica le evidenti capacità di attrazione sociale dello strumento, ma non può essere considerato come un indicatore di condivisione dell'attenzione con l'educatore. Processi di tale ordine sono osservabili solo negli allievi a

sviluppo tipico, mentre per l'allievo con ASD il dispositivo potrebbe esercitare effetti di distrazione per i compiti di attenzione congiunta.

Studi più recenti hanno utilizzato dispositivi in grado di generare movimenti oculari, e questa modifica sembra presentare effetti positivi per la condivisione dei processi attentivi.

Nello studio di Kumazaki et al. (2018) sono state registrate gli esiti di sessioni interattive condotte con 30 bambini con ASD a bassa funzionalità cognitiva ed età media di 6.09 anni, accoppiati ad un gruppo di controllo di analogia consistenza numerica, parificato per età, costituito da allievi a sviluppo tipico. Il robot social utilizzato è *CommU*, di aspetto antropomorfo, in grado di assumere 15 diverse posizioni e di generare messaggi verbali. Il dispositivo presenta tre diverse possibilità di movimento oculare, può aprire e chiudere le palpebre ed è dotato della possibilità di movimento labiale. Il movimento labiale lo rende in grado di sorridere, e questa possibilità lo differenzia da *Nao* e da altri dispositivi antropomorfi utilizzati negli studi precedenti. Durante le sessioni interattive del gruppo sperimentale, composto da 15 allievi con ASD e 15 allievi a sviluppo tipico, l'interazione è mediata da *CommU*, che richiede al bambino di guardare verso immagini fissate sulle pareti; alla richiesta sono associati il sorriso e direzionalità dello sguardo verso l'immagine specifica. Il processo di condivisione dell'attenzione usa la frequenza dei movimenti oculari dell'allievo verso l'immagine indicata. Il gruppo di controllo, (15 allievi con ASD e 15 allievi a sviluppo tipico) eseguiva le consegne sotto la supervisione di un operatore umano. I risultati confermano significativi aumenti delle capacità di condivisione dell'attenzione evidenziano nella condizione di interazione con il dispositivo robotico, mentre questo effetto non era registrato nel gruppo di controllo che interagisce con l'educatore. I risultati sembrano così evidenziare il ruolo del movimento oculare e del sorriso del mediatore robotico come elementi in grado di influire sulle competenze di condivisione dei processi attentivi.

Anche lo studio di Scassellati et al. (2018), precedentemente citato in relazione allo sviluppo delle competenze prosociali, ha fornito dati di evidenza per lo sviluppo delle competenze di condivisione dell'attenzione. L'utilizzo del dispositivo *JIBO*, che presenta occhi mobili con possibilità di sbattimento delle palpebre e di dilatazione/restringimento delle pupille, sembra esercitare un effetto positivo sulle competenze di condivisione dell'attenzione tra allievo e genitore. I risultati relativi all'incremento dei tempi di fissazione ed alla condivisione della direzionalità dello sguardo con il genitore nella fase di post-test sembrano confermare le opportunità dei dispositivi ad occhi mobili per lo sviluppo dei processi di condivisione dell'attenzione segnalate anche da Kumazaki et al. (2018). Per questo motivo potrebbero essere considerate le possibilità dello sviluppo di dispositivi robotici che presentano possibilità di movimento oculare (Scassellati et al., 2018).

Conclusioni

Nonostante i limiti del presente lavoro, che rappresenta unicamente una sintesi delle più significative evidenze sperimentali a favore delle opportunità promosse dalla Robotica Sociale nell'intervento educativo per l'ASD, esso potrebbe tuttavia favorire la trasmissione di elementi di considerazione delle opportunità correlate all'approccio. La potenziale inclusione di training basati sulla mediazione del dispositivo robotico nella programmazione educativa per allievi con ASD a bassa funzionalità cognitiva potrebbe rappresentare un'opzione significativa per l'in-

intervento educativo precoce e per gli interventi tesi alla risposta educativa verso gli espliciti comportamenti di rifiuto della relazione sociale (Desideri et al., 2017; Scassellati et al., 2018).

Le presumibili future evoluzioni di questa famiglia di tecnologie assistive potrebbero inoltre determinare fertili sviluppi per gli interventi educativi orientati a soggetti adulti con bassa funzionalità cognitiva, che rappresentano una popolazione in continua crescita (Ganz & Simpson, 2018) verso la quale la società è tenuta a fornire risposte educative adeguate ai fini dello sviluppo delle competenze di autonomia personale.

Riferimenti bibliografici

- APA- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th Ed.). Washington: APA.
- Anzalone, S. M., Tilmont, E., Boucenna, S., Xavier, J., Jouen, A. L., Bodeau, N., et al. (2014). How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D1 time) environment during a joint attention induction task with a robot. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8, 814–826. doi: 10.1016/j.rasd.2014.03.002.
- Begum, M., Serna, R. W., & Yanco, H. A. (2016). Are robots ready to deliver autism interventions? A comprehensive review. *International Journal of Social Robotics*, 8 (2), 157–181. <https://doi.org/10.1007/s12369-016-0346-y>.
- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B. & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science Robotics*, 3, eaat5954.
- Bird, G., Leighton, J., Press, C., & Heyes, C. (2007). Intact automatic imitation of human and robot actions in autism spectrum disorders. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 274, 3027–3031. doi: 10.1098/rspb.2007.1019
- 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: Ganz, J. B. & Simpson, R. (2018). *Interventions for Individuals with Autism Spectrum Disorder and Complex Communication Needs*. Baltimore: Brookes, 103-128.
- Cook, J., Swapp, D., Pan, X., Bianchi-Berthouze, N., & Blakemore, S.J. (2014). Atypical interference effect of action observation in autism spectrum conditions. *Psychological Medicine*, 44, 731–740. doi:doi.org/10.1017.
- 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, 103-10. doi: 10.1109/6343782.
- 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. & Rogers, S. (2009). Randomized, controlled trial of an intervention for toddlers with autism: the Early Start Denver Model. *Pediatrics*, 125(1):17–23.
- 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), 216-24.
- Desideri, L., Negrini, M., Cutrone, M. C., Rouame, A., Malvasi, M., Hoogerwerf, E. J., et al. (2017). Exploring the use of a humanoid robot to engage children with autism spectrum disorder (ASD). *Studies in Health Technology and Informatics*, 242, 501–509.
- 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. doi: 10.1016/j.rasd.2011.05.006.
- Ganz, J. B. & Simpson, R. (2018). *Interventions for Individuals with Autism Spectrum Disorder and Complex Communication Needs*. Baltimore: Brookes.
- Kim, E., Paul, R., Shic, F., B. Scassellati, B. (2012). Bridging the research gap: Making HRI useful to individuals with autism. *Journal of Human and Robot Interaction*, 1, 26–54 (2012). Doi: 10.5898/JHRI.1.1.Kim.
- 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. doi: 10.1007/s10803-012-1645-2.
- Koegel, R. L., & Koegel, L. K. (2006). *Pivotal response treatments for autism: Communication, social, and academic development*. Baltimore: Brookes.
- Kumazaki, H., Warren, Z., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Miyao, M., Nakano, M., Mizushima, S, Wakita, Y., Ishiguro, H., Mimura, M., Minabe, Y. & Kikuchi, M. (2017). A pilot study for robot appearance preferences among high-functioning individuals with autism spectrum disorder: Implications for therapeutic use. *PLoS One*, 12 (10).
- Kumazaki, H., Yoshikawa, Y., Yoshimura, Y., Ikeda, T., Hasegawa, C., Saito, D. N., Tomiyama, S., An, K. M., Shimaya, J., Ishiguro, H., Matsumoto, Y., Minabe, Y. & Kikuchi, M. (2018). The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders. *Molecular Autism*, 9, 46.
- Lancioni, G. E. (2017). Assistive technology for people with developmental disabilities. *International Journal of Developmental Disabilities*, 63(4), 187–189.
- Lee, J., Takehashi, H., Nagai, C., & Obinata, G. (2012). Design of a therapeutic robot for interacting with autistic children through interpersonal touch. *International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 712–717. doi: 10.5772/51128
- Lepuschitz, W., Merdan, M., Koppensteiner, G., Balogh, R. & Obdržálek, D. (2018). *Robotics in Education. Methods and Applications for Teaching and Learning*. Springer International.
- Michaud, F., Salter, T., Duquette, A., Mercier, H., Larouche, H., & Larose, F. (2007). Assistive technologies and child-robot interaction. AAAI-07 (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) Conference, Vancouver, Canada. In *Proceedings of the 22nd AAAI Conference*.
- Odom, S. L. (2013). *Technology-aided instruction and intervention (TAII) fact sheet*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Papert, 1980] 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. doi: 10.1002/aur.1527.
- Pierno, A.C., Mari, M., Lusher, D., & Castiello, U. (2008). Robotic movement elicits visuomotor priming in children with autism. *Neuropsychologia*, 46, 448–454. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.08.020
- Prizant, B., Wetherby, A. Rubin, E. & Rydell, P. J. (2006). *The SCERTS Model: A comprehensive educational approach for children with Autism Spectrum Disorders*. Baltimore: 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.
- Scassellati, B., Admoni, H. & Mataric, M. (2012). Robots for use in autism research. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 14, 275–294. doi: 10.1146/annurev-bioeng-071811-150036.
- Scassellati, B., Boccanfuso, L., Huang, C., Mademtzi, M., Qin, M., Salomons, P., Ventola, P. & Shic, F. (2018). Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot. *Science Robotics*, 3, eeat7544. doi: 10.1126/scirobotics.aat7544.
- 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. *Transactions on Autonomous Mental Development*, 6, 183–199. doi: 10.1007/s12369-013.0195-x.

- 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.
- Wong, C., Odom, S. L., Hume, K. Cox, A. W., Fettig, A., Kucharczyk, S. & Schultz, T. R. (2014). *Evidence-based practices for children, youth, and young adults with Autism Spectrum Disorder*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Yang, G., Bellingham, P., Dupont, P., Fischer, P., Floridi, L., Jacobstein, N., Kumar, V., McNutt, M., Merrifield, R., Bradley J., Brian Scassellati, B., Taddeo, M., Russell Taylor, R., Veloso, M., Wang, Z. & Wood, R. (2018). The grand challenges of Science Robotics. *Science Robotics*, 3 eear7650. doi: 10.1126/scirobotics.aar7650.