



Robotica e sviluppo delle abilità sociali nell'autismo. Una review critica

V. Pennazio

Sommario

Il contributo presenta una review della letteratura prodotta negli ultimi 10 anni (2010-2019) sull'impiego della robotica per sviluppare le abilità sociali nella sindrome dello spettro autistico. L'obiettivo dell'analisi è quello di individuare evidenze scientifiche che a partire dagli studi effettuati sull'interazione uomo-robot [1,2,3,4] in generale, e sull'interazione persona con autismo-robot nello specifico [5,76], aiutino a comprendere se e come i robot sociali possano essere impiegati per supportare le persone con autismo nello sviluppo della Teoria della Mente (ToM) evidenziandone possibili potenzialità e criticità. Viene presentata l'analisi di 35 contributi significativi in questa prospettiva, posti in relazione tra loro per ricavare riflessioni spendibili nella predisposizione di futuri protocolli di intervento.

Abstract

The paper presents a review of the literature produced over the last 10 years (2010-2019) on the use of robotics to develop social skills in the autism spectrum syndrome. The purpose of the analysis is to identify scientific evidence that, starting from the studies carried out on human-robot interaction [1, 2, 3, 4] in general, and on the interaction person with autism-robot specifically [5,76], they can help to understand if and how social robots can be used to support people with autism in the development of the Theory of Mind (ToM), by highlighting their potential and critical issues.

In this perspective, the analysis of 35 significant contributions is presented, related to each other, to derive useful reflections in the preparation of future intervention protocols.

Keywords: Robotica sociale, Autismo, Abilità sociali, Teoria della mente



Introduzione

Negli ultimi dieci anni sono stati condotti numerosi studi sull'applicazione della robotica nel campo della disabilità. Una parte significativa delle indagini intraprese si è focalizzata sull'utilità delle tecnologie robotiche nel favorire la sollecitazione delle abilità deficitarie nella Sindrome dello Spettro Autistico (ASD) confermando come i robot sociali consentano di aprire un canale comunicativo (con il bambino con autismo) incanalando l'attenzione (contatto oculare) e innescando la messa in atto di nuovi comportamenti sociali [6,7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

Avvalendosi di dati sperimentali, gli studi hanno evidenziato inoltre, come per un bambino con autismo sia molto più semplice "avvicinarsi a" ed "interagire con" un "compagno-robot". Infatti, rispetto all'"interlocutore umano" che è imprevedibile nelle sue risposte, il robot può essere programmato dall'uomo in base alle esigenze del bambino creando, di conseguenza, situazioni relazionali prevedibili e rassicuranti dal punto di vista emotivo (non si innesca cioè l'ansia legata a ciò che non si conosce) [13]. Inoltre, il supporto robotico è regolabile per quanto riguarda le informazioni sensoriali emesse e questo consente, durante un'interazione, di modulare le sollecitazioni ampliandole o riducendole (ad esempio è possibile attivare o disattivare suoni, luci) in base alle caratteristiche sensoriali del bambino.

Risultati positivi sono stati ottenuti con l'utilizzo dei robot anche nei seguenti aspetti:

- l'accettabilità sociale intesa come la disponibilità del bambino con autismo ad entrare in relazione prima con il mediatore robotico e poi con il partner umano [18, 19];
- la "comunicazione motoria per imitazione" cioè la riproduzione da parte del bambino di azioni e comportamenti compiuti dal robot con finalità comunicativa (aspetto carente nell'autismo) [20, 21, 22];
- il mantenimento dell'attenzione condivisa [13], cioè la capacità di mantenere il contatto oculare sullo stesso oggetto osservato da più persone.

Tali elementi sono importanti perché rappresentano alcuni dei precursori della Teoria della Mente (ToM) (il costrutto sarà spiegato nel paragrafo "Autismo e Teoria della Mente").

In questi studi il robot non è stato mai inteso come un sostituto dell'essere umano [6] ma come un mediatore sociale che si pone tra il bambino e un adulto o un pari [5, 16] colmando la distanza che generalmente si crea tra il mondo stabile, prevedibile e sicuro (ricercato dal bambino con autismo) e il mondo complesso e imprevedibile della comunicazione e dell'interazione umana [17, 8].

Finalità dell'analisi condotta

A partire dalle osservazioni sopra esposte, il contributo si pone come obiettivo quello di delineare lo stato dell'arte attuale degli studi condotti nell'ambito dell'autismo con l'utilizzo della robotica al fine di rintracciare possibili piste di ricerca future.

L'analisi effettuata ha messo in evidenza come molti studi, finalizzati a fronteggiare gli aspetti deficitari della reciprocità socio-emotiva tipici della Sindrome dello Spettro Autistico, siano intervenuti principalmente sui singoli precursori della ToM: contatto oculare, imitazione, gioco simbolico, interazione umana. Un numero minore di indagini si è occupato, invece, di indagare in maniera specifica lo sviluppo complessivo della ToM, vale a dire la capacità di "mentalizzare" (cioè di considerare il comportamento altrui come frutto di stati mentali simili ai propri, riconoscerne l'esistenza e regolare il proprio comportamento in base a questi) associando, ad esempio, la robotica alla creazione di storie sociali [8, 43] (strumento tipico utilizzato nei casi di autismo).

Tale constatazione induce a riflettere sulla necessità di agire maggiormente in questa direzione partendo da quelle evidenze scientifiche che dimostrano come il lavoro in presenza con un robot umanoide interattivo consenta di agire in concreto sugli stati emotivi (riconoscere le emozioni e i fattori causali che le determinano) [8, 23], sulla comprensione delle credenze (che cosa gli altri credono, pensano) e sullo sviluppo di prospettive concettuali diverse dalla propria (un elemento, qualunque esso sia, cambia nel significato se viene osservato da prospettive differenti).

Altro elemento da considerare è l'esiguo numero di studi specifici sulla trasferibilità delle abilità di interazione [24] apprese nel lavoro con il robot dalla persona con autismo all'interlocutore umano. È un aspetto che assume rilevanza in rapporto alla possibilità o meno di partecipare adeguatamente e attivamente in un contesto sociale. Un apprendimento conseguito in una situazione appositamente creata e con il mediatore robotico non è di per sé significativo; lo diventa solo se, successivamente, trova replicabilità in un contesto reale con interlocutori umani.

Autismo e Teoria della Mente (ToM)

Per comprendere la reale utilità della robotica nello sviluppo delle abilità sociali dei bambini con autismo è doveroso focalizzare le maggiori difficoltà connesse alla condizione di autismo e in particolare quelle legate al modulo specifico della Teoria della Mente dal momento che, a partire da queste, si generano ripercussioni nella possibilità di agire adeguatamente o meno da un punto di vista sociale.

La condizione di autismo viene ricondotta dal DSM-V (2013) [25] alla presenza di due principali categorie di deficit.

La *prima categoria* è quella comunicativa e interattiva-sociale che si manifesta sia con l'assenza dei tipici comportamenti verbali e non-verbali presenti in una relazione sociale (contatto oculare, gestualità e comprensione della stessa, espressività facciale) con la conseguente impossibilità di intrattenere correttamente una conversazione, sia con la difficoltà a comprendere gli stati emotivi, a gestire le relazioni e di conseguenza ad adeguare il comportamento ai diversi contesti sociali [25].

La *seconda categoria* si focalizza maggiormente sul comportamento manifesto, segnalando la presenza di pattern comportamentali ristretti, ripetitivi e

stereotipati, interessi intensi ma circoscritti ad uno specifico ambito, aderenza alla routine e iper o iporeattività sensoriale nel rapporto con gli elementi contestuali [25]. All'interno della prima categoria è possibile far confluire i deficit tipici della Teoria della Mente (ToM) intesa come la capacità umana di *mindread* cioè di dedurre e considerare i pensieri, i desideri, le sensazioni e le emozioni degli altri [26]. La sua acquisizione sembra essere alla base dei complessi comportamenti sociali che si sviluppano già nella prima infanzia [27; 26]. Molti studi hanno dimostrato infatti, un'associazione significativa tra ToM e competenze sociali [28], abilità sociali [29] e maturità sociale [30]. In sintesi è possibile sostenere che la ToM consente alle persone di entrare nello stato mentale altrui comprendendo in che modo le persone possano conoscere, desiderare e crearsi delle credenze [31, 32] emettendo, di conseguenza, un comportamento sociale adeguato alla situazione.

Schneider e collaboratori [33], in tempi recenti, hanno proposto l'esistenza di due modalità espressive della ToM: una esplicita che implica la capacità di predizione verbale e di spiegazione degli stati mentali delle altre persone e l'altra implicita che viene estrapolata dai movimenti oculari spontanei dei bambini, dall'inseguimento visivo di un oggetto [33, 26]. Si tratta di elementi svincolati dal linguaggio e pertanto emergenti già nel secondo anno di vita [34, 26].

Il corretto sviluppo della Teoria della Mente nella sua accezione cognitiva ed emozionale, secondo alcuni studiosi [35] dipende anche dalle Funzioni Esecutive (FE), intese come abilità cognitive che permettono alla persona di controllare e regolare il comportamento nel perseguimento degli obiettivi [36]. Vengono presi in considerazione due domini in particolare: il controllo inibitorio (possibilità di inibire la propria prospettiva quando si considera quella di un altro); la memoria di lavoro (WM) (possibilità di mantenere attive in memoria la propria e l'altrui prospettiva).

Alcune funzioni cognitive ed emotive di base della Teoria della Mente sono presenti nelle persone con autismo, ciò che a loro manca è la capacità di applicare queste stesse funzioni alle attività della vita quotidiana [32]. Il grado di compromissione della ToM è comunque variabile da persona a persona [37, 38] e il deficit non è riconducibile a un problema di tipo affettivo ma a una mancata comprensione, a livello cognitivo, dei comportamenti intesi come "stati interiori" [32] alla quale consegue una incapacità empatica ad un duplice livello: *cognitivo* con la difficoltà di assumere il punto di vista concettuale di un'altra persona [39] e a riconoscerne i pensieri e i sentimenti [40]; *emozionale* con l'emissione di una risposta emotiva inappropriata allo "stato emotivo" dell'altro [41] e la conseguente impossibilità di costruire interazioni sociali adeguate.

Metodologia di ricerca della letteratura

Le principali domande che hanno guidato la ricerca della letteratura qui presentata sono state:

1. Come si manifesta il miglioramento delle abilità sociali?
2. In che modo l'impiego di robot sociali agisce sul potenziamento dei precursori della Teoria della Mente?

3. Per lavorare sulle abilità sociali è necessario che i robot abbiano determinate caratteristiche?
4. Come è possibile lavorare sulla ToM attraverso l'uso della robotica?

La ricerca della letteratura è iniziata nel mese di gennaio 2019 e terminata nel mese di febbraio dello stesso anno. È stato preso in considerazione un arco temporale di 10 anni (dal 2010 al 2019) ed è stata adottata la seguente procedura di ricerca: identificazione di parole chiave (es: autismo, robotica e teoria della mente; autismo robotica e abilità sociali) necessarie per esplorare le banche date disponibili (ERIC, Scopus, Google Scholar; IEEE Xplore Digital Library, Science Direct, SpringerLink); catalogazione degli articoli con il nome degli autori, l'anno, il titolo del contributo, la rivista di pubblicazione, l'abstract e la ricerca di una metodologia di analisi dei contributi medesimi.

Analisi della letteratura

La ricerca è stata condotta orientando il focus sulla fascia di età compresa tra i 4-12 anni e ha prodotto un totale di 77 articoli che sono stati analizzati complessivamente.

Si è deciso di eliminare i contributi che non rispondevano ai criteri ricercati: età dei partecipanti, intervento specifico sulle abilità sociali, focus sull'autismo, giungendo alla selezione di 35 contributi tra articoli, chapter, atti di convegno suddivisi, successivamente, in base agli argomenti trattati, in 4 categorie (Abilità sociali; Precursori della ToM; Caratteristiche fisiche del robot per l'interazione; Interazione triadica; Abilità comunicativa e Teoria della Mente) che verranno analizzate nel dettaglio nei successivi paragrafi.

La tabella seguente (Tab.1) mostra l'elenco degli studi selezionati, suddivisi per anno, autore, rivista e focus indagato. Sette studi sono interessati ad indagare le abilità sociali complessive (ST 1, 2, 3, 13, 22, 28, 34, 35); otto sono focalizzati sui precursori singoli della Teoria della Mente (ST 7, 8, 11, 12, 14, 15, 18, 29); due sull'interazione triadica bambino-robot-uomo (ST 17, 19); tre sull'influenza del robot nella capacità comunicativa (ST 24, 26, 27); nove sull'analisi delle caratteristiche che il robot deve possedere per favorire la socialità (ST 4, 5, 6, 9, 10, 23, 25, 30, 33); cinque sullo sviluppo delle abilità proprie della ToM anche con l'utilizzo di storie sociali (16, 20, 21,31,32).

Autore	Titolo	Rivista/Book/Atti	Anno	Focus	Studio
Javed et.al..	An Interactive Robotic Framework to Facilitate Sensory Experiences for Children with ASD	<i>Computer Science Robotics</i>	2019	Risposte socialmente adeguate/stimoli sensoriali	ST 1
Lytridis et.al	Social Engagement Interaction Games between Children with Autism and Humanoid Robot NAO	<i>International Joint Conference SOCO'18-CISIS'18-ICEUTE'18</i>	2019	Attenzione congiunta, imitazione gioco di interazione	ST 2
Scassellati et.al..	Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot	<i>Science Robotics</i>	2018	Comprensione sociale/emotiva e cambio di prospettiva	ST 3

Esteban et.al.	How to Build a Supervised Autonomous System for Robot-Enhanced Therapy for Children with Autism Spectrum Disorder	De Gruyter	2017	Trasferimento interazione Caratteristiche robot Andare oltre il sistema Wizard	ST 4
Hirokazu Kumazaki et.al.	A pilot study for robot appearance preferences among high-functioning individuals with autism spectrum disorder: Implications for therapeutic use	PLoS ONE	2017	Trasferimento interazione sulla base delle caratteristiche del robot	ST 5
Short, et.al.	Understanding Agency in Interactions Between Children With Autism and Socially Assistive Robots,	Journal of Human-Robot Interaction	2017	Trasferimento interazione Caratteristiche robot	ST 6
Yun, et.al	Social Skills Training for Children with Autism Spectrum Disorder Using a Robotic Behavioral Intervention System	Autism Research	2017	Contatto visivo riconoscimento espressioni facciali	ST 7
Charron, et.al.	A Robotic Therapy Case Study: Developing Joint Attention Skills with a Student on the Autism Spectrum	Journal of Educational Technology Systems	2017	Attenzione congiunta	ST 8
Tennyson et.al.	Accessible Robots for Improving Social Skills of Individuals with Autism	Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research	2016	Attenzione Contatto oculare Riduzione comportamenti sociali inadeguati	ST 9
Huijnen, et.al.	Mapping Robots to Therapy and Educational Objectives for Children with Autism Spectrum Disorder	Journal of Autism and Developmental Disorders	2016	Comportamenti sociali su base ICF-CY	ST 10
So, et.al.	Using Robot Animation to Promote Gestural Skills in Children with Autism Spectrum Disorders	Journal of Computer Assisted Learning	2016	Comprensione/ imitazione gestuale	ST 11
Simut, et.al.	Children with Autism Spectrum Disorders Make a Fruit Salad with Probo, the Social Robot: An Interaction Study	Journal of Autism and Developmental Disorders	2016	Contatto visivo	ST 12
Huskens, et.al.	Improving Collaborative Play between Children with Autism Spectrum Disorders and Their Siblings: The Effectiveness of a Robot-Mediated Intervention Based on Lego® Therapy	Journal of Autism and Developmental Disorders	2015	Comportamenti collaborativi	ST 13
Warren, Zachary et.al.	Brief Report: Development of a Robotic Intervention Platform for Young Children with ASD	Journal of Autism and Developmental Disorders	2015	Attenzione e imitazione	ST 14
Warren, Zachary et.al.	Can Robotic Interaction Improve Joint Attention Skills?	Journal of Autism and Developmental Disorders	2015	Attenzione congiunta	ST 15
Costescu, et.al.	Reversal Learning Task in Children with Autism Spectrum Disorder: A Robot-Based Approach	Journal of Autism and Developmental Disorders	2015	Flessibilità cognitiva	ST 16
Costa et.al.	Using a humanoid robot to elicit body awareness and appropriate physical interaction in children with autism	International Journal of Social Robotics	2014	Interazione triadica e tattile (conoscenza parti corpo)	ST 17
Bekele, Esubalew et.al.	Pilot Clinical Application of an Adaptive Robotic System for Young Children with Autism	Autism: The International Journal of Research and Practice	2014	Amministrazione e regolazione dell'attenzione congiunta	ST 18
Robins, et.al.	Tactile Interactions with a Humanoid Robot: Novel Play Scenario Implementations with Children with Autism	International Journal of Social Robotics	2014	Interazione triadica	ST 19

Pop, et.al.	Social Robots vs. Computer Display: Does the Way Social Stories Are Delivered Make a Difference for Their Effectiveness on ASD Children?	Journal of Educational Computing Research	2013	Dimensione emotiva/ sociale con Storie sociali con il robot	ST 20
Pop, et.al.	Can the social robot Probo help children with autism to identify situation-based emotions? A series of single case experiments	International Journal of Humanoid Robotics	2013	Riconoscimento emozioni causate da situazioni	ST 21
Kim, et.al.	Social Robots as Embedded Reinforcers of Social Behavior in Children with Autism	Journal of Autism and Developmental Disorders	2013	Interazione sociale e sviluppo comportamenti sociali	ST 22
Dunst,et.al.	Parents' Judgments of the Acceptability and Importance of Socially Interactive Robots for Intervening with Young Children with Disabilities.	Social Robots Research Reports	2013	Accettabilità dei robot sociali interattivi	ST 23
Dunst,et.al.	Effects of a Socially Interactive Robot on the Conversational Turns between Parents and Their Young Children with Autism	Social Robots Research Reports	2013	Comunicazione verbale	ST 24
Dunst,et.al.	Influences of a Socially Interactive Robot on the Affective Behavior of Young Children with Disabilities	Social Robots Research Reports	2013	Comportamento affettivo a partire dalle tipologie di robot	ST 25
Dunst,et.al.	Vocal Production of Young Children with Disabilities during Child-Robot Interactions	Social Robots Research Reports	2013	Comunicazione verbale	ST 26
Dunst,et.al.	Effects of Child-Robot Interactions on the Vocalization Production of Young Children with Disabilities	Social Robots. Research Reports	2013	Interazione bambino-robot: Effetti sulla vocalizzazione	ST 27
Cabibihan, et.al.	Why Robots? A Survey on The Roles and Benefits of Social Robots	International Journal of Social Robotics	2013	Imitazione, contatto oculare, attenzione, emozioni, vocalizzazione e interazioni triadiche	ST 28
Robins et.al.	Embodiment and Cognitive Learning –Can a Humanoid Robot Help Children with Autism to Learn about Tactile Social Behaviour?	Proceedings 4th International Conference, ICSR 2012	2012	Interazione tattile uomo-robot	ST 29
Lee, et.al.	Which Robot Features can Stimulate Better Responses from Children with Autism in Robot-Assisted Therapy?	Journal of Advanced Robotic Systems	2012	Capacità sociali/ comunicative e caratteristiche robot	ST 30
Vanderborght, et.al.	Using the social robot Probo as a social storytelling agent for children with ASD	Interaction Studies	2012	Storie sociali con il robot per apprendere comportamenti sociali adeguati	ST 31
Gillesen et.al.	From training to robot behavior: Towards custom scenarios for robotics in training programs for ASD	Conference on Rehabilitation Robotics Rehab Week Zurich	2011	Implementare una piattaforma per creare scenari per lo sviluppo di storie sociali	ST 32
Barakova	Robots for social training of autistic children Empowering the therapists in intensive training programs	World Congress on Information and Communication Technologies	2011	Progettazione di una piattaforma (centrata sull'utente) per supportare i terapeuti per creare e condividere scenari di interazione robot-bambino con specifici obiettivi di apprendimento	ST 33

Barakova et. al.	Expressing and interpreting emotional movements in social games with robots	Personal Ubiquitous Computing	2010	Migliorare l'abilità sociale dei bambini con l'acquisizione di regole chiaramente definite, utilizzando giochi per stimolare l'interazione sociale	ST 34
Wainer, J.et.al.	Collaborating with Kaspar: Using an Autonomous Humanoid Robot to Foster Cooperative Dyadic Play Among Children with Autism	10thIEEE-RAS International Conference. Human. Robots	2010	Acquisizione comportamenti collaborativi e miglioramento della collaborazione con un partner umano	ST 35

Tabella 1

Elenco degli studi selezionati, suddivisi per anno, autore, rivista e focus indagato

La tabella seguente (Tab. 2) mostra invece, per gli stessi studi: la tipologia di partecipanti, i robot impiegati e la metodologia di analisi utilizzata.

Per quanto riguarda i partecipanti la maggior parte sono bambini di età compresa tra i 4 e i 12 anni con diagnosi di ASD. In alcuni casi i destinatari degli studi sono i professionisti (ST 10, ST 33) o familiari (ST 23) che hanno lavorato con il robot e i bambini per lo sviluppo delle abilità sociali o comunicative.

Il robot maggiormente impiegato è stato NAO presente in 8 studi (ST 2, 8, 10, 13, 28, 32, 33, 34) seguito da KASPAR (ST 17, 19, 28, 29, 35) e POPCHILLA (ST 23, 24, 25, 26, 27) entrambi presenti in cinque studi. Il robot PROBO è rintracciabile in quattro studi (ST 12, 20, 21, 31) mentre KEEPON in tre studi (ST 16, 23, 28). I restanti contributi hanno impiegato robot meno comuni.

La metodologia di ricerca adottata da quasi tutti gli studi è di tipo quantitativo/ qualitativo con l'applicazione, in molti casi, di pre-test e post-test e questo porta a considerare i risultati raggiunti sostenuti da evidenze scientifiche.

Partecipanti	Robot	Metodologia	Studio
5 bambini con autismo 13 normotipici 4-12 anni/sessioni da 10 minuti	Robotis Mini (di Robotis) Romo (di Romotive) basato sull'iPod	Quantitativa - software di codifica comportamentale Behavioral Observation Research Interactive Software (BORIS)/ Questionari pre-post sessione	ST 1
Studio pilota 1 bambino/ sessioni 10 minuti	NAO	Osservazione qualitativa	ST 2
12 bambini di 6-12 anni (interventi singoli) Per 1 mese con sessioni di 30 minuti	JIBO	Quantitativa Pre-post osservazione	ST 3
	/	ADOS strumento di misurazione, al fine di quantificare le differenze nei punteggi ottenuti prima e dopo gli interventi	ST 4
16 bambini ASD dai 10 ai 17 anni	ACTROID-F (Kokoro Co. Ltd) PIP (co.LTD) M3- Synchy (Vstono Co.Ltd)	Quantitativa/qualitativa AQ-J short questionnaire Interviste semi-strutturate	ST 5

10 bambini con ASD	Agente morfologico ridotto (non umanoide) Agente comportamentale ridotto (umanoide) Giocattolo robotico con ridotta azione morfologica e comportamentale	Qualitativa Quantitativo-esplorativo	ST 6
Bambini di 4-7 anni	/	Quantitativa	ST 7
Caso studio su uno studente di 8 anni	NAO	Quantitativa - Tracciatura video per attenzione congiunta. Soft System Methodology (SSM) per analizzare le sessioni di terapia robotica in modo retrospettivo	ST 8
2 Bambino di 12 anni	Lego NXT, Socially Assistive Robot + script sociali Software componenti: NXTRobot, the PCRobot, and the Script. Interazione tra due robot	Analisi quantitativa con test di contatto oculare sul robot Analisi qualitativa per seguire i cambiamenti comportamentali	ST 9
53 professionisti (41 femmine e 12 maschi)	14 robot diversi. (ad esempio NAO, Robota, Probo, Keepon, Isobot, GIPY-1, KASPAR e Labo-1 ad esempio robot Cat, Tito, HOAP 3, braccio robot, Pleo e Ifbot) (vedi Tabella 1).	Mix Methods Focus Group (Diversi professionisti che lavorano con autismo) Studio sistematico letteratura (per identificare robot) Principi Metodo Metaplan sono stati usati per condurre le sessioni e la raccolta dei dati (Schnelle 1979)	ST 10
20 bambini di 6-12 anni con ASD	/	Quantitativo Uso pre-post test	ST 11
30 bambini con ASD	PROBO	Quantitativa Misurazioni ripetute	ST 12
3 coppie di fratelli dai 5-13 anni in ambiente terapeutico	NAO+Lego	Quantitativo – Tau-U	ST 13
8 bambini in età prescolare con ASD e 8 bambini normali gruppo controllo	/	Studio Pilota quantitativo	ST 14
6 bambini con ASD Quattro sessioni	/	Studio Pilota quantitativo	ST 15
81 bambini: 40 bambini TD e 41 bambini con ASD.	KEEPON	/	ST 16
Bambini di età compresa 6/8 anni con ASC della scuola primaria U.K.	KASPAR	Analisi qualitativa attraverso intervista strutturata e griglie osservative. Analisi quantitative attraverso questionari. Analisi comportamentale codificata da video e confronto pre e post test.	ST 17
6 bambini di età prescolare con disturbi dello spettro autistico e un gruppo di controllo di 6 bambini	ROBOT UMANOIDI NON SPECIFICATI	/	ST 18
36 bambini con autismo e difficoltà di apprendimento di diverse scuole di cui: 9 tra 4-5 anni; 24 tra 8-10 anni; 3 tra 13-15 anni	KASPAR	Quantitativa/qualitativa con schede di osservazione	ST 19
20 bambini con ASD età 4-9 anni Divisi in tre gruppi -7 gruppo controllo -6 con storie sociali presentate al computer -7 terapia assistita da robot	PROBO	Quantitativo/Qualitativo	ST 20
3 bambini di età compresa tra 3-5 anni con disturbo dello spettro autistico	PROBO	Quantitativo/Qualitativo	ST 21
24 bambini di età compresa tra 4-12 anni con ASD	PLEO	Studio randomizzato, controllato, crossover	ST 22

108 genitori e caregiver di bambini autistici di età compresa tra 1-12 anni	KEEPON POPCHILLA COSMOBOT KASPA	Analisi qualitativa e quantitativa questionari online	ST 23
4 bambini di età compresa tra 3-5 anni e le loro madri	POPCHILLA	Analisi qualitativa e quantitativa – Interviste	ST 24
11 bambini tra 1-6 anni con autismo, sindrome di Down e disturbi dell'attenzione. Osservazioni di 10-15 minuti di interazioni con giochi e interazione con gioco-robot	POPCHILLA ROBOT GIOCATTOLE	Analisi qualitativa e quantitativa – test empirico	ST 25
5 bambini (4 con autismo e 1 con disturbo dell'elaborazione sensoriale) età tra 1,5 e 5 anni	POPCHILLA	Analisi qualitativa e quantitativa	ST 26
11 bambini di età 1-6,5 anni (7 con autismo, 3 Sindrome di Down, 2 disturbi dell'elaborazione sensoriale) e le loro madri	POPCHILLA	Analisi quantitativa dei dati con conteggio delle interazioni	ST 27
Circa 150 bambini con differenti disabilità di età compresa 1-20 Sessioni diverse per tipologia di disabilità, usando robot differenti e in sessioni di diversa durata	KASPAR, KEEPON LABO-1, TROY PEKEE, TROY HOAP-2, NAO ROBOTA FACE	Analisi della letteratura e degli studi effettuati	ST 28
N° non specificato di bambini	KASPAR	Qualitativo- osservazioni	ST 29
Studio 1: 3 bambini con ASD (12-11-8 anni) Studio 2: 6 bambini con ASD (7-12 anni)	IFBOT	Quantitativo/ Qualitativo questionario con domande chiuse e aperte	ST 30
4 bambini di età prescolare 4-9 anni con ASD	PROBO	Quantitativo	ST 31
/	NAO	Descrittivo	ST 32
Terapisti	NAO	Descrittivo Quantitativo	ST 33
Bambini con autismo di età compresa tra 7-9 anni	NAO	Qualitativa/quantitativa - Utilizzo di software per analizzare i movimenti dei bambini durante le sessioni in relazione alle emozioni e sensazioni degli stessi	ST 34
6 bambini con autismo dai 6 agli 8 anni	KASPAR	Quantitativo /qualitativo	ST 35

Tabella 2

Elenco degli studi selezionati, suddivisi per tipologia di partecipanti, robot impiegati e metodologia di analisi utilizzata

Di seguito vengono considerati i contributi inseriti nelle quattro categorie precedentemente menzionate la cui analisi consente di rispondere alle domande che hanno orientato la ricerca.

La Categoria delle abilità sociali (Comportamento sociale)

Nella categoria delle abilità sociali vengono raggruppati gli studi che consentono di rispondere al quesito “*Come si manifesta il miglioramento delle abilità sociali?*”. La maggior parte dei contributi selezionati per questa categoria segnala un miglioramento complessivo dell'emissione di comportamenti sociali adeguati dopo un lavoro con il robot (ST22) [42]. In alcuni interventi è stata sfruttata la predisposizione di attività ludiche con l'obiettivo di stimolare l'interazione sociale bambino-robot (ST34) [44]. Lytridis e collaboratori [6] hanno

strutturato, ad esempio, un modulo basato sul gioco con lo scopo di incoraggiare i bambini con autismo a emettere risposte comportamentali e comunicative adeguate al contesto. Il robot ha assunto un ruolo multiplo fungendo sia come insegnante, sia come giocattolo o come pari, all'interno di sessioni di attività congiunte che hanno previsto: un'interazione libera con il robot NAO, un gioco simile al Simon Say, un Memory e un'attività definita Danza-Canta. Lo studio ha evidenziato l'emergere di nuovi comportamenti sociali in particolare: l'attenzione congiunta e l'imitazione ottenute entrambe attraverso il gioco di interazione previsto dall'attività complessiva (ST2) [6]. Anche l'interessante review di Cabibihan e collaboratori (ST28) [45] ha messo in evidenza il grande potenziale che l'utilizzo dei robot sociali, per la presenza di alcune caratteristiche specifiche del robot, può avere nel fronteggiare le tipiche difficoltà sociali, emotive e di comunicazione dei bambini con autismo, favorendo, in alcune circostanze, l'emergere dei processi di imitazione, il contatto oculare, il mantenimento dell'attenzione, dell'impegno e una maggiore capacità espressiva delle emozioni a livello facciale. Lo studio (ST1) di Javed e collaboratori [46], ha registrato, invece, un incremento della reattività alle stimolazioni provenienti dall'esterno e una maggiore capacità gestionale delle stesse da parte dei bambini. Mediante l'elaborazione di un protocollo di intervento all'interno di un ambiente controllato si è provveduto all'installazione di una serie di "stazioni" sensoriali opportunamente progettate per assomigliare a scenari del mondo reale in cui agenti robotici si muovono interagendo con stimoli prodotti dall'ambiente sollecitando al contempo il bambino ad acquisire ed emettere una risposta sociale adeguata. L'impiego dei robot è risultato inoltre utile nell'acquisizione dei comportamenti collaborativi e dell'applicazione degli stessi nel rapporto con un partner umano (ST 35) [75]. Tuttavia un interessante studio (ST13) condotto da Huskens e collaboratori [48] sempre sul miglioramento del comportamento collaborativo (cioè, iniziazioni di interazione, risposte e gioco condiviso) tra i bambini con autismo e i loro fratelli durante le sessioni di gioco mediate dal robot NAO e dall'utilizzo dei Lego® non ha prodotto cambiamenti statisticamente significativi in questa direzione pur lasciando intravedere alcuni indicatori di miglioramento. Dal punto di vista della capacità comunicativa verbale a livello sociale, Dunst e collaboratori hanno condotto una serie di studi in cui hanno dimostrato l'influenza positiva del lavoro mediato da un robot socialmente interattivo sull'incremento dei turni di conversazione tra bambini con autismo e le loro madri (ST 24) [70] e sulle produzioni delle vocalizzazioni (ST26, ST27) [71, 72]

La Categoria Precursori Teoria della Mente

Sono stati raggruppati in questa categoria gli studi che hanno consentito di rispondere al secondo quesito "*In che modo l'impiego di robot sociali agisce sul potenziamento dei precursori della Teoria della Mente?*", e che si sono dunque focalizzati su elementi quali: l'imitazione gestuale, il contatto oculare, l'attenzione congiunta, l'interazione bambino-robot.

Imitazione

L'imitazione è una componente importante nei processi di apprendimento dal momento che consente di acquisire, per osservazione e riproduzione di ciò che è stato osservato, nuove abilità relazionali e sociali e di trasferirle in contesti diversificati. In questa prospettiva è doveroso citare lo studio di So e colleghi (ST11) che ha previsto l'elaborazione di un programma di intervento basato sulla modellazione video (VM) mediante un'animazione robotizzata generata dal computer attraverso cui è stato insegnato ai bambini con autismo a basso funzionamento la comprensione e la produzione gestuale passando per tre fasi fondamentali: il riconoscimento di 20 gesti prodotti dal robot, l'imitazione degli stessi e la riproduzione in contesto sociale appropriato. Gli esiti di questo studio sono importanti perché evidenziano come predisponendo un piano d'intervento con un robot, graduale e ben progettato, sia possibile non solo sollecitare l'abilità imitativa ma anche indurre la trasferibilità e la generalizzazione di ciò che è stato appreso, ad altri contesti sociali adeguati [49]. Anche lo studio pilota (ST14) condotto da Warren e collaboratori, che ha previsto lo sviluppo e l'applicazione di un nuovo sistema robotico capace di interazione dinamica, adattativa e autonoma durante i compiti di imitazione con valutazione e feedback delle prestazioni integrati in tempo reale, ha dimostrato che i bambini con autismo non solo mostrano maggiore attenzione al sistema robotico rispetto al caregiver umano, ma le loro prestazioni di imitazione appaiono superiori durante l'interazione robotica [50].

Contatto visivo

La capacità di mantenere il contatto oculare con la persona con cui si sta interagendo risulta una componente fondamentale nella strutturazione delle dinamiche relazionali. Come è ben noto i bambini con autismo tendono a sfuggire il contatto oculare e a evitare di mantenere lo stesso quando entrano in relazione con un partner umano. Gli studi volti ad indagare la possibilità di sviluppare la capacità del bambino con autismo di mantenere il contatto oculare su un oggetto statico o in movimento hanno riscontrato che l'impiego di mediatori robotici in sessioni ludiche di intervento riabilitativo, risultano funzionali nel raggiungimento di questo obiettivo. Simut e collaboratori hanno confermato con i loro studi (ST12) che i bambini con autismo riescono a mantenere maggiormente il contatto visivo con un robot sociale rispetto che con un caregiver umano [51]. Altri studi hanno evidenziato un incremento del tempo impiegato a guardare il robot (in posizione statica e dinamica) rispetto a quello dedicato al partner umano (ST 18) [67]. È stata inoltre, rilevata una maggiore capacità di riconoscerne le emozioni mostrate dal robot (ST 7) [73]. In questi studi la rilevazione del contatto oculare è stata registrata attraverso l'impiego di strumentazioni specifiche e adeguate allo scopo.

Attenzione

La capacità di mantenere l'attenzione sull'interlocutore con cui si sta interagendo è, insieme al contatto oculare, una variabile molto importante per l'attuazione di uno scambio relazionale e sociale adeguato. Molti studi hanno tentato di indagare gli effetti prodotti da un robot nell'incanalare l'attenzione del

bambino con autismo e nel mantenerla in maniera più o meno costante durante l'interazione (sia quando il robot è in posizione statica che in movimento). Lo studio (ST15) di Warren e collaboratori, seppur condotto con un piccolo gruppo di bambini, sembra confermare un miglioramento nella focalizzazione e regolazione dell'attenzione congiunta e un mantenimento della stessa verso le azioni e le proposte del robot umanoide. In particolare è emersa una maggiore capacità dei bambini di orientarsi verso le richieste del sistema robotico [52]. In questa direzione risulta interessante lo studio condotto da Charron e collaboratori (ST8) perché rappresenta una delle poche indagini effettuate in contesto scolastico e non riabilitativo [74] in cui si valuta la variabile "attenzione".

Interazione tattile

Un'altra caratteristica tipica di alcuni bambini con autismo è la difficoltà a sostenere il contatto fisico con l'interlocutore umano. Alcuni bambini ipersensibili rifiutano infatti il tocco, non amano essere sfiorati e questo può rappresentare una difficoltà nella creazione di un legame affettivo con i pari. Studi condotti con l'impiego dei robot sociali dimostrano che i bambini con autismo sembrano interagire a livello tattile in modo del tutto spontaneo con il compagno robotico modificando le proprie azioni, in sequenze di interazioni tattili, in risposta ai comportamenti emessi dal robot (ST 29) [53]. Nello studio di Costa e collaboratori (ST17) ad esempio, i bambini hanno trattato il robot KASPAR come oggetto di attenzione condivisa con lo sperimentatore, hanno eseguito tocchi più delicati sul robot con un'interazione fisica appropriata nel corso di tutte le sessioni e hanno anche imparato a identificare le parti del corpo. Un lavoro interessante in questa prospettiva è indubbiamente quello condotto da Robins e collaboratori (ST19) nell'ambito del progetto Roboskin in cui sono state implementate nuove capacità del robot basate sull'emissione di un feedback tattile fornito da una sorta di "pelle robotica" capace di innescare meccanismi cognitivi utili per il miglioramento dell'interazione uomo-robot [69]. Lo studio ha dimostrato che, a differenza di quanto avviene con la persona umana, un robot con applicazioni tattili può essere usato come "buffer" che media il contatto umano garantendo alla persona con autismo di esplorare il "tocco" in maniera più controllata e quindi tollerabile. Poiché la natura del tocco è soggettiva e dunque variabile da persona a persona, l'applicazione di pelle artificiale nelle zone di contatto più comuni del robot (piedi, guance e braccia) consente a questo di riconoscere diversi tipi di contatto (ad esempio volontario/involontario) emettendo di conseguenza, una risposta che tiene conto delle esigenze e delle differenze individuali [64]. I dati sensoriali vengono raccolti attraverso sensori elettronici, e sono poi processati utilizzando software implementati nel cervello artificiale del robot. Le informazioni vengono gestite attraverso una sorta di "meccanismo cognitivo" che utilizza i dati e i comportamenti sensoriali per assicurare che l'interazione uomo-robot sia efficace e priva di rischi [64].

La Categoria Caratteristiche robot

La possibilità di condurre il bambino con autismo verso lo sviluppo di comportamenti sociali adeguati e per quanto possibili empatici e flessibili dipende in maniera prevalente dalle caratteristiche proprie del robot che si

intende utilizzare. La scelta va ponderata attentamente perché la semplice introduzione di un supporto robotico in contesto riabilitativo e/o educativo non è sufficiente per raggiungere l'obiettivo sperato. Accanto ad una dettagliata progettazione dell'attività (predisposizione di script e adeguati protocolli osservativi) è indispensabile che il robot possenga alcune specifiche caratteristiche. In questa categoria vengono dunque raggruppati i contributi che riflettono sulla correlazione caratteristiche del robot – sviluppo delle abilità sociali (e indirettamente o direttamente della ToM) e che consentono di rispondere al quesito “*Per lavorare sulle abilità sociali è necessario che i robot abbiano determinate caratteristiche?*”

Nello specifico l'analisi della letteratura ha evidenziato una serie di elementi che devono essere considerati nella scelta del supporto robotico di seguito riportati

Autonomia – È preferibile utilizzare robot autonomi o robot che possono usufruire del controllo remoto secondo i paradigmi Wizard of Oz (WoZ)? Molti studi condotti hanno evidenziato come sia preferibile utilizzare questa seconda modalità (ST 31) per avere un controllo maggiore della situazione interattiva (innescare azioni del robot in momenti opportuni) e ridurre il margine di errore [54]. Lo studio (ST 4) di Esteban e collaboratori tuttavia evidenzia la necessità di promuovere maggiormente l'autonomia del robot, concordando con gli studi di Thill e collaboratori [55], per rendere l'esperienza più fluida, migliorare l'interazione bambino-robot e alleggerire il carico di controllo e supervisione del terapeuta/educatore/ricercatore. Nell'incrementare l'autonomia del robot è necessario condurre un'attenta analisi delle informazioni sensoriali (stima sguardi, riconoscimento espressioni facciali, rilevamento tracciamento oculare) e tenere in considerazione che a una maggiore autonomia del robot corrisponde un aumento della possibilità di generalizzazione delle abilità apprese, in interazioni umane [56]. Quasi tutti gli studi analizzati hanno comunque adottato la modalità WoZ.

Morfologia – È preferibile utilizzare robot con sembianze maggiormente vicine a quelle umane o robot meno identificabili, più meccanici e astratti? Sebbene sia stata proposta una varietà di robot come possibili strumenti terapeutici ed educativi, l'aspetto morfologico dei robot umanoidi attualmente utilizzati è molto vario e non si hanno certezze su come il loro aspetto possa essere vissuto da bambini con autismo. Quello che si sa con certezza è che il robot non deve in nessun modo suscitare ansia e paura e creare una sovra stimolazione sensoriale. Lo studio (ST5) condotto da Hirokazu Kumazaki e collaboratori [57] è interessante in questa prospettiva perché estrapola evidenze che indicano la possibile preferenza dei bambini con autismo per diversi tipi di robot in relazione alla tipologia di interazione che stanno mettendo in atto e in relazione al grado con cui la sintomatologia autistica si presenta. In particolare, viene evidenziato come i bambini con forme più gravi di autismo sembrano preferire robot umanoidi in cui gli aspetti meccanici sono ridotti. Il dato è interessante perché mette in discussione l'idea diffusa secondo cui i bambini sarebbero facilitati nell'interazione con i robot per il loro aspetto semplice e non conforme a quello dell'uomo. In realtà la semplicità che facilita nella relazione i bambini con autismo è riconducibile principalmente ai comportamenti attuati dal robot e ai

dettagli fisici minimali non alle sembianze in sé. Tuttavia in uno studio condotto da Dunst e collaboratori [18] è emerso che i bambini con autismo manifestano un maggiore incremento del grado di accettabilità in presenza di robot giocattoli non umanoidi (ST 23).

Agentività

Quale grado di agentività deve avere il robot per sollecitare lo sviluppo delle abilità sociali nei bambini con autismo? Il concetto di agentività viene ben evidenziato da Marti [58] che lo definisce come la capacità del robot "di stabilire interazioni reciproche e contingenti con altri agenti e di saperle gestire anche in situazioni di non prossimità fisica immediata. Ne sono esempi il seguire con lo sguardo lo sguardo di un altro, il provare paura in seguito alla manifestazione di paura di un altro in situazioni di non co-presenza" [58]. In questa prospettiva, lo studio (ST6) condotto da Short e collaboratori utilizzando, in un lavoro di interazione bambini con autismo-robot rispettivamente un agente non umanoide (con comportamento simile) a morfologia ridotta, un agente umanoide con comportamenti ridotti (con comportamento casuale), un giocattolo robotico con morfologia e comportamenti ridotti, ha dimostrato che, al di là delle caratteristiche fisiche, per essere funzionale il robot deve poter agire come partner di interazione positiva verso il comportamento sociale. Per alcuni bambini il robot è stato percepito essenzialmente come un oggetto e ha suscitato un comportamento sociale fornendo esperienze sensoriali nuove e accattivanti, mentre per altri bambini, il robot è stato percepito come un agente suscitando in questo caso, comportamenti sociali attraverso elementi riconducibili agli elementi tipici dell'agentività come il movimento autonomo [59]. Inoltre, i robot sociali giocattolo, come si è avuto modo di vedere nei precedenti studi indagati [18], hanno effetti positivi sul comportamento affettivo del bambino soprattutto quando utilizzano un linguaggio chiaro, comprensibile e coinvolgente (ST 25) e possono agire sul miglioramento della loro espressività facciale [60]. Tuttavia, nonostante questi aspetti positivi, gli studi non hanno rilevato il cambiamento di altre capacità di comunicazione sociale (ST 30) [16] oltre a quelle sopracitate.

Modularità e Configurabilità

Quale grado di personalizzazione deve avere il robot per poter essere efficace nella promozione della socialità del bambino con autismo? Alcuni studi [10,11] hanno posto l'attenzione sulla necessità di poter disporre di robot costituiti in moduli (parte distinte del corpo) programmabili per creare sequenze motorie collegate all'emissione di una risposta emotiva congruente e con intensità variabile (per non creare sovraccarico sensoriale). Altri studi ritengono indispensabile strutturare in associazione al robot, un ambiente di programmazione di facile utilizzo per i professionisti, al fine di creare e condividere scenari di apprendimento comportamentale personalizzati mediati dal robot (ST 33) [68]. In questa prospettiva lo studio (ST9) di Tennyson e collaboratori è interessante perché descrive l'implementazione di un agente robotico di quarta generazione, che utilizza piattaforme economicamente disponibili (Lego NXT) come Socially Assistive Robotics (SAR), combinate con

script sociali. L'utilizzo di tale agente robotico è risultato utile nella diminuzione delle stereotipie tipiche dei bambini con autismo, nell'incremento del loro focus dell'attenzione e del mantenimento del contatto oculare sul robot. Nello specifico, gli studiosi hanno apportato modifiche al design fisico dei robot per migliorarne la manutenibilità, l'affidabilità, la manovrabilità e l'estetica e l'architettura del software è stata progettata in funzione della modularità, della configurabilità e della riusabilità del software medesimo [61]. Lo studio (ST10) condotto da Huijnen, e collaboratori ha cercato di ottenere informazioni su come i robot possano essere implementati negli attuali interventi di educazione e terapia per i bambini con disturbo dello spettro autistico realizzando una panoramica dei requisiti che il robot deve avere in rapporto all'utente finale e all'ambiente (partendo quindi da una mappatura degli obiettivi da raggiungere su base ICF-CY) [47]. Lo studio ha dimostrando che le caratteristiche attuali di molti robot non consentono di raggiungere alcuni di questi imprescindibili obiettivi (es. cura di sé, vita indipendente, abilità pre-scolari, Benessere emotivo e Funzionamento nella realtà quotidiana) [62].

La Categoria Teoria mente

All'interno di questa categoria vengono inclusi gli studi che consentono di rispondere all'ultimo interrogativo "*Come è possibile lavorare sulla ToM attraverso l'uso della robotica?*".

Questi studi hanno lavorato in maniera congiunta sia sui precursori della Teoria della Mente associando in alcuni casi, l'uso del robot ad un approccio di tipo narrativo e all'impiego delle storie sociali (ST 20) [64], al riconoscimento di emozione causate da situazioni (ST 21) [65] sia sugli aspetti collegati alla flessibilità cognitiva (ST16) [63] che porta alla disponibilità di vedere avvenimenti da prospettive differenti, a mettere in atto azioni diverse in relazione a contesti diversi. Vanderborcht e collaboratori hanno dimostrato (ST 31) che le prestazioni sociali dei bambini con autismo migliorano quando si utilizza il robot PROBO come mezzo per veicolare le storie sociali rispetto a quando l'azione viene svolta da un interlocutore umano. In questo studio sono state analizzate anche le variazioni degli aiuti forniti al bambino da parte dell'interlocutore umano nell'emissione della risposta corretta [54]. Gillesen e collaboratori (ST 32) hanno implementato una piattaforma per creare scenari per lo sviluppo di storie sociali e hanno posto l'accento sulla necessità di prevedere una piattaforma che possa offrire quella flessibilità necessaria per consentire ai professionisti di creare scenari sempre nuovi in rapporto alle esigenze di sviluppo sociale dei bambini [66]. In un interessante lavoro di Scassellati e collaboratori (ST3) vengono indagati complessivamente i miglioramenti che si verificano nei precursori della ToM ponendo l'accento sullo sviluppo dell'attenzione congiunta, sulla comprensione sociale ed emotiva e sulla abilità di assumere una prospettiva differente e sul mantenimento dell'abilità appresa anche in assenza del robot. L'intervento proposto è basato sulla realizzazione di script di interazione attraverso la creazione di storie sociali, giochi virtuali di barriera (Rocket and House). L'interazione è triadica (bambino-robot-caregiver) e l'attività di tipo narrativo in cui il robot incoraggia l'impegno, adatta la difficoltà delle attività alle

prestazioni del bambino e modella le abilità sociali positive [7]. L'utilità della robotica nello sviluppo della ToM viene avvertita anche nello studio (ST16) di Costescu e collaboratori dove il focus è orientato però sulla flessibilità cognitiva, altro elemento ritenuto importante in relazione allo sviluppo della ToM. Attraversi un gioco con il robot KEEPON i bambini sperimentano due condizioni in cui devono invertire il compito di apprendimento (svolgere ruoli differenti) prima nell'interazione con il robot e poi con l'interlocutore umano. Tale studio ha dimostrato che le prestazioni di flessibilità cognitiva dei bambini con autismo sono, in generale, simili nell'interazione con il robot e nelle interazioni umane ad eccezione della fase di apprendimento in cui il robot può influire in maniera decisiva sulle prestazioni (ST16) [63].

Conclusioni

L'analisi condotta sulla letteratura ha consentito di evidenziare alcuni elementi imprescindibili sui quali è necessario orientare l'attenzione qualora si decida di impostare un'attività mediata dal robot per incrementare la ToM in bambini con autismo.

In particolare, è emerso che la scelta del robot in base alla presenza/assenza di alcune caratteristiche diventa fondamentale. Al di là delle peculiarità fisiche comunque necessarie per indurre il coinvolgimento emotivo e innescare la disponibilità all'interazione, altri elementi dovrebbero essere considerati come l'agentività che implica la capacità del robot di mantenere il "modello sociale" incarnato in quel preciso momento emettendo una risposta adeguata alle sollecitazioni ambientali; l'autonomia che riguarda invece la capacità di produrre una risposta propria senza l'intermediazione dell'uomo e il grado di personalizzazione del software. Sebbene alcuni studi orientino verso l'utilizzo di sistemi totalmente autonomi, è preferibile in un lavoro con bambini con disabilità, optare per la modalità WoZ al fine di garantire un maggiore rispetto degli elementi sopracitati riducendo il rischio dell'errore di risposta (che potrebbe portare ad un blocco del processo interattivo), valorizzando l'immediatezza del feedback di risposta emesso dal robot.

Altro elemento da considerare è riconducibile alle tipologie di attività che si decidono di implementare sul robot. Per lo sviluppo della ToM è consigliabile un approccio di tipo narrativo che associ l'impiego di storie sociali all'utilizzo del robot. In questa prospettiva, il grado di personalizzazione del software del robot diventa fondamentale dal momento che devono poter essere implementate su di esso sessioni di lavoro a complessità crescente nelle quali si parte da un lavoro basico sul riconoscimento delle emozioni per arrivare ad uno più complesso che implica il riconoscimento di stati emotivi generati da cause esterne/interne, fino ad un livello superiore nel quale il bambino deve riuscire a porsi nella prospettiva altrui prevedendo lo stato emotivo o il comportamento sociale che attuerà in relazione ad una determinata situazione (prospettiva). In queste sessioni di lavoro è fondamentale che il robot possa porsi prima come narratore di eventi (storie sociali) rivolgendo al bambino quesiti sulla situazione, poi attore stesso di situazioni sociali svolte con un caregiver umano che prevedono la presenza del bambino nel ruolo di spettatore passivo chiamato a interpretare la situazione stessa, infine, come attore insieme al bambino che deve dimostrare

l'avvenuta comprensione e interiorizzazione di quanto appreso attraverso la messa in atto di adeguate azioni sociali. Alcuni studi si stanno muovendo in questa direzione.

Un altro aspetto da considerare è il ruolo rivestito dal partner umano (terapista, insegnante, genitore...) nelle sessioni di lavoro mediate da un robot. Due domande guidano verso la comprensione di questo ruolo: chi? Come?

In risposta alla prima domanda, gli studi [77] portano a sostenere che l'attività dovrebbe avvenire con figure familiari al bambino con le quali è già stata stabilita una relazione significativa (il proprio insegnante, il proprio terapista, il genitore). Questo perché i bambini con autismo potrebbero provare timore di fronte ad estranei dai quali tendono ad allontanarsi.

Per quanto riguarda il come, è possibile evidenziare azioni importanti attuate dal partner umano prima e durante la sessione con il robot.

Nel "prima" rientrano le fasi di progettazione che includono sia la predisposizione di storie sociali in cui è importante saper selezionare gli obiettivi che si vogliono raggiungere, i contenuti correlati e la struttura che la storia sociale dovrà assumere in base alle caratteristiche del bambino, sia la definizione dettagliata dell'attività che, sulla base della storia sociale dovrà essere messa in atto con il robot (ciò che il robot dovrà dire, i gesti che dovrà fare, i rinforzi che dovrà dare...).

Nel "durante" confluiscono le strategie indirette (sull'ambiente) e dirette (sul bambino) che il partner umano addotta per fare in modo che l'attività abbia inizio e prosegua secondo la prospettiva prefissata. In particolare, le strategie dirette sono finalizzate a sostenere verbalmente o gestualmente il bambino nell'esecuzione dell'attività (premiare gli sforzi, incoraggiare, dare suggerimenti verbali, mostrare come va eseguita un'azione, tenere la mano appoggiata sulla spalla, guidare fisicamente). Non si tratta di fornire risposte che vanno ad anticipare l'azione del bambino ma di fornire una quantità minima di aiuto tale da consentire il proseguimento dell'attività anche in presenza di eventuali blocchi.

Un elemento interessante da segnalare in chiusura del contributo è che la maggior parte degli studi analizzati sono stati svolti principalmente in contesti terapeutici e riabilitativi mentre sarebbe opportuno poter effettuare interventi di questo tipo anche nei contesti educativi, come ad esempio, la scuola per favorire quel processo di trasferibilità e generalizzazione di cui si è fatto cenno in apertura del contributo.

Bibliografia

- [1] Marti, P., Iacono, I. & Tittarelli, M. (2014). La relazione empatica con i robot. *Ergonomia*, 9: 65-75.
- [2] Sciutti, A., Bisio, A., Nori, F., Metta, G. & Sandini, G. (2014). ICub, un robot bambino per lo studio dello sviluppo e dell'interazione uomo-robot. *Ergonomia*, 9: 11-19.
- [3] Dautenhahn, K., Nehaniv, C. L., Walters, M. L., Robins, B., Kose Bagci, H., Mike Mirza, N. A. & Blow M. (2009). KASPAR - A minimally expressive humanoid

robot for human-robot interaction research. *Applied Bionics and Biomechanics*, 6(3-4): 369-397.

[4] Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimension of human-robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 362: 679-704.

[5] Ferrari, E., Robins, B. & Dautenhahn, K. (2009). Therapeutic and educational objectives in Robot Assisted Play for children with autism. *The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, Toyama, Japan, Sept. 27-Oct. 2.

[6] Lytridis, C., Vrochidou, E., Chatzistamatis, S. & Kaburlasos., V. (2019). Social Engagement Interaction Games between Children with Autism and Humanoid Robot NAO. In M. Graña et al. (eds) *Proceedings of the 9th International Conference on European Transnational Educational (ICEUTE'18)*, San Sebastian, Spain, 6-8 June 2018: 562-570.

[7] Scassellati, B., Boccanfuso, L., Huang, C. M., Mademtzi, M., Qin, M., Salomons, N., Ventola, P. & Shic, F. (2018). Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot, *Science Robotics*, 3: 1-9.

[8] Costa, S., Lehmann, H., Dautenhahn, K., Robins, B. & Soares, F. (2014). Using a humanoid robot to elicit body awareness and appropriate physical interaction in children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 7(2): 265-278.

[9] Boucenna, S., Narzisi, A., Tilmont, E., Muratori, F., Pioggia, G., Cohen, D. & Chetouani, M. (2014). Interactive Technologies for Autistic Children: A Review. *Cognitive Computation*, 6: 1-19.

[10] Pennazio, V. (2015). Disabilità, gioco e robotica: una ricerca nella scuola dell'infanzia. *TD, Tecnologie Didattiche*, 23 (3): 155-163.

[11] Pennazio, V. (2017). Social Robotic to Help Children with Autism in the Interaction Through Imitation. *REM*, 9: 10-16.

[12] 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.

[13] Robins, B., Dautenhahn, K., Nehaniv, C. L., Mirza, F. & Olsson L. (2005). Sustaining interaction dynamics and engagement in dyadic childrobot interaction kinesics: Lessons learnt from an exploratory study. *In Proceedings of the 14th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN2005*, Nashville, USA.

[14] Robins, B., Dautenhahn, K. & Dickerson, P. (2009). From isolation to communication: a case study evaluation of robot assisted play for children with autism with a minimally expressive humanoid robot, *Proceedings of 2nd Int. Conf. on Advances in Computer-Human Interaction: ACHI'09*, 2009: 205-211.

[15] Cabibihan, J. J., Javed, H., Ang, M. & Aljunied, S. M. (2013). Why robots? A survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International journal of social robotics*, 5 (4): 593-618.

- [16] Lee, J., Takehashi, H., Nagai, C., Obinata, G., & Stefanov, D. (2012). Which Robot Features can Stimulate Better Responses from Children with Autism in Robot-Assisted Therapy? *Journal of Advanced Robotic Systems*, 9(72): 1-6.
- [17] Dautenhahn, K. & Werry, I. (2004). Towards Interactive Robots in Autism Therapy: Background, Motivation and Challenges. *Pragmatics & Cognition*, 12(1): 1–35.
- [18] Dunst, C. J., Trivette, C. M., Prior, J., Hamby, D. W. & Emblar, D. (2013). Parents' Judgments of the Acceptability and Importance of Socially Interactive Robots for Intervening with Young Children with Disabilities. *Social Robots Research Reports*, 1: 1-5.
- [19] De Graaf, M. M. A. & Ben Allouch, S. (2013). Exploring influencing variables for the acceptance of social robots. *Robotics Autonomous System*, 61:1476-1486.
- [20] Duquette, A., Michaud, F. & Mercier, H. (2008). Exploring the Use of a Mobile Robot as an Imitation Agent with Children with Low-Functioning Autism. *Autonomous Robots*, 24 (2): 147-157.
- [21] Cavallo, A., Koul, A., Ansuini, C., Capozzi, F. & Becchio, C. (2016). Decoding intentions from movement kinematics. *Scientific Reports*, 6, 37036. <https://doi.org/10.1038/srep37036>.
- [22] Ansuini, C., Cavallo, A., Bertone, C. & Becchio, C. (2015). Intentions in the Brain: The Unveiling of Mister Hyde. *The Neuroscientist*, 21(2): 126-135.
- [23] Barakova, E. I. & Lourens, T. (2010). Expressing and interpreting emotional movements in social games with robots. *Personal and Ubiquitous Computing* 14: 457–467.
- [24] Tapus, A., Maja, M. & Scassellatti, B., (2007). The Grand Challenges in Socially Assistive Robotics. *Robotics and Automation Magazine*, 14(1): 35-42.
- [25] American Psychiatric Association (APA), (2013). DSM-V Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali. Milano: Raffaello Cortina Editore.
- [26] Etel, E. & Slaughter, V. (2019). Theory of mind and peer cooperation in two play contexts, *Journal of Applied Developmental Psychology*, 60: 87-95.
- [27] Westra1and, E. P. & Carruthers, T. K. (2018). Theory of Mind. In Shackelford, V.A. Weekes-Shackelford (eds.), *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science*, https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6_2376-1.
- [28] Razza, R. A. & Blair, C. (2009). Associations among false-belief understanding, executive function, and social competence: A longitudinal analysis. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 30(3): 332-343.
- [29] Imuta, K., Henry, J. D., Slaughter, V., Selcuk, B. & Ruffman, T. (2016). Theory of mind and prosocial behavior in childhood: A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 52(8): 1192–1205.
- [30] Peterson, C. C., Slaughter, V. P. & Paynter, J. (2007). Social maturity and theory of mind in typically developing children and those on the autism spectrum. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 48(12): 1243–1250.

- [31] Bölte, J. D. & Hallmayer, J., (2011). Autism Spectrum Conditions: FAQs on Autism, Asperger Syndrome, and Atypical Autism Answered by International Experts. Boston: Hogrefe Publishing.
- [32] Baron Cohen, S. (1997). Mindblindness: An Essay on Autism and Theory of Mind. Cambridge: MIT Press.
- [33] Schneider, D., Slaughter, V. & Dux, P. E. (2014). What do we know about implicit false belief tracking? *Psychonomic Bulletin & Review*, <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0644-z>.
- [34] He, Z., Bolz, M. & Baillargeon, R. (2012). 2.5-year-olds succeed at a verbal anticipatory looking false-belief task. *British Journal of Developmental Psychology*, 30(1): 14–29.
- [35] Oswald, T. M. (2012). Relations Among Theory of Mind and Executive Function Abilities in Typically Developing Adolescents and Adolescents with Asperger's Syndrome and High Functioning Autism. Doctorate of Philosophy degree in the Department of Psychology and the Graduate School of the University of Oregon
https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/12529/Oswald_oregon_0171A_10511.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [36] Best, J. R., Miller, P. H. & Jones, L. L. (2009). Executive Functions After Age 5: Changes and Correlates. *Developmental Review*, 29(3): 180-200.
- [37] Hughes, C. & Leekam, S. (2004). What are the links between theory of mind and social relations? Review, reflections, and new directions for studies of typical and atypical development. *Social Development*, 13: 590–618.
- [38] Matthews, N. L. & Goldberg, W. A. (2018) Autism. Theory of mind in children with and without autism spectrum disorder: Associations with the sibling constellation. *Autism, SAGE Journals*, 22 (3): 311–321.
- [39] Shantz, C.U. (1983). Social Cognition. In P.H. Mussen (ed), *Handbook of Child Psychology*, New York: Wiley: 495-555.
- [40] Premack, D. & Woodruff, G. (1978). Does the Chimpanzee Have a "Theory of Mind?". *Behavioral and Brain Sciences*, 4: 515-526.
- [41] Davis, M. (1994). Empathy: A Social Psychological Approach. Boulder: Westview Press.
- [42] Kim, E. S., Berkovits, L. D., Bernier, E. P., Leyzberg, D., Shic, F., Rhea, P. & Scassellati, B. (2013). Social Robots as Embedded Reinforcers of Social Behavior in Children with Autism, *Journal of autism and developmental disorders*, 43 (5):1038-1049.
- [43] Le Storie Sociali sono uno strumento di intervento ideato da Carol Gray (2000) con l'obiettivo di aumentare le abilità sociali dei bambini; non sono altro che brevi narrazioni o meglio "scenari" scritti rispettando alcuni principi, che consentono ai bambini con autismo di capire come comportarsi in maniera adeguata nelle diverse situazioni sociali.
- [44] Barakova, E. I. & Lourens, T. (2010). Expressing and interpreting emotional movements in social games with robots, *Pers Ubiquit Comput*, 14: 457-467.

[45] Cabibihan, J. J., Javed, H., Marcelo, H. A. & Aljunied, S. M. (2013). Why Robots? A Survey on The Roles and Benefits of Social Robots, *International Journal of Social Robotics*, 5: 593-618.

[46] Javed, H., Burns, R., Jeon, M., Howard, A. M & Park, C.H. (2019). An Interactive Robotic Framework to Facilitate Sensory Experiences for Children with ASD, *Computer Science Robotics*, 1 (1): 1-18.

[47] International Classification of Functioning, Disability and Health, ovvero Classificazione internazionale del funzionamento, della disabilità e della salute, elaborata dall'OMS nel 2001 è una delle tre classificazioni di riferimento (con l'ICD-10 e la ICHI), che consente di raccogliere e scambiare in modo unitario e standard le informazioni sulle malattie, sul funzionamento e sugli interventi sanitari. Considera il funzionamento e la disabilità come una complessa interazione tra le condizioni di salute dell'individuo e i fattori ambientali e personali

[48] Huskens, B., Palmen, A., Van der Werff, M., Lourens, T. & Barakova, E. I. (2015). Improving Collaborative Play between Children with Autism Spectrum Disorders and Their Siblings: The Effectiveness of a Robot-Mediated Intervention Based on Lego® Therapy. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45 (11): 3746-3755.

[49] So, W. C., Wong, M. K. Y., Cabibihan, J. J., Lam, C. K. Y., Chan, R. Y. Y. & Qian, H. H. (2016). Using robot animation to promote gestural skills in children with autism spectrum disorders. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32 (6): 632-646.

[50] Warren, Z. E., Zheng, Z., Swanson, A. R., Bekele, E., Zhang, L., Crittendon, J. A., Weitlauf, A. F. & Sarkar, N. (2015). Can Robotic Interaction Improve Joint Attention Skills? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45 (11): 3726-3734.

[51] Simut, R. E., Vanderfaeillie, J., Peca, A., Van de Perre, G. & Vanderborght, B. (2016). Children with Autism Spectrum Disorders Make a Fruit Salad with Probo, the Social Robot: An Interaction Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46 (1):113-126.

[52] Warren, Z., Zheng, Z., Das, S., Young, E. M., Swanson, A., Weitlauf, A., & Sarkar, N. (2015). Brief Report: Development of a Robotic Intervention Platform for Young Children with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45 (12): 3870-3876.

[53] Robins, B., Dautenhahn, K., & Dickerson P. (2012). Embodiment and Cognitive Learning-Can a Humanoid Robot Help Children with Autism to Learn about Tactile Social Behaviour? In S.S. Ge et al. (Eds.), *Social Robotics, Proceedings 4th International Conference, ICSR 2012, Chengdu, China, October 29-31*: 66-75.

[54] Vanderborght B., Simut, R., Pop, J. C., Rusu, A. S., Pintea, S., Lefeber, D. & David, D. O. (2012). Using the social robot Probo as a social storytelling agent for children with ASD. *Interaction Studies* 13(3): 348-372.

- [55] Thill, S., Pop, C. A., Belpaeme, T., Ziemke, T. & Vanderborght, B. (2013). Robot-assisted therapy for autism spectrum disorders with (partially) autonomous control: Challenges and outlook. *Paladyn*, 3(4): 209-217.
- [56] Esteban, P. G., Baxter, P., Belpaeme, T., Billing, E., Cai, H., Cao, H. L., Coeckelbergh, M., Costescu, C., David, D., De Beir, A., Fang, Y., Ju, Z., Kennedy, J., Liu, H., Mazel, A., Pandey, A., Richardson, K., Senft, E., Thill, S., Van de Perre, G., Vanderborght, B., Vernon, D., Yu, H. & Ziemke T. (2017). How to Build a Supervised Autonomous System for Robot-Enhanced Therapy for Children with Autism Spectrum Disorder. *Robot*. 8:18-38.
- [57] 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).
- [58] Marti, P. (2005). L'interazione Uomo-Robot. *Ergonomia*, 2:50-57 (Cit.p.53).
- [59] Short, E. S., Deng, E. C., Feil Seifer, D. & Matarić, M. J. (2017). Understanding Agency in Interactions Between Children with Autism and Socially Assistive Robots. *Journal of Human-Robot Interaction*, 6 (3): 21-47.
- [60] Dunst, C. J., Hamby, D. W., Trivette, C. M., Prior, J. & Derryberry, G. (2013). Effects of a Socially Interactive Robot on the Conversational Turns between Parents and Their Young Children with Autism. *Social Robots Research Reports*, 6: 1-8.
- [61] Tennyson M., Kuester D. A., Casteel, J. & Nikolopoulos, C. (2016). Accessible Robots for Improving Social Skills of Individuals with Autism. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research* 6(4): 21-47.
- [62] Huijnen, C. A. G. J., Lexis, M. A. S., Jansens, R. & De Witte, L. P. (2017). How to Implement Robots in Interventions for Children with Autism? A Co-Creation Study Involving People with Autism, Parents and Professionals. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47 (10): 3079-3096.
- [63] Costescu, C. A., Vanderborght, B. & David, D. O. (2015). Reversal Learning Task in Children with Autism Spectrum Disorder: A Robot-Based Approach. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45 (11): 3715-3725.
- [64] Per approfondimenti consultare: <https://www.galileonet.it/robotoskin-il-senso-del-tatto-per-robot/>
- [65] Pop, C. A, Simut, R. E., Pintea S. & Vanderborght, B. (2013). Social Robots vs Computer Display: Does the Way Social Stories are Delivered Make a difference for Their Effectiveness on ASD Children? *Journal of Educational Computing Research*, 49(3): 381-401.
- [66] Gillesen, C. C., Barakova, E. I., Huskens, B. E. B. M. & Feijs, L. M. G. (2011). From training to robot behavior: Towards custom scenarios for robotics in training programs for ASD. *International Conference on Rehabilitation Robotics Rehab Week Zurich*, ETH Zurich Science City, Switzerland
- [67] Esubalew, B., Crittendon, J. A., Swanson, A., Sarkar, N. & Warren, Z. E. (2014). Pilot Clinical Application of an Adaptive Robotic System for Young

Children with Autism. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 18 (5): 598-608.

[68] Barakova, E. I. (2011). Robots for social training of autistic children Empowering the therapists in intensive training programs. *World Congress on Information and Communication Technologies*, WICT: 14–19 http://www.idemployee.id.tue.nl/e.i.Barakova/Papers/WICT_BarakovaIEEE.pdf.

[69] Robins, B. & Dautenhahn, K. (2014). Tactile Interactions with a Humanoid Robot: Novel Play Scenario Implementations with Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, 6 (3): 397-415.

[70] Dunst, C. J., Prior, J., Hamby, D. W. & Trivette, C. M. (2013). Influences of a Socially Interactive Robot on the Affective Behavior of Young Children with Disabilities. *Social Robots Research Reports*, 3: 1-10.

[71] Dunst, C. J., Hamby, D. W., Trivette, C. M., Prior, J. & Derryberry, G. (2013). Vocal Production of Young Children with Disabilities during Child-Robot Interactions. *Social Robots Research Reports*, 5: 1-7.

[72] Dunst, C. J., Trivette, C. M., Hamby, D. W., Prior, J. & Derryberry, G. (2013). Effects of Child-Robot Interactions on the Vocalization Production of Young Children with Disabilities. *Social Robots Research Reports*, 4: 1-10.

[73] Yun, S. S., Choi, J.S., Park, S. K., Bong, G. Y. & Yoo, H. J. (2017). Social Skills Training for Children with Autism Spectrum Disorder Using a Robotic Behavioral Intervention System, *Autism Research*, 10: 1306-1323.

[74] Charron, N., Lewis, L. & Craig, M. (2017). A Robotic Therapy Case Study: Developing Joint Attention Skills with a Student on the Autism Spectrum. *Journal of Educational Technology Systems*, 46 (1): 137-148.

[75] Wainer, J., Dautenhahn, K., Robins, B. & Amirabdollahian, F. (2010). Collaborating with Kaspar: Using an Autonomous Humanoid Robot to Foster Cooperative Dyadic Play Among Children with Autism. *10th IEEE-RAS International Conference Human Robots*, Dec. 6–8, Nashville, pp. 631–38. Piscataway, NJ.

[76] Conti, D., Di Nuovo, S., Buono, S., Trubia, G. & Di Nuovo A. (2015). Use of robotics to stimulate imitation in children with Autism Spectrum Disorder: A pilot study in a clinical setting. *Proceedings of the 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, Kobe, Japan.

[77] Pennazio V. (2015). *Didattica, gioco e ambienti tecnologici inclusivi*, Franco Angeli, Milano.

Biografia

Valentina Pennazio è ricercatrice in Didattica e Pedagogia Speciale presso l'Università degli Studi di Macerata, Dipartimento di Scienze della Formazione, dei Beni Culturali e del Turismo. I suoi interessi di ricerca ruotano intorno alle tematiche della didattica inclusiva e tecnologica con un'attenzione particolare all'impiego della robotica per supportare lo sviluppo e l'incremento di abilità carenti in situazioni di disabilità. È autrice di pubblicazioni nazionali e internazionali sull'argomento.

Email: valentina.pennazio@unimc.it