



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE CLINICHE APPLICATE E BIOTECNOLOGICHE

Dottorato di Ricerca in **MEDICINA SPERIMENTALE**
Curriculum **NEUROSCIENZE DI BASE E CLINICHE**
XXXV ciclo

Titolo della tesi

**IL POTENZIALE USO DI STIMOLI VIRTUALI E ROBOT SOCIALI PER LA PRATICA
CLINICA CON PERSONE CON AUTISMO**

SSD M-PSI/03

Dottorando

ROBERTO VAGNETTI

Coordinatore del corso

Prof.ssa **MARIAGRAZIA PERILLI**

Tutor

Prof.ssa **MONICA MAZZA**

A.A. 2021/2022

INDICE

SINTESI.....	1
--------------	---

PARTE I: IL DISTURBO DELLO SPETTRO DELL’AUTISMO

1.1. Classificazione diagnostica	4
1.2. Manifestazioni cliniche e procedure diagnostiche	5
1.3. Comorbidità.....	8
1.4. Prevalenza	9
1.5. Difficoltà percettive ed integrazione multisensoriale.....	10
1.6. Teorie di riferimento	13
1.6.1. Teoria della Mente.....	13
1.6.2. Simulazione mentale.....	15
1.6.3. Funzioni esecutive	16
1.7. Cognizione sociale	19
1.8. Interventi	22
1.9. L’uso della tecnologia con persone con ASD	25
1.9.1. La realtà virtuale e aumentata.....	26
1.9.2. Gli avatar virtuali.....	28
1.9.3. I robot sociali	29

PARTE II: CONTRIBUTI SPERIMENTALI

STUDIO 1. IDENTIFICAZIONE DELLE PRIORITÀ DEGLI INTERVENTI BASATI SU REALTÀ AUMENTATA PER PERSONE CON AUTISMO TRAMITE IL COINVOLGIMENTO DEGLI STAKEHOLDER	33
1.1. Scopo dello studio	33
1.2. Metodo	34
1.2.1. Partecipanti	34
1.2.2. Procedura.....	35

1.2.3. Analisi.....	37
1.3. Risultati	39
1.3.1. Aspetti chiave relativi alla tecnologia	39
1.3.2. Aspetti chiave relativi all'utente.....	40
1.3.3. Aspetti chiave relativi all'ambiente.....	42
1.4. Discussione.....	44
STUDIO 2. VOLTI REALI E VIRTUALI: DIFFERENZE NELLE ESPLORAZIONE VISIVA DI BAMBINI CON DISTURBO DELLO SPETTRO DELL'AUTISMO.	
2.1. Scopo dello studio	49
2.2. Metodo	49
2.2.1. Partecipanti	49
2.2.2. Paradigma sperimentale e procedura.....	50
2.2.3. Analisi.....	52
2.3. Risultati	53
2.4. Discussione.....	55
STUDIO 3. ROBOT SOCIALI: UN PROMETTENTE STRUMENTO PER IL SUPPORTO DELLE PERSONE CON DISTURBO DELLO SPETTRO DELL'AUTISMO. UNA REVISIONE SISTEMATICA DELLA LETTERATURA ED UN'ANALISI CRITICA DA UNA PROSPETTIVA CLINICA.	
3.1. Scopo dello studio	59
3.2. Metodo	60
3.2.1 Screening degli abstract.....	61
3.2.2. Criteri di eleggibilità.....	61
3.3. Risultati	64
3.3.1 Potenziale uso dei robot sociali nel rilevare le caratteristiche ed i comportamenti dell'ASD	64
3.3.2. Evidenze dagli studi sperimentali.....	67
3.3.3. Suggerimenti sulla progettazione derivati dall'uso di robot nei contesti clinici.....	74

3.3.4. Potenziali utilizzi individuati da studi di fattibilità nei contesti clinici	74
3.3.5. Interventi con i robot sociali	77
3.4. Discussione.....	84
CONCLUSIONI GENERALI	91
Bibliografia	94

ABSTRACT

In recent years, the scientific community has focused on utilising new technologies in clinical practice for individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD). The thesis consists of two parts: one focusing on the characteristics of ASD and the use of technological solutions for this population, and the other presenting three research studies exploring technology's limitations and potentials for individuals with ASD. The first study analyses stakeholders' needs and opinions regarding the use of augmented reality for intervention in people with ASD. Interviews reveal key factors to facilitate adaptation between users with ASD and augmented reality solutions. The second study compares the use of virtual and real stimuli in children with ASD. Results show that virtual stimuli enhance emotion recognition compared to real faces and influence children's attention, suggesting the importance of using mixed contexts: real and virtual. The third study presents a critical review on social robots' utilization in clinical settings. It highlights their support in assessment and patient follow-up, benefits, novel applications, and feedback from clinical personnel. The analysis provides evidence of social robots' efficacy in enhancing healthcare services and highlights current limitations. Overall, this thesis offers evidence of the effectiveness of new technologies for individuals with autism spectrum disorder and provides insights to optimize their utilization by clinicians.

SINTESI

Negli ultimi anni l'utilizzo di nuove tecnologie per la pratica clinica rivolta a persone con disturbo dello spettro dell'autismo ha destato un notevole interesse per la comunità scientifica.

In letteratura è possibile individuare una notevole quantità di studi che abbiano utilizzato la tecnologia con questa popolazione per diversi obiettivi. Nonostante ciò, ad oggi, nessuna delle soluzioni proposte rientra all'interno delle *best evidence practice* ed è necessario un ulteriore sviluppo e comprensione di queste tecnologie. Tra queste, le tecnologie che utilizzano stimoli virtuali, come la realtà aumentata, ed i robot sociali sono ampiamente studiate e dimostrano un notevole potenziale.

L'elaborato di tesi è suddiviso in una prima parte teorica, che descrive le caratteristiche che delineano il disturbo dello spettro dell'autismo e l'utilizzo di soluzioni tecnologiche per questa popolazione, ed in una seconda parte che descrive tre lavori di ricerca il cui obiettivo è quello di indicare i limiti e le potenzialità offerte dall'utilizzo della tecnologia con le persone con autismo.

Infatti, le evidenze presenti in letteratura indicano che l'utilizzo di stimoli virtuali in diverse tipologie di ambiente virtuale possa fornire un importante supporto al clinico favorendo l'interazione del paziente ed il riconoscimento degli stimoli. Inoltre, alcune evidenze ne dimostrano una preliminare efficacia in sede di intervento per le abilità sociali. Tuttavia, l'uso di questa tecnologia presenta dei forti limiti che devono ancora essere superati. Tra questi, gli studi che considerino gli *stakeholder* all'interno della progettazione di interventi che utilizzino una tecnologia di realtà aumentata per persone con autismo sono limitati, così come sono limitate le evidenze riguardo gli effettivi vantaggi dell'utilizzo di stimoli virtuali rispetto a quelli reali.

Per questo motivo, il primo studio analizza i bisogni e le opinioni degli stakeholder riguardo l'utilizzo della realtà aumentata per l'intervento di persone con autismo, in modo da identificare preoccupazioni, barriere e punti di forza

che possano essere considerate in sede di progettazione per favorirne l'utilizzo, l'efficacia ed evitare fenomeni di abbandono. I risultati dello studio, ottenuti dall'analisi delle interviste condotte con gli stakeholder, hanno individuato i fattori chiave inerenti la tecnologia, l'utente e l'ambiente che dovrebbero essere considerati per favorire l'appaiamento tra utente con autismo e soluzione tecnologica a realtà aumentata.

Il secondo studio riportato esplora le differenze tra l'utilizzo di stimoli virtuali e reali in bambini con diagnosi di autismo, nello specifico questo studio vuole comprendere se dei volti virtuali esprimenti emozioni (a cui faremo riferimento con il termine "avatar") possano facilitare il riconoscimento emotivo rispetto a volti reali. Lo studio va anche ad esplorare le differenze comportamentali dello sguardo dei partecipanti quando sono posti di fronte ad un volto avatar o reale. I risultati dello studio sono estremamente interessanti poiché indicano che gli avatar facilitano il riconoscimento delle emozioni nei bambini con autismo rispetto ai volti reali. Inoltre, l'attenzione dei bambini è modulata in base alla tipologia di stimolo utilizzata (avatar o reale) suggerendo che l'ottimizzazione delle strategie di intervento dovrebbe prevedere l'utilizzo di contesti di intervento misti: virtuali e reali.

Per quanta riguarda i robot sociali, questa tecnologia sta riscuotendo un forte successo con la popolazione clinica autistica in quanto suscitano un elevato grado di interesse ed intrattenimento in questi pazienti. La prima revisione critica dell'uso di robot con persone con autismo risale al 2012 ed aveva analizzato un totale di 15 articoli. Ad oggi, la letteratura disponibile è largamente aumentata, e nonostante siano presenti delle revisioni della letteratura, queste non hanno valutato criticamente l'uso dei robot da una prospettiva clinica, il che rappresenta un forte limite in termini pratici. Per questo motivo, il terzo studio presentato riguarda una revisione della letteratura sistematica e critica che possa delineare lo stato attuale dell'arte riguardo l'utilizzo di robot sociali in contesti clinici. Lo studio vuole dare quelle informazioni che possano facilitare il clinico nell'integrazione di un robot

sociale all'interno della pratica quotidiana. A questo scopo, la revisione ha analizzato criticamente un totale di 164 studi di rilevanza clinica di modo da poter indicare come i robot sociali possano supportare la valutazione clinica ed il follow-up dei pazienti, quali siano i vantaggi nell'utilizzo di robot sociali, quali siano le nuove proposte di utilizzo clinico, quali siano i pareri ed i riscontri di personale clinico che abbia utilizzato i robot sociali con gli utenti e quali aree di intervento siano state considerate ad oggi. Gli studi sono stati analizzati e discussi criticamente in base alla loro integrazione nella pratica sanitaria e assistenziale con l'obiettivo di aiutare i clinici a riconoscere le opportunità ed i limiti del loro utilizzo, così come a facilitare una cooperazione interdisciplinare. L'analisi degli studi fornisce anche evidenza riguardo l'efficacia dell'utilizzo dei robot sociali in contesti clinici come supporto per migliorare la qualità dei servizi sanitari forniti.

Complessivamente questo lavoro di tesi fornisce prove riguardo l'efficacia dell'utilizzo delle nuove tecnologie con le persone con autismo e delinea importanti considerazioni che il clinico deve effettuare per poterne ottimizzare l'utilizzo.

PARTE I: IL DISTURBO DELLO SPETTRO DELL'AUTISMO

1.1. Classificazione diagnostica

Il Disturbo dello Spettro dell'Autismo (*Autism Spectrum Disorder*, ASD da qui in poi), è un disturbo del neurosviluppo che ha un forte impatto nella vita quotidiana dell'individuo. Secondo i criteri diagnostici della quinta edizione del Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali (DSM-5; American Psychiatric Association, 2013), i sintomi sono presenti nella prima infanzia, limitano fortemente il funzionamento quotidiano e sono raggruppabili in due cluster: sintomi relativi a difficoltà nella comunicazione e nell'interazione sociale in diversi contesti e comportamenti, interessi o attività ristretti e ripetitivi. Un importante introduzione di questa edizione è il concetto di "spettro", ovvero la diagnosi di ASD del DSM-5 pone le precedenti sottocategorie diagnostiche (del DSM-IV-TR; American Psychiatric Association, 2000) quali disturbo autistico, disturbo di Asperger disturbo di Rett, disturbo disintegrativo dell'infanzia e disturbo pervasivo dello sviluppo non altrimenti specificato all'interno di un continuum di un'unica categoria diagnostica. Un altro importante aspetto della diagnosi consiste nel distinguere il disturbo in tre livelli di gravità (Livello 1, Livello 2 e Livello 3) conseguentemente ai bisogni di supporto richiesti dalla persona (rispettivamente: supporto richiesto, sostanziale e molto sostanziale) in base a quanto i cluster sintomatologici impattano sulla vita della persona. La stessa riconcettualizzazione di "spettro", con criteri diagnostici relativamente sovrapponibili a quelli del DSM-5, è avvenuta anche nell'undicesima revisione della Classificazione Internazionale delle Malattie e dei Problemi Sanitari Correlati (ICD-11; World Health Organization, 2019). Anche secondo l'ICD-11 troviamo due cluster principali di sintomi: deficit persistenti nella capacità di avviare e sostenere l'interazione sociale reciproca e la comunicazione sociale e modelli di comportamento, interessi o attività limitati, ripetitivi e inflessibili. Un'importante differenza rispetto al DSM-5 è che quest'ultimo include anche

iper- o ipo-reattività sensoriale o interessi sensoriali insoliti. Oltre a questo, entrambi gli strumenti richiedono di specificare la presenza di compromissione intellettiva e/o delle capacità di linguaggio. Infine, è importante sottolineare che le persone ASD presentano un'elevata eterogeneità (Lord et al., 2020).

1.2. Manifestazioni cliniche e procedure diagnostiche

Ad oggi è possibile formulare una diagnosi di ASD in età precoce di modo da poter effettuare tempestivamente un intervento (Lai et al., 2014), questo è particolarmente importante poiché una diagnosi ed un trattamento precoci consentono una migliore qualità della vita e risultati di intervento migliori (Tsang et al., 2019). Generalmente i primi sintomi si mostrano intorno ai 12 mesi e diventano più evidenti intorno ai 18-24 mesi di età (Lai et al., 2014). È possibile individuare due casi di insorgenza dei sintomi: nel primo caso la sintomatologia inizia a presentarsi intorno al primo anno di età, deviando sin dai primi stadi dello sviluppo, mentre nel secondo caso assistiamo al cosiddetto "autismo regressivo" cioè quello in cui il bambino ha uno sviluppo tipico fino a 19-21 mesi, o addirittura prima di un anno di età, per poi avere una regressione, cioè una perdita delle abilità comunicative e sociali precedentemente acquisite (Rogers, 2004; Clarke et al., 2019). I primi campanelli di allarme cominciano a sorgere molto precocemente e generalmente riguardano la scarsa risposta al proprio nome, un ridotto o assente utilizzo del pointing, uno scarso contatto visivo ed un ritardo nell'acquisizione del linguaggio (Fuentes et al., 2021). Generalmente la diagnosi si basa sulla segnalazione e sull'identificazione di aspetti comportamentali atipici (Hyman et al., 2020) ed i genitori tendono a riferire le prime preoccupazioni intorno ai 18-24 mesi (Lai et al., 2014). Il sorriso sociale è una competenza che emerge durante i 2-3 mesi di età nello sviluppo tipico e più la comprensione sociale del bambino aumenta, più aumentano i comportamenti intenzionali di coordinazione del sorriso con lo sguardo orientato al partner sociale (Messinger & Fogel, 2007). Bambini ad alto rischio di ASD, che poi verranno diagnosticati intorno ai 24 mesi, mostrano un declino del sorriso sociale a partire dai 14 mesi

di età (Landa et al., 2007). Inoltre, intorno ai due anni di età diventano evidenti i ritardi nello sviluppo del linguaggio (Rice et al., 2005), un aspetto che viene frequentemente riportato come preoccupazione dai genitori di bambini che riceveranno la diagnosi (Howlin & Asgharian, 1999). Una serie di studi condotti da Adrien e colleghi (1991, 1993) ha analizzato video di bambini successivamente diagnosticati. I video riguardavano un periodo che andava dalla nascita fino a 24 mesi di età ed hanno evidenziato la presenza di atipicità nell'attenzione sociale, nell'interazione sociale, nella comunicazione e nell'espressione emotiva addirittura prima dei 12 mesi. Ad esempio, i bambini non mostravano sorriso sociale, contatto visivo ed espressioni facciali appropriate. Sempre attraverso l'utilizzo di video domestici, altri studi (Osterling & Dawson, 1994; Werner et al., 2000) hanno indicato che bambini successivamente diagnosticati mostravano un ridotto contatto oculare, un numero ridotto di risposte al proprio nome ed atipicità nell'attenzione condivisa rispetto a bambini con sviluppo tipico durante il primo anno di vita. Inoltre, a confronto di bambini con sviluppo tipico, i bambini che successivamente ricevono una diagnosi possono mostrare atipicità nelle attività simboliche tra i 6-24 mesi, così come nei comportamenti intersoggettivi nei primi 6 mesi di vita, ossia nell'imitazione e nell'anticipazione degli obiettivi altrui (quest'ultima rappresenta una precoce manifestazione dell'abilità di rappresentarsi gli stati mentali dell'altro; Maestro et al., 2001).

Per quanto riguarda gli strumenti diagnostici tra i *gold standard* per formulare una diagnosi di ASD troviamo l'*Autism Diagnostic Observation Schedule-Second Edition* (ADOS-2; Lord et al., 2012) e l'*Autism Diagnostic Interview-Revised* (ADI-R; Rutter et al., 2003). L'ADOS-2 è uno strumento diagnostico che si basa sull'osservazione diretta del bambino da parte del clinico e può essere utilizzato con pazienti dai 12 mesi di età fino all'età adulta. Questo strumento propone una serie di attività all'utente attraverso le quali sarà possibile delineare comportamenti atipici riguardo la comunicazione, l'interazione sociale, il gioco ed i comportamenti ristretti e ripetitivi. L'ADOS-

2 è composto da cinque moduli (Modulo Toddler, Modulo 1, Modulo 2, Modulo 3 e Modulo 4) e la scelta del modulo da utilizzare dipende dall'età dell'utente e dalle sue capacità comunicative. Sommarariamente, il Modulo Toddler viene utilizzato con bambini dai 12 ai 30 mesi di età ed ha lo scopo di valutare se l'utente possa essere a rischio di diagnosi di ASD che verrà confermata successivamente, il Modulo 1 viene utilizzato con bambini dai 31 mesi di età che non utilizzano un linguaggio frasale, il Modulo 2 con bambini con linguaggio frasale ma non fluente, il Modulo 3 con bambini verbalmente fluenti e giovani adolescenti ed infine il Modulo 4 con adolescenti ed adulti verbalmente fluenti. Mentre l'ADOS-2 è uno strumento di valutazione basato sull'osservazione, l'ADI-R è un'intervista che il clinico effettua con i caregiver per stabilire la presenza di sintomatologia associata all'ASD durante lo sviluppo dell'utente interessato. L'ADI-R indaga principalmente tre aree di funzionamento (Linguaggio e Comunicazione, Interazione Sociale Reciproca, e Comportamenti Stereotipati ed Interessi Ristretti) dalla prima infanzia all'età adulta di utenti con età mentale superiore ai 2 anni. Un importante limite dell'ADI-R è quello di basarsi sui ricordi dei caregiver relativi all'utente, questo aspetto rende difficile stabilirne l'attendibilità specialmente quando l'utente in esame è adulto. Infatti, una recente metanalisi ha evidenziato come l'accuratezza dell'ADOS-2 nel formulare la diagnosi fosse superiore rispetto all'ADI-R sia nel contesto clinico che di ricerca (Lebersfeld et al., 2021). Nonostante ciò, è stato anche riscontrato che l'utilizzo combinato dell'ADOS-2 e dell'ADI-R migliori la precisione diagnostica dei due strumenti usati separatamente (Kim & Lord, 2012). Oltre a queste due misure possiamo riportare anche la *Childhood Autism Rating Scale – Second Edition* (CARS-2; Schopler et al., 2010) come strumento di supporto alla diagnosi, che, attraverso l'osservazione diretta, può delineare l'intensità della sintomatologia ASD in utenti con almeno due anni di età. Tra gli strumenti di screening troviamo il *Modified Checklist for Autism in Toddlers* (M-CHAT; Robins et al., 2001), cioè un questionario somministrato ai genitori per identificare segni precoci di ASD,

e l'*Autism Spectrum Quotient* (AQ; Baron-Cohen et al., 2001) per la popolazione adulta. Infine, è importante anche sottolineare che, data l'elevata eterogeneità del disturbo e la possibile presenza di comorbidità, una valutazione completa richiede necessariamente la valutazione di ulteriori domini che vadano oltre alla sola sintomatologia ASD.

1.3. Comorbidità

Generalmente la persona ASD può presentare delle condizioni concomitanti di carattere psichiatrico, medico e comportamentale che possono aggravare il quadro clinico ed impattare la qualità della vita generale. Tra le comorbidità più spesso riscontrate, fino all'80% delle persone ASD possono presentare disabilità intellettiva, il 52% disturbi del sonno, il 51% delle specifiche intolleranze alimentari ed il 30% epilessia (Billstedt, 2000; Ming et al., 2008). Riguardo la disabilità intellettiva è importante sottolineare che gli studi disponibili indicano una forte variazione in termini di prevalenza e non c'è una concordanza riguardo questo indice. Ciò che deve interessare è che, comunque, la presenza di disabilità intellettiva negli ASD tende ad essere alta, con almeno 1 caso con disabilità intellettiva ogni due o cinque persone con ASD (Matson & Shoemaker, 2009; Sanchack & Thomas, 2016). Oltre a ciò, troviamo disturbi psichiatrici concomitanti che consistono in disturbo depressivo, disturbo da deficit di attenzione/iperattività (ADHD), comportamenti ossessivo-compulsivi, mutismo selettivo, tic, psicosi e comportamenti aggressivi ed autolesionisti (Billstedt, 2000; Ming et al., 2008). Riguardo l'ADHD alcuni studi hanno riscontrato che anche questo disturbo concomitante sembra presentarsi spesso (con percentuali simili a quelle della disabilità intellettiva) e riguardare tra il 26% ed il 65% degli ASD (Hossain et al., 2020; Lai et al., 2019). Il 6% degli ASD presenta delle gravi condizioni mediche (Fombonne, 1999) ed in percentuali molto più ridotte possono essere presenti delle condizioni genetiche che coinvolgono circa l'1% della popolazione ASD, tra queste troviamo la sindrome di Down, la sindrome dell'X fragile e la sindrome di Agelman (Cohen et al., 2005). Facendo riferimento al DSM-5 ed all'ICD-11,

non solo la disabilità intellettiva, ma anche le difficoltà nel linguaggio sono spesso presenti nell'ASD tanto da essere degli specificatori considerati da questi strumenti. Infatti, molti ASD possono presentare problematiche relative allo sviluppo linguistico e circa l'87% di bambini con ASD hanno un ritardo nello sviluppo del linguaggio a 3 anni (Lord et al., 2018, Woynaroski et al., 2016) e due bambini ogni tre presentano difficoltà espressive entro i sei anni di età (Lai et al., 2014).

I disturbi in concomitanza hanno un forte impatto sulla qualità della vita delle persone con ASD in termini di autonomia e capacità adattive, esacerbando l'isolamento sociale o problematiche comportamentali relative all'aggressività, l'irritabilità e comportamenti autolesionistici (Fitzpatrick et al., 2016; Hossain et al., 2020). Infine, la depressione sembrerebbe essere una tra le condizioni psichiatriche più presenti, ma di difficile identificazione, questo perché date le difficoltà comunicative generali e sociali, le persone con ASD tendono a non riportare le problematiche legate a questa condizione concomitante (Ghaziuddin et al., 2002).

1.4. Prevalenza

Le persone con ASD rappresentano un'importante richiesta in termini educativi, sociali e medici. Dato che questa condizione perdura tutta la vita, una corretta descrizione epidemiologica del disturbo è utile alle strutture sanitarie per la pianificazione dei servizi (Baxter et al., 2015). Infatti, uno studio ha sottolineato come la maggior parte dei costi sostenuti per queste persone siano associati agli operatori dei servizi educativi speciali dove all'aggravarsi della sintomatologia corrispondono maggiori spese (Roddy et al., 2019). Inoltre, in Europa il 37% dei costi totali dei disturbi relativi al sistema nervoso (tra cui rientra l'ASD) consistono in spese sanitarie, mentre il 40% in perdite dovute alla produttività dei pazienti (Gustavsson et al., 2010). Sulla base di questi presupposti è evidente come un'accurata gestione degli ASD sia essenziale in termini non solo sociali, ma anche economici. Questa non può prescindere dalla descrizione epidemiologica del fenomeno. Negli anni '90 la prevalenza del disturbo

riconosciuta era di circa 4-5 casi ogni 10000 abitanti (Munk-Jorgensen et al., 2011) con un'alta prevalenza maschile per un rapporto tra uomini e donne di 4 a 1 (Werling et al., 2013). Con il passare degli anni e con l'aumentare degli studi si è assistito ad un notevole aumento della prevalenza. Oltre al probabile aumento della prevalenza effettiva, sono state proposte molte spiegazioni per questo fenomeno, come ad esempio il cambiamento dei criteri diagnostici, fattori culturali ed ambientali o una maggiore sensibilità al disturbo (Matson et al., 2011). In Italia sono state riscontrate delle prevalenze del disturbo variabili, dipendentemente dall'area di interesse, con lo 0.05% nella città di Catania (Ferrante et al., 2015), lo 0.44% nella regione dell'Emilia-Romagna, lo 0.48% nel Piemonte, e circa l'1.19% in Abruzzo (Valenti et al., 2019). Una revisione del 2012 commissionata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità ha indicato una prevalenza mondiale dello 0.62% (Elsabbagh et al., 2012), mentre una revisione più recente del 2017 ha indicato una prevalenza del 1.5% nelle nazioni più sviluppate (Lyll et al., 2017). Uno studio che ha coinvolto undici stati americani ha stimato una prevalenza di circa 1.68%, che poteva variare tra 1.31% e 2.93% dipendentemente dallo stato considerato, quindi fino ad un massimo di 3 abitanti ogni 100 (Baio et al., 2018). Per quanto riguarda l'Europa, la prevalenza media rimane intorno all'1% con una più alta prevalenza in Islanda, dove tende ad avvicinarsi ai massimi riscontrati in America, con una prevalenza del 2.60% (ASDEU, 2018). Sorprendentemente, uno studio suggerisce che se venissero considerati anche i casi non diagnosticati le prevalenze riscontrate potrebbero essere addirittura superiori (Baron-Cohen et al., 2009a). Nello specifico lo studio indicava che da una prevalenza di circa 1% (media europea), considerare le non-diagnosi poteva aumentare la prevalenza riscontrata fino a 1.57%.

1.5. Difficoltà percettive ed integrazione multisensoriale

Sebbene i deficit sociali sembrano rappresentare la sintomatologia principale dell'ASD, ad oggi abbiamo numerose evidenze che dimostrano come un'elaborazione sensoriale atipica rappresenti una possibile causa di molti dei

segni e dei sintomi comportamentali dell'ASD (Simmons et al., 2009). Un'elaborazione sensoriale atipica sembra presentarsi già dai 6 mesi di vita in bambini che successivamente riceveranno una diagnosi di ASD (Baranek et al., 2013). Gli ASD possono presentare una percezione alterata degli stimoli in movimento (Dakin e Frith, 2005), un'elaborazione atipica delle caratteristiche degli stimoli a basso livello (come ad esempio il contrasto, l'orientamento e la frequenza spaziale; Bertone et al., 2005) e difficoltà nell'elaborazione del movimento globale degli stimoli (Vandenbroucke et al., 2008). Inoltre, presentano difficoltà nel combinare diversi tipi di informazioni percettive (Feldman et al., 2018), una difficoltà associata a un'atipica sincronia temporale (Murat Baldwin et al., 2021) e alla manifestazione di comportamenti temporalmente asincroni (Stevenson et al., 2014a). Ad esempio, nello studio di Whyatt e Craig (2013) ai bambini con ASD veniva chiesto di prendere una palla che stava rotolando da una rampa. I risultati hanno mostrato che gli ASD avevano prestazioni inferiori rispetto al gruppo di controllo indicando un ridotto controllo spazio-temporale e difficoltà nel coordinare diverse informazioni. L'integrazione di informazioni multisensoriali è estremamente importante per lo sviluppo di abilità di livello superiore ed una sua disfunzione può avere un effetto a cascata su molte aree dello sviluppo probabilmente causando le difficoltà sociali e comunicative associate all'ASD (Cascio et al., 2016). Basti pensare che l'integrazione di stimoli visivi e uditivi ha un importante ruolo nella percezione del parlato poiché richiede l'integrazione di stimoli visivi (il volto) e uditivi (la voce) (Stevenson et al., 2014b), di conseguenza, non sorprende l'importanza dell'integrazione di questi stimoli nello sviluppo delle abilità comunicative, linguistiche e sociali (Bahrick & Todd, 2012; Cascio et al., 2016). Oltre a queste difficoltà, la letteratura si è ampiamente interessata alla percezione del movimento biologico nell'ASD. Quest'abilità è un importante prerequisito per la capacità di effettuare inferenze sulle azioni di altri esseri umani o animali considerando il modo in cui si muovono (Troje e Basbaum, 2008). Infatti, la comprensione del movimento del corpo ci consente di

comprendere le intenzioni degli altri e di prevederne il comportamento (Blakemore e Decety, 2001), un elemento essenziale all'interno della cognizione sociale (Pavlova, 2012), e gli ASD presentano difficoltà nel ricavare informazioni sociali dal movimento biologico (Simmons et al., 2009). Rispetto a persone con sviluppo tipico, gli ASD presentano generalmente prestazioni inferiori nella percezione e nell'interpretazione del movimento biologico e queste difficoltà sembrano avere un effetto negativo anche sul funzionamento sociale (Pavlova, 2012). Infatti, le difficoltà riscontrate dagli ASD tendono ad aumentare quando il movimento biologico viene utilizzato per scopi "secondari" come fare inferenza sulle intenzioni o sulle emozioni delle persone (Todorova et al., 2019; Federici et al., 2020). Tuttavia, sembrerebbe che queste difficoltà tendano a diminuire con l'aumentare dell'età (Todorova et al., 2019; Federici et al., 2020). Infatti, uno studio ha indicato che gli adulti con ASD possono ottenere prestazioni paragonabili a quelle di un gruppo di controllo quando viene loro richiesto di elaborare movimenti umani, tuttavia sembrerebbero utilizzare processi cerebrali diversi (McKay et al., 2012). In altre parole, attraverso l'ingaggio di un processo neurale sottostante diverso dai tipici gli ASD adulti possono raggiungere livelli di prestazione paragonabili a quelli dei controlli durante compiti legati al movimento biologico (Freitag et al., 2008).

Oltre alle difficoltà riportate, gli ASD tendono a mostrare uno specifico stile di elaborazione sensoriale caratterizzato da una tendenza ad elaborare i dettagli locali di uno stimolo piuttosto che considerarli ed elaborarli come un modello globale (Lebreton et al., 2021). È importante notare che, secondo la Teoria del Deficit di Coerenza Centrale, l'ASD si caratterizza proprio per le difficoltà nel processare lo stimolo globale mentre riesce, addirittura eccellendo, nel processare aspetti specifici degli stimoli. Questo tipico stile di processamento degli stimoli è stato associato agli straordinari talenti che queste persone possono talvolta mostrare (Baron-Cohen et al., 2009b). Infatti, la miglior elaborazione dei dettagli può rappresentare un vantaggio nei paradigmi di

ricerca visiva (Kéïta et al., 2010), dove gli ASD mostrano migliori prestazioni rispetto ai controlli con sviluppo tipico (Plaisted et al., 1998; O’Riordan et al., 2001). Riguardo questo aspetto, le registrazioni di magnetoencefalografia hanno indicato che gli ASD hanno un migliore accesso ai processi cerebrali visivi precoci (Falter et al., 2011) che potrebbero spiegare la loro migliore risoluzione nel dominio visivo (Falter et al., 2012). È stato anche ipotizzato che la migliore acuità visiva degli ASD possa essere una conseguenza adattiva a compromissioni in altri tipi di elaborazione temporale (Allman, 2015), tuttavia, è importante sottolineare che l’elaborazione degli stimoli visivi è strettamente correlata al fuoco attentivo e gli ASD mostrano difficoltà nell’orientamento dell’attenzione quando il compito richiede un fuoco dell’attenzione ampio (Ronconi et al., 2018).

1.6. Teorie di riferimento

Negli anni si sono sviluppate molte teorie che hanno cercato di descrivere l’ASD in termini di un deficit primario che possa spiegarne la sintomatologia. Nonostante queste teorie si fondino su basi scientifiche, è importante sottolineare che spiegare il disturbo attraverso un deficit principale che abbia un rapporto causale con l’intera sintomatologia sia estremamente riduttivo ed è ragguardevole utilizzare le teorie di riferimento come una cornice di riferimento per spiegare le delle difficoltà che queste persone riscontrano. Infatti, è importante sottolineare che le teorie riportate non si escludono necessariamente a vicenda.

1.6.1. Teoria della Mente

Senza dubbio una tra le più consolidate teorie di riferimento è quella del *Deficit della Teoria della Mente (Theory of Mind, ToM)*. Questa abilità è generalmente presente nei bambini verso i 3 anni di età (Surian & Leslie, 1999) e consiste nella capacità di costruire una rappresentazione degli stati mentali delle altre persone. Alcuni punti di vista considerano la ToM come un modulo indipendente che pone le sue basi sulla capacità di “pretendere”, un’abilità che

compare intorno ai due anni di età (Leslie, 1992). Un esempio di questa abilità consiste nella capacità del bambino di pretendere che l'oggetto A sia un altro oggetto B, così, per gioco, il bambino può pretendere che una scatola di cartone sia un razzo. Nonostante sia un gioco di fantasia, questa abilità permette al bambino di utilizzare attivamente delle proprie rappresentazioni interne. Oltre alla teoria della ToM modulare, la *Theory-Theory* considera la ToM come un insieme di principi astratti sul comportamento degli altri acquisiti tramite l'esperienza (Alcalá-López et al., 2018), oppure la Teoria della Simulazione asserisce che per interpretare gli stati mentali degli altri li impersoniamo e ci poniamo nei loro panni di modo da capire come ci sentiremmo se fossimo al loro posto (Goldman, 1989). Qualunque sia la teoria a cui ci riferiamo quando parliamo di ToM, questa abilità è estremamente importante nella vita di tutti i giorni. Da una prospettiva sociale ci consente di comprendere e dare un senso al comportamento degli altri, di anticiparne il comportamento e di rispondere adeguatamente nei contesti sociali (Moore & Frye, 2014; Fonagy & Target, 1997). Il classico compito utilizzato per misurare questa abilità è il compito della falsa credenza dove il partecipante osserva una scena con due personaggi. Uno dei due colloca un oggetto in un determinato luogo per poi uscire di scena, successivamente il secondo personaggio sposta l'oggetto e a questo punto il partecipante dovrà indicare dove il primo personaggio andrà a cercare l'oggetto al suo ritorno (Wimmer & Perner, 1983). Per fornire la risposta esatta è necessario che il partecipante si crei una rappresentazione degli stati mentali del primo personaggio, poiché quest'ultimo andrà a cercare l'oggetto dove sapeva di averlo lasciato e non dov'è stato spostato a sua insaputa. I bambini con ASD non superano questo tipo di compito e non sembra sia dovuto a deficit delle abilità cognitive o linguistiche (Perner et al., 1989; Baron-Cohen, 1989), a difficoltà nelle rappresentazioni spaziali o logiche (Leslie & Thaiss, 1992) o a difficoltà nel comprendere altre tipologie di relazioni durante la presentazione di scene (Baron-Cohen et al., 1986). Nonostante ciò, è stato anche riscontrato che alcuni ASD riescano a superare il compito di falsa credenza (Tager-

Flusberg, 2001). Questo potrebbe essere dovuto al fatto che negli ASD queste abilità non sono totalmente assenti, ma sembrano avere uno sviluppo più tardivo (Pino et al., 2020a). Inoltre, è possibile distinguere la ToM in una componente esplicita (cosciente) ed una implicita; quest'ultima è più precoce in termini di sviluppo rispetto alla prima (Garnham & Perner, 2001) e sembrerebbe che, nonostante gli ASD possano presentare una buona prestazione nella ToM esplicita, mostrino considerevoli difficoltà nel caso della ToM implicita (Schuwerk et al., 2015). Infine, un'altra possibile divisione della ToM disponibile in letteratura è quella in componente cognitiva e componente affettiva (Shamay-Tsoory & Aharon-Peretz, 2007).

1.6.2. Simulazione mentale

Questa teoria si basa sui neuroni specchio cioè un gruppo di neuroni, originariamente scoperto nell'area F5 delle scimmie, che si attivano sia quando viene eseguita una determinata azione, sia quando la stessa azione viene osservata (Rizzolatti et al., 1996, Gallese et al., 1996). Anche nell'uomo è stato identificato un sistema di neuroni specchio, che similmente si attiva sia quando compiamo un'azione, sia quando vediamo qualcuno eseguirla (Gallese et al., 2006) e questo sistema sembra cruciale per l'imitazione e per la comprensione del comportamento degli altri (Rizzolatti & Craighero, 2004). Quali siano effettivamente le aree coinvolte nel sistema dei neuroni specchio umano è ancora oggetto di dibattito (Molenberghs et al., 2012), tuttavia, le aree generalmente riconosciute comprendono la corteccia premotoria, il giro frontale inferiore ed il lobulo parietale inferiore (Iacoboni & Dapretto, 2006). Inoltre, le aree del sistema sono connesse con altre aree cerebrali che supportano l'imitazione fornendo informazioni sensoriali, percettive e affettive (Molenberghs et al., 2012). I neuroni specchio sembrano associati alle abilità empatiche, ad esempio la loro attivazione è modulata dalla valenza emotiva degli stimoli (Warren et al., 2006) e la visione di espressioni facciali può aumentare l'eccitabilità delle aree coinvolte in questo sistema (Enticott et al., 2008). Inoltre, alcune regioni sottocorticali coinvolte nei processi emotivi

presentano una coattivazione con il sistema dei neuroni specchio durante l'imitazione di espressione facciali esprimenti emozioni (Killgore & Yurgelun-Todd, 2004) e sembrerebbe che alcune aree coinvolte nell'esperienza emotiva, tra cui l'insula e l'amigdala, presentino meccanismi simili ai neuroni specchio con un importante ruolo nella comprensione delle emozioni degli altri e nei processi empatici (Rizzolatti & Sinigaglia, 2016; Singer et al., 2004; Wicker et al., 2003). È interessante riportare che questo sistema sembrerebbe essere presente già in età molto precoce consentendo ai neonati l'imitazione automatica degli stimoli presentati (Lepage & Thèoret, 2007).

Dato che questo sistema associa le rappresentazioni basate su noi stessi con rappresentazioni degli altri (Rizzolatti & Craighero, 2004), può essere particolarmente importante per comprendere le intenzioni delle persone (Iacoboni, 2005). Allo stesso modo, questo sistema sembrerebbe essere un importante substrato neurale per i processi empatici poiché permetterebbe di costruire una rappresentazione interna delle azioni e delle emozioni esperite dagli altri quando ci relazioniamo con loro (Mazza & Valenti, 2019) e durante il contagio emotivo (Williams et al., 2001). Questo "rispecchiarsi" nell'altro è stato definito Simulazione Incarnata (Gallese, 2014).

Riguardo l'ASD, sappiamo che le funzioni associate a questo sistema come l'imitazione e l'empatia sono deficitarie (Fecteau et al., 2006) e mostrano un'attivazione dei neuroni specchio atipica (Thèoret et al., 2005). Una recente metanalisi indica che in presenza di uno stimolo senza componenti sociali, il sistema dei neuroni specchio degli ASD avrebbe un'iperattivazione sinistra, indicando uno sforzo mentale superiore rispetto ai controlli, mentre nel caso di uno stimolo con componenti sociali, un'iperattivazione destra, nello specifico nel giro frontale inferiore, che sembrerebbe essere associato al processamento atipico di stimoli sociali ed emotivi (Chan & Han, 2020).

1.6.3. Funzioni esecutive

Un'altra teoria di riferimento che cerca di spiegare le atipie che spesso si riscontrano nelle persone con ASD considera la disfunzione esecutiva come tra

i principali fattori che possano spiegare il disturbo (Pennington et al., 1997; Russel, 1997). Le funzioni esecutive si riferiscono a una famiglia di processi mentali che consentono risposte flessibili e adattive all'ambiente (Dempster, 1992). Esiste un accordo in letteratura sul fatto che l'inibizione, la memoria di lavoro e la flessibilità cognitiva siano funzioni esecutive fondamentali, da cui derivano le capacità di ragionamento, di problem solving e di pianificazione (Diamond, 2013). Lo sviluppo di questi processi è legato alla maturazione della corteccia prefrontale (Moriguchi e Hiraki, 2009) e la letteratura ci suggerisce che questi processi tendano a svilupparsi rapidamente durante gli anni prescolari per continuare durante l'adolescenza, raggiungendo, in questo periodo dello sviluppo, prestazioni simili a quelle degli adulti (Anderson, 2002). Queste abilità sono estremamente importanti e vengono reclutate in una moltitudine di attività quotidiane, infatti, consentono di svolgere compiti complessi. Ad esempio, possono essere reclutate durante i processi di guida, i quali richiedono un'attenzione continua, un filtraggio delle informazioni irrilevanti e la necessità di modificare il comportamento in base alla situazione (Walshe et al., 2017). Infatti, alcuni dati confermano che una riduzione delle capacità esecutive può portare a una minore abilità di guida e ad un aumento del rischio di incidenti (Walshe et al., 2017).

Alcuni studi ci indicano come l'ASD possa presentare un'ampia compromissione delle abilità esecutive (Demetriou et al., 2019; Ozonoff et al., 2007). Infatti, gli ASD possono presentare difficoltà nei compiti di pianificazione, di flessibilità mentale e di inibizione (Hill, 2004a) che possono influenzare ulteriori processi. Ad esempio, è stato ipotizzato che le loro difficoltà di autoregolazione possano essere associate a comportamenti perseverativi (Robinson et al., 2009) e a problemi nel linguaggio (Joseph et al., 2005).

Ad oggi sappiamo che esiste una forte relazione tra funzioni esecutive ed abilità sociali. Il livello delle abilità esecutive degli ASD può predire le loro abilità di ToM (Hill, 2004b), infatti alcune aree cerebrali deputate a queste due funzioni

sono regionalmente vicine (Ozonoff et al., 1991) o addirittura condivise (Perner e Lang, 2000). Altri studi indicano una relazione inversa, infatti, sin dalla prima infanzia, i processi di interazione sociale possono influenzare lo sviluppo delle funzioni esecutive (Moriguchi, 2014, Carlson et al., 2002). Ad esempio, lo studio di Bernier e colleghi (2010) suggerisce che le prime interazioni tra bambini e genitori possano predire lo sviluppo di queste abilità. Uno studio particolarmente interessante ha valutato le prestazioni di bambini durante un compito di problem solving dopo che questi avevano osservato un'altra persona svolgere lo stesso compito (Moriguchi et al., 2007). I risultati ottenuti mostravano che il numero di errori perseverativi commessi dai bambini era influenzato dalla sicurezza mostrata dall'adulto durante la performance, il quale veniva preso come modello, suggerendo che le capacità esecutive di una persona, in questo caso il problem solving, possano essere influenzate dallo stato mentale degli altri. In questo contesto è importante sottolineare che la relazione tra capacità sociali e funzioni esecutive deve essere ancora del tutto compresa; tuttavia, le evidenze attualmente disponibili sembrano indicare una relazione bidirezionale tra questi due processi, cioè di influenza reciproca, probabilmente a causa della condivisione di alcuni meccanismi sottostanti (Wade et al., 2018).

Anche riguardo i comportamenti ristretti e ripetitivi, un sintomo centrale di questa condizione (American Psychiatric Association, 2013), alcuni studi ipotizzano un'associazione con i processi esecutivi (Ridley, 1994; Turner, 1999, Cissne et al., 2021). Una recente metanalisi ha confermato la relazione tra funzioni esecutive e comportamenti ristretti e ripetitivi, sottolineando l'importanza di comprendere le influenze tra questi processi (Iversen & Lewis, 2021), ed ha indicato come l'età sembra essere un importante fattore da considerare all'interno di questa relazione. Infatti, nonostante la relazione tra i comportamenti ristretti e ripetitivi e le funzioni esecutive non sia ancora del tutto chiara (Iversen & Lewis, 2021), sembrerebbe che questa relazione non sia presente in una prima fase iniziale (Lai et al., 2017), ma tenderebbe ad emergere

successivamente insieme a comportamenti ristretti e ripetitivi di ordine superiore (Mosconi et al., 2009). Inoltre, sembrerebbe che questa sintomatologia sia associata a dinamiche temporali atipiche nei circuiti cerebrali dedicati al controllo cognitivo (Supekar et al., 2021).

1.7. Cognizione sociale

Abbiamo già riportato che tra i sintomi principali dell'ASD vi siano difficoltà relative all'interazione ed alla comunicazione sociale. Con il termine di Cognizione Sociale ci riferiamo ad un complesso sistema di processi cognitivi che ci consentono di memorizzare, elaborare ed utilizzare informazioni relative alle altre persone ed ai contesti sociali (Happé et al., 2017; Vagnetti et al., 2020). Questo termine si riferisce ad un ampio gruppo di abilità e, ad esempio, comprende anche la motivazione sociale, l'apprendimento sociale e l'attenzione sociale (Happé et al., 2017). Queste abilità ci consentono di rispondere in modo adeguato di fronte a contesti sociali e di predire il comportamento altrui (Vetter et al., 2013), infatti la ToM, cioè la capacità di interpretare i pensieri e gli stati mentali degli altri, rappresenta una componente estremamente importante della cognizione sociale (Warrier & Baron-Cohen, 2018). Molti dei precursori delle abilità di cognizione sociale sono atipici nei primi anni di vita di bambini con ASD, come, ad esempio, l'attenzione condivisa o il processamento emotivo (Happé & Frith, 2014; Warrier & Baron-Cohen, 2018). Inoltre, sembrerebbe che già nei neonati a rischio di ASD sia presente una ridotta attenzione agli stimoli sociali, come il movimento biologico o il volto umano (Di Giorgio et al., 2016), o un ridotto interesse per le scene sociali (Chawarska et al., 2013). Le atipie e le difficoltà precoci riscontrate su importanti precursori interferiscono con il tipico sviluppo delle abilità sociali. Infatti, le abilità di cognizione sociale negli ASD non sono assenti, ma mostrano un'acquisizione più tardiva (Pino et al., 2017) e non sembrano dipendere da difficoltà cognitive generali (Baron-Cohen, 1997; Ziv et al., 2014). Le difficoltà di cognizione sociale sono state evidenziate anche in persone che rientrano all'interno di un'espressione fenotipica di autismo ampliata (dall'inglese *Broad Autism*

Phenotype), cioè che presentano una sintomatologia autistica a livello subclinico, perciò fuori dalla categoria diagnostica di ASD (Sasson et al., 2013), indicando come le difficoltà sociali siano insite in un concetto di autismo estremamente ampio. È interessante riportare che uno studio condotto su gemelli di 5 anni di età ha indicato come i fattori ambientali a cui sono esposti i bambini con sviluppo tipico possono spiegare la maggior parte della variazione dei punteggi di misure di cognizione sociale, mentre solo il 7% è spiegato da fattori genetici (Hughes et al., 2005). Contrariamente a questo risultato, lo studio condotto da Isaksson e colleghi (2019) con gemelli di ASD ha evidenziato che, in questo caso, la performance nelle misure di cognizione sociale non veniva spiegata da fattori ambientali, dal genere o dal livello intellettuale, ma unicamente dalla presenza della condizione ASD.

Abbiamo già detto che la cognizione sociale comprende diversi componenti che necessariamente devono essere in comunicazione; infatti, può essere intesa come un network di processi mentali sociali in relazione tra loro. A questo proposito una serie di studi condotti su bambini e adulti con ASD ha confrontato il network di cognizione sociale di questa popolazione con quello dei pari a sviluppo tipico ed ha evidenziato come i network degli ASD presentino una comunicazione atipica che può spiegare le difficoltà riscontrate da questa popolazione (Pino et al., 2020b; Vagnetti et al., 2020). Lo studio condotto sui bambini ASD indicava come di particolare importanza quei processi legati alla codifica degli stimoli sociali, suggerendo che il loro contributo nel network di cognizione sociale fosse ridotto rispetto al gruppo dei pari (Pino et al., 2020b). La codifica dello stimolo sociale è un passo estremamente importante nel processamento delle informazioni sociali e secondo il *Social Information Processing* di Crick e Dodge (1994) rappresenta il primo di un processo circolare a più fasi (seguito da interpretazione dello stimolo, fissazione degli obiettivi, costruzione e valutazione della risposta) che ci consente la focalizzazione su determinati segnali sociali che poi verranno interpretati per rispondere adeguatamente alla situazione sociale che stiamo affrontando. A tale

proposito è interessante notare come proprio il processamento delle informazioni sociali rappresenti un valido strumento a supporto del clinico per la diagnosi di ASD durante il processo di valutazione (Pino et al., 2020c). Inoltre, anche la ToM ha una forte relazione con il processamento delle informazioni sociali, infatti, i bambini ASD che hanno più difficoltà nei compiti di ToM mostrano anche maggiori difficoltà in tutte le fasi del processamento delle informazioni sociali definite dal modello di Crick e Dodge (Mazza et al., 2017).

Recenti studi con tecniche di neuroimmagine ci suggeriscono che sia possibile individuare dei *marker* neurali che possano identificare l'ASD e che coinvolgono principalmente le aree cerebrali alla base della cognizione sociale. Infatti, le aree cerebrali implicate nei contesti sociali presentano connessioni e attivazioni atipiche nell'ASD (Gotts et al., 2012; Pelphrey et al., 2011). Queste aree comprendono ciò che viene definito cervello sociale, cioè un insieme di aree cerebrali che mediano diverse funzioni sociali, tra cui l'attenzione congiunta, la comprensione delle intenzioni, l'individuazione dell'agente, la percezione delle emozioni e l'elaborazione dei volti, e comprendono l'amigdala, la giunzione temporo-parietale, il giro frontale inferiore, la corteccia prefrontale mediale, la corteccia cingolata anteriore e la corteccia orbitofrontale (Blakemore et al, 2007; Frith e Frith, 2008; Kennedy e Adolphs, 2012; Pelphrey e Carter, 2008). Kennedy e Adolph (2012) ipotizzano che il cervello sociale sia composto da quattro network funzionalmente diversi che sono: il Network dell'Amigdala, che comprende l'amigdala e le regioni orbitofrontali e sarebbe coinvolto nella regolazione e valutazione emotiva; il Network della Mentalizzazione, che comprende le regioni prefrontali e temporali superiori ed è implicato nell'attribuzione degli stati mentali; il Network Specchio, che comprende aree parietali e prefrontali ed è coinvolto nell'imitazione e nella comprensione delle azioni; ed il Network dell'Empatia, che comprende l'amigdala e l'insula e si occupa di identificare e di rispondere emotivamente alle emozioni degli altri. Una meta-analisi condotta su studi di immagini di

risonanza magnetica che utilizzavano compiti di carattere sociale ha identificato che le principali aree che mostrano un'anatomia ed un'attivazione atipica negli ASD sono l'insula, l'area fusiforme per i volti, il giro temporale superiore ed il giro frontale inferiore (Patriquin et al., 2016). Inoltre, queste aree sembrano differenziare sensibilmente le persone ASD da individui con sviluppo tipico, oltre ad essere coinvolte in vari processi sociali (Patriquin et al., 2016). Ad esempio, l'insula è un'area di particolare rilievo per una serie di processi sociali, infatti, è associata all'esperienza emotiva ed alle difficoltà della consapevolezza emotiva riportate gli ASD (Silani et al., 2008) ed è in grado di individuare gli stimoli salienti dell'ambiente per modulare la reattività fisiologica come risposta e per coordinare l'attivazione di network cerebrali su larga scala (Menon & Uddin, 2010).

1.8. Interventi

Riguardo l'intervento per le persone con ASD esiste un accordo generale secondo cui, per avere degli effetti migliori, debba essere effettuato il più tempestivamente possibile, in età precoce (Kolb & Gibb, 2011) e lavorare su un'ampia serie di abilità relative allo sviluppo (Lord & McGee, 2001; Odom et al., 2010; Boyd et al., 2010). Tra i primi interventi messi in pratica, e ad oggi ampiamente studiati, troviamo gli interventi di tipo comportamentale (Ferster & DeMeyer, 1962; Lovaas et al., 1973). Tra gli interventi comportamentali troviamo gli EIBI (acronimo derivato dall'inglese *Early and Intensive Behavioral Intervention*) ed il primo articolo che ne ha dimostrato l'efficacia risale al 1987 (Lovaas, 1987) e fu di particolare rilievo perché suggerì l'importanza di coinvolgere i caregiver all'interno della pratica di intervento. Ad oggi sono disponibili varie tipologie di interventi comportamentali, ad esempio, possiamo riportare l'*Applied Behavior Analysis* (ABA, Dunlap et al., 1991), il *Treatment and Education of Autistic and Communication Handicapped Children* (TEACCH; Schopler, 1997) o il Modello Denver (Rogers et al., 2006). Indipendentemente da alcuni elementi che li differenziano, una componente essenziale che ne accomuna la maggior parte è sicuramente la

Teoria dell'Apprendimento di Skinner (1953). L'ABA ed il TEACCH rappresentano gli interventi più comunemente utilizzati per le persone ASD (Pasco, 2018). Il TEACCH è un modello di intervento globale che supporta l'ASD dall'infanzia all'età adulta. Questo approccio si focalizza nel comprendere il modo in cui queste persone pensano, apprendono ed esperiscono il mondo, al fine di massimizzare lo sviluppo dell'autonomia personale. Dopo uno specifico assessment iniziale per comprendere quali siano le abilità emergenti dell'utente ASD, dispone dei programmi individualizzati, che verranno eseguiti in contesti strutturati ed organizzati con una forte enfasi sull'apprendimento visivo ed i rinforzi naturali (Francis, 2005). Infatti, all'interno di questa tipologia di intervento la strutturazione e la predicibilità del contesto è una componente estremamente importante (Howlin, 2010). Riguardo l'efficacia, sembrerebbe che il TEACCH abbia effetti relativamente piccoli sulle abilità percettive, motorie, verbali e cognitive degli ASD, effetti pressoché trascurabili riguardo la comunicazione e la motricità, ma effetti consistenti per quanto riguarda il comportamento disadattivo e quello sociale (Virues-Ortega et al., 2013). L'intervento ABA è un altro intervento comportamentale fatto su misura della persona con ASD che include: l'uso di rinforzi positivi, cioè la messa in atto di un comportamento corretto viene seguita da un evento piacevole per la persona con ASD; lo *shaping*, cioè il fornire ricompense per comportamenti che si avvicinano a quello corretto; il *fading*, cioè una progressiva riduzione della dipendenza dal terapeuta per metter in atto i comportamenti; e l'uso di *prompt*, cioè l'uso di stimoli per aiutare l'ASD nelle attività (Foxy, 2008). L'efficacia di questo intervento è supportata da una vasta mole di evidenze (Granpeesheh et al. 2009; Medavarapu et al., 2019) ed è stato riscontrato che sembra essere particolarmente efficace per migliorare i punteggi del quoziente intellettivo generale e non verbale degli ASD, così come le abilità adattive ed il linguaggio espressivo e ricettivo (Peters-Scheffer et al., 2011). Wong e colleghi (2015) definiscono l'ABA ed il TEACCH come modelli di intervento globali, in quanto sono concepiti per effettuare un programma di

intervento generale sulla persona, finalizzato all'apprendimento e allo sviluppo di quelle abilità deficitarie tipiche dell'ASD. Queste tipologie di intervento si caratterizzano per un alto grado di strutturazione delle attività, di intensità e di durata e si pongono l'obiettivo di lavorare su più aree, come le abilità comunicative, sociali e comportamentali (Odom et al. 2014; Wong et al. 2015). Uno dei pochi studi che ha messo a confronto diverse tipologie di intervento comportamentale, tra cui l'ABA, ha evidenziato come a distanza di un anno i tre interventi considerati portassero ad una riduzione della sintomatologia dei partecipanti ASD. Questo avveniva indipendentemente dalla tipologia di intervento comportamentale intrapreso, suggerendo che l'intensità dell'intervento (erano tutti ad alta intensità) rappresenti un'importante fattore di efficacia (Mazza et al., 2021). Negli ultimi anni, tra i vari interventi disponibili, è stata riconosciuta un'ulteriore tipologia di intervento e sta ricevendo particolare interesse: gli Interventi Naturalistici Evolutivi Comportamentali (NDBI, dall'inglese *Naturalistic Developmental Behavioral Interventions*). Questa tipologia di intervento pone le sue basi nelle metodologie degli interventi comportamentali e stabilisce le abilità su cui lavorare in base alla loro sequenza di sviluppo e tramite l'uso di ambienti e ricompense naturali (Schreibman et al., 2015). Questi interventi sono erogati principalmente nel contesto del gioco ed il controllo delle interazioni è condiviso sia dal bambino che dall'adulto attraverso un'equilibrata alternanza dei turni. Alcuni interventi riconosciuti all'interno di questa nuova tipologia sono il JASPER (Kasari et al., 2006), l'*Early Start Denver Model* (Rogers & Dawson, 2010) e l'*Enhanced Milieu Teaching* (EMT; Kaiser, 1993).

Un'altra tipologia di intervento consiste nell'intervento mediato dai genitori, che ha il vantaggio di poter traslare l'acquisizione delle abilità in casa od in altri contesti e di migliorare la fiducia in sé riportata dai caregiver (Dawson & Burner, 2011). Tuttavia, nonostante sia un valido supporto per i terapeuti (Dawson & Burner, 2011), non sono disponibili sufficienti prove riguardo la sua efficacia (Lai et al., 2014).

Molte persone con ASD hanno problematiche relative alla comunicazione, per questo motivo molti interventi intensivi mirano a promuovere la comunicazione verbale e non verbale. Quando la persona con ASD non è verbale, si può addestrare all'uso delle PECS (dall'inglese: *Picture Exchange Communication System*), cioè un insieme specifico di immagini utilizzato per effettuare richieste o commenti al fine di una comunicazione funzionale. Purtroppo, nonostante le PECS migliorino questo tipo di comunicazione, non favoriscono il linguaggio verbale (Flippin et al., 2010). Inoltre, nonostante siano state introdotte nuove tecnologie derivate dalle PECS, come ad esempio dispositivi in grado di generare espressioni vocali tramite immagini, i loro effetti per favorire la comunicazione degli ASD non sono ancora chiari (Lorah et al., 2015). Infine, nonostante il notevole interesse della comunità scientifica per comprendere e sviluppare gli interventi per le persone ASD, è importante sottolineare che, ad oggi, sono necessarie ulteriori evidenze sull'efficacia degli interventi disponibili (Lai et al., 2020).

1.9. L'uso della tecnologia con persone con ASD

Negli ultimi anni, soprattutto grazie ai progressi avvenuti in ambito tecnologico, la ricerca ha mostrato un forte interesse nell'utilizzare la tecnologia per supportare le persone ASD. A questo proposito sono state utilizzate una vasta gamma di strumenti tecnologici ed all'interno di questo paragrafo andremo a descriverne alcuni. Nonostante il forte interesse nell'uso di tecnologia, ad oggi, non sono disponibili sufficienti evidenze tali da definirla una pratica basata sull'evidenza (Zervogianni et al., 2020). Una recente metanalisi ha valutato l'efficacia di interventi comportamentali *vis a vis* ed interventi dello stesso tipo supportati da tecnologia (Soares et al., 2021), oltre a trovare dei risultati di efficacia comparabili tra le due tipologie, lo studio indica l'importanza di considerare come prospettiva futura l'uso combinato di interventi "classici" ed interventi supportati dalla tecnologia.

1.9.1. La realtà virtuale e aumentata

Per fare chiarezza riguardo la realtà virtuale e la realtà aumentata è importante introdurre il concetto di Continuum Realtà-Virtualità (Continuum RV; Milgram et al., 1995). Secondo questo concetto, il Continuum RV comprende ad un estremo l'ambiente reale (cioè qualsiasi ambiente od oggetto reale che possiamo sperimentare in prima persona o attraverso degli schermi come finestre o video), mentre all'altro estremo l'ambiente virtuale (un ambiente che consiste unicamente in oggetti virtuali). Compresa tra questi due estremi abbiamo la realtà mista, cioè una combinazione dei due ambienti secondo diversi gradi: la realtà mista con un grado più vicino all'ambiente reale consiste nella realtà aumentata, cioè la sovraimpressione di stimoli simulati all'ambiente reale, al contrario la realtà mista con un grado più alto di virtualità è definita virtualità aumentata, cioè quando all'interno di un ambiente virtuale vengono inseriti degli elementi dall'ambiente reale, ad esempio poter utilizzare le nostre mani nell'ambiente virtuale o mappare oggetti reali (Milgram et al., 1995). Perciò la realtà aumentata è uno strumento che consente di percepire ed esperire il mondo reale in tempo reale e di utilizzare dei dispositivi indossabili o portatili (come, ad esempio, uno smartphone) per sovraimporci informazioni digitali, come ad esempio quelle che una persona non sarebbe in grado di percepire normalmente, fornendo opportunità per divertirsi ed imparare (Kesim & Ozarslan, 2012). Ad esempio, Persefoni e Tsinakos (2016) utilizzarono questa tecnologia per favorire l'apprendimento di argomenti storici in un gruppo di bambini di scuola primaria sovrapponendo immagini ed informazioni digitali su specifici eventi o personaggi storici al classico libro di testo attraverso l'uso di smartphone e tablet. Oltre a questo, è importante fare presente che la tecnologia utilizzata necessitava di una linea wi-fi ed uno smartphone od un tablet, perciò era relativamente accessibile. L'uso di questa tecnologia per fini educativi favorisce la partecipazione e la comprensione degli argomenti (Nincarean et al., 2013). Per questo motivo non sorprende che alcuni studi abbiano proposto il suo utilizzo anche in ambito di intervento per gli ASD. Antão e colleghi (2020)

hanno utilizzato la webcam del computer di modo che i bambini ASD potessero vedere loro stessi come davanti ad uno specchio insieme a dei simboli alfabetici o numerici. L'attività proposta consisteva in un gioco che mostrava un simbolo al centro dello schermo (target) ed il partecipante doveva muovere le mani per raggiungere lo stimolo target tra tutti quelli proposti. I loro risultati mostrarono unicamente una riduzione significativa nei tempi di esecuzione del compito. Un altro studio molto interessante (Chen et al., 2016) ha effettuato un intervento tramite l'uso di un libro che, se visto attraverso la telecamera di un tablet, sovrainponeva stimoli che enfatizzavano i dettagli sociali della storia presentata in modo da favorire l'attenzione dei partecipanti sui dettagli sociali non verbali. I risultati dello studio, benché condotto su un campione ridotto, hanno indicato un miglioramento dell'attenzione dei bambini ASD verso gli stimoli sociali non verbali. Gli stessi autori, in un altro studio, hanno utilizzato la realtà aumentata con un gruppo di adolescenti ASD per migliorare il loro riconoscimento delle espressioni facciali attraverso un sistema che sovrapponeva delle espressioni facciali 3D ai volti reali dei partecipanti di modo da farli esercitare nel fornire diversi giudizi emotivi (Chen et al., 2015). Questa strategia ha favorito la comprensione e la risposta emotiva dei partecipanti. Escobedo et al. (2014), attraverso un'applicazione denominata Mobis (*Mobile Object Identification System*), hanno consentito a degli insegnanti di sovrapporre contenuti digitali (testi, audio, forme, ...) su oggetti fisici di modo da gestire le attività di 12 bambini con ASD ottenendo un aumento dei livelli attentivi all'interno delle attività, così come un aumento delle emozioni positive e della motivazione. Il gruppo di ricerca di Vahabzadeh (2018) ha utilizzato gli smartglass come strumento di intervento per bambini ASD. Durante l'intervento, il bambino indossava gli occhiali ed era seduto di fronte all'educatore che instaurava una conversazione su argomenti scolastici (ad esempio i compiti a casa). Gli smartglass erano in grado di registrare l'attenzione del bambino sul volto dell'educatore e fornivano feedback uditivi e visivi quando diminuiva. I risultati dello studio indicano una riduzione

dell'irritabilità, dell'iperattività e del ritiro sociale dei partecipanti e che gli educatori giudicavano questa tecnologia come superiore rispetto ad altre tecnologie assistive utilizzate in passato.

Dagli esempi riportati si evince che sicuramente un vantaggio della realtà aumentata consiste nel permettere all'utente ASD di effettuare interazioni multimodali utili all'apprendimento (Quintero et al., 2019). Inoltre, una differenza fondamentale con altre tipologie di interventi è che permette di intervenire in un contesto ecologico, poiché il contesto può essere facilmente modificato in base alle caratteristiche specifiche dell'utente ASD (El-Seoud et al., 2019).

1.9.2. Gli avatar virtuali

Le tecnologie che utilizzano ambienti o stimoli virtuali possono prevedere l'utilizzo di avatar tridimensionali come ulteriore supporto per l'intervento. Il vantaggio nell'uso di avatar 3D consiste nel poter strutturare interazioni più sofisticate e complesse (Orvalho et al., 2009). Kandalaft e colleghi (2013) reclutarono otto adulti ASD che, attraverso un avatar personale simile a ciascun partecipante, potevano interagire all'interno di un ambiente di realtà virtuale. Gli avatar venivano controllati attraverso tastiera e mouse e venivano utilizzati per all'interno di scenari sociali precostruiti (ad esempio: intervista per un lavoro o incontrare nuove persone) per interagire con un terapeuta che utilizzava un proprio avatar e poteva modificare la voce dipendentemente dall'avatar in uso. Questa strategia di intervento tramite avatar ha evidenziato dei miglioramenti relativi alla teoria della mente, al riconoscimento delle emozioni ed al funzionamento sociale. Infatti, l'uso di avatar direttamente guidati è una soluzione efficace in termini di intervento poiché consente di fornire risposte o feedback tempestivi e di osservare la performance della persona (Ploog et al., 2013). Un altro studio utilizzò un pesce virtuale di nome Marla come supporto all'intervento di bambini ASD per migliorare le loro abilità sociali (Charlton, et al., 2020). Nello specifico l'animale virtuale, pilotato da una persona addestrata, compariva all'interno di un monitor posizionato nella stanza adottata per

l'intervento così che il terapeuta, presente nella stessa stanza, potesse eseguire l'intervento relativo all'apprendimento di script sociali tramite il supporto di questo personaggio. Lo scopo di Marla era quello di comunicare con il bambino (ad esempio fornendo istruzioni o feedback). Altri autori, utilizzarono un paradigma di *public speaking* tramite realtà virtuale per studiare il comportamento degli ASD in contesti sociali virtuali (Jarrold et al., 2014). Durante l'esperimento ogni partecipante ASD aveva un proprio avatar 3D all'interno di una classe virtuale a cui accedeva indossando un visore e doveva presentarsi davanti ad altri otto partecipanti, che interagivano allo stesso modo come avatar. Tra i risultati, gli autori riportano come gli ASD presentassero delle atipie sociali nel momento in cui era richiesto loro di parlare e di prestare attenzione agli altri partecipanti all'interno della classe virtuale. Lahiri e colleghi (2015) svilupparono dei compiti sociali dove degli avatar raccontavano delle storie personali ai partecipanti ASD e l'ambiente virtuale proponeva degli elementi inerenti alle storie. Inoltre, il sistema misurava la *performance* dei partecipanti ed il loro sguardo durante il compito modificando la difficoltà o l'argomento in base a questi. Nonostante si trattasse di uno studio di fattibilità, gli autori riportarono che gli ASD mostravano un alto coinvolgimento all'interno della attività proposte. Infine, uno studio ha valutato sperimentalmente il comportamento degli ASD di fronte a degli avatar virtuali (Bekele et al., 2014a) ed i risultati indicano che i bambini ASD mostravano una performance simile a bambini con sviluppo tipico nel riconoscere avatar che esprimevano delle emozioni.

In conclusione, le evidenze fino ad ora riportate ci indicano come l'uso di avatar 3D in diverse tipologie di ambiente virtuale possa fornire un importante supporto al clinico o al terapeuta.

1.9.3. I robot sociali

Oltre alle tecnologie precedentemente presentate, l'uso di robot sociali con persone con ASD sta riscuotendo particolare successo ed interesse scientifico negli ultimi anni, con una particolare enfasi nei contesti di intervento (Cabibihan

et al., 2013). Infatti, gli studi preliminari riportati in letteratura indicano una serie di vantaggi nel loro utilizzo, ad esempio, la loro prevedibilità sembra particolarmente adatta a questa tipologia di pazienti (Billiard et al., 2007; Dautenhahn, 2007) e sembrano in grado di suscitare un forte interesse ed intrattenimento durante le attività proposte (Costa et al., 2010; Michaud et al., 2007). La prima revisione critica della letteratura sull'uso di robot sociali con ASD è stata condotta da Diehl e colleghi (2012). Nonostante la loro revisione raccolse un numero relativamente limitato di studi in base ai loro criteri di inclusione (un totale di 15), servì a riassumere i principali vantaggi e limiti nell'uso di robot sociali. Gli autori riportarono come il potenziale vantaggio clinico dei robot fosse la loro capacità di elicitare dei comportamenti specifici e prosociali, di poter strutturare dei contesti di apprendimento per modellare il comportamento, e di fornire feedback ed incoraggiamento agli utenti. Ad esempio, Duquette e colleghi (2008) utilizzarono il robot sociale Tito guidato a distanza, una condizione che in questo contesto è definita Mago di Oz (*Wizard of Oz*), come agente da imitare, mentre l'educatore era presente nella stessa stanza e forniva aiuto in caso di necessità. Questo studio preliminare mostrò degli esiti positivi riguardo l'attenzione condivisa e l'imitazione di espressione facciali. Un altro studio (Kumazaki et al., 2018b) utilizzò il robot sociale CommU, un robot umanoide caratterizzato dalla grande dimensione degli occhi (potenzialmente utili per facilitarne il riconoscimento e l'interpretazione) e dalla facoltà di muovere labbra, palpebre, spalle e collo. Questo robot era posto davanti al bambino ASD ed ai due lati del partecipante erano presenti due immagini utilizzate per richiamare l'attenzione congiunta su quegli stimoli. Infatti, lo scopo del robot era quello di indurre l'attenzione congiunta nel partecipante su quegli stimoli, prima guardando brevemente il bambino per poi spostare lo sguardo verso una delle due immagini. I risultati preliminari dello studio indicano che questo tipo di compito eseguito con il robot portava ad un miglioramento dell'attenzione congiunta maggiore rispetto ad una condizione di controllo, dove a posto del robot il compito veniva eseguito da una persona.

Lakatos e colleghi (2021) hanno utilizzato Kaspar per proporre una serie di attività a bambini ASD volte a migliorare la loro presa di prospettiva, riscontrando esiti favorevoli. Queste attività, in generale, prevedevano che il bambino mostrasse delle immagini o portasse degli oggetti all'interno del campo visivo del robot di modo da far assumere al bambino la presa di prospettiva del robot.

Nonostante siano stati utilizzati molti tipi di robot sociali, il robot sociale NAO, ad oggi, è quello più comunemente utilizzato con le persone ASD (Saleh et al., 2021). Inoltre, secondo Begum e colleghi (2016), anche se gli studi che esaminano l'efficacia di intervento dei robot sociali con individui ASD presentino risultati promettenti, presentano anche importanti limiti: l'uso di criteri di inclusione per la selezione del campione non è una pratica comunemente utilizzata, molti studi utilizzano delle terapie personalizzate e le variabili che considerano non hanno, spesso, un significato direttamente sociale. Ulteriori importanti limiti consistono nell'uso di campioni di dimensioni molto ridotte e nella ridotta presenza di valutazioni di follow-up o di gruppi di controllo (Raptopoulou et al., 2021). Nonostante ciò, numerose evidenze indicano che i robot sociali siano un promettente mediatore di intervento per gli ASD o almeno sembrano avere un forte potere attrattivo (Pennisi et al., 2016). Inoltre, sembrano portare a dei miglioramenti in termini di attenzione congiunta (Sani-Bozkurt et al., 2021). Perciò, nonostante l'uso di robot sociali con persone con ASD sia una pratica che sta riscuotendo un importante successo in ambito scientifico, gli attuali limiti metodologici ne limitano le prove di efficacia ed ulteriori studi sono necessari per comprenderne appieno il potenziale in ambito clinico.

PARTE II: CONTRIBUTI SPERIMENTALI

Note: Il contenuto di questa sezione fa riferimento a studi attualmente pubblicati o in sottomissione:

- Pino, M. C., **Vagnetti, R.***, Tiberti, S., Valenti, M., & Mazza, M. (2022). Involving autism stakeholders in identifying priorities for interventions based on augmented reality. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1-9
- Pino, M. C., **Vagnetti, R.***, Valenti, M., & Mazza, M. (2021). Comparing virtual vs real faces expressing emotions in children with autism: An eye-tracking study. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5717-5732.
- **Vagnetti R.***, Di Nuovo A., Mazza M., & Valenti M. (submitted). Social robots: a promising tool to support people with autism. A systematic review of recent research and critical analysis from the clinical perspective. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*. [Under revision.]

STUDIO 1. IDENTIFICAZIONE DELLE PRIORITÀ DEGLI INTERVENTI BASATI SU REALTÀ AUMENTATA PER PERSONE CON AUTISMO TRAMITE IL COINVOLGIMENTO DEGLI STAKEHOLDER

1.1. Scopo dello studio

L'obiettivo dello studio è quello di identificare gli elementi centrali che dovrebbero essere alla base di un intervento basato sulla tecnologia secondo le tre dimensioni del modello *Matching Person and Technology* (MPT, ovvero: tecnologia, utente e ambiente), attraverso il coinvolgimento degli stakeholder nella progettazione. In particolare, vogliamo individuare i punti di forza ed i possibili problemi o barriere da considerare quando si crea un'applicazione per smartphone/tablet che utilizzi la realtà aumentata per persone con ASD di modo da incoraggiare l'usabilità della tecnologia proposta. Il coinvolgimento degli stakeholder nel campo dell'autismo è un elemento necessario per la progettazione di un'applicazione poiché fornisce a queste persone la possibilità di far sentire la loro voce all'interno del processo, favorendo e rispettando i loro interessi. Per questo motivo, nello studio abbiamo raccolto e analizzato i dati ottenuti da interviste condotte con gli stakeholder.

Nello specifico, lo studio riguarda la co-progettazione di un intervento che preveda l'uso di realtà aumentata (RA) tramite smartphone o tablet e la mediazione di un avatar virtuale. Abbiamo già indicato nella Parte I come queste tecnologie mostrino degli esiti positivi in sede di intervento. La RA, attraverso un tablet o un cellulare, può essere considerata un dispositivo tecnologico assistivo (DTA) inteso come un software o un'applicazione specializzato nell'assistere una persona tramite l'implementazione di strategie cognitive e comportamentali. Per ottenere un buon abbinamento persona-tecnologia è importante considerare le preferenze degli utenti, così come gli aspetti che dipendono dall'ambiente (Scherer et al., 2015). Un approccio centrato sulla persona, che segua un approccio sistemico, può ridurre la non conformità, il non utilizzo ed il conseguente abbandono del dispositivo (Scherer, 2002; Scherer et

al., 2005). Secondo il modello MPT, i fattori legati all'uso e al non uso dei DTA sono determinati da tre domini: 1) l'utente, con le sue caratteristiche personali e psicologiche, i suoi bisogni e le sue preferenze; 2) la tecnologia, con le sue funzioni e le sue caratteristiche; e 3) il milieu o fattori ambientali (Scherer et al., 2015, 2018; Scherer, 2012). Questa concettualizzazione è in linea con il modello biopsicosociale, che valuta ed analizza le possibili barriere ed i facilitatori che possono essere presenti all'interno di un sistema di interazione al fine di ottenere la migliore combinazione di tutte le sue componenti (World Health Organization, 2001, 2007). Recenti studi hanno dimostrato che le esperienze delle persone con ASD e delle loro famiglie sono importanti per comprendere i loro bisogni (Pellicano et al., 2014; Frazier et al., 2018), inoltre, un supporto adeguato richiede cure e professionisti multidisciplinari (Lai et al., 2020). Per questo motivo, alcuni studi sono entrati in una prospettiva di co-creazione di strumenti tecnologici (Huijnen et al., 2017; Ramirez-Duque, et al., 2020) in quanto la scarsa reperibilità di dati qualitativi limita la nostra comprensione degli interventi tecnologici (Bradley & Newbutt, 2018). Dato il crescente utilizzo di soluzioni tecnologiche per la popolazione ASD, incentivare l'usabilità e limitare l'abbandono delle tecnologie è un'importante prospettiva clinica.

1.2. Metodo

1.2.1. Partecipanti

Poiché eravamo interessati a figure professionali e utenti ASD potenzialmente coinvolti nell'uso della tecnologia proposta in ambito di intervento, abbiamo condotto una selezione dei partecipanti basata su quattro gruppi definiti dai seguenti criteri di inclusione: a) soggetti ASD senza alcuna comorbidità, o presenza di trattamento farmacologico o compromissione delle capacità cognitive o linguistiche, che hanno svolto o stanno seguendo un programma di intervento; b) genitori di bambini con diagnosi di ASD; c) clinici esperti nella diagnosi e nel follow-up degli interventi sull'autismo con un interesse scientifico attivo (pubblicazione di articoli o abstract per conferenze), con almeno cinque

anni di esperienza; d) terapisti comportamentali con almeno cinque anni di esperienza. Inoltre, vale la pena specificare che i caregiver considerati nello studio non potevano essere i genitori dei partecipanti con diagnosi di ASD. Un totale di 20 partecipanti ha preso parte a interviste individuali semi-strutturate tra marzo 2020 e settembre 2020. I partecipanti sono stati reclutati in tutta Italia attraverso un campionamento di convenienza e *snow-ball* nei servizi clinici e di trattamento esistenti focalizzati sulla diagnosi e sull'intervento per l'ASD. Per quanto riguarda i partecipanti con ASD sono stati reclutati dal Centro di Riferimento Regionale per l'Autismo della regione Abruzzo, dove vengono periodicamente seguiti per follow-up. La diagnosi di ASD di livello 1 è stata effettuata secondo l'Autism Diagnostic Observation Schedule, Second Edition (ADOS-2; Lord et al., 2012) e secondo i criteri del Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5; American Psychiatric Association, 2013). Tutti i partecipanti con ASD avevano un QI superiore a 85. Tutti i partecipanti hanno dato il consenso informato scritto a prendere parte alle interviste, compresa la registrazione audio, in conformità con la Dichiarazione di Helsinki. Le descrizioni dei partecipanti sono riportati in Tabella 1.1.

Tabella 1.1. Descrizione dei partecipanti che hanno preso parte all'intervista

Gruppo	N	Sesso (M;F)	Età media (anni)	Esperienza media nel ruolo corrente (anni)
ASD	5	5;0	21.8	-
Caregivers	5	2;3	48.4	-
Clinici	5	1;4	40.0	14.4
Terapisti	5	2;3	45.4	15.8

Note: Tutti i caregiver avevano figli che stavano seguendo un intervento comportamentale per un tempo medio settimanale di 20,6 ore. Quattro di loro hanno riferito che i loro figli trascorrevano in media 7,25 ore al giorno su strumenti tecnologici (computer, smartphone, tablet, ecc.), uno di loro non ha saputo quantificare questo tempo. Sui 5 terapisti complessivi, 4 fornivano intervento ABA, mentre 1 terapeuta intervento TEACCH.

1.2.2. Procedura

Le interviste sono state condotte individualmente tramite videochiamata a distanza e audioregistrate per la successiva trascrizione. Sono state condotte da due psicologi professionisti, di cui uno era il conduttore principale e l'altro

forniva supporto e subentrava in caso di problemi di rete o se riteneva necessario approfondire alcuni aspetti emersi dalla discussione. I primi 10-15 minuti dell'intervista venivano utilizzati come rompighiaccio dove all'intervistato venivano chiesti dati demografici ed il suo punto di vista sugli interventi per le persone con autismo che aveva avuto modo di conoscere, così come sul suo rapporto con la tecnologia. Successivamente, l'intervistato veniva istruito sul concetto di realtà aumentata e di avatar 3D, fornendogli definizioni ed esempi. Durante questa fase, poteva porre domande su eventuali dubbi relativi alle tematiche trattate. Successivamente, abbiamo proposto il progetto all'intervistato e gli è stato chiesto di riportare la propria opinione per ogni dimensione di interesse seguendo Scherer e Craddock (2002). Il progetto veniva presentato all'intervistato nel modo seguente:

"Il nostro obiettivo è progettare un intervento per persone con autismo attraverso l'interazione con un avatar in un ambiente di realtà aumentata. La realtà aumentata consiste nel sovrapporre informazioni multimediali a ciò che si sta guardando su un qualsiasi display. Per avatar intendiamo un modello 3D che può interagire con l'utente attraverso la realtà aumentata. Nello specifico, vogliamo progettare un'applicazione per telefoni cellulari e tablet che, attraverso il display, permetta all'utente di "vedere" e interagire con l'avatar nell'ambiente reale in cui si trova. Come primo passo vogliamo raccogliere informazioni che possano indirizzare la realizzazione di questo progetto verso le esigenze e i suggerimenti delle potenziali figure coinvolte. Non ci sono risposte giuste o sbagliate, quindi vi chiediamo di darci la vostra opinione più sincera. Prendetevi tutto il tempo che volete per rispondere.

Una persona che utilizza una tecnologia come supporto o come mezzo di intervento è immersa in un sistema che comprende la persona stessa, con le sue caratteristiche e preferenze, la tecnologia utilizzata, anch'essa con le sue caratteristiche, e un ambiente/milieu, cioè un contesto che comprende aspetti fisici, sociali e culturali.

Nella prossima parte dell'intervista le faremo domande su questi tre aspetti".

Successivamente veniva chiesto all'intervistato se fosse tutto chiaro, in caso affermativo l'intervista proseguiva; in caso contrario, veniva chiesto di esporre i propri dubbi, che venivano chiariti. Poi veniva chiesto agli intervistati di esprimere la loro opinione relativa ad ogni dimensione del modello MPT con la seguente formulazione: "*quali fattori potrebbero rappresentare incentivi o barriere nell'uso della tecnologia proposta considerando...*" che poteva concludersi con: a) "*...possibili funzioni e caratteristiche della tecnologia?*"; b) "*...caratteristiche, bisogni e preferenze dell'utente?*"; e c) "*...aspetti del contesto/ambiente?*" (in accordo a quanto riportato in Scherer & Craddock, 2002). Questa procedura e queste domande erano state testate, prima di condurre le interviste con i partecipanti, con tre psicologi indipendenti dallo studio per verificare che le richieste fossero sufficientemente chiare. Le opinioni dei partecipanti venivano ascoltate, e, se necessario, venivano richiesti esempi o approfondimenti delle opinioni espresse, attraverso domande di approfondimento come: "*Mi parli di più di questa idea*", "*Cosa intende dire con questo?*" o "*Può fare un esempio?*". Quando un intervistato concludeva una risposta veniva invitato a considerare se avesse qualcos'altro da aggiungere, lasciandogli del tempo per riflettere. In caso affermativo l'intervistato continuava a fornire le sue opinioni, in caso contrario, veniva posta la domanda successiva e questo procedimento continuava fino a quando il partecipante non aveva risposto a tutte le domande. Una volta risposto all'ultima domanda, veniva chiesto se gli/le erano venute in mente ulteriori opinioni da riportare, altrimenti l'intervista si concludeva. Una singola intervista poteva durare complessivamente tra i 60 e i 90 minuti.

1.2.3. Analisi

Le registrazioni audio sono state trascritte e successivamente analizzate utilizzando l'analisi tematica (Braun & Clarke, 2002). Questo tipo di analisi comprende la familiarizzazione dei dati, la generazione di codici iniziali, la ricerca di temi e la loro revisione, la definizione e la denominazione dei temi ed infine la compilazione del rapporto conclusivo. In questo studio abbiamo

adottato un approccio induttivo, perciò non abbiamo utilizzato uno schema di codifica preesistente o preconcreti. I dati di tutti e quattro gruppi sono stati analizzati considerandoli come un gruppo unico. È stato sviluppato un manuale di codifica dettagliato dai membri del gruppo di ricerca e ad ogni codice veniva assegnata una definizione esplicita per garantire l'accuratezza della codifica. La corrispondenza tra i codici e trascrizioni è stata esaminata in una serie di riunioni del gruppo di ricerca in cui veniva controllato lo sviluppo dei codici in corso ed effettuate delle revisioni se necessario. L'affidabilità del processo di codifica è stata stabilita attraverso un confronto tra giudici. Nello specifico, a due psicologi indipendenti, non coinvolti in precedenza nei processi di codifica, è stato presentato il manuale di codifica ed è stato chiesto loro di codificare, in modo indipendente, un set di trascrizioni pari al 10% delle interviste totali estratte dai quattro gruppi. È stato quindi calcolato l'accordo tra giudici mediante la *k* di Cohen, risultando in un forte accordo ($k = 0.83$).

Dopo aver codificato tutte le trascrizioni, due membri del gruppo di ricerca hanno familiarizzato in modo indipendente con i dati, rivedendo il segmento di testo assegnato a ciascun codice e collaborando più volte per preparare una prima sintesi dei temi, basati sulle caratteristiche semantiche dei codici, e risolvendo eventuali discrepanze. L'analisi è stata quindi iterativa e riflessiva. In seguito, l'intero gruppo di ricerca ha discusso i temi e ha deciso le loro definizioni finali. La saturazione dei temi è stata valutata specificando *a priori* un campione iniziale di analisi di dieci interviste ($N=10$) ed un criterio di arresto di 5 (Vasileiou et al., 2018) e tra $N=15$ e $N=20$ non abbiamo assistito alla generazione di nuovi temi. Infine, per evitare che l'ordine delle interviste potesse influenzare i temi generati (Constantinou et al., 2017), abbiamo ricampionato le interviste in ordine casuale ed eseguito nuovamente l'analisi tematica. Dato che il risultato precedentemente ottenuto era stato confermato, il reclutamento dei partecipanti non è proseguito oltre.

1.3. Risultati

Di seguito vengono riportati i temi emersi per ognuna delle dimensioni del modello MPT. Alla fine di ogni citazione è riportato, tra parentesi quadra, il rispettivo gruppo di appartenenza: utente con diagnosi di ASD [ASD], genitore [GE], clinico [CL] o terapeuta [TE]. In Figura 1.1 è riportata una sintesi dei temi emersi rispetto ad ogni dimensione indagata.

1.3.1. Aspetti chiave relativi alla tecnologia

1) Personalizzabile ed in linea con le caratteristiche della persona.

Gli stakeholder raccomandano di rendere l'avatar e l'interfaccia dell'applicazione personalizzabili in base alle preferenze e ai gusti dell'utente: *"Sarebbe importante che l'interfaccia che utilizza il bambino fosse una sorta di struttura personalizzabile...[CL]"*. Sugeriscono che l'applicazione dovrebbe essere strutturata in base al funzionamento e alle capacità dell'individuo con ASD: *"Questa potenziale applicazione dovrebbe essere calibrata in base a chi abbiamo di fronte. Possiamo trovare utenti con varie situazioni e vari gradi di gravità, quindi gestire alcuni aspetti dell'interfaccia, magari da più semplici ad avanzati, può essere la soluzione migliore. [TE]"*. Perciò, il design dovrebbe essere adattato secondo le specifiche esigenze della persona ASD, ad esempio dovrà poter essere regolato in base alla sensibilità sensoriale o utilizzare i colori e i suoni preferiti dal soggetto, di modo da essere più attrattivo e stimolante. Molti utenti potrebbero beneficiare di aspetti grafici semplici e intuitivi e la maggior parte degli intervistati indica che un personaggio immaginario potrebbe essere facilmente accettato da un individuo con ASD, dove con questo termine intendiamo un personaggio di fantasia, come ad esempio un personaggio creato ex novo (ad esempio, un cane antropomorfo virtuale) o tratto da film o cartoni animati (ad esempio, Spiderman).

2) L'applicazione deve essere un supporto dell'intervento "alla mano".

Gli stakeholder riferiscono che preferirebbero che la soluzione tecnologica fosse un supporto o un'estensione dell'intervento all'interno del quale gli utenti

ASD stanno già lavorando: *"Come supporto può funzionare; mi aspetto che sia qualcosa che vada di pari passo con l'intervento. [CL]"*. Questa procedura deve essere pianificata e seguita da un'équipe multidisciplinare con il supporto di chi si occupa dell'utente e della sua famiglia. Un vantaggio importante sottolineato dagli intervistati è l'uso dell'app come supporto pratico ed individuale per l'individuo e raccomandano di integrare funzioni che possano fornire un supporto su base quotidiana, ad esempio fornire promemoria o obiettivi: *"Vorrei che l'avatar ricordasse a mio figlio gli appuntamenti o gli impegni. [GE]"*

3) Fornire stimoli per favorire lo svago, la socializzazione e le attività.

Gli stakeholder considerano l'applicazione, non solo come uno strumento utile ai fini dell'intervento, ma anche utile per favorire per l'intrattenimento e le interazioni sociali: *"L'applicazione potrebbe avere anche una chat in modo da creare un sistema di amicizia, potrebbe dare la possibilità di vedere il profilo di una persona. [ASD]"* Sugeriscono di favorire l'interazione sociale attraverso la strutturazione di attività o giochi che favoriscano il coinvolgimento di altre persone, nonché attraverso la creazione di una comunità virtuali. *"L'app potrebbe avere anche dei quiz, potrebbe stimolare le persone... sarebbe bello se più persone potessero interagire, soprattutto gli amici. [ASD]"*. Inoltre, ritengono che potrebbe fornire stimoli per promuovere l'interesse e le attività: *"Penso che questa tecnologia potrebbe convincere le persone con autismo a provare cose nuove e ad essere curiose [GE]"*.

1.3.2. Aspetti chiave relativi all'utente

4) L'utente può avere difficoltà o comorbilità che possono ostacolare l'uso della tecnologia.

Data l'eterogeneità del disturbo, gli intervistati tendono a riferire che le persone con ASD possono presentare diversi livelli di funzionamento e vari tipi di difficoltà: *"Il disturbo dello spettro autistico è molto eterogeneo e può presentare diversi livelli di capacità. Questo può rendere difficile per alcune persone l'utilizzo della tecnologia o richiedere accorgimenti speciali, e credo*

sia essenziale esaminare la sua implementazione caso per caso prima di utilizzarla [CL]" Queste difficoltà possono essere di vario tipo, come deficit cognitivi, attentivi, visivi, di linguaggio o di comunicazione. Inoltre, una persona con autismo potrebbe anche presentare co-morbidità concomitanti che dovrebbero essere prese in considerazione. Tutti questi fattori possono rappresentare delle barriere e rendere difficile l'utilizzo della tecnologia proposta.

5) Particolare attitudine per la tecnologia.

Gli stakeholder riferiscono che, secondo la loro esperienza, hanno spesso riscontrato che le persone con ASD sono motivate e propense ad utilizzare gli strumenti tecnologici. *"Dalla mia esperienza, le persone con autismo sono particolarmente abili nell'uso della tecnologia; la usano per interfacciarsi con le dimensioni del mondo a cui sono interessati. [CL]"*

6) L'uso della tecnologia richiede formazione.

Gli stakeholder indicano che la formazione delle persone coinvolte all'interno dell'intervento che usa tecnologia sia un fattore estremamente importante da considerare, specialmente nel caso di una nuova tecnologia. Le persone coinvolte nell'uso di questa tecnologia dovrebbero essere formate di modo da favorirne l'utilizzo: *"In contesti familiari, in cui certe competenze non sono acquisite di default, potrebbe essere una limitazione per il bambino, una barriera per l'uso dei dispositivi... ad esempio, se il bambino ha delle difficoltà, è possibile che i genitori non siano in grado di aiutarlo, il che, a mio parere, ne sfavorirebbe l'utilizzo. [CL]"* *"L'importante è che gli utenti sappiano cosa stiano utilizzando, altrimenti potrebbero "etichettare" la tecnologia come troppo complicata e distorcere di conseguenza l'utilizzo che ne fa il bambino. [GE]"*.

1.3.3. Aspetti chiave relativi all'ambiente

7) Da un ambiente controllato ai contesti sociali quotidiani.

Gli stakeholder indicano che preferirebbero utilizzare l'applicazione in un ambiente controllato e sicuro, inoltre è preferibile il suo utilizzo in ambiente domestico o in un contesto familiare all'utente: "*Consiglio un ambiente limitato quando si è in un parco, a casa, sempre un ambiente un po' limitato... Forse è meglio evitare l'uso in strada, o sui mezzi pubblici per motivi di sicurezza...[GE]*"; "*Vorrei usarlo a casa o all'aperto, ma non per esempio in un ristorante dove sono già in compagnia. [ASD]*" I partecipanti indicano anche che un importante obiettivo è l'utilizzo di questa tecnologia per insegnare agli utenti ad interagire nei contesti sociali quotidiani: "*Questa app potrebbe essere utile per il comportamento da tenere quando si entra in un bar, quando si cerca di corteggiare una ragazza, ... [TE]*" e sottolineano che l'apprendimento dovrebbe essere esteso a diversi contesti sociali ed ambienti: "*Tra le priorità nell'autismo c'è quella di insegnare al bambino ad applicarsi e a creare un ponte per comunicare ed interagire in molti contesti. [CL]*", oppure, "*...potrebbe essere utile per sperimentare indirettamente situazioni che sono molto stressanti per lui. [TE]*"

8) Preoccupazioni riguardo i costi e l'accessibilità online dello strumento.

Gli stakeholder esprimono preoccupazione riguardo l'accessibilità dello strumento poiché richiede possedere un dispositivo adatto così come l'applicazione proposta, di conseguenza ritengono che il costo della tecnologia possa essere un forte disincentivo al suo utilizzo: "*Quanto potrebbero costare a una famiglia il dispositivo e gli esperti per questo tipo di app/progetto? E se i costi fossero sostenuti dal Servizio Sanitario Nazionale? [CL]*" Allo stesso modo, l'accessibilità ad internet è fonte di preoccupazione, in quanto, se fosse necessaria una connessione per determinate attività e questa viene meno, l'individuo potrebbe reagire con frustrazione o con comportamenti problematici: "*È un grosso problema quando si usa un'app che preveda anche*

l'uso della linea se questa va offline. [TE]". A questo proposito, raccomandano quindi di prevedere anche funzionalità o attività offline.

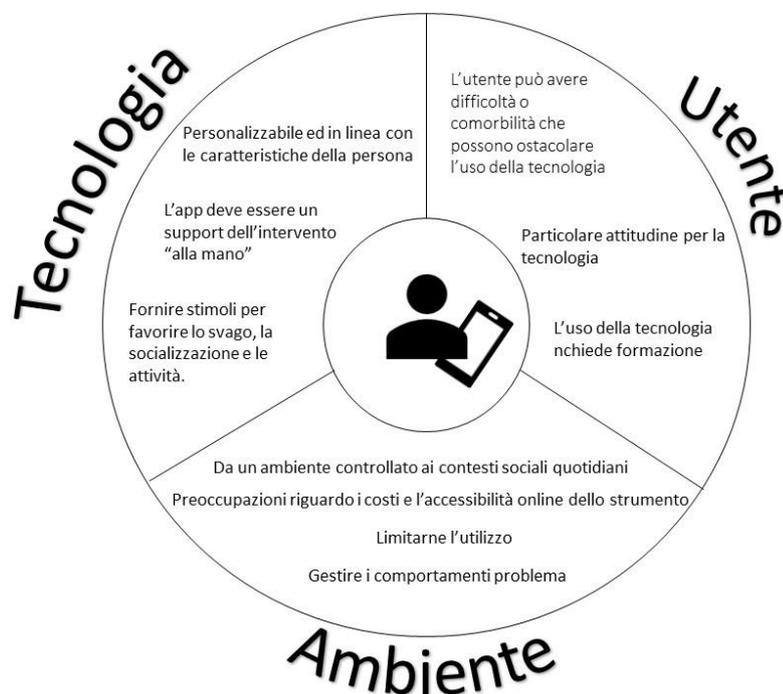
9) Limitarne l'utilizzo.

Gli stakeholder suggeriscono l'importanza di porre delle limitazioni all'uso dello strumento, in quanto hanno il timore che in determinate situazioni possa portare l'individuo a distrarsi. *"Penso che ci siano momenti in cui abbiamo bisogno di stare insieme e l'uso dei dispositivi dovrebbe essere minimo. [GE]*". Inoltre, alcuni temono che l'utente possa diventare "dipendente" dalla tecnologia.

10) Gestire i comportamenti problema.

Secondo gli stakeholder, l'applicazione dovrebbe poter essere utilizzabile in diversi contesti che circondano la persona ASD e quando si verificano comportamenti problematici, come ad esempio uno stato di forte agitazione o comportamenti stereotipati. A questo proposito ritengono che l'applicazione dovrebbe essere in grado di rilevare un possibile stato di nervosismo/ansia/etc. e di aiutare la persona ASD a tornare ad uno stato di calma, oppure insegnarle a gestire questi comportamenti. *"Il bambino potrebbe portare l'applicazione sempre con sé, allo scopo di aiutarlo a gestire gli stati di agitazione o di ansia. [CL]"*

Figura 1.1. Sintesi dei temi emersi per ogni dimensione del modello MPT.



1.4. Discussione

Negli ultimi anni, clinici e ricercatori esperti in autismo hanno mostrato un notevole interesse per gli interventi tecnologici (Soares et al., 2021) e studi recenti dimostrano che la RA (Karamanoli et al., 2017; Escobedo et al., 2014; Bhatt et al., 2014; Brandão et al., 2015), l'uso di avatar 3D (Kandalaf et al., 2013; Yuan e Ip, 2018; Santos et al., 2019; Hopkins et al., 2011; Lahiri et al., 2015) e l'implementazione di interventi tramite smartphone o tablet (Moon et al., 2020; Ledbetter-Cho et al., 2018) sono soluzioni tecnologiche che iniziano a mostrare prove di efficacia. Nonostante ciò, molti degli interventi tecnologici riabilitativi non rispondono ai reali bisogni delle persone ASD e delle loro famiglie; questo può avere un notevole impatto in termini di efficacia del trattamento. L'obiettivo del nostro studio è quello di delineare gli aspetti chiave relativi ad un'applicazione che, tramite smartphone o tablet, supporti l'intervento per persone con ASD utilizzando la RA ed un avatar virtuale come mediatore. Per questo motivo, abbiamo deciso di coinvolgere gli stakeholder nella

progettazione della tecnologia, in modo che potessero delineare gli aspetti più salienti da considerare durante la progettazione. Infatti, la letteratura ci indica l'importanza di considerare il loro parere durante questa specifica fase e questa procedura permette alle figure coinvolte di avere un ruolo attivo nel contesto di intervento (Kim et al., 2018; Pulier e Daviss, 2016; Huijnen et al., 2017; Ramírez-Duque et al., 2021; Pellicano et al., 2014; Frazier et al., 2018; Lai et al., 2020). In questo studio abbiamo cercato di coinvolgere le figure che generalmente si interfacciano con utenti ASD e che probabilmente verranno a contatto con la tecnologia stessa, ossia: persone con ASD, genitori di persone con ASD, clinici esperti e terapisti esperti. Queste figure sono state poi intervistate per valutare gli aspetti principali da considerare nella progettazione di questa tecnologia secondo il modello MPT (Scherer e Craddock, 2002). Dai nostri risultati abbiamo ottenuto importanti linee guida per la progettazione di un intervento per persone con ASD che utilizzi RA e che rispondono concretamente alle esigenze ed al pensiero delle figure potenzialmente coinvolte nel setting di intervento.

Riassumendo gli aspetti relativi alla tecnologia, gli stakeholder raccomandano di concentrarsi sulla personalizzazione dell'interfaccia e dell'avatar. Dare la possibilità di personalizzare vari aspetti del dispositivo è in linea con il concetto di intervento su misura e centrato sull'utente. Studi presenti in letteratura suggeriscono l'uso di interfacce e di stimoli semplificati per gli individui ASD (Dattolo et al., 2016; Omar e Bidin, 2015), tuttavia, sebbene questi aspetti siano riportati anche dai nostri stakeholder, il concetto che maggiormente riportano è quello di personalizzazione più che semplificazione degli stimoli. Infatti, anche se stimoli o interfacce semplificate sono raccomandabili, potrebbero non essere adatte o attraenti per tutti i livelli di gravità dell'ASD. Inoltre, gli stakeholder riconoscono che il punto di forza della tecnologia implementata tramite smartphone o tablet è il fatto di poterla avere a portata di mano; quindi, può essere utile per diverse necessità, come ad esempio prendere appunti, ottenere informazioni, ricordare obiettivi da raggiungere, etc. Oltre a questo,

suggeriscono di implementare funzioni dedicate ad attività ludiche e volte a favorire la socialità con altre persone. Questo aspetto è particolarmente interessante poiché comunità online sicure sono potenzialmente utili per questi utenti, e consentono ad individui con ASD di sperimentare delle interazioni sociali (Ringland et al., 2015, 2016).

In termini di caratteristiche dell'utente, gli stakeholder evidenziano che gli ASD possono avere diverse difficoltà o comorbidità, ampiamente documentate in letteratura (Lai et al., 2014), che rappresentano possibili barriere nell'uso della tecnologia. Questi aspetti andranno necessariamente considerati all'interno della progettazione. Nonostante ciò, gli intervistati riportano che gli utenti ASD sembrano mostrare una particolare predisposizione o interesse nei confronti della tecnologia. Altri studi hanno riportato che gli ASD sono particolarmente motivati nell'utilizzo di dispositivi tecnologici (Kuo et al., 2014; Odom et al., 2015) e questo può rappresentare un importante fattore motivazionale all'interno di un intervento. Un'altra considerazione riguarda la necessità di formare correttamente gli utilizzatori della tecnologia, questo aspetto non riguarda unicamente la persona ASD, ma anche le altre figure che ne verranno a contatto (un professionista, un genitore, un insegnante, etc.). Questa accortezza può favorire la familiarità degli utenti con la tecnologia, dando maggiore sicurezza in situazioni di possibile difficoltà, ad esempio, in caso di malfunzionamenti. Infatti, la formazione degli utenti sull'utilizzo di nuove tecnologie può favorirne l'utilizzo (Davis et al., 2009; Czaja et al., 2006).

Per quanto riguarda la dimensione relativa all'ambiente, gli intervistati consigliano di implementare la tecnologia all'interno di un contesto controllato. Il suo utilizzo in ambienti esterni dovrebbe essere implementato dopo un'accurata analisi del contesto, valutando i possibili rischi ed implicazioni. La valutazione dell'ambiente è cruciale per determinare l'utilizzo della tecnologia; quindi, è consigliabile valutare attentamente questo aspetto possibilmente utilizzando un metodo rigoroso o delle linee guida (ad esempio Federici & Scherer, 2012). Un altro aspetto riguarda la graduale traslazione dell'intervento

in contesti reali. Gli intervistati colgono che un punto di forza della RA consiste nell'essere una sorta di punto intermedio tra virtuale e reale (Salmi et al., 2012), perciò può sollecitare l'apprendimento delle stesse abilità in contesti diversi, potenzialmente favorendone la generalizzazione attraverso un approccio di intervento ecologico (El-Seoud et al., 2019). Questa considerazione è particolarmente rilevante poiché le persone con ASD hanno una ridotta capacità di generalizzazione (Karkhaneh et al., 2010; Vismara e Rogers, 2010; Wass e Porayska-Pomsta, 2013), che spesso rappresenta un importante problema per gli obiettivi dell'intervento (de Marchena et al., 2015).

È stato segnalato che la soluzione tecnologica non dovrebbe essere utilizzata in modo indipendente, ma dovrebbe rappresentare un continuum dell'intervento in corso; infatti, molti aspetti dell'intervento devono essere considerati all'interno di un sistema multidisciplinare (Lai et al., 2020) e gli intervistati concordano sul fatto che sia essenziale che l'implementazione della tecnologia avvenga all'interno dello stesso sistema di supporto. Una preoccupazione emersa riguarda l'accessibilità della tecnologia in termini economici, un aspetto che andrebbe sicuramente considerato in fase di progettazione. Un altro punto chiave emerso dalle interviste è legato ad un'eventuale mancanza di connessione in caso di attività che richiedano una linea internet. Questo aspetto non va sottovalutato, infatti può rappresentare un importante problema per le persone con ASD, che possono mostrare resistenza al cambiamento (Norton & Drew, 1994) o intolleranza all'incertezza (Hodgson et al., 2017) e per questo i partecipanti suggeriscono di prevedere delle funzioni offline. Un altro suggerimento riguarda l'importanza di concordare delle regole sull'utilizzo dell'applicazione al fine di evitare comportamenti problematici che possono sorgere quando si utilizzano strumenti tecnologici (Gwynette et al., 2018). Un interessante richiesta emersa dalle interviste è quella di fornire uno strumento per monitorare la persona con ASD durante l'insorgenza di un comportamento problema. Recenti studi hanno trovato possibili soluzioni di monitoraggio, ad esempio, riconoscendo i comportamenti stereotipati (Rad & Furlanello, 2016) o

rilevando l'ansia (Ihmig et al., 2020). Il nostro suggerimento per ridurre il carico di lavoro dello smartphone o del tablet è l'utilizzo di strumenti esterni. Ad esempio, uno studio ha proposto l'uso di smartwatch per riconoscere la presenza di comportamenti stereotipati (Amiri et al., 2017). Oltre al monitoraggio, è importante notare che i partecipanti consigliano di utilizzare lo strumento anche per fornire strategie utili ad affrontare e risolvere l'insorgenza di possibili comportamenti problematici.

Nonostante gli interessanti punti chiave emersi dalla nostra analisi, questo studio presenta comunque dei limiti. Abbiamo scelto i quattro gruppi cercando di rappresentare le figure più vicine all'individuo con ASD durante l'intervento, ma non abbiamo coperto l'intera rete di figure coinvolte. Inoltre, abbiamo cercato di individuare i punti chiave in accordo con le tre dimensioni proposte dal modello MPT, tuttavia, questo modello descrive anche aspetti più specifici all'interno di queste aree. Le tre aree che abbiamo considerato rappresentano categorie relativamente generali, ma abbiamo deciso di utilizzare questo approccio per favorire la comprensione delle tre dimensioni agli intervistati e per cercare di sollecitare opinioni più originali. Infine, i partecipanti sono stati brevemente istruiti sulle tre dimensioni ed anche se ci siamo assicurati che avessero compreso questi concetti non si trattava di una formazione approfondita.

In conclusione, abbiamo individuato i punti chiave relativi alle tre dimensioni del modello MPT che possono guidare la progettazione di un intervento di realtà aumentata per persone con ASD. Questi punti possono essere utilizzati da clinici o da ricercatori per incentivare l'uso di questa tecnologia nelle pratiche di intervento, favorirne gli esiti e ridurre l'abbandono.

STUDIO 2. VOLTI REALI E VIRTUALI: DIFFERENZE NELL'ESPLORAZIONE VISIVA DI BAMBINI CON DISTURBO DELLO SPETTRO DELL'AUTISMO.

2.1. Scopo dello studio

Gli interventi con la realtà virtuale e le loro applicazioni nei pazienti con ASD sono di notevole interesse per la comunità scientifica; infatti, un punto di forza di queste tecnologie è che consentono di simulare varie situazioni in un ambiente controllato. Tuttavia, gli studi relativi al confronto tra ambienti reali e virtuali sono estremamente limitati ed è necessario capire ulteriormente quali siano i vantaggi di uno rispetto all'altro. Per questo motivo, lo studio proposto esplora la differenza tra i due ambienti in base alle loro componenti più semplici, ovvero il confronto tra stimoli virtuali e reali.

Inoltre, vale la pena riportare che le persone ASD sono caratterizzate da un deficit nel riconoscimento delle emozioni (Uljarevic & Hamilton, 2013), ma, sorprendentemente, uno studio ha evidenziato come gli individui con ASD ed un gruppo di controllo presentino la stessa abilità nel riconoscere le emozioni quando sono espresse da volti virtuali (avatar da qui in poi; Bekele et al., 2014a). La nostra ipotesi di ricerca è che i volti avatar esprimenti emozioni possano facilitare il riconoscimento di queste e ci aspettiamo che i bambini con ASD siano più interessati ai volti avatar rispetto ai volti reali, mostrando così una maggiore durata delle fissazioni ed una maggiore esplorazione dello stimolo. Inoltre, siamo interessati a capire quali elementi dei volti avatar possano modulare l'attenzione dei bambini ASD rispetto ai volti reali, ciò potrebbe suggerire importanti considerazioni per l'intervento che preveda il loro utilizzo.

2.2. Metodo

2.2.1. Partecipanti

Ventinove bambini con ASD, con un'età compresa tra 5 e 11 anni, sono stati reclutati tramite il Centro Regionale di Riferimento per l'Autismo (C.R.R.A.) e hanno partecipato allo studio. La diagnosi di ASD è stata formulata, secondo i

criteri del DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) ed utilizzando l'Autism Diagnostic Observation Schedule, Seconda Edizione (ADOS-2; Lord et al., 2012). L'età mentale verbale dei partecipanti è stata valutata con il Test for Reception of Grammar - Version 2 (TROG-2; Bishop, 2003; Suraniti et al., 2009). Una descrizione del campione è riportata in Tabella 2.1.

Tutti i genitori dei bambini hanno dato il loro consenso informato dopo un'adeguata informazione sullo studio, mentre l'approvazione etica è stata ottenuta dal comitato etico ospedaliero locale. I criteri di esclusione per il reclutamento erano: una storia di malattia neurologica, epilessia, trauma cranico, disabilità intellettiva o trattamento farmacologico.

Tabella 2.1. Dati demografici e clinici dei partecipanti ASD (N=29).

	Media (DS)
Età cronologica (in anni)	8.77 (1.42)
Età mentale verbale (in anni)	12.54 (4.15)
Sesso	25 M; 4 F
ADOS-Comunicazione ed interazione sociale	11.71 (3.25)
ADOS-Comportamenti ripetitivi e stereotipati	2.71 (0.75)
ADOS-Punteggio totale	14.43 (3.35)

2.2.2. Paradigma sperimentale e procedura

La scelta delle emozioni presentate ai partecipanti si è basata su due considerazioni: i bambini con ASD sperimentano un ritardo nello sviluppo del riconoscimento delle emozioni (Pino et al., 2017), abbiamo quindi utilizzato le emozioni di base per facilitarne il riconoscimento, inoltre, lo studio di Franco et al. (2014) indica quali termini i partecipanti avrebbero dovuto conoscere, perciò, abbiamo fatto riferimento anche a quanto riportato dagli autori. Così facendo, il compito consisteva in 16 stimoli suddivisi in due tipologie, dove otto

erano volti reali ed otto volti avatar, ed ogni tipologia di stimolo esprimeva quattro differenti emozioni (felicità, sorpresa, tristezza e rabbia). Le emozioni erano presentate sia da un volto maschile che da uno femminile per controbilanciare qualsiasi fattore dovuto al genere. Questa soluzione ci ha anche permesso di bilanciare il numero delle emozioni positive e negative. Ogni stimolo veniva presentato al partecipante su un monitor retroilluminato GL-2760-LED con una risoluzione di 1920×1080 pixel per sette secondi. Ad ogni bambino veniva chiesto di osservare l'immagine e di identificare l'emozione corrispondente allo stimolo presentato. Per le nostre analisi, abbiamo considerato l'accuratezza in termini di emozione correttamente identificata, dove ogni risposta giusta veniva valutata come 1 punto, altrimenti 0. Gli stimoli dei volti reali sono stati estratti dal database Karolinska Directed Emotional Faces (Lundqvist et al., 1998), mentre i volti degli avatar sono stati creati con il software FaceGen (Singular Inversions Inc.). Un esempio degli stimoli avatar è presentato nella Figura 2.1. Le misure relative allo sguardo sono state registrate utilizzando un eye-tracker Tobii T120 che è stato collegato ad un computer portatile per eseguire l'esperimento. Le procedure di calibrazione, la creazione dello stimolo, l'acquisizione e la visualizzazione dei dati sono state eseguite utilizzando il software di analisi Tobii Studio™. Le aree di interesse (AOI) sono state definite manualmente per ogni immagine e consistevano nell'area degli occhi e della bocca. Per ogni stimolo sono stati registrati due parametri relativi allo sguardo: (1) la durata totale della fissazione (*Total Fixation Duration*, TFD), ovvero la somma della durata di tutte le fissazioni all'interno degli AOI durante una presentazione, che indica quanta attenzione è stata prestata allo stimolo; e (2) il numero di fissazioni (*Number of Fixations*, NF), dove un evento di fissazione è stato definito dal filtro di fissazione Tobii (filtro I-IV) come qualsiasi evento in cui la direzione dello sguardo rimaneva entro 0,5 gradi dall'angolo visivo per almeno 100 ms, informandoci sull'esplorazione visiva dei bambini. Tutti i bambini sono stati sottoposti al paradigma in una stanza tranquilla e priva di distrazioni.

Figura 2.1. Esempio di volto avatar.



2.2.3. Analisi

Per valutare le differenze nel riconoscimento emotivo dei due stimoli è stato eseguito un t-test a misure ripetute tra il punteggio di accuratezza con l'avatar e con il volto reale. Lo stesso test è stato utilizzato per confrontare il numero di fissazioni sugli stimoli reali e sugli avatar, al fine di confrontare il comportamento esplorativo.

È stato eseguito un GLM per valutare le differenze nei TFD dei partecipanti dovuti al tipo di stimolo (reale e avatar), al genere degli stimoli (uomini e donne), all'emozione espressa dagli stimoli (felicità, sorpresa, tristezza e rabbia), e alle AOI (occhi e bocca). Qualsiasi interazione significativa è stata ulteriormente esplorata attraverso test post hoc. Abbiamo condotto questo tipo di analisi poiché l'obiettivo dello studio era capire quali fattori fossero associati ad una modulazione dell'attenzione dei partecipanti.

Per le analisi, l'alfa è stato fissato a 0.05 ed i confronti multipli sono stati corretti tramite Bonferroni.

2.3. Risultati

Abbiamo riscontrato una differenza significativa tra il punteggio di riconoscimento delle emozioni espresse dall'avatar e quello delle emozioni espresse da volti reali ($t(28) = 2.36, p = 0.02, \text{Cohen's } d = 0.54$), dove l'accuratezza per gli stimoli dell'avatar ($M = 5.42, SD = 1.07$) era maggiore di quella per gli stimoli reali ($M = 4.84, SD = 1.01$). Questo risultato indica che i bambini ASD riuscivano a riconoscere le emozioni espresse dagli avatar più facilmente rispetto ai volti reali. Abbiamo riscontrato una differenza significativa nel numero di fissazioni ($t(28) = 4.79, p < .001, \text{Cohen's } d = 0.91$), che era più alto per i volti avatar ($M = 41.5, SD = 25.3$) rispetto ai volti reali ($M = 30.3, SD = 20.6$). Perciò i bambini tendevano ad esplorare maggiormente gli avatar rispetto ai volti reali.

Riguardo la modulazione dell'attenzione misurata tramite TFD, è stata riscontrata un'interazione significativa tra tipo di stimolo, genere dello stimolo e AOI ($F(1, 28) = 7.68, p = 0.01, \eta_p^2 = 0.21$), un'interazione significativa tra tipo di stimolo, emozione e AOI ($F(3, 84) = 16.5, p < .001, \eta_p^2 = 0.37$) ed un'interazione significativa tra tipo di stimolo ed emozione ($F(3, 84) = 21.3, p < .001, \eta_p^2 = 0.43$).

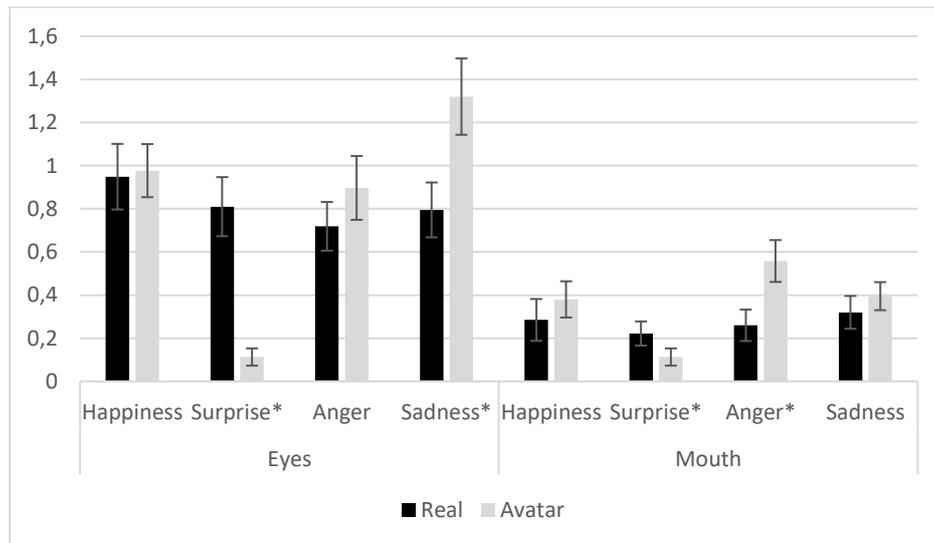
Per quanto riguarda l'interazione tra tipo di stimolo, sesso dello stimolo e AOI, dai test post hoc non sono emerse differenze significative a seguito della correzione Bonferroni.

Per quanto riguarda l'interazione tra tipo di stimolo, emozione e AOI, abbiamo riscontrato che la TFD sui volti reali era più alta sugli occhi ($M_{\text{dif}} = 0.81, SE = 0.14, p < .001$) e sulla bocca ($M_{\text{dif}} = 0.22, SE = .06, p < .001$) quando l'emozione era *sorpresa*; al contrario, la TFD per i volti avatar era più alta sugli occhi quando l'emozione era *tristezza* ($M_{\text{dif}} = -0.52, SE = 0.11, p < .001$) e sulla bocca quando l'emozione era *rabbia* ($M_{\text{dif}} = -0.30, SE = 0.10, p = .007$).

Infine, l'interazione tra tipo di stimolo ed emozione ha rivelato una TFD più alta per i volti reali quando l'emozione era *sorpresa* ($M_{\text{dif}} = 0.57, SE = 0.09, p < .001$); al contrario, abbiamo trovato una TFD più alta per i volti avatar quando

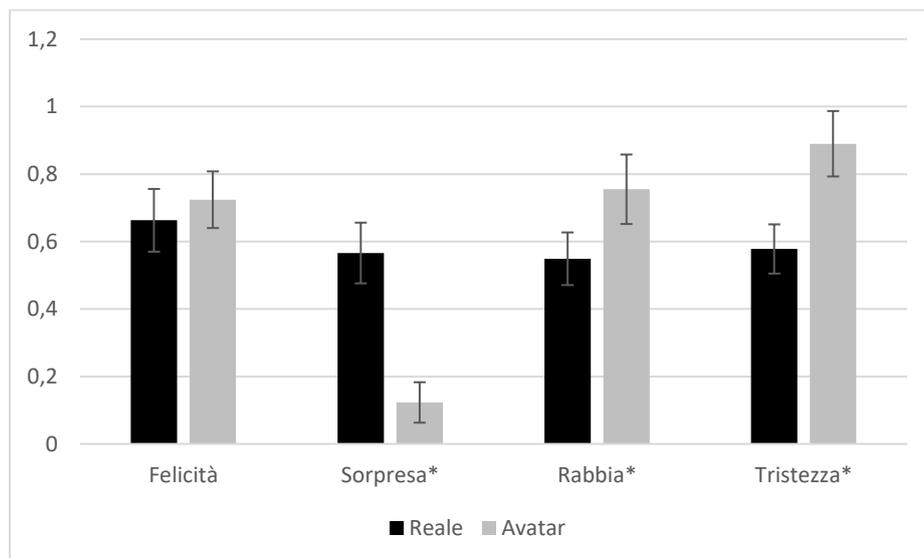
le emozioni erano *rabbia* ($M_{dif} = -0.21$, $SE = 0.08$, $p < .001$) e *tristezza* ($M_{dif} = -0.31$, $SE = 0.06$, $p < .001$). I risultati relativi alla TFD sono riportati nelle Figure 2.2. e 2.3.

Figura 2.2. Differenze dei TFD tra volti reali ed avatar esprimenti emozioni sugli AOI.



* $p < 0.05$

Figura 2.3. Differenze della TFD tra le emozioni espresse da volti reali e avatar



* $p < 0.05$

2.4. Discussione

Il presente studio indaga il riconoscimento delle emozioni espresse da volti reali e avatar nei bambini ASD. Il rationale della ricerca era quello di capire se gli interventi riabilitativi basati su avatar potessero essere più promettenti di quelli basati unicamente sull'interazione con stimoli reali. Nello specifico, il nostro interesse era capire come i bambini con ASD elaborino le informazioni dei volti degli avatar rispetto ai volti reali.

Diversi studi sostengono che le difficoltà nell'uso e nella comprensione delle informazioni veicolate dai volti umani potrebbero rappresentare un deficit fondamentale nei bambini ASD (Baron-Cohen et al., 1993; Dawson et al., 2004, 2005; Reisinger et al., 2020). Ma questa affermazione non è del tutto vera, ad esempio, Castelli (2005) ha osservato che i bambini ASD riconoscono tutte e sei le emozioni primarie allo stesso modo di un campione di controllo e gli studi sul riconoscimento delle emozioni facciali negli ASD hanno dato spesso risultati contrastanti (Harms et al., 2010). Perciò, la questione se gli individui ASD presentino delle alterazioni generali nell'elaborazione delle emozioni è tutt'ora aperta.

Per quanto ne sappiamo, questo è il primo studio che esplora le performance di bambini ASD posti davanti a stimoli reali e virtuali. La letteratura indica che molti fattori sono associati al riconoscimento delle emozioni o al comportamento visivo quando gli individui sono posti davanti a volti reali esprimenti emozioni. Questi fattori includono le AOI fissate (bocca o occhi), l'emozione espressa dallo stimolo (Wegrzyn et al., 2017), lo stile di elaborazione dell'individuo (Tsang, 2018) ed il genere dello stimolo (Lambrecht et al., 2014). Nel nostro studio, abbiamo riscontrato che i bambini ASD hanno meno difficoltà a riconoscere l'emozione presentata dai volti avatar rispetto ai volti reali. Questo risultato supporta l'uso di interventi basati su avatar per migliorare le capacità degli individui ASD, in quanto possono facilitare il riconoscimento delle emozioni su cui si desidera lavorare.

In termini di esplorazione, valutata in base al numero di fissazioni, abbiamo riscontrato che le facce degli avatar sono più esplorate rispetto a quelle reali. Anche se le cause di questo fenomeno devono essere tratte con cautela, ciò potrebbe essere dovuto ad un maggiore interesse dei bambini per lo stimolo proposto.

Riguardo i tempi di fissazione, il confronto con i volti reali ha indicato che i nostri partecipanti osservavano con fissazioni più lunghe l'area della bocca degli avatar quando l'emozione espressa era la rabbia e l'area degli occhi quando l'emozione era la tristezza, suggerendo che queste AOI erano di particolare interesse quando questa tipologia di stimoli esprimeva queste emozioni. Questo risultato è in linea con uno studio precedente (Wegrzyn et al., 2017) che riporta come alcune aree del volto forniscano un supporto maggiore per il riconoscimento delle emozioni ed i nostri risultati ci indicano che possa valere anche per i volti avatar. Inoltre, abbiamo riscontrato che, rispetto ai volti avatar, le fissazioni erano più lunghe su entrambi gli AOI dei volti reali quando questi esprimevano sorpresa. Come conseguenza di questi specifici comportamenti sugli AOI, i bambini ASD fissavano più a lungo i volti reali se l'emozione espressa era sorpresa ed i volti avatar se l'emozione era rabbia o tristezza. Sulla base di questi risultati, sembrerebbe che i volti avatar favoriscano l'attenzione dei bambini sulle emozioni negative, mentre i volti reali sull'emozione sorpresa. Riguardo le emozioni negative, sappiamo che le persone compiono una scansione prolungata quando affrontano espressioni minacciose (Green et al., 2003) e ciò è stato riscontrato sia nello sviluppo tipico che nell'autismo (de Wit et al., 2008). I nostri risultati confermano queste evidenze; inoltre, sembrerebbe che con i volti avatar, probabilmente a causa di un migliore riconoscimento, questo comportamento sia maggiormente incentivato. Per quanto riguarda l'emozione della sorpresa, è stato ipotizzato che il riconoscimento di questa emozione sia legato alla teoria della mente (Baron-Cohen et al., 1993); infatti, richiede la valutazione dello stato mentale di un'altra persona (ad esempio: “è sorpresa perché si aspettava qualcosa di diverso”), quindi è possibile che uno

stimolo semplificato come quello avatar non fornisca le informazioni necessarie per un processo così complesso. Tuttavia, è importante sottolineare la necessità di ulteriori indagini relative a questa considerazione.

I nostri risultati sono particolarmente interessanti perché ci forniscono importanti informazioni sull'uso di questi stimoli per guidare l'attenzione dei bambini ASD e per migliorare il riconoscimento espressivo facciale, così come suggeriscono anche Bekele et al. (2014a). Dato che il riconoscimento delle emozioni nei bambini ASD avviene in ritardo rispetto ai loro coetanei (Pino et al., 2017), uno stimolo più semplice come l'avatar potrebbe facilitare lo sviluppo ed il raggiungimento di quest'abilità. Inoltre, le differenze emerse tra i due stimoli sono di particolare interesse in relazione ad una strategia di intervento che combini quello *vis a vis* "classico" con quello tecnologico (Soares et al., 2021). Infatti, le due tipologie di volti possono influenzare il comportamento visivo promuovendo l'attenzione su particolari aspetti dello stimolo sociale in base alle necessità dell'intervento. Nel complesso, questi risultati forniscono un'importante considerazione per la pratica clinica: l'attenzione dei bambini ASD può essere modulata dipendentemente della tipologia di stimolo utilizzato verso una particolare emozione così come verso una particolare area. Questo aspetto suggerirebbe che l'uso di entrambi i tipi di stimoli potrebbe essere la strategia migliore da attuare ai fini di un piano di intervento personalizzato. Ad esempio, Dawson e collaboratori (2005) hanno suggerito che le persone con ASD utilizzano strategie atipiche per l'elaborazione dei volti, caratterizzate da una ridotta attenzione per gli occhi, ma questo comportamento potrebbe essere ridotto grazie all'utilizzo di soluzioni che modulino l'attenzione verso quella specifica area.

Nonostante gli interessanti risultati, il nostro studio presenta alcuni limiti. Dato che il nostro campione è composto unicamente da bambini ASD, un confronto con un campione di bambini a sviluppo tipico avrebbe potuto fornire ulteriori e importanti informazioni. Abbiamo deciso di utilizzare quattro emozioni di base per facilitarne il riconoscimento, ma sarebbe interessante valutare il

comportamento degli ASD con stimoli virtuali esprimenti emozioni o scene più complesse. Inoltre, è possibile che la durata dell'esposizione allo stimolo sia un'altra variabile importante che ulteriori studi dovrebbero esaminare.

In conclusione, abbiamo riscontrato come l'uso misto di volti avatar e volti reali possa essere la strategia migliore da utilizzare in ambito di intervento e come questi stimoli possano modulare l'attenzione del partecipante in base alle esigenze dell'utente.

STUDIO 3. ROBOT SOCIALI: UN PROMETTENTE STRUMENTO PER IL SUPPORTO DELLE PERSONE CON DISTURBO DELLO SPETTRO DELL'AUTISMO. UNA REVISIONE SISTEMATICA DELLA LETTERATURA ED UN'ANALISI CRITICA DA UNA PROSPETTIVA CLINICA.

3.1. Scopo dello studio

Le recenti revisioni della letteratura scientifica concordano sugli effetti positivi dell'utilizzo di robot sociali con persone ASD. La maggior parte di esse si è concentrata sulla descrizione degli obiettivi, degli esiti dell'intervento, dei tipi di comportamenti elicitati e sul disegno degli studi condotti (Begum et al., 2016; Pennisi et al., 2016; Raptopoulou et al., 2021; Saleh et al., 2021; Sani-Bozkurt et al., 2021). Tuttavia, sebbene siano importanti aspetti da considerare, riteniamo che sia ancora necessario fornire delle considerazioni critiche riguardo l'uso dei robot sociali con le persone ASD. Ad esempio, quali comportamenti si possono valutare durante l'interazione con il robot che possano supportare il clinico, quali sono i fattori da considerare quando utilizziamo questo strumento o cosa suggeriscono i professionisti dopo aver utilizzato un robot con utenti ASD; sono importanti questioni ancora da valutare. Queste considerazioni possono soprattutto facilitare il clinico nella scelta e nell'uso dei robot sociali. Una breve revisione della letteratura ha indicato come la terapia attraverso i robot possa essere integrata con successo anche con ASD a basso funzionamento (Conti et al., 2020), suggerendo di riflettere anche sulle caratteristiche dell'utente, oltre che sui punti precedentemente riportati. Infatti, data l'ampia letteratura attualmente disponibile, è possibile considerare ulteriori aspetti che potrebbero essere utili a fini clinici. Inoltre, dall'ultima revisione critica effettuata (Diehl et al., 2012) la letteratura è stata ampiamente aggiornata, suggerendo la necessità di fornire ulteriori considerazioni e riflessioni.

Per questi motivi il presente studio si propone di revisionare criticamente, da un punto di vista clinico, la letteratura recente riguardo l'uso dei robot sociali per il supporto dei pazienti con ASD. Gli obiettivi sono quelli di esaminare sistematicamente gli articoli per fornire un'analisi completa delle applicazioni cliniche, evidenziando le opportunità, i vantaggi e gli svantaggi delle soluzioni attuali, al fine di supportare gli operatori ed i clinici sull'adozione di queste promettenti tecnologie nei contesti clinici quotidiani. In particolare, questo lavoro si propone di rispondere alle seguenti domande: 1) quali dimensioni, che possono supportare la valutazione clinica ed il follow-up, relative all'utente ASD possono essere analizzate durante l'interazione con il robot; 2) quali sono i vantaggi dell'utilizzo di robot sociali nell'interazione con il paziente ASD; 3) quali nuove proposte di utilizzo sono state introdotte nel setting clinico o domiciliare; 4) quali sono i suggerimenti del personale clinico che ha utilizzato il robot; 5) quali aree di intervento sono state prese in considerazione ad oggi.

3.2. Metodo

Abbiamo eseguito una revisione sistematica seguendo il *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA, Moher et al. 2009). Abbiamo condotto la ricerca iniziale nell'ottobre 2021. Abbiamo cercato articoli pubblicati su Scopus, Web of Science, ScienceDirect, IEEEExplore e PubMed utilizzando le parole chiave "autismo" e "robot". Non sono state poste restrizioni riguardo alla disponibilità del prodotto scientifico, alla data di pubblicazione o al tipo di articolo. Abbiamo considerato idonei solo gli articoli che sono stati sottoposti a *peer-review*. Anche gli articoli di conferenze sono stati considerati idonei, in quanto potevano introdurre tecnologie emergenti e nuove implementazioni. La ricerca iniziale ha prodotto un totale di 2459 articoli e, dopo la rimozione di 1064 duplicati, ne sono rimasti 1395. Il diagramma di flusso è mostrato nella Figura 3.1.

3.2.1 Screening degli abstract

Durante questa fase sono stati scrutinati i titoli e gli abstract degli studi identificati. Gli studi sono stati selezionati in base ai seguenti criteri di inclusione: a) lo studio deve essere incentrato sull'autismo; b) lo studio deve valutare l'efficacia di uno o più robot sociali nella diagnosi, nello studio e/o nella riabilitazione; c) lo studio deve includere almeno un esperimento, un quasi esperimento, uno studio pilota, uno studio osservazionale, uno studio di fattibilità o un trial clinico, - inoltre, consideriamo adeguati anche gli studi che hanno fornito indicazioni relativamente alla progettazione del robot -; d) lo studio deve includere almeno un campione costituito da soli partecipanti ASD; e) il robot deve essere fisicamente presente ed effettivamente utilizzato all'interno dello studio; f) l'articolo non deve essere incentrato sulle capacità e sulla descrizione del robot; g) l'articolo deve essere pubblicato in una rivista o conferenza peer-reviewed; h) i documenti in conferenze devono essere pubblicati tra il 2017 e il 2021 (abbiamo scelto un intervallo temporale relativamente ampio di 5 anni, considerando che la pandemia potrebbe aver rallentato il processo di pubblicazione); i) lo studio deve essere in inglese; l) l'articolo non deve essere una recensione, un capitolo di libro, un atto di conferenza o una lettera editoriale.

Questo procedimento ha portato ad escludere 944 articoli ed i restanti 451 sono stati considerati secondo i criteri di eleggibilità nella fase successiva.

3.2.2. Criteri di eleggibilità

Una volta completato lo screening di titoli ed abstract, abbiamo considerato articoli secondo cinque categorie in accordo con gli obiettivi del studio: Studi di Intervento, in cui l'uso dei robot mirava a migliorare abilità; Studi Sperimentali, che dimostravano un'ipotesi di ricerca; Studi di Assessment, in cui l'interazione con il robot permetteva la misurazione di una dimensione specifica dei partecipanti ASD; Studi di Progettazione, in cui esperti nel campo dell'autismo fornivano un feedback volto a migliorare il robot dopo il suo

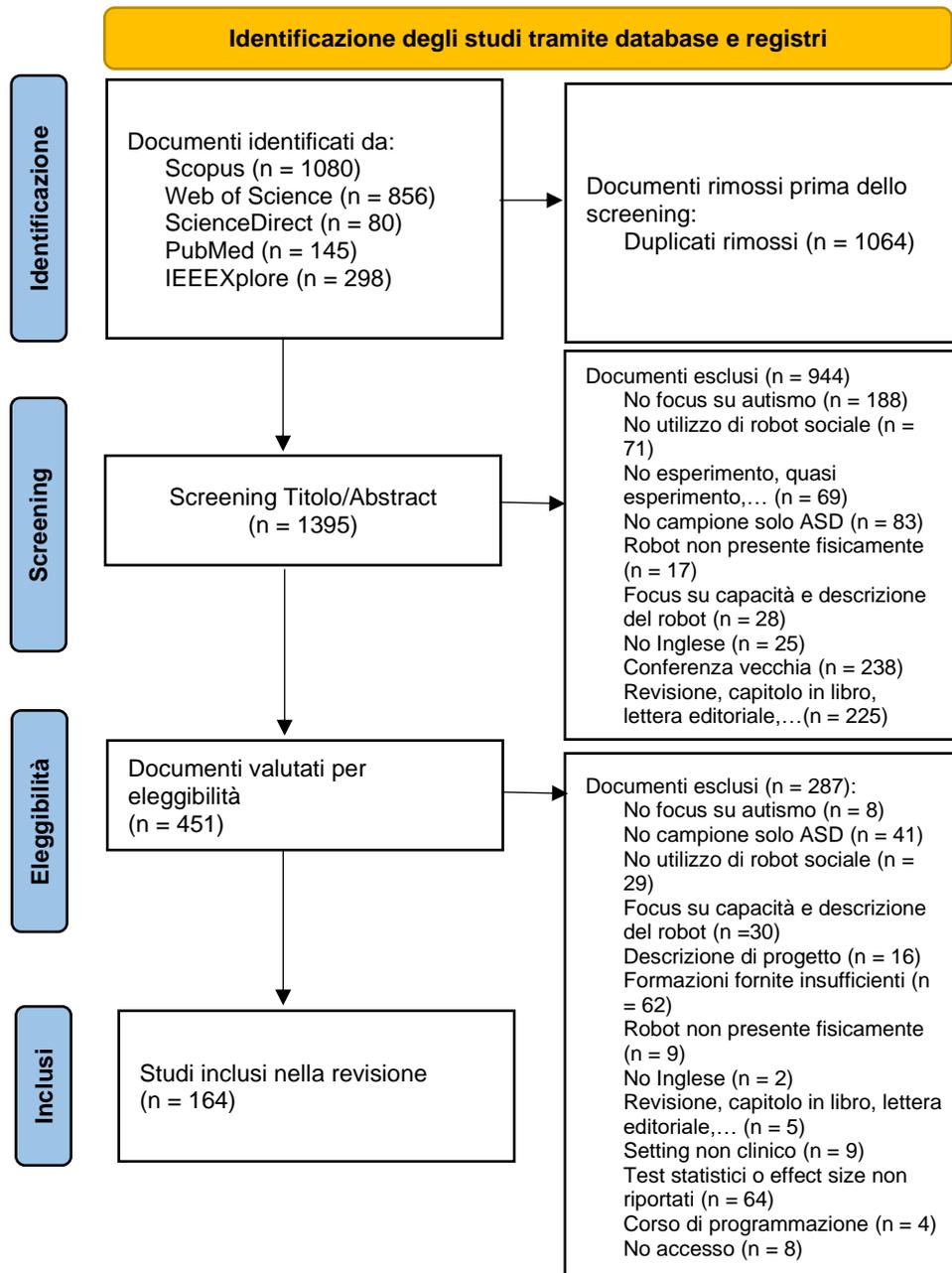
utilizzo; e Studi di Fattibilità, che testavano, in via preliminare, una nuova proposta nel contesto clinico.

Inoltre, sono stati esclusi gli studi che non riportavano in modo esaustivo i risultati e la descrizione del setting, o che riportavano i risultati in modo tanto limitato da non poter stabilire l'efficacia o che consistevano in descrizioni di progetti. Per migliorare l'accuratezza dei risultati, abbiamo escluso gli studi che non riportavano l'età (tramite range numerico o media e deviazioni standard), il sesso e la diagnosi dei partecipanti. Abbiamo anche escluso gli studi che non riportavano risultati di efficacia in base a test statistici, dimensioni dell'effetto od in termini di accuratezza. Poiché eravamo interessati al robot sociale considerato come agente attivo, abbiamo escluso gli studi incentrati su corsi di programmazione (ad esempio, Wainer et al., 2010).

Data la natura degli studi di fattibilità e di progettazione, i test statistici o le dimensioni degli effetti non hanno comportato la loro esclusione. Tuttavia, poiché il nostro obiettivo era trovare nuove potenziali applicazioni testate nei contesti quotidiani dei pazienti, abbiamo escluso gli studi di fattibilità che non riportavano il contesto (casa o clinica). Inoltre, abbiamo incluso solo gli studi di progettazione che riportavano suggerimenti dopo che i clinici avevano effettivamente utilizzato il robot sociale con pazienti con ASD.

Alla fine di questa fase sono stati esclusi 287 articoli ed i restanti 164 articoli sono stati analizzati.

Figura 3.1. Diagramma di flusso della revisione sistematica della letteratura.



3.3. Risultati

3.3.1 Potenziale uso dei robot sociali nel rilevare le caratteristiche ed i comportamenti dell'ASD

La ricerca sistematica della letteratura ha trovato 21 articoli incentrati sull'interazione tra robot e ASD per misurare le variabili comportamentali e fornire un risultato che possa essere di supporto al clinico. Alnajjar et al. (2021) hanno utilizzato il robot NAO (Aldebaran/Softbank NAO robot) con un telefono cellulare montato sul petto per rilevare l'attenzione e le emozioni (neutre, felici, sorprese, arrabbiate e tristi) di un campione di 11 bambini maschi con ASD durante un dialogo interattivo di cinque minuti. Durante l'interazione, il robot era autonomo ed il terapeuta doveva intervenire solo in possibili situazioni pericolose. Gli autori riportano che il sistema era in grado di misurare adeguatamente l'attenzione, fornendo un risultato numerico dei livelli attenzionali. Due studi (Javed et al., 2020a; 2020b) hanno utilizzato le registrazioni video ottenute dall'interazione di bambini ASD e a sviluppo tipico (*Typical Development*, TD) con due robot (Robotis Mini e Romo) durante una sessione di 10 minuti in cui i robot si muovevano all'interno di un labirinto sensoriale e fornivano delle opportunità di interazione con i partecipanti. Le registrazioni sono state utilizzate dagli autori per rilevare il rischio di ASD ed il coinvolgimento dei partecipanti, dove il rischio di ASD era valutato attraverso le espressioni facciali ed il movimento, mentre il coinvolgimento attraverso lo sguardo, le vocalizzazioni ed i sorrisi. Lo studio di Moghadas et al. (2018) puntava a distinguere tra ASD e TD analizzando le interazioni individuali di 8 ASD e 8 TD con il RobotParrot, registrate tramite due telecamere. Questo robot era controllato a distanza ed eseguiva delle azioni comunicative all'interno di brevi sessioni da 190 secondi con i bambini. In base al posizionamento spaziale del bambino, il sistema proposto ha mostrato un'accuratezza dell'81,3% nel distinguere i due gruppi di partecipanti. Un altro studio ha utilizzato l'interazione robotica per valutare la diagnosi di ASD e la sua gravità (Kumazaki et al., 2019a). Il protocollo, implementato su due robot CommU, consisteva in

un copione basata sulla scena della festa di compleanno dell'ADOS (Lord et al., 2000) somministrato a 15 bambini con ASD e 19 TD. I robot eseguivano i copioni autonomamente, mentre ai genitori era consentito rimanere all'interno della stanza. Un clinico esterno osservava l'interazione fornendo i punteggi in base al comportamento del bambino. Dai risultati è emerso che, nonostante questo metodo potesse essere appropriato per valutare la gravità dell'ASD, mostrava una scarsa accuratezza diagnostica. Un altro metodo sperimentato per lo screening dell'autismo è stato proposto da Dehkordi et al. (2015), che hanno videoregistrato le interazioni individuali e di gruppo di un totale di 35 ASD con RobotParrot. Mentre le sessioni individuali duravano 8-12 minuti, le interazioni di gruppo duravano 20-30 minuti. Le sessioni videoregistrate sono state successivamente valutate da un esperto secondo i criteri del DSM-IV-TR (American Psychiatric Association, 2000) relativamente a: interazioni sociali, comunicazione e comportamenti ripetitivi. Gli autori riportano che questo approccio era in grado di valutare, con elevata precisione, persone ASD con alti livelli di gravità. L'ultimo studio identificato che ha cercato di valutare la gravità dell'ASD ha preso in considerazione 12 individui con ASD di gravità lieve o minima, valutati attraverso la CARS (Schopler et al., 1980), durante l'interazione con 2 robot NAO (Ali et al., 2021). I due robot interagivano con ogni partecipante individualmente ed erano in grado di emettere segnali per attirare l'attenzione. Inoltre, se il partecipante focalizzava lo sguardo su uno dei due robot per 5 secondi, questo dava inizio ad un compito di imitazione, come descritto in uno studio precedente (Mehmood et al., 2019a). Il sistema, misurando l'attenzione e l'accuratezza nell'imitazione, era in grado di identificare la gravità dell'autismo (lieve o minimo) con un'accuratezza del 76%. Baird et al. (2017) hanno utilizzato i dati audio di 14 individui con ASD che eseguivano un training di riconoscimento emotivo mediato da un umano o da un robot, estratti dal dataset DE-ENIGMA (Shen et al., 2018). Sulla base della Social Responsiveness Scale (Costantino & Gruber, 2012), Baird e colleghi sono riusciti a classificare la maggior parte delle vocalizzazioni fatte dai

bambini. Un altro studio (Amiriparian et al., 2018) è riuscito a riconoscere i pattern ecolalici di 15 partecipanti con ASD, sempre estratti dal database DE-ENIGMA, con un'accuratezza dell'83,5%. Rudovic et al. (2019; 2018a; 2018b) hanno condotto una serie di studi per misurare il coinvolgimento dei bambini ASD durante vari compiti eseguiti con il robot NAO e con delle carte rappresentanti emozioni. Gli autori hanno utilizzato le registrazioni video e audio effettuate tramite una telecamera. Durante i compiti il terapeuta era nella stessa stanza e controllava il robot. Durante le attività, i partecipanti dovevano associare le carte rispetto alle emozioni espresse dal robot, imitare le sue emozioni ed indicare come si sarebbero sentiti dopo aver ascoltato una storia. I compiti si svolgevano all'interno di una singola sessione di 25 minuti. Gli autori, utilizzando dati multimodali (viso, corpo, fisiologia autonoma ed audio) e sulla base del giudizio di giudici esperti, riportano dati incoraggianti circa la possibilità di poter stimare il coinvolgimento dei partecipanti. Lo studio di Zhang e colleghi (2019a) ha utilizzato un robot per valutare la teoria della mente di 20 bambini con ASD e per confrontare le loro prestazioni con quelle di 20 bambini TD. Nello specifico un robot NAO ed un terapeuta eseguivano due compiti di falsa credenza davanti a ciascun bambino, al quale veniva chiesto di esprimere quali fossero le credenze del robot NAO all'interno dei contesti presentati. Lo studio si limita a riportare che l'accuratezza nel riconoscere le credenze di NAO fosse inferiore nei partecipanti con ASD rispetto a quelli TD. Del Coco et al. (2018) hanno misurato gli stati affettivi di 8 partecipanti con ASD che interagivano con il robot Zeno, il quale teneva un tablet che mostrava dei video. Petric et al. (2017) hanno proposto un algoritmo per riconoscere i gesti durante un compito di imitazione. Purtroppo, l'algoritmo proposto mostrava molti falsi positivi, indicando la necessità di ulteriori miglioramenti. Un altro studio, attraverso un *array* multicamera, ha registrato le interazioni di 29 bambini ASD e di 16 bambini con altri disturbi durante un compito di attenzione congiunta della durata di 5 minuti (Ramírez-Duque et al., 2021). Il compito poteva essere condotto dal terapeuta o in autonomia dal robot, in

quest'ultimo caso, il terapeuta introduceva il robot e rimaneva nella stanza a controllare. Lo studio voleva misurare l'attenzione congiunta, il contatto visivo e la ricerca dell'adulto dei partecipanti ed ha riscontrato un accordo con un giudice esterno rispettivamente del 67%, 76% e 79%. Di Nuovo et al. (2018) hanno valutato l'uso di robot sociali per misurare l'attenzione dei bambini ASD in sede di intervento. Nello specifico, gli autori hanno utilizzato le registrazioni del robot NAO inserito all'interno delle pratiche di intervento quotidiano di sei bambini con ASD (Conti et al., 2021), in cui ogni partecipante eseguiva compiti di imitazione con il robot mentre il terapeuta era presente vicino al bambino esaminato. Utilizzando registrazioni ottenute esclusivamente dalla telecamera frontale del robot, gli autori sono stati in grado di rilevare con elevata precisione l'attenzione visiva dei bambini durante il compito di imitazione. Cai et al. (2018) hanno proposto un sistema per stimare più misure comportamentali e fornire un output al terapeuta utilizzando un robot NAO, due Kinect e tre telecamere. Il sistema proposto era in grado di riconoscere le azioni, le emozioni (positive o negative) e lo sguardo dei bambini durante interventi di attenzione congiunta, imitazione e presa di turno, e di valutarne le prestazioni. I risultati mostrano che il sistema proposto era adatto a misurare le variabili elencate, così come a fornire dei punteggi degli interventi effettuati. L'ultimo studio identificato aveva come obiettivo quello di riconoscere le azioni e le emozioni dei bambini ASD durante l'intervento (Marinoiu et al., 2018). Lo studio ha utilizzato dati estratti dal database DE-ENIGMA ed è riuscito a valutare la valenza emotiva (positiva o negativa) dei partecipanti, così come a riconoscere diverse azioni che possono verificarsi in sede di intervento (ad esempio: indicare, afferrare una carta, dare il cinque o salutare).

3.3.2. Evidenze dagli studi sperimentali

La nostra revisione ha identificato un totale di 57 studi sperimentali che hanno esplorato i vantaggi ed i limiti nell'utilizzo di robot sociali con pazienti ASD. Gli articoli sono riportati in 6 sottosezioni (a, b, c, d, e, f) in base ai loro risultati.

a) Robot sociali nell'interazione con i pazienti ASD: punti di forza e caratteristiche

Gli studi riportati in questa sezione hanno valutato l'interazione degli ASD con i robot sociali, indicando vantaggi o suggerendo importanti considerazioni. Mehmood et al. (2021a) riportano che i bambini ASD potrebbero essere maggiormente coinvolti in interazioni attive, cioè quelle in cui il robot utilizza i dati forniti dal contesto per rispondere conseguentemente. Oltre a questo, può essere utile svolgere attività familiari al bambino, cioè quelle che ha già avuto modo di sperimentare prima dell'interazione con il robot, al fine di promuoverne il coinvolgimento (Rakhymbayeva et al., 2021). Inoltre, assicurarsi che il robot esegua dei comportamenti prevedibili può favorire l'attenzione, infatti, un'elevata variabilità di discorsi, movimenti e risposte del robot comporta una riduzione dei livelli attentivi nel tempo (Schadenberg et al., 2021). Tuttavia, vale la pena riportare che un altro studio non ha identificato differenze tra l'esecuzione di azioni contingenti e non contingenti emesse dal robot (Peca et al., 2015). I bambini con ASD tendono maggiormente ad eseguire le istruzioni verbali fornite dal robot piuttosto che comportamenti imitativi (Arent et al., 2019). Uno studio ha indicato che i pazienti con ASD riescono a svolgere attività che prevedano il coinvolgimento di più robot (Mehmood et al., 2019b). Per quanto riguarda l'aspetto del robot, uno studio ha suggerito che un aspetto umanizzato, con un'intonazione congruente ad esso, possa evocare un maggior numero di sensazioni positive; tuttavia, ciò non influenza le prestazioni durante il compito (van Straten et al., 2018). La capacità di modulare le espressioni facciali del robot può favorire l'accuratezza del riconoscimento emotivo del bambino ASD (Askari et al., 2018). Inoltre, gli stimoli prodotti dal robot possono favorire il coinvolgimento dei partecipanti (Li et al., 2020a). A questo proposito uno studio ha riportato che gli stimoli vocali catturino l'attenzione più velocemente di quelli visivi (Mehmood et al., 2021b), tuttavia, questa considerazione deve essere presa con cautela, poiché è stato anche riscontrato che gli ASD sono più reattivi agli stimoli visivi ed al

movimento del robot dipendentemente dal loro livello di gravità (Ali et al., 2020a). Alcuni studi evidenziano che l'interazione con il robot sociale possa ridurre i livelli di stress degli ASD (Bharatharaj et al., 2017a; 2017b) ed uno studio, che ha proposto l'utilizzo di un robot abbracciabile, suggerisce che anche l'esperienza tattile con il robot possa contribuire alla loro diminuzione (Kumazaki et al., 2021a). La presenza di un robot sociale può favorire l'interazione con gli altri, promuovendo la collaborazione dell'ASD durante le interazioni triadiche con il robot e nelle successive interazioni diadiche (Wainer et al., 2014a). Infatti, all'interno di uno studio che prevedeva una sessione di gioco libero, i bambini ASD utilizzavano il robot come mediatore per interagire con gli altri (Giannopulu et al., 2013). Un altro studio ha confrontato le interazioni triadiche di bambini con ASD con un adulto (chiamato "confederato") ed un terzo partner di interazione, che poteva essere un adulto umano, un robot sociale oppure un gioco per computer. I risultati dello studio hanno indicato che i bambini ASD parlavano di più al confederato quando il terzo partner di interazione era il robot sociale (Kim et al., 2013).

b) Aspetti dell'utente ASD che possono influenzare l'interazione

Gli articoli analizzati indicano che le caratteristiche degli individui con ASD possono avere importanti implicazioni nell'interazione con il robot. Infatti, gli ASD possono avere reazioni diverse quando posti di fronte ad esso. Short et al. (2017) riportano che i bambini ASD possono considerare il robot in due modi: come un oggetto coinvolgente, cioè che fornisce una piacevole esperienza sensoriale, oppure come un agente in grado di suscitare comportamenti sociali. Oltre a questo, la caratteristica degli ASD che è stata maggiormente considerata all'interno di questi studi è la gravità sintomatologica. La gravità sintomatologica dell'ASD è stata associata ad una preferenza per il tipo di stimoli utilizzati durante un paradigma di rinforzo, dove i bambini con bassa gravità tendevano a preferire gli stimoli visivi, mentre i bambini con una gravità moderata quelli fisici (Ali et al., 2021). Inoltre, sembrerebbe che diversi livelli di gravità siano associati anche a diversi livelli di coinvolgimento durante

l'interazione con il robot. Infatti, i bambini con sintomi più gravi mostrano meno sguardi ed espressioni facciali rivolti al robot (Ahmad et al., 2017), esibiscono meno emozioni positive (van den Berk-Smeekens et al., 2020) e preferiscono robot di tipo umanoide piuttosto che quelli percepiti come eccessivamente meccanici o come mascotte (Kumazaki et al., 2017a). Riguardo quest'ultimo punto, Kumazaki et al. (2017a) suggeriscono che ciò possa dipendere dal livello tecnologico del robot percepito dai partecipanti. Un altro studio ha indicato che gli ASD con una sintomatologia più bassa e migliori capacità linguistiche tendono ad iniziare più interazioni sia con il robot, sia con un adulto quando vengono sollecitati dal robot (Schadenberg et al., 2020). Oltre agli studi che hanno considerato la gravità sintomatologica, un solo studio ha considerato gli aspetti sensoriali degli ASD (Chevalier et al., 2017). Questo studio indica che i bambini con ASD con un'iporeattività agli stimoli visivi ed un'eccessiva dipendenza dagli stimoli propriocettivi hanno maggiori difficoltà durante i compiti di imitazione. Infatti, guardano meno il partner e riescono ad eseguire un minor numero di imitazioni con successo, suggerendo che gli interventi mediati da robot dovrebbero considerare questa ulteriore caratteristica. Infine, uno studio ha riportato gli effetti associati all'età, indicando che gli ASD in età prescolare potrebbero mostrare una minore simpatia per il robot rispetto quelli in età scolare (van den Berk-Smeekens et al., 2020).

c) Aspetti culturali

Alcuni studi hanno valutato le differenze nell'interazione dovute alle caratteristiche culturali dei partecipanti. Uno studio non ha evidenziato differenze tra bambini giapponesi e francesi con ASD durante l'interazione con il robot, contrariamente a quanto accaduto durante l'interazione con un umano (Giannopulu et al., 2020). Uno studio ha confrontato l'interazione di bambini asiatici e serbi con il robot, indicando differenze nelle dimostrazioni di coinvolgimento (Rudovic et al., 2017). Infine, uno studio che ha coinvolto insegnanti serbi e inglesi riporta che l'uso del robot, durante le attività con i bambini ASD, possa influenzare il loro stile di contatto fisico (Li et al. 2020b).

d) Differenze tra ASD e TD durante l'interazione con il robot

Alcuni studi hanno valutato le differenze tra individui con ASD e TD durante l'interazione con il robot sociale. Nello studio di Barnes et al. (2021) i partecipanti con ASD mostravano maggiori livelli di impegno e di attenzione rispetto al gruppo di controllo durante un'attività di ballo con il robot. Al contrario, un altro studio riporta che i bambini con ASD mostravano meno risposte di attenzione congiunta, trascorrevano meno tempo a guardare verso lo stimolo bersaglio e tendevano a spostarsi maggiormente nello spazio (Anzalone et al., 2019). I bambini con ASD mostrano un maggior numero di comportamenti disadattivi durante l'interazione con il robot, quali evitamento, distrazione, richieste ed azioni socialmente inappropriate (Costescu et al., 2016). Infine, un altro studio ha intervistato tramite robot degli adolescenti ASD e TD e riporta che gli ASD mostravano una maggiore preferenza ad interagire con il robot sociale in termini di comfort e di lunghezza delle espressioni verbali (Kumazaki et al., 2018a).

e) Differenze tra l'interazione con un robot e l'interazione con un agente umano

Un'altra categoria di studi ha analizzato le differenze tra l'interazione con un robot e con un essere umano dei partecipanti ASD. Nello studio di Cao et al. (2020) i partecipanti ASD effettuavano una prestazione migliore con un partner umano, rispetto che con un robot, durante un compito di attenzione congiunta (Cao et al., 2020); come quanto era già stato riportato da uno studio precedente (Anzalone et al., 2014). Questi risultati sembrano concordare con un altro studio in cui il robot induceva tempi di fissazione più brevi su un determinato bersaglio e vale la pena riportare che i bambini con ASD sembravano essere più interessati al robot (Cao et al., 2019). Una migliore performance con agente umano rispetto è stata riscontrata anche da Pour e colleghi (2018) durante un compito di imitazione facciale, mentre un altro studio ha indicato risultati simili tra le due condizioni durante un compito di imitazione (Taheri et al., 2021a). Sintetizzando, questi studi suggeriscono prestazioni migliori con l'agente umano che con il robot; tuttavia, altri studi sono in netto contrasto. Ad esempio,

uno studio indica delle migliori performance dei bambini ASD durante l'interazione con il robot, in un compito di attenzione congiunta, rispetto all'interazione con un agente umano (Kumazaki et al., 2018b). Un altro studio indica che, durante la presentazione di richieste sociali, i bambini fornivano più risposte ad un partner robotico piuttosto che ad uno umano (Kumazaki et al., 2019b). Pertanto, allo stato attuale, le differenze emerse tra l'interazione con robot e con agente umano, in termini di migliori prestazioni durante i compiti proposti, riportano risultati contraddittori.

Altri studi hanno valutato, invece, le differenze comportamentali dei partecipanti ASD con i due tipi di agenti (umano o robot). Uno studio indica che, durante un compito di imitazione, i partecipanti con ASD rivolgevano più attenzione al robot e mostravano meno comportamenti stereotipati (Costa et al., 2018). Inoltre, altri tre studi indicano che gli individui ASD tendevano a guardare di più il robot rispetto ad un umano, in particolare sembravano mostrare una preferenza per la zona degli occhi (Yoshikawa et al., 2019; Bekele et al., 2013, 2014b). Perciò, sembrerebbe che i bambini ASD mostrino livelli di attenzione più alti sul robot rispetto al terapeuta (Warren et al., 2015a). Oltre ad una preferenza visiva, è stata riportata anche una preferenza al contatto (Ramírez-Duque et al., 2021). Uno studio ha anche indicato che i bambini ASD riferiscono sensazioni più piacevoli durante l'interazione con il robot piuttosto che con l'agente umano (Giannopulu et al., 2018; 2016a). Quindi, nonostante i risultati discordanti relativi alle differenze in termini di performance, sembra che gli studi concordino sul fatto che i bambini ASD tendano ad essere più divertiti ed interessati al robot rispetto ad un partner umano (Wainer et al., 2014b). Anche altre evidenze sembrano confermare questa ipotesi. Presentare un robot ad un bambino con ASD comporta migliori effetti rispetto al presentargli una persona non conosciuta (Bharatharaj et al., 2018). Inoltre, il robot sociale sembra facilitare maggiormente le espressioni verbali ed emotive (Giannopulu et al., 2016b) e suscitare forme di gioco più collaborative rispetto ad un agente umano (Pop et al., 2014).

Tre studi hanno coinvolto specificamente gli insegnanti dei bambini ASD. Tra questi, uno studio ha indicato che i bambini con ASD avevano un maggiore contatto visivo e più interazioni con il robot rispetto che con l'insegnante (Fachantidis et al., 2020), così come un altro studio riporta che gli ASD mostravano migliori performance e livelli di partecipazione più alti con il robot (Pliasa et al., 2019). Infine, Huijnen et al. (2021) indicano che gli ASD mostravano un maggior numero di imitazioni non verbali, di contatti fisici e livelli attentivi più alti verso il robot rispetto all'insegnante.

La revisione ha identificato solamente due studi che abbiano considerato adolescenti con ASD. Questi studi indicano che gli adolescenti preferiscono l'interazione con un robot umanoide rispetto ad un umano (Kumazaki et al., 2018a) e sembrano seguirne maggiormente lo sguardo (Yoshikawa et al., 2017).

f) Ulteriori considerazioni

Oltre agli studi sperimentali già presentati, la revisione ha identificato ulteriori studi che forniscono interessanti spunti di riflessione, ma che non si collocano all'interno delle sottosezioni presentate. Ad esempio, Pop et al. (2013a) hanno utilizzato un robot sociale per presentare delle storie sociali a bambini con ASD, indicando risultati migliori rispetto ad una presentazione effettuata con un computer. Un altro studio ha confrontato l'effetto calmante di un cane in carne ed ossa e di un cane robotico, riportando un maggiore effetto calmante del primo (Silva et al., 2018a, 2019). Infine, Zantinge et al. (2019) hanno utilizzato un robot sociale per indurre paura in bambini con ASD e in un gruppo di controllo facendo avvicinare verso i partecipanti il robot che emetteva rumori e muoveva le braccia. I risultati indicano che entrambi i gruppi presentavano un aumento dei livelli di arousal, ma non vi erano differenze tra i due gruppi (Zantinge et al., 2019).

3.3.3. Suggerimenti sulla progettazione derivati dall'uso di robot nei contesti clinici

All'interno di questa categoria, sono stati identificati tre articoli in cui professionisti clinici hanno fornito riscontri e suggerimenti dopo aver testato il robot in un contesto clinico. Elbeleidy et al. (2021a, 2021b), attraverso l'interfaccia utilizzata per teleoperare il robot durante gli interventi, hanno analizzato i dialoghi e le interazioni dei terapeuti. I loro risultati suggeriscono che l'interfaccia deve essere adatta per consentire al clinico di passare rapidamente da una fase dell'intervento all'altra, in quanto rappresenta un'importante caratteristica delle sessioni di intervento con questi pazienti. Inoltre, suggeriscono di fornire una sezione dedicata a quei contenuti volti a stabilire un rapporto con il bambino e a fornire feedback. Sochanski et al. (2021) hanno reclutato dei terapisti ABA, li hanno addestrati a teleoperare Pepper utilizzando un'interfaccia di realtà virtuale o il software Choreographe (Pot et al., 2009) e gli hanno fatto progettare un intervento, che è stato successivamente somministrato a bambini ASD. I terapisti sono stati intervistati e le trascrizioni sono state analizzate. Per quanto riguarda gli aspetti progettuali, i terapisti riferiscono preoccupazioni riguardo: la tempistica e la reattività nell'erogazione dei prompt, la possibilità di fornire prompt fisici e la necessità di doversi rapidamente adattare durante l'insorgenza di comportamenti problematici. Per quanto riguarda l'uso della realtà virtuale, i terapisti indicano una preferenza nell'utilizzo di Choreographe, poiché consente un controllo più preciso dei movimenti del robot. Oltre a ciò, riportano che l'uso di robot può potenzialmente ridurre il carico di lavoro attraverso l'automatizzazione di interventi ripetitivi.

3.3.4. Potenziali utilizzi individuati da studi di fattibilità nei contesti clinici

La revisione sistematica ha identificato 19 articoli che delineano nuove prospettive sull'uso di robot sociali in ambito clinico e domiciliare. Partendo dallo studio più recente, Tobar et al. (2021) hanno proposto un kit robotico portatile a scopo terapeutico per insegnare l'uso di gesti all'interno di un

contesto domestico. Questo kit era facilmente trasportabile ed un'applicazione per smartphone dedicata indicava come poterlo assemblare dipendentemente dagli scopi dell'intervento. Lo studio è stato condotto all'interno di una struttura riabilitativa, dove i soggetti con ASD di livello 1 hanno indicato un tasso di soddisfazione del 100%, mentre quelli di livello 2 e 3 del 50%. Beaudoin et al. (2021) hanno proposto di combinare il robot NAO con un dispositivo aptico indossabile per facilitare la transizione degli utenti tra attività diverse. Il dispositivo aptico inviava stimoli vibratorii prima delle istruzioni del terapeuta, mentre il robot eseguiva uno script verbale per annunciare le transizioni. I risultati preliminari indicano risposte positive degli utenti durante le transizioni tra un'attività e l'altra. Un altro studio ha introdotto un robot operato a distanza all'interno di un centro per l'autismo e di una scuola (Li et al., 2020c). In questo studio, durante delle attività che avevano lo scopo di insegnare le caratteristiche del volto e delle emozioni, 31 bambini con ASD minimamente verbali controllavano e rispondevano al robot tramite un tablet. Il robot era anche monitorato e controllato da un adulto nella stessa stanza del bambino. I risultati indicano che questo specifico gruppo clinico era in grado di utilizzare il sistema proposto. Lytridis et al. (2020) hanno programmato due robot per interagire tra loro all'interno di un contesto terapeutico, al fine di eseguire compiti come salutare, seguire il ritmo della musica, usare espressioni idiomatiche ed identificare le emozioni di base. I risultati ottenuti da un partecipante hanno indicato che quest'approccio multi-robot era sostenibile e può favorire l'apprendimento di abilità. Lo studio di Desideri et al. (2020) ha proposto un modello in quattro fasi (definizione dell'obiettivo; identificazione e sviluppo dell'attività; sperimentazione e implementazione; follow-up) per co-sviluppare attività robotiche che facilitino l'inserimento di robot in contesti tradizionali, come, ad esempio, la scuola. Lo studio, effettuato su un caso singolo, ha indicato risultati positivi circa la fattibilità del modello proposto. Di Nuovo et al. (2020) hanno utilizzato due robot, NAO e MiRO, per preparare pazienti ASD a delle procedure cliniche simulandole attraverso i robot. La maggior parte dei

partecipanti ha risposto positivamente all'interazione ed ha mostrato *compliance*, indicando che i robot sociali possono essere strumenti di supporto per preparare i bambini ASD alle situazioni cliniche di routine. Lo studio di Ishak et al. (2019) ha valutato l'uso del robot Rero per aiutare i bambini ASD a imitare azioni, seguire istruzioni, nominare oggetti ed abbinare colori. Il loro studio ha coinvolto due centri per l'autismo ed i bambini con ASD hanno mostrato livelli positivi di coinvolgimento. Sandygulova et al. (2019) hanno condotto uno studio in un centro riabilitativo, dove hanno effettuato una serie di sessioni con un robot e bambini ospedalizzati con ASD e ADHD per 21 giorni. Durante il corso delle sessioni, perfezionavano i comportamenti del robot in base alle osservazioni ed ai feedback forniti da terapisti e genitori. Questa strategia di modifica del robot ha indicato risultati positivi. Una serie di studi (Clabaugh et al. 2018; Pakkar et al. 2019) ha avuto come obiettivo l'impiego di un robot autonomo nell'ambiente domestico di bambini ASD, per un periodo di circa un mese, al fine di lavorare sulle loro abilità matematiche. Il robot era in grado di fornire istruzioni e feedback personalizzati in base alle competenze del bambino. Wood et al. (2017; 2018) hanno valutato l'uso di Kaspar per migliorare la presa di prospettiva di bambini ASD. Silva et al. (2018b) hanno proposto l'uso combinato del robot sociale ZECA con una tecnologia *playware*, basata sull'uso di oggetti denominati PlayCube, all'interno di un serious game finalizzato a favorire il riconoscimento emotivo. In sostanza PlayCube era un dispositivo aptico che i partecipanti potevano manipolare per completare il compito proposto dal robot. I partecipanti ASD hanno mostrato un forte interesse e risposte positive circa l'utilizzo di PlayCube durante le attività. Un altro studio ha valutato l'utilità di utilizzare il robot KIBO per insegnare a bambini con ASD abilità di programmazione attraverso una serie di attività. I risultati hanno indicato che il robot era coinvolgente, ma i bambini con sintomi gravi tendevano a svolgere le attività individualmente (Albo-Canals et al., 2018). Zarakı et al. (2018) hanno valutato l'uso di un sistema chiamato *Sense-Think-Act* all'interno di un contesto scolastico con quattro bambini ASD. Il

sistema era stato sviluppato per rendere il robot un agente sociale semi-autonomo, cioè in grado di interagire autonomamente con i bambini durante le attività sotto la supervisione di un operatore umano. I risultati dello studio indicano le potenzialità del sistema proposto. Jimenez et al. (2017) hanno studiato la fattibilità nell'utilizzare un robot sociale all'interno di un'attività collaborativa con tre bambini ASD, mentre l'insegnante ne osservava lo svolgimento. Per incoraggiare l'apprendimento collaborativo, il robot era stato programmato per dare risposte errate a domande pre-programmate, chiedendo poi ai bambini di spiegarle. Lo studio ha indicato la fattibilità del protocollo proposto. Golestan et al. (2017) hanno condotto uno studio di fattibilità, all'interno di un centro di intervento, dove i bambini ASD potevano controllare verbalmente il robot Sphero. Durante una breve sessione di 15 minuti, i partecipanti mostravano un forte interesse nel suo utilizzo. Simut et al. (2016) hanno valutato l'uso di Probogotchi per creare un ambiente di gioco tra una bambina ASD e suo fratello, lo studio suggerisce il potenziale utilizzo del robot per incoraggiare le interazioni sociali.

3.3.5. Interventi con i robot sociali

La nostra revisione ha identificato 65 articoli che hanno utilizzato robot sociali per migliorare le abilità degli ASD, dove la maggior parte degli studi riporta risultati positivi. La letteratura ha già ampiamente riportato come gli studi di intervento tramite robot presentino un'ampia eterogeneità di misure e metodi e la descrizione dettagliata degli interventi proposti non rientra nell'ambito di questa revisione. Per questo motivo, lo scopo principale della presente revisione è quello di fornire una panoramica aggiornata riguardo quali aree siano state considerate dagli interventi mediati da robot presenti in letteratura ad oggi. Inoltre, questa revisione vuole riportare nel dettaglio gli studi che hanno cercato di introdurre i robot in contesti ecologici a lungo termine, poiché rappresentano la situazione più vicina ad un uso sistematico ed ecologico dei robot sociali in ambito clinico. Infine, a scopo di fornire interessanti spunti applicativi, descriviamo brevemente gli studi che hanno mostrato un elevato impatto nella

comunità scientifica. L'impatto degli studi è stato stimato attraverso il numero di citazioni ed è stato rappresentato graficamente in Figura 3.2., costruita tramite Litmpas (<https://www.litmaps.com>).

I risultati indicano che gli interventi mediati da robot hanno preso in considerazione diverse aree di intervento, riportate in Tabella 3.1. Gli studi analizzati comprendono interventi relativi all'imitazione, alle abilità comunicative, all'attenzione e all'impegno, alle abilità sociali, alla teoria della mente e all'assunzione di prospettiva, al riconoscimento e all'espressione delle emozioni, agli interessi ristretti e ai comportamenti ripetitivi, alla consapevolezza e alla conoscenza del corpo, alla memoria, alla flessibilità cognitiva, alla comunicazione non verbale, alle abilità professionali, allo sviluppo e alle abilità per le attività quotidiane, allo stress dei genitori e alla coordinazione motoria.

Tra questi, lo studio di Syrdal et al. (2020) è di particolare interesse poiché ha effettuato un intervento a lungo termine utilizzando Kaspar all'interno di un asilo nido in assenza del team di ricerca, dove i membri del personale conducevano le attività con Kaspar dopo essere stati adeguatamente formati. I partecipanti hanno preso parte allo studio per una media di 16,53 mesi. Anche se lo studio non ha rilevato differenze significative a seguito dell'intervento, il numero delle interazioni dei bambini con il robot era significativamente associato ai miglioramenti delle performance. Mentre questo studio è stato condotto in un contesto clinico, Clabaugh et al. (2019) hanno eseguito un intervento a lungo termine all'interno delle case di bambini ASD per una durata media di 41 giorni e per un minimo di 30 giorni. Dopo aver configurato il sistema, il team di ricerca ha addestrato le famiglie sull'utilizzo del robot, che poteva svolgere l'intervento in completa autonomia, e le ha incoraggiate a svolgere cinque sessioni settimanali. Inoltre, il robot poteva adattare l'intervento in base ai feedback ed alle competenze del bambino con cui lavorava. I risultati dello studio indicano un miglioramento delle abilità di ragionamento matematico e delle operazioni numeriche.

Riguardo gli articoli con maggior impatto presenti in letteratura, lo studio di Tapus et al. (2012) ha effettuato un disegno di ricerca ABAC a soggetto singolo con quattro bambini, dove il robot NAO era in grado di imitare i movimenti di una persona posta di fronte a lui. Questa capacità è stata utilizzata per incoraggiare l'iniziazione motoria verso il robot e veniva mostrata ai partecipanti dopo una prima fase di familiarizzazione. I bambini interagivano autonomamente con il robot mentre lo sperimentatore supervisionava l'interazione e poteva offrire suggerimenti se necessario. Durante l'ultima fase dell'intervento, lo sperimentatore effettuava un movimento attendendo l'imitazione da parte del bambino, il quale veniva a sua volta imitato dal robot. Lo stesso protocollo è stato eseguito anche da un umano, invece che dal robot, per valutarne le differenze. I risultati indicano che due dei partecipanti si erano impegnati di più con il robot rispetto che con l'umano, mentre un altro bambino aveva eseguito un maggior numero di iniziazioni motorie con il robot rispetto ad un compito di controllo. Tra gli studi più recenti, Scassellati e colleghi (2018) hanno condotto un intervento a lungo termine a domicilio, volto a migliorare le abilità sociali dei partecipanti. Dodici famiglie con bambini ASD hanno partecipato e portato a termine l'intervento. L'intervento è durato 30 giorni, con sessioni giornaliere di 30 minuti, in cui il robot sociale Jibo conduceva autonomamente le attività quotidiane. I giochi proposti dal robot consistevano in un gioco di storie in cui il bambino doveva comprendere le situazioni sociali e le emozioni del personaggio, due giochi progettati per migliorare la presa di prospettiva e giochi di ordinamento o di sequenza. I risultati indicano che l'interesse dei bambini nei compiti veniva mantenuto anche dopo un mese di attività, con miglioramenti nell'attenzione congiunta e nei comportamenti sociali rivolti agli altri e a se stessi. Ali et al. (2019) hanno effettuato un intervento per l'attenzione congiunta e l'imitazione, il loro studio è di particolare interesse perché hanno implementato un sistema multi-robot per preparare i bambini alla comunicazione con più persone. Zhang et al. (2019b) hanno realizzato un intervento robotico per insegnare ai bambini con ASD regole

sociali complesse, facendogli svolgere compiti sulla diffidenza e sull'inganno. Il loro studio ha indicato che i bambini con ASD potrebbero presentare maggiori difficoltà nell'apprendimento di queste regole sociali rispetto al gruppo TD. So et al. (2019) hanno proposto un intervento di robot-dramma per migliorare le abilità sociali dei bambini con ASD, riscontrando un miglioramento delle abilità narrative. David et al. (2020) hanno condotto esperimenti su casi singoli incentrati sulla capacità dei bambini di attendere il proprio turno. Ogni bambino svolgeva un'attività collaborativa con il robot in cui doveva associare le espressioni che apparivano su un dispositivo touchscreen all'interno della rispettiva categoria quando gli veniva richiesto. Il robot era controllato a distanza e forniva feedback durante il compito. Sebbene David et al. abbiano riscontrato un effetto simile tra robot e intervento tramite umano, i bambini mostravano un maggior interesse nei confronti del robot. Marino et al. (2020) hanno implementato NAO come co-terapeuta per migliorare la comprensione emotiva dei partecipanti. Mentre il terapeuta eseguiva l'intervento, controllava NAO attraverso un iPad, il quale forniva suggerimenti utilizzando movimenti del corpo e stimoli verbali. In questo modo, il robot supportava il terapeuta nell'interazione con i bambini durante l'intervento incentivando la motivazione e l'attenzione. I risultati indicano degli esiti favorevoli a seguito dell'intervento erogato tramite questa modalità. Lo studio di Ghiglino e colleghi (2021) indica come la combinazione di terapia standard e terapia robotica potrebbe portare ad esiti di intervento sulle abilità sociali migliori rispetto alla sola terapia standard. Nel loro studio, i bambini erano posti di fronte al robot Cozmo e due cubi, che potevano illuminarsi. Durante l'intervento, il robot guardava uno di questi cubi e poi tornava nella posizione iniziale; quindi, su richiesta del terapeuta, i partecipanti dovevano indicare dove aveva guardato. Il robot forniva anche un feedback sulla correttezza della risposta. Qidwai et al. (2020) hanno svolto una serie di attività in cui un robot sociale supportava le attività di un insegnante ed i risultati hanno indicato esiti positivi. Infine, Taheri et al. (2021b) hanno utilizzato un robot sociale per eseguire una serie di giochi musicali basati

sull'imitazione, l'attenzione congiunta ed il rispetto dei turni. I loro risultati indicano che l'intervento portava a miglioramenti di queste abilità ed hanno riscontrato dei miglioramenti anche riguardo la presenza di comportamenti stereotipati.

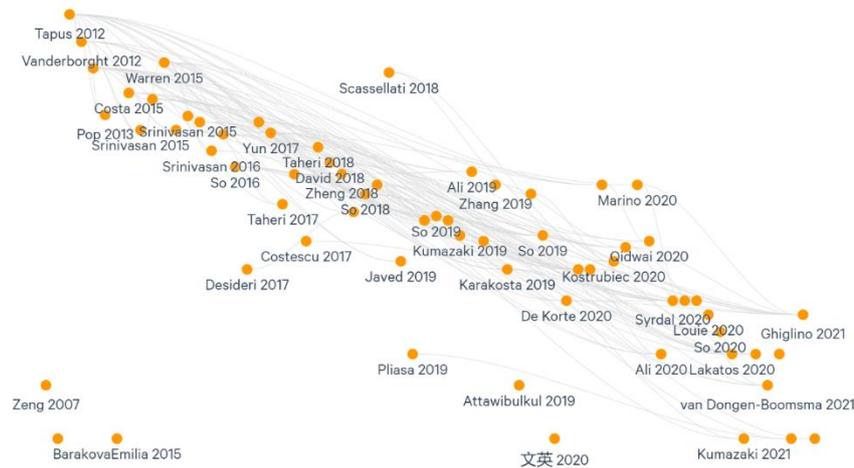
Tabella 3.1. Abilità considerate all'interno degli interventi tramite robot sociale.

Abilità considerata all'interno dell'intervento	Studio di riferimento
<i>Imitazione</i>	Taheri et al., 2021b; Zorcec et al., 2021; Ali et al., 2019; Taheri et al., 2018a; Taheri et al., 2018b; Boccanfuso et al., 2017; Zheng et al., 2016; Srinivasan et al., 2015; Duquette et al., 2008
<i>Comunicazione</i>	Pliasa et al., 2021a; Geoffrey Louie et al., 2021; Kumazaki et al., 2021b; Zorcec et al., 2021; Taheri et al., 2021b; So et al., 2019a; Taheri et al., 2018a; Taheri et al., 2018b; Boccanfuso et al., 2017; Srinivasan et al., 2016a
<i>Attenzione ed impegno</i>	Chung et al., 2021; Zorcec et al., 2021; Geoffrey Louie et al., 2021; Ali et al., 2020b; David et al., 2020; Qidwai et al., 2020; van Otterdijk et al., 2020; Kostrubiec et al., 2020; Javed et al., 2020c; Cervera et al., 2019; Chung 2019; Desideri et al., 2018; Taheri et al., 2018b; Scassellati et al., 2018; Zheng et al., 2018; Yun et al., 2017;

Abilità considerata all'interno dell'intervento	Studio di riferimento
	Desideri et al., 2017; Srinivasan et al., 2016b; Barakova et al., 2015; Costescu et al., 2015; Costa et al., 2015; Srinivasan et al., 2015; Tapus et al., 2012; Duquette et al., 2008
<p data-bbox="300 667 774 696"><i>Interazione e comunicazione sociale</i></p> <p data-bbox="459 734 831 763"><i>Misure multiple o aggregate</i></p> <p data-bbox="692 1323 831 1352"><i>Iniziazioni</i></p> <p data-bbox="560 1509 831 1538"><i>Attenzione condivisa</i></p> <p data-bbox="379 1800 831 1830"><i>Comportamenti sociali appropriati</i></p>	<p data-bbox="858 734 1252 949">Ghiglino et al., 2021; Taheri et al., 2021b; Pliasa et al., 2021b Zorcec et al., 2021 van den Berk-Smeekens et al., 2021; David et al., 2020 De Korte et al., 2020; Kostrubiec et al., 2020; Zheng et al., 2020; Taheri et al., 2018a; Taheri et al., 2018b; Desideri et al., 2018; Scassellati et al., 2018; Yun et al., 2017; So et al., 2020a;</p> <p data-bbox="858 1323 1145 1503">Chung 2021; Chung et al., 2019; Barakova et al., 2015; Huskens et al., 2013; Tapus et al., 2012</p> <p data-bbox="858 1509 1173 1800">So et al., 2020b; Ali et al., 2019; Carlson et al., 2018; David et al., 2018; Zheng et al., 2018; Srinivasan et al., 2016a; Srinivasan et al., 2016b; Warren et al., 2015b;</p> <p data-bbox="858 1800 1157 1937">Zhang et al., 2019b; Costescu et al., 2017; Husken et al., 2015; Srinivasan et al., 2015;</p>

Abilità considerata all'interno dell'intervento	Studio di riferimento
	Vanderborght et al., 2012
<i>Presa di prospettiva e teoria della mente</i>	Lakatos et al., 2021; Marino et al., 2020; Wood et al., 2019
<i>Riconoscimento ed espressione emotiva</i>	Lecciso et al., 2021; Marino et al., 2020; Yun et al., 2017; Anamaria et al., 2013; Pop et al., 2013b
<i>Interessi e comportamenti ristretti e ripetitivi</i>	Taheri et al., 2021b; David et al., 2020; De Korte et al., 2020; Taheri et al., 2018a; Taheri et al., 2018b; Yun et al., 2017; Srinivasan et al., 2015a
<i>Operazioni numeriche</i>	Clabaugh et al., 2019
<i>Consapevolezza corporea</i>	Costa et al., 2015
<i>Memoria</i>	Qidwai et al., 2020
<i>Flessibilità cognitiva</i>	Costescu et al., 2015
<i>Comunicazione non verbale</i>	So et al., 2019b; So et al., 2018a; So et al., 2018b; So et al., 2016
<i>Abilità professionali</i>	Kumazaki et al., 2019c; Kumazaki et al., 2019d; Kumazaki et al., 2017b
<i>Sviluppo e abilità quotidiane</i>	Zorcec et al., 2021; van den Berk-Smeekens et al., 2021; Syrdal et al., 2020; Attawibulkul et al., 2019; Cervera et al., 2019; Boccanfuso et al., 2017
<i>Stress genitoriale</i>	Taheri et al., 2021b; van den Berk-Smeekens et al., 2021
<i>Coordinazione motoria</i>	Srinivasan et al., 2015b;

Figura 3.2. Rappresentazione grafica degli articoli relativi agli interventi robotici riportati in letteratura. Gli articoli sono riportati per anno (da sinistra verso destra) e per impatto (dal basso verso l'alto).



3.4. *Discussione*

Sebbene ci sia un forte interesse nell'utilizzo di robot sociali per la valutazione di persone con ASD, questo è stato principalmente condotto su aspetti tecnici del robot, ma da un punto di vista clinico non è stato sufficientemente considerato. Infatti, le precedenti revisioni presenti in letteratura non discutono la valutazione clinica delle persone con ASD tramite robot, nonostante rappresenti un passo fondamentale per il sistema sanitario. Pertanto, forniamo innanzitutto una prima discussione critica relativa a questi studi. Gli articoli raccolti indicano che i dati registrati durante le interazioni dei partecipanti ASD con il robot possono essere utilizzati per valutare diverse caratteristiche dell'utente, tra queste abbiamo: i livelli attentivi, l'interesse, l'attenzione congiunta, gli stati affettivi, le espressioni facciali, il movimento, le azioni specifiche, l'accuratezza nei compiti di imitazione, le vocalizzazioni ed il rischio o la gravità della condizione clinica. L'accuratezza riportata dagli studi è incoraggiante ed indica alti indici di accordo con i valutatori esterni. Gli

approcci proposti potrebbero potenzialmente supportare lo screening, la valutazione, ed il follow-up. Tuttavia, dobbiamo notare alcuni importanti limiti. Infatti, la maggior parte degli studi riportati non ha controllato gli effetti dovuti alla novità o ha effettuato singole sessioni di breve durata, limitando, così, la generalizzazione dei risultati rispetto ad una maggiore esposizione al robot. Solo due studi hanno implementato nel robot compiti derivati da misure psicometriche largamente utilizzate con questa popolazione: Zhang et al. (2019a) hanno eseguito compiti di falsa credenza con bambini ASD e TD, e Kumazaki et al. (2019a) la scena della festa di compleanno tratta dall'ADOS. Nonostante questi studi indichino la considerazione di misure cliniche "standard", un aspetto critico è la difficoltà a stabilire la validità delle misure effettuate. Dalla nostra revisione, infatti, non siamo riusciti ad identificare assessment tramite robot validi ed affidabili, a causa dell'assenza di studi di validazione delle misurazioni effettuate tramite robot, cioè che verifichino la capacità del robot di valutare ciò che pretende di misurare (Borsboom et al., 2004). Questa considerazione rappresenta un importante limite sull'uso dei robot nella pratica clinica. Inoltre, anche se le valutazioni proposte possono essere utili per monitorare l'individuo con ASD, nessuno degli aspetti misurati tramite robot è direttamente associato alla sintomatologia della condizione. Infatti, dobbiamo precisare che gli studi che hanno valutato il rischio di ASD basandosi su misure cliniche (ADOS e DSM-IV-TR) lo hanno fatto tramite persone esperte, che hanno direttamente valutato le interazioni tra bambini e robot (Dehkordi et al., 2015; Kumazak et al. 2019). Nonostante ciò, vale la pena riportare che gli studi suggeriscono come il movimento dei partecipanti sia una variabile promettente nell'identificare il rischio di ASD (Moghadas et al., 2018; Javed et al., 2020a; 2020b). Infatti, oltre ai comportamenti stereotipati (American Psychiatric Association, 2000), gli individui con ASD presentano anche un'alta prevalenza di deficit motori (Ming et al., 2007) e di coordinazione (Fournier et al., 2010). Per quanto riguarda il setting, va notato che la maggior parte di questi studi ha utilizzato installazioni con più telecamere, il che

potrebbe rappresentare una barriera in termini di fattibilità nella pratica quotidiana. Infatti, ciò richiederebbe una sala dedicata e modifiche significative alle strutture. Infine, vale la pena riportare che le valutazioni robotiche non avvengono online, ma trasferiscono i dati a un'unità di calcolo esterna, che richiede tempo per la loro elaborazione. Ciò è dovuto alle attuali limitazioni delle risorse di calcolo a bordo dei robot; tuttavia, non ci aspettiamo che la situazione migliori facilmente, poiché ciò è legato anche ai costi e alla capacità della batteria, per cui sarà necessario trovare un compromesso.

Riguardo le caratteristiche dei robot, gli studi considerati indicano che un punto di forza dei robot sia la prevedibilità del loro comportamento, poiché quando questo aspetto viene a mancare, i partecipanti con ASD ne sono meno interessati. Inoltre, il robot è un mezzo efficace per migliorare le interazioni con gli altri, ridurre lo stress e catturare l'attenzione.

Abbiamo anche identificato studi che tenevano conto delle caratteristiche dei partecipanti con ASD durante l'interazione. Tra questi, la gravità dell'autismo è quella più considerata. Infatti, è stato riscontrato che la gravità sintomatologica influenza notevolmente la qualità dell'interazione con il robot, poiché è associata a diverse manifestazioni comportamentali. Tuttavia, dobbiamo notare che la gravità è stata associata a un minor numero di sguardi, espressioni facciali e interazioni, in linea con quanto ci si aspetterebbe quando i livelli di gravità della persona ASD sono più elevati (Madipakkam et al., 2017; Scheeren et al., 2012). Inoltre, i bambini con ASD mostrano un maggior numero di comportamenti disadattivi rispetto ai TD quando interagiscono con il robot, sempre come ci si aspetterebbe in una qualsiasi altra tipologia di interazione. Sulla base di queste considerazioni, potremmo concludere che la sola esposizione al robot sociale (intesa come panacea) non è sufficiente a ridurre i comportamenti disadattivi dell'individuo con ASD. Pertanto, la conoscenza e l'esperienza dei terapisti clinici in ASD sono fondamentali per il suo corretto utilizzo. Riteniamo rilevante segnalare che uno studio ha indicato un'associazione tra gravità e preferenza per lo stimolo (Ali et al., 2021). La

preferenza per lo stimolo è stata associata anche alla sensibilità percettiva dell'utente. Un'esperienza sensoriale atipica è inclusa tra i criteri diagnostici e si verifica nel 90% degli individui con ASD (Robertson e Baron-Cohen, 2017). Pertanto, questo aspetto dovrebbe essere oggetto di ulteriori studi, poiché il robot si basa tipicamente su stimoli sensoriali per attirare l'attenzione o interagire.

Per quanto riguarda i fattori culturali, lo studio più rilevante indica differenze nel coinvolgimento con il robot (Rudovic et al., 2017), suggerendo l'importanza di validare le valutazioni effettuate tramite robot tenendo conto anche degli aspetti culturali.

Il confronto tra ASD e TD durante le interazioni con il robot indica che i bambini con ASD sono più interessati alle attività con il robot, mentre gli adolescenti ASD sembrano sentirsi più a loro agio. In quest'ultimo caso, lo studio in questione ha utilizzato un robot androide simile a una persona reale (Kumazaki et al., 2018a). Perciò, un'importante considerazione da fare è che, mentre una precedente revisione della letteratura non aveva trovato un'età ideale per l'utilizzo dei robot (Pennisi et al., 2016), questi risultati potrebbero indicare che il punto centrale della questione non sia il robot, ma utilizzare un robot adatto all'età dell'utente. Questa affermazione può essere supportata anche da quanto riportato da Van den Berk-Smeekens et al. (2020), che suggeriscono come il compito svolto con il robot dovrebbe essere coerente con gli interessi e l'età degli utenti, al fine di favorirne la partecipazione.

I confronti tra l'interazione con agenti umani e robotici hanno indicato risultati discordanti in termini di performance. Tuttavia, gli studi convergono sull'evidenza che un robot sociale sia più coinvolgente e divertente di un agente umano per i bambini e gli adolescenti ASD. Pertanto, possiamo concludere che questo aspetto rappresenti uno dei principali punti di forza dell'utilizzo di robot sociali con le persone ASD.

Gli studi relativi alla progettazione del robot dopo l'effettivo utilizzo clinico sono estremamente limitati; tuttavia, la principale preoccupazione espressa dai

professionisti riguarda la capacità del robot di adattarsi tempestivamente alle situazioni fornendo risposte tempestive (Elbeleidy et al., 2021a, 2021b; Sochanski et al., 2021; Pot et al., 2009). Come già detto, la capacità di elaborazione online è ancora molto limitata e la maggior parte degli studi presenta risultati analizzati off-line dopo aver trasferito i dati a un'unità di calcolo esterna. Pertanto, suggeriamo che gli studi futuri prendano in considerazione l'aumento dell'autonomia dei robot, soprattutto considerando che l'interazione con individui con ASD richiede flessibilità e azioni tempestive (Leaf et al., 2014; Cooper et al., 2018). Naturalmente, l'autonomia dovrebbe essere sempre limitata entro comportamenti prefissati e convalidati dai clinici. Abbiamo trovato diversi articoli che descrivevano studi di fattibilità recenti, nonostante la notevole quantità di evidenze già presenti nella letteratura scientifica. Tuttavia, alcuni di questi hanno presentato nuove proposte per l'uso di robot sociali con ASD nella pratica clinica. Questi studi hanno proposto nuovi potenziali vantaggi, tra cui la facile trasportabilità, l'implementazione di servizi robotici, l'uso di feedback aptici, l'adattamento del setting a utenti non verbali, l'uso di un contesto multi-robot per l'intervento, l'implementazione a lungo termine a casa e in un centro clinico, un modello da seguire per inserire un robot in diversi contesti, strategie di perfezionamento dopo l'implementazione effettiva, la preparazione dei pazienti ASD per le procedure in ambiente ospedaliero, l'uso di un robot reso semi-autonomo e nuove implementazioni di intervento. Questi studi forniscono nuove prospettive sulle applicazioni cliniche dei robot e metodi di studio più rigorosi ne dimostreranno l'efficacia. È importante sottolineare che, in questo contesto, i robot sociali sono stati implementati all'interno dei servizi sanitari e degli ambienti quotidiani delle persone con ASD, proponendosi come potenziali ottimizzatori dell'adattamento persona-ambiente di questi individui (Lai et al., 2020).

Riguardo gli interventi, gli articoli indicano che i robot sono stati utilizzati come mediatori di intervento su un'ampia gamma di abilità, dove le abilità sociali sono quelle che hanno riscosso un maggiore interesse. Tra gli studi considerati, tre

erano a lungo termine ed hanno utilizzato il robot in contesti naturali, cioè a casa o in un centro clinico. L'intervento a lungo termine a domicilio ha comportato un miglioramento delle abilità coinvolte, mentre quello in clinica ha indicato associazioni tra il tempo trascorso con il robot ed i miglioramenti ottenuti. Questi dati evidenziano la possibilità di implementare il robot in un ambiente naturale, evitando la presenza dei ricercatori, il che rappresenta un importante punto di svolta per il contesto clinico generale. Infatti, evidenziano un potenziale utilizzo "mainstream" dei robot per effettuare interventi all'interno dei contesti quotidiani delle persone ASD. Poiché altre revisioni hanno discusso in dettaglio aree specifiche di intervento, a scopo di sintesi, rimandiamo ad esse per ulteriori informazioni circa interventi specifici (ad esempio, Damianidou et al., 2020; Raptopoulou et al., 2021; Salimi et al., 2021). Tuttavia, un limite generale degli interventi analizzati consiste nell'implementazione dei robot all'interno di contesti altamente strutturati. Pertanto, studi futuri potrebbero ampliare la letteratura disponibile sugli interventi mediati da robot considerando approcci più ecologici. Ad esempio, gli Interventi Naturalistici Evolutivi Comportamentali consistono nello strutturare l'intervento in ambienti ecologici e nell'implementazione di attività e di rinforzi naturali (Schreibman et al., 2015). Questi metodi hanno mostrato risultati positivi per la pratica clinica (Sandbank et al., 2020) e considerarli anche in questo contesto potrebbe migliorare la generalizzazione delle abilità apprese e promuovere un approccio incentrato sull'utente.

In conclusione, questo studio riporta una revisione sistematica ed un'analisi critica della letteratura scientifica sull'uso dei robot sociali con persone ASD. Abbiamo riscontrato che gli studi raccolti forniscono un ampio numero di prove di come i robot sociali, all'interno del setting clinico, possano rappresentare uno strumento di successo nelle mani dei professionisti per migliorare la qualità dei servizi forniti. Tuttavia, la maggior parte degli studi presenti in letteratura è incentrata sullo sviluppo della tecnologia, mentre le evidenze cliniche significative sono ancora limitate. Infatti, seguendo i nostri criteri di inclusione,

abbiamo riscontrato una rilevanza per l'ambito clinico solo nel 18% degli articoli considerati. Pertanto, sono necessarie ulteriori evidenze cliniche per convalidare e confermare l'applicabilità di questi risultati nella pratica quotidiana e sollecitiamo nuove ricerche interdisciplinari che si concentrino sullo sviluppo dei servizi piuttosto che esclusivamente sulla tecnologia.

CONCLUSIONI GENERALI

Il disturbo dello spettro dell'autismo è un disturbo del neurosviluppo che riguarda circa l'1% della popolazione e che, a cause delle sue atipie e delle difficoltà relative ad un'ampia gamma di dimensioni e funzioni, compromette significativamente la qualità della vita delle persone. La sintomatologia principale, secondo i criteri diagnostici, riguarda difficoltà nell'interazione e nella comunicazione sociale e comportamenti ed interessi ristretti e ripetitivi, ma il quadro sintomatologico può presentare diversi livelli di gravità e comorbidità che rendono questa tipologia di pazienti molto eterogenei tra loro. Lo studio di questo disturbo ha un forte interesse in ambito scientifico e molti programmi di intervento sono stati attuati e valutati in termini di efficacia. Ad oggi, parliamo di interventi fatti su misura per le persone con ASD, in quanto non è possibile identificare un intervento generale adatto a qualsiasi utente. Per questo motivo, e soprattutto a causa dell'evoluzione tecnologica a cui abbiamo assistito negli ultimi anni, è sorto un notevole interesse nell'uso della tecnologia per supportare le persone con ASD, i loro caregiver ed il personale clinico. Le tecnologie utilizzate con questa popolazione sono numerose, parliamo ad esempio di computer, smartphone, realtà virtuale e robot sociali. Tuttavia, tra tutte queste soluzioni non è possibile identificare una *best evidence practice* e sono necessarie ulteriori evidenze circa la loro efficacia ed i vantaggi che derivano dal loro utilizzo.

Per questo motivo, questo lavoro di tesi ha cercato di superare i limiti attuali presenti in letteratura e di indicare le potenzialità della tecnologia per le persone con ASD.

Attraverso delle interviste condotte con gli stakeholder è stato possibile strutturare un contesto di co-progettazione per stabilire quali siano i fattori chiave da considerare durante la progettazione di un intervento per persone ASD che utilizzi la realtà aumentata. Il punto di forza dello studio è quello di considerare le opinioni di diverse figure che fanno parte del contesto di

intervento per le persone ASD; infatti, allo studio hanno preso parte utenti con ASD, caregiver, terapeuti e clinici professionisti nella diagnosi e nel follow-up di queste persone. Questo è stato effettuato per rispondere alle esigenze della maggior parte delle figure che entreranno in contatto con la persona ASD che effettuerà l'intervento con la realtà aumentata. Per questo motivo i fattori chiave emersi dalle interviste rappresentano le esigenze ed i suggerimenti forniti dal contesto clinico e sociale che ruota attorno alla persona ASD. Inoltre, le interviste non hanno considerato unicamente la tecnologia stessa, ma, attraverso un'ottica biopsicosociale, anche le esigenze dell'utente ASD e l'ambiente in cui è inserito. Il modello considerato è utile per favorire l'utilizzo della tecnologia assistiva e per ridurre i fenomeni di abbandono, che comportano costi ed il fallimento della strategia di intervento. Per questi motivi, i fattori chiave emersi dallo studio possono essere utilizzati in sede di progettazione dell'intervento di realtà aumentata per favorire l'utilizzo della tecnologia proposta e l'efficacia dell'intervento.

Il secondo studio presentato ha valutato le differenze tra l'utilizzo di stimoli virtuali e reali esprimenti emozioni con bambini ASD, in quanto, le evidenze che indichino quali siano i vantaggi dell'utilizzo di una tipologia di stimolo rispetto all'altra sono tutt'ora limitate. I risultati emersi hanno importanti implicazioni in ambito clinico, soprattutto in termini di efficacia di intervento. Lo studio indica che i bambini ASD sono facilitati nel riconoscimento emotivo dai volti virtuali, probabilmente, ciò è dovuto al fatto che questi stimoli sono meno complessi rispetto ad un volto reale. Inoltre, questi stimoli sono anche maggiormente esplorati. Questa tipologia di stimoli potrebbe essere adatta a quei casi che mostrano particolari difficoltà nel riconoscimento emotivo, o potrebbero essere utilizzati in una fase iniziale dell'intervento, per poi passare a stimoli più difficili e complessi (ossia quelli reali).

Inoltre, le due tipologie di volti (reali e virtuali) attirano differenzialmente l'attenzione dei bambini in base all'emozione espressa ed anche verso alcune aree del viso specifiche. Queste considerazioni supportano ulteriormente il

concetto che la migliore strategia di intervento dovrebbe considerare l'utilizzo di stimoli reali e virtuali.

Infine, l'ultimo studio riportato consiste in una revisione critica sull'utilizzo di robot sociali con persone ASD. La revisione ha analizzato più di cento articoli che indicano il potenziale uso clinico dei robot sociali per le persone ASD. Tuttavia, nonostante le potenzialità di questo strumento per supportare la pratica clinica, abbiamo anche riscontrato importanti limiti che devono essere superati per favorire l'inclusione dei robot all'interno dei contesti clinici. Ad esempio, nonostante sia possibile riconoscere molti comportamenti presentati dagli utenti durante l'interazione con il robot sociale, un importante limite è costituito dall'assenza di misure eseguite tramite robot validate. Questa considerazione può avere un forte impatto sull'interesse dei clinici per questo strumento. Vale la pena anche sottolineare che gli articoli analizzati mostrano come i ricercatori stiano puntando a fornire robot che possano essere inseriti in diversi contesti che coinvolgono la persona ASD e che non necessitino della presenza di esperti nell'uso di robot per periodi di tempo prolungati.

In conclusione, le tecnologie considerate all'interno del lavoro di tesi rappresentano un importante supporto per la pratica clinica e possono essere utilizzate per migliorare la qualità dei servizi forniti.

Bibliografia

Adrien, J., Lenoir, P., Martineau, J., Perrot, A., Hameury, L., Larmande, C., et al. (1993). Blind ratings of early symptoms of autism based upon family home movies. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 32, 617–626.

Adrien, J., Perrot, A., Hameury, L., Martineau, J., Roux, S., & Sauvage, D. (1991). Family home movies: Identification of early autistic signs in infants later diagnosed as autistics. *Brain Dysfunction*, 4, 355–362.

*Ahmad, M. I., Shahid, S., & Tahir, A. (2017, September). Towards the Applicability of NAO Robot for Children with Autism in Pakistan. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 463-472). Springer, Cham.

*Albo-Canals, J., Martelo, A. B., Relkin, E., Hannon, D., Heerink, M., Heinemann, M., ... & Bers, M. U. (2018). A pilot study of the KIBO robot in children with severe ASD. *International Journal of Social Robotics*, 10(3), 371-383.

Alcalá-López, D., Vogeley, K., Binkofski, F., & Bzdok, D. (2019). Building blocks of social cognition: Mirror, mentalize, share?. *Cortex*, 118, 4-18.

*Ali, S., Mehmood, F., Ayaz, Y., Khan, M. J., Sadia, H., & Nawaz, R. (2020a). Comparing the effectiveness of different reinforcement stimuli in a robotic therapy for children with ASD. *IEEE Access*, 8, 13128-13137.

*Ali, S., Mehmood, F., Ayaz, Y., Sajid, M., Sadia, H., & Nawaz, R. (2021). An experimental trial: Multi-robot therapy for categorization of autism level using hidden Markov model. *Journal of Educational Computing Research*, 60(3), 722-741.

*Ali, S., Mehmood, F., Dancey, D., Ayaz, Y., Khan, M. J., Naseer, N., ... & Nawaz, R. (2019). An adaptive multi-robot therapy for improving joint attention and imitation of ASD children. *IEEE Access*, 7, 81808-81825.

*Ali, S., Mehmood, F., Khan, M. J., Ayaz, Y., Asgher, U., Sadia, H., ... & Nawaz, R. (2020b). A preliminary study on effectiveness of a standardized Multi-Robot therapy for improvement in collaborative Multi-Human interaction of children with ASD. *IEEE Access*, 8, 109466-109474.

Allman, M. J. (2015). Abnormal timing and time perception in autism spectrum disorder? A review of the evidence. In Vatakis & Allmen (Eds.), *Time Distortions in Mind* (pp. 37-56). Leiden, The Netherlands: Brill.

*Alnajjar, F., Cappuccio, M., Renawi, A., Mubin, O., & Loo, C. K. (2021). Personalized robot interventions for autistic children: an automated methodology for attention assessment. *International Journal of Social Robotics*, 13(1), 67-82.

American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4th ed., text rev.)*. Washington, DC: Author.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. Washington, DC: Author.

Amiri, A. M., Peltier, N., Goldberg, C., Sun, Y., Nathan, A., Hiremath, S. V., & Mankodiya, K. (2017). WearSense: detecting autism stereotypic behaviors through smartwatches. *Healthcare*, 5(1), 11.

*Amiriparian, S., Baird, A., Julka, S., Alcorn, A., Ottl, S., Petrović, S., ... & Schuller, B. (2018). Recognition of echolalic autistic child vocalisations utilising convolutional recurrent neural networks. *Interspeech*.

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child neuropsychology*, 8(2), 71-82.

Antão, J. Y. F. D. L., Abreu, L. C. D., Barbosa, R. T. D. A., Crocetta, T. B., Guarnieri, R., Massetti, T., ... & Monteiro, C. B. D. M. (2020). Use of augmented reality with a motion-controlled game utilizing alphabet letters and numbers to improve performance and reaction time skills for people with autism spectrum disorder. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 23(1), 16-22.

*Anzalone, S. M., Tilmont, E., Boucenna, S., Xavier, J., Jouen, A. L., Bodeau, N., ... & MICHELANGELO Study Group. (2014). How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D+ time) environment during a joint attention induction task with a robot. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(7), 814-826.

*Anzalone, S. M., Xavier, J., Boucenna, S., Billeci, L., Narzisi, A., Muratori, F., ... & Chetouani, M. (2019). Quantifying patterns of joint attention during human-robot interactions: An application for autism spectrum disorder assessment. *Pattern Recognition Letters*, 118, 42-50.

*Arent, K., Kruk-Lasocka, J., Niemiec, T., & Szczepanowski, R. (2019, August). Social robot in diagnosis of autism among preschool children. In *2019 24th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)* (pp. 652-656). IEEE.

ASDEU Consortium (2018). Autism Spectrum Disorders in the European Union (ASDEU): final report: main results of the ASDEU project-28/08/2018. Available from: <http://hdl.handle.net/10400.18/6188>.

*Askari, F., Feng, H., Sweeny, T. D., & Mahoor, M. H. (2018, August). A pilot study on facial expression recognition ability of autistic children using ryan, a rear-projected humanoid robot. In *2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 790-795). IEEE.

*Attawibulkul, S., Asawalertsak, N., Suwawong, P., Wattanapongsakul, P., Jutharee, W., & Kaewkamnerdpong, B. (2019, September). Using a daily

routine game on the BLISS robot for supporting personal-social development in children with autism and other special needs. In *2019 58th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)* (pp. 695-700). IEEE.

Bahrick, L.E., & Todd, J.T., (2012). Multisensory processing in autism spectrum disorders: intersensory processing disturbance as atypical development. In Stein, B.E. (Ed.). *The New Handbook of Multisensory Processes* (pp. 657–674). MIT Press, Cambridge, MA.

Baio, J., Wiggins, L., Christensen, D. L., Maenner, M. J., Daniels, J., Warren, Z., ... & Dowling, N. F. (2018). Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2014. *MMWR Surveillance Summaries*, 67(6), 1.

*Baird, A., Amiriparian, S., Cummins, N., Alcorn, A. M., Batliner, A., Pugachevskiy, S., ... & Schuller, B. (2017). Automatic classification of autistic child vocalisations: A novel database and results. *Interspeech*.

*Barakova, E. I., Bajracharya, P., Willemsen, M., Lourens, T., & Huskens, B. (2015). Long-term LEGO therapy with humanoid robot for children with ASD. *Expert Systems*, 32(6), 698-709.

Baranek, G. T., Watson, L. R., Boyd, B. A., Poe, M. D., David, F. J., & McGuire, L. (2013). Hyporesponsiveness to social and nonsocial sensory stimuli in children with autism, children with developmental delays, and typically developing children. *Development and psychopathology*, 25(2), 307-320.

*Barnes, J. A., Park, C. H., Howard, A., & Jeon, M. (2021). Child-robot interaction in a musical dance game: an exploratory comparison study between typically developing children and children with autism. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 37(3), 249-266.

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1986). Mechanical, behavioural and intentional understanding of picture stories in autistic children. *British Journal of Developmental Psychology*, 4(2), 113-125.

Baron-Cohen, S. (1989). The autistic child's theory of mind: A case of specific developmental delay. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30(2), 285-297.

Baron-Cohen, S., Spitz, A., & Cross, P. (1993). Do children with autism recognise surprise? A research note. *Cognition & Emotion*, 7, 507-516.

Baron-Cohen, S., Jolliffe, T., Mortimore, C., & Robertson, M. (1997). Another advanced test of theory of mind: Evidence from very high functioning adults with autism or Asperger syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38(7), 813-822.

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Skinner, R., Martin, J., & Clubley, E. (2001). The autism-spectrum quotient (AQ): Evidence from asperger syndrome/high-functioning autism, males and females, scientists and mathematicians. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(1), 5-17.

Baron-Cohen, S., Scott, F. J., Allison, C., Williams, J., Bolton, P., Matthews, F. E., & Brayne, C. (2009a). Prevalence of autism-spectrum conditions: UK school-based population study. *The British Journal of Psychiatry*, 194(6), 500-509.

Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Ashwin, C., Tavassoli, T., & Chakrabarti, B. (2009b). Talent in autism: hyper-systemizing, hyper-attention to detail and sensory hypersensitivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1522), 1377-1383.

Baxter, A. J., Brugha, T. S., Erskine, H. E., Scheurer, R. W., Vos, T., & Scott, J. G. (2015). The epidemiology and global burden of autism spectrum disorders. *Psychological Medicine*, 45(3), 601-613.

*Beaudoin, A. J., Pedneault, F., Houle, M., Bilodeau, C., Gauvin, M. P., Groleau, D., ... & Couture, M. (2021). Case study assessing the feasibility of using a wearable haptic device or humanoid robot to facilitate transitions in occupational therapy sessions for children with autism spectrum disorder. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 8, 20556683211049041.

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.

*Bekele, E. T., Lahiri, U., Swanson, A. R., Crittendon, J. A., Warren, Z. E., & Sarkar, N. (2013). A step towards developing adaptive robot-mediated intervention architecture (ARIA) for children with autism. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 21(2), 289–299.

Bekele, E., Crittendon, J., Zheng, Z., Swanson, A., Weitlauf, A., Warren, Z., & Sarkar, N. (2014a). Assessing the utility of a virtual environment for enhancing facial affect recognition in adolescents with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(7):1641-50.

*Bekele, E., Crittendon, J. A., Swanson, A., Sarkar, N., & Warren, Z. E. (2014b). Pilot clinical application of an adaptive robotic system for young children with autism. *Autism*, 18(5), 598-608.

Bernier, A., Carlson, S. M., & Whipple, N. (2010). From external regulation to self-regulation: Early parenting precursors of young children's executive functioning. *Child Development*, 81(1), 326-339.

Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2005). Enhanced and diminished visuo-spatial information processing in autism depends on stimulus complexity. *Brain*, 128(10), 2430-2441.

*Bharatharaj, J., Huang, L., Al-Jumaily, A., Elara, M. R., & Krägeloh, C. (2017b, September). Investigating the effects of robot-assisted therapy among children with autism spectrum disorder using bio-markers. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 234, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

*Bharatharaj, J., Huang, L., Al-Jumaily, A., Mohan, R. E., & Krägeloh, C. (2017a). Sociopsychological and physiological effects of a robot-assisted therapy for children with autism. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14(5), 1729881417736895.

*Bharatharaj, J., Huang, L., Krägeloh, C., Elara, M. R., & Al-Jumaily, A. (2018). Social engagement of children with autism spectrum disorder in interaction with a parrot-inspired therapeutic robot. *Procedia Computer Science*, 133, 368-376.

Bhatt, S. K., De Leon, N. I., & Al-Jumaily, A. (2014). Augmented reality game therapy for children with autism spectrum disorder. *International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems*, 7(2), 18.

Billard, A., Robins, B., Nadel, J., & Dautenhahn, K. (2007). Building Robota, a mini-humanoid robot for the rehabilitation of children with autism. *Assistive Technology*, 19(1), 37-49.

Billstedt, E. (2000). Autism and Asperger syndrome: coexistence with other clinical disorders. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 102(5), 321-330.

Bishop, D. V. M. (2003). *The test for reception of grammar, version 2 (TROG-2)*. London: Psychological Corporation.

Blakemore, S. J., & Decety, J. (2001). From the perception of action to the understanding of intention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(8), 561-567.

Blakemore, S. J., den Ouden, H., Choudhury, S., & Frith, C. (2007): Adolescent development of the neural circuitry for thinking about intentions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(2),130-139.

*Boccanfuso, L., Scarborough, S., Abramson, R. K., Hall, A. V., Wright, H. H., & O’Kane, J. M. (2017). A low-cost socially assistive robot and robot-assisted intervention for children with autism spectrum disorder: field trials and lessons learned. *Autonomous Robots*, 41(3), 637-655.

Borsboom, D., Mellenbergh, G. J., & Van Heerden, J. (2004). The concept of validity. *Psychological Review*, 111(4), 1061.

Boyd, B. A., Odom, S. L., Humphreys, B.P., & Sam, A. M. (2010). Infants and toddlers with autism spectrum disorder: Early identification and early intervention. *Journal of Early Intervention*, 32, 75–98.

Bradley, R., & Newbutt, N. (2018). Autism and virtual reality head-mounted displays: a state of the art systematic review. *Journal of Enabling Technologies*, 12(3).

Brandão, J., Cunha, P., Vasconcelos, J., Carvalho, V., & Soares, F. (2015). An Augmented Reality Game Book for Children with Autism Spectrum Disorders. Paper presented at the *The International Conference on E-Learning in the Workplace*, New York, NY, USA.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.

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.

*Cai, H., Fang, Y., Ju, Z., Costescu, C., David, D., Billing, E., ... & Liu, H. (2018). Sensing-enhanced therapy system for assessing children with autism

spectrum disorders: A feasibility study. *IEEE Sensors Journal*, 19(4), 1508-1518.

*Cao, H. L., Simut, R. E., Desmet, N., De Beir, A., Van De Perre, G., Vanderborght, B., & Vanderfaeillie, J. (2020). Robot-assisted joint attention: A comparative study between children with autism spectrum disorder and typically developing children in interaction with NAO. *IEEE Access*, 8, 223325-223334.

*Cao, W., Song, W., Li, X., Zheng, S., Zhang, G., Wu, Y., ... & Chen, J. (2019). Interaction with social robots: Improving gaze toward face but not necessarily joint attention in children with autism spectrum disorder. *Frontiers in Psychology*, 10, 1503.

*Carlson, K., Wong, A. H. Y., Dung, T. A., Wong, A. C. Y., Tan, Y. K., & Wykowska, A. (2018, November). Training autistic children on joint attention skills with a robot. In *International Conference on Social Robotics* (pp. 86-92). Springer, Cham.

Carlson, S. M., Moses, L. J., & Breton, C. (2002). How specific is the relation between executive function and theory of mind? Contributions of inhibitory control and working memory. *Infant and Child Development*, 11, 73–92

Cascio, C. J., Woynaroski, T., Baranek, G. T., & Wallace, M. T. (2016). Toward an interdisciplinary approach to understanding sensory function in autism spectrum disorder. *Autism Research*, 9(9), 920-925.

Castelli, F. (2005). Understanding Emotions From Standardized Facial Expressions in Autism and Normal Development. *Autism*, 9(4), 428-49.

*Cervera, E., del Pobil, A. P., & Cabezudo, M. I. (2019, October). Playful Interaction with Humanoid Robots for Social Development in Autistic Children: a Pilot Study. In *2019 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 1-6). IEEE.

Chan, M. M., & Han, Y. M. (2020). Differential mirror neuron system (MNS) activation during action observation with and without social-emotional components in autism: a meta-analysis of neuroimaging studies. *Molecular Autism*, 11(1), 1-18.

Charlton, C. T., Kellems, R. O., Black, B., Bussey, H. C., Ferguson, R., Goncalves, B., ... & Vallejo, S. (2020). Effectiveness of avatar-delivered instruction on social initiations by children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 71, 101494.

Chawarska, K., Macari, S., & Shic, F. (2013). Decreased spontaneous attention to social scenes in 6-month-old infants later diagnosed with autism spectrum disorders. *Biological psychiatry*, 74(3), 195-203.

Chen, C. H., Lee, I. J., & Lin, L. Y. (2015). Augmented reality-based self-facial modeling to promote the emotional expression and social skills of adolescents with autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 36, 396-403.

Chen, C. H., Lee, I. J., & Lin, L. Y. (2016). Augmented reality-based video-modeling storybook of nonverbal facial cues for children with autism spectrum disorder to improve their perceptions and judgments of facial expressions and emotions. *Computers in Human Behavior*, 55, 477-485.

*Chevalier, P., Raiola, G., Martin, J. C., Isableu, B., Bazile, C., & Tapus, A. (2017, March). Do Sensory Preferences of Children with Autism Impact an Imitation Task with a Robot?. In *2017 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)* (pp. 177-186). IEEE.

*Chung, E. Y. H. (2019). Robotic intervention program for enhancement of social engagement among children with autism spectrum disorder. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 31(4), 419-434.

*Chung, E. Y. H. (2021). Robot-mediated social skill intervention programme for children with autism spectrum disorder: An ABA time-series study. *International Journal of Social Robotics*, 13(5), 1095-1107.

Cissne, M. N., Kester, L. E., Gunn, A. J. M., Bodner, K. E., Miles, J. H., & Christ, S. E. (2021). Brief Report: A Preliminary Study of the Relationship between Repetitive Behaviors and Concurrent Executive Function Demands in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-7.

*Clabaugh, C., Becerra, D., Deng, E., Ragusa, G., & Matarić, M. (2018, March). Month-long, in-home case study of a socially assistive robot for children with autism spectrum disorder. In *Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 87-88).

*Clabaugh, C., Mahajan, K., Jain, S., Pakkar, R., Becerra, D., Shi, Z., ... & Matarić, M. (2019). Long-term personalization of an in-home socially assistive robot for children with autism spectrum disorders. *Frontiers in Robotics and AI*, 6, 110.

Clarke, K. A. (2019). A review of language regression in autism spectrum disorder and the role of language theories: Towards explanation. *Autism & Developmental Language Impairments*, 4, 2396941519889227.

Cohen, D., Pichard, N., Tordjman, S., Baumann, C., Burglen, L., Excoffier, E., Lazar, G., Mazet, P., Pinquier, C., Verloes, A., & Héron, D. (2005). Specific genetic disorders and autism: clinical contribution towards their identification. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35(1), 103-116.

Constantino, J. N., & Gruber, C. P. (2012). *Social Responsiveness Scale—Second Edition (SRS-2)*. Torrance, CA, Western Psychological Services

Constantinou, C. S., Georgiou, M., & Perdikogianni, M. (2017). A comparative method for themes saturation (CoMeTS) in qualitative interviews. *Qualitative Research*, 17(5), 571-588.

Conti, D., Trubia, G., Buono, S., Di Nuovo, A., & Di Nuovo, S. (2020, November). Brief review of robotics in low-functioning autism therapy. In *CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2730)*. Tilburg University.

Conti, D., Trubia, G., Buono, S., Di Nuovo, S., & Di Nuovo, A. (2021). An empirical study on integrating a small humanoid robot to support the therapy of children with Autism Spectrum Disorder and Intellectual Disability. *Interaction Studies*, 22(2), 177-211.

Cooper, K., Loades, M. E., & Russell, A. (2018). Adapting psychological therapies for autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 45, 43-50.

*Costa, S., Lehmann, H., Dautenhahn, K., Robins, B., & Soares, F. (2015). 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.

*Costa, A. P., Charpiot, L., Lera, F. R., Ziafati, P., Nazarihorram, A., Van Der Torre, L., & Steffgen, G. (2018, August). More attention and less repetitive and stereotyped behaviors using a robot with children with autism. In *2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 534-539). IEEE.

Costa, S., Santos, C., Soares, F., Ferreira, M., & Moreira, F. (2010, August). Promoting interaction amongst autistic adolescents using robots. In *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology* (pp. 3856-3859). IEEE.

*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.

*Costescu, C. A., Vanderborght, B., & David, D. O. (2016). Beliefs, emotions, and behaviors-differences between children with asd and typically developing children. A robot-enhanced task. *Journal of Evidence-Based Psychotherapies*, 16(2).

*Costescu, C. A., Vanderborght, B., & David, D. O. (2017). Robot-enhanced CBT for dysfunctional emotions in social situations for children with ASD. *Journal of Evidence-Based Psychotherapies*, 17(2).

Crick, N. R., & Dodge, K. A. (1994). A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment. *Psychological Bulletin*, 115(1), 74.

Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. A., & Sharit, J. (2006). Factors predicting the use of technology: findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychology and Aging*, 21(2), 333.

Dakin, S., & Frith, U. (2005). Vagaries of visual perception in autism. *Neuron*, 48(3), 497-507.

Damianidou, D., Eidels, A., & Arthur-Kelly, M. (2020). The use of robots in social communications and interactions for individuals with ASD: a systematic review. *Advances in Neurodevelopmental Disorders*, 4(4), 357-388.

Dattolo, A., Luccio, F. L., & Pirone, E. (2016). Web accessibility recommendations for the design of tourism websites for people with autism spectrum disorders. *International Journal on Advances in Life Sciences*, 8(3-4), 297-308.

Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimensions of human–robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 679-704.

*David, D. O., Costescu, C. A., Matu, S., Szentagotai, A., & Dobrean, A. (2018). Developing joint attention for children with autism in robot-enhanced therapy. *International Journal of Social Robotics*, 10(5), 595-605.

*David, D. O., Costescu, C. A., Matu, S., Szentagotai, A., & Dobrean, A. (2020). Effects of a robot-enhanced intervention for children with ASD on teaching turn-taking skills. *Journal of Educational Computing Research*, 58(1), 29-62.

Davis, N., Preston, C., & Sahin, I. (2009). Training teachers to use new technologies impacts multiple ecologies: Evidence from a national initiative. *British Journal of Educational Technology*, 40(5), 861-878.

Dawson, G., & Burner, K. (2011). Behavioral interventions in children and adolescents with autism spectrum disorder: a review of recent findings. *Current Opinion in Pediatrics*, 23(6), 616-620.

Dawson, G., Toth, K., Abbott, R., Osterling, J., Munson, J., Estes, A., & Liaw, J. (2004). Early social attention impairments in autism: social orienting, joint attention, and attention to distress. *Developmental Psychology*, 40(2), 271.

Dawson, G., Webb, S. J., & McPartland, J. (2005). Understanding the nature of face processing impairment in autism: Insights from behavioral and electrophysiological studies. *Developmental Neuropsychology*, 27, 403–424.

*De Korte, M. W., van den Berk-Smeekens, I., van Dongen-Boomsma, M., Oosterling, I. J., Den Boer, J. C., Barakova, E. I., ... & Staal, W. G. (2020). Self-initiations in young children with autism during Pivotal Response Treatment with and without robot assistance. *Autism*, 24(8), 2117-2128.

de Marchena, A. B., Eigsti, I. M., & Yerys, B. E. (2015). Brief report: Generalization weaknesses in verbally fluent children and adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(10), 3370-3376.

de Wit, T. C., Falck-Ytter, T., & von Hofsten, C. (2008). Young children with autism spectrum disorder look differently at positive versus negative emotional faces. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2(4), 651-659.

*Dehkordi, P. S., Moradi, H., Mahmoudi, M., & Pouretmad, H. R. (2015). The design, development, and deployment of roboparrot for screening autistic children. *International Journal of Social Robotics*, 7(4), 513-522.

*Del Coco, M., Leo, M., Carcagnì, P., Fama, F., Spadaro, L., Ruta, L., ... & Distante, C. (2017). Study of mechanisms of social interaction stimulation in autism spectrum disorder by assisted humanoid robot. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 10(4), 993-1004.

Demetriou, E. A., DeMayo, M. M., & Guastella, A. J. (2019). Executive function in autism spectrum disorder: history, theoretical models, empirical findings, and potential as an endophenotype. *Frontiers in Psychiatry*, 10, 753.

Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12(1), 45-75.

*Desideri, L., Cesario, L., Gherardini, A., Fiordelmondo, V., Morganti, A., Malavasi, M., Hoogerwerf, E. (2020). Using a humanoid robot to promote inclusion of children with Autism Spectrum Disorders in mainstream classrooms: An overview of the RoBe service delivery approach. *Life Span and Disability An interdisciplinary Journal*, 23 (1).

*Desideri, L., Negrini, M., Cutrone, M. C., Rouame, A., Malavasi, M., Hoogerwerf, E. J., ... & Di Sarro, R. (2017). Exploring the use of a humanoid

robot to engage children with autism spectrum disorder (ASD). In *Harnessing the Power of Technology to Improve Lives* (pp. 501-509). IOS Press.

*Desideri, L., Negrini, M., Malavasi, M., Tanzini, D., Rouame, A., Cutrone, M. C., ... & Hoogerwerf, E. J. (2018). Using a humanoid robot as a complement to interventions for children with autism spectrum disorder: A pilot study. *Advances in Neurodevelopmental Disorders*, 2(3), 273-285.

Di Giorgio, E., Frasnelli, E., Rosa Salva, O., Scattoni, M. L., Puopolo, M., Tosoni, D., NIDA-Network, Simion, F., & Vallortigara, G. (2016). Difference in Visual Social Predispositions Between Newborns at Low- and High-risk for Autism. *Scientific Reports*, 6, 26395.

*Di Nuovo, A., Conti, D., Trubia, G., Buono, S., & Di Nuovo, S. (2018). Deep learning systems for estimating visual attention in robot-assisted therapy of children with autism and intellectual disability. *Robotics*, 7(2), 25.

*Di Nuovo, A., Bamforth, J., Conti, D., Sage, K., Ibbotson, R., Clegg, J., ... & Arnold, K. (2020, March). An explorative study on robotics for supporting children with autism spectrum disorder during clinical procedures. In *Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 189-191).

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.

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.

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.

Dunlap, G., Kern-Dunlap, L., Clark, S., & Robbins, F. (1991). Functional assessment, curricular revision, and severe problem behaviors. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 4, 387–397.

*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.

*Elbeleidy, S. (2021a, June). Towards effective robot-teleoperation in therapy for children with autism. In *Interaction Design and Children* (pp. 633-636). Association for Computing Machinery.

*Elbeleidy, S., Rosen, D., Liu, D., Shick, A., & Williams, T. (2021b, June). Analyzing teleoperation interface usage of robots in therapy for children with autism. In *Interaction Design and Children* (pp. 112-118). Association for Computing Machinery.

Elsabbagh, M., Divan, G., Koh, Y. J., Kim, Y. S., Kauchali, S., Marcín, C., Montiel-Nava, C., Patel, V., Paula, C. S., Wang, C., Yasamy, M. T., & Fombonne, E. (2012). Global prevalence of autism and other pervasive developmental disorders. *Autism Research*, 5(3), 160-179.

El-Seoud, A., Halabi, O., & Geroimenko, V. (2019). Assisting individuals with autism and cognitive disorders: an augmented reality-based framework. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 15(4), 28-39.

Enticott, P. G., Johnston, P. J., Herring, S. E., Hoy, K. E., & Fitzgerald, P. B. (2008). Mirror neuron activation is associated with facial emotion processing. *Neuropsychologia*, 46(11), 2851-2854.

Escobedo, L., Tentori, M., Quintana, E., Favela, J., & Garcia-Rosas, D. (2014). Using augmented reality to help children with autism stay focused. *IEEE Pervasive Computing*, 13(1), 38-46.

- *Fachantidis, N., Syriopoulou-Delli, C. K., & Zygopoulou, M. (2020). The effectiveness of socially assistive robotics in children with autism spectrum disorder. *International Journal of Developmental Disabilities*, 66(2), 113-121.
- Falter, C. M., & Noreika, V. (2011). Interval timing deficits and abnormal cognitive development. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 5, 26.
- Falter, C. M., Elliott, M. A., & Bailey, A. J. (2012). Enhanced visual temporal resolution in autism spectrum disorders. *PLoS One*, 7(3), e32774.
- Fecteau, S., Lepage, J. F., & Théoret, H. (2006). Autism spectrum disorder: seeing is not understanding. *Current Biology*, 16(4), R131-R133
- Federici, A., Parma, V., Vicovaro, M., Radassao, L., Casartelli, L., & Ronconi, L. (2020). Anomalous perception of biological motion in autism: a conceptual review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 4576.
- Federici, S., & Scherer, M. (Eds.). (2012). *Assistive technology assessment handbook*. CRC press.
- Feldman, J. I., Dunham, K., Cassidy, M., Wallace, M. T., Liu, Y., & Woynaroski, T. G. (2018). Audiovisual multisensory integration in individuals with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 95, 220-234.
- Ferrante, M., Barone, R., Fazio, A., Zerbo, S., Margherita, V., Rizzo, R., fichera, G., & Fiore, M. (2015). Prevalence and age at diagnosis of autism spectrum disorder in south Italy, 2004–2014: Maria Fiore. *The European Journal of Public Health*, 25(suppl_3), ckv175-099.
- Ferster, C. B., & DeMeyer, M. K. (1962). A method for the experimental analysis of the behavior of autistic children. *American Journal of Orthopsychiatry*, 32, 89–98.

- Fitzpatrick, S. E., Srivorakiat, L., Wink, L. K., Pedapati, E. V., & Erickson, C. A. (2016). Aggression in autism spectrum disorder: presentation and treatment options. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 12, 1525–1538.
- Flippin, M., Reszka, S., & Watson, L. R. (2010). Effectiveness of the Picture Exchange Communication System (PECS) on communication and speech for children with autism spectrum disorders: A meta-analysis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 19, 178–95.
- Fombonne, E. (1999). The epidemiology of autism: a review. *Psychological Medicine*, 29(4), 769-786.
- Fonagy, P., & Target, M. (1997). Attachment and reflective function: Their role in self-organization. *Development and Psychopathology*, 9(4), 679-700.
- Fournier, K. A., Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N., & Cauraugh, J. H. (2010). Motor coordination in autism spectrum disorders: a synthesis and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(10), 1227-1240.
- Foxx, R. M. (2008). Applied behavior analysis treatment of autism: The state of the art. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 17(4), 821-834.
- Francis, K. (2005). Autism interventions: a critical update. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47(7), 493-499.
- Franco, F., Itakura, S., Pomorska, K., Abramowski, A., Nikaido, K., & Dimitriou, D. (2014). Can children with autism read emotions from the eyes? The eyes test revisited. *Research in Developmental Disabilities*, 35(5), 1015-1026.
- Frazier, T. W., Dawson, G., Murray, D., Shih, A., Sachs, J. S., & Geiger, A. (2018). Brief report: A survey of autism research priorities across a diverse community of stakeholders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(11), 3965-3971.

Freitag, C. M., Konrad, C., Häberlen, M., Kleser, C., von Gontard, A., Reith, W., Troje N. F., & Krick, C. (2008). Perception of biological motion in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 46(5), 1480-1494.

Frith, C. D., & Frith, U. (2008). Implicit and explicit processes in social cognition. *Neuron*, 60, 503–510.

Fuentes, J., Hervás, A., & Howlin, P. (2021). ESCAP practice guidance for autism: a summary of evidence-based recommendations for diagnosis and treatment. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 30, 961-984.

Gallese, V. (2014). Bodily selves in relation: embodied simulation as secondperson perspective on intersubjectivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1644), 20130177.

Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119(2), 593-609.

Gallese, V., Migone, P. & Eagle, M.N. (2006). La simulazione incarnata: i neuroni specchio, le basi neurofisiologiche dell'intersoggettività e alcune implicazioni per la psicoanalisi. In P. Migone (Ed.) *Psicoterapia e scienze umane* (pp. 1-38). Milano, Franco Angeli.

Garnham, W. A., & Perner, J. (2001). Actions really do speak louder than words—But only implicitly: Young children's understanding of false belief in action. *British Journal of Developmental Psychology*, 19(3), 413-432.

Ghaziuddin, M., Ghaziuddin, N., & Greden, J. (2002). Depression in persons with autism: Implications for research and clinical care. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(4), 299-306.

*Ghiglinò, D., Chevalier, P., Floris, F., Priolo, T., & Wykowska, A. (2021). Follow the white robot: Efficacy of robot-assistive training for children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 86, 101822.

- *Ghorbandaei Pour, A., Taheri, A., Alemi, M., & Meghdari, A. (2018). Human–robot facial expression reciprocal interaction platform: case studies on children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 10(2), 179-198.
- *Giannopulu, I. (2013). Multimodal cognitive nonverbal and verbal interactions: the neurorehabilitation of autistic children via mobile toy robots. *IARIA International Journal of Advances in Life Sciences*, 5(10.1109).
- *Giannopulu, I., & Watanabe, T. (2016a). Give Children toys robots to educate and/or neuroreeducate: the example of PEKOPPA. In *New Trends in Medical and Service Robots* (pp. 205-215). Springer, Cham.
- *Giannopulu, I., Montreynaud, V., & Watanabe, T. (2016b). Minimalistic toy robot to analyze a scenery of speaker–listener condition in autism. *Cognitive Processing*, 17(2), 195-203.
- *Giannopulu, I., Terada, K., & Watanabe, T. (2018). Communication using robots: a Perception-action scenario in moderate ASD. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 30(5), 603-613.
- *Giannopulu, I., Etournaud, A., Terada, K., Velonaki, M., & Watanabe, T. (2020). Ordered interpersonal synchronisation in ASD children via robots. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
- Goldman, A.I. (1989). Interpretation Psychologized. *Mind e Language*, 4(3), 161-185.
- *Golestan, S., Soleiman, P., & Moradi, H. (2017, July). Feasibility of using sphero in rehabilitation of children with autism in social and communication skills. In *2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)* (pp. 989-994). IEEE.
- Gotts, S. J., Simmons, W. K., Milbury, L. A., Wallace, G. L., Cox, R. W., & Martin, A. (2012). Fractionation of social brain circuits in autism spectrum disorders. *Brain*, 135(9), 2711-2725.

- Granpeesheh, D., Tarbox, J., & Dixon, D. R. (2009). Applied behavior analytic interventions for children with autism: A description and review of treatment research. *Annals of Clinical Psychiatry*, 21(3), 162-173.
- Green, M. J., Williams, L. M., & Davidson, D. (2003). In the face of danger: Specific viewing strategies for facial expressions of threat? *Cognition and Emotion*, 17, 779–786.
- Gustavsson, A., Svensson, M., Jacobi, F., Allgulander, C., Alonso, J., Beghi, E., ... & CDBE2010 Study Group. (2011). Cost of disorders of the brain in Europe 2010. *European Neuropsychopharmacology*, 21(10), 718-779.
- Gwynette, M. F., Sidhu, S. S., & Ceranoglu, T. A. (2018). Electronic screen media use in youth with autism spectrum disorder. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*, 27(2), 203-219.
- Happé, F., & Frith, U. (2014). Annual research review: Towards a developmental neuroscience of atypical social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55, 553–577.
- Happé, F., Cook, J. L., & Bird, G. (2017). The structure of social cognition: In (ter) dependence of sociocognitive processes. *Annual Review of Psychology*, 68, 243–267.
- Harms, M.B., Martin, A., & Wallace, G.L. (2010). Facial Emotion Recognition in Autism Spectrum Disorders: A Review of Behavioral and Neuroimaging Studies. *Neuropsychology Review*, 20(3), 290-322.
- Hill, E. L. (2004a). Executive dysfunction in autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(1), 26-32.
- Hill, E. L. (2004b). Evaluating the theory of executive dysfunction in autism. *Developmental Review*, 24(2), 189-233.

- Hodgson, A. R., Freeston, M. H., Honey, E., & Rodgers, J. (2017). Facing the unknown: Intolerance of uncertainty in children with autism spectrum disorder. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 30(2), 336-344.
- Hopkins, I.M., Gower, M.W., Perez, T.A., Smith, D.S., Amthor, F.R., Wimsatt, F.C., & Biasini FJ. (2011). Avatar assistant: improving social skills in students with an ASD through a computer-based intervention. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(11), 1543-55.
- Hossain, M. M., Khan, N., Sultana, A., Ma, P., McKyer, E. L. J., Ahmed, H. U., & Purohit, N. (2020). Prevalence of comorbid psychiatric disorders among people with autism spectrum disorder: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Psychiatry Research*, 287, 112922.
- Howlin, P., & Asgharian, A. (1999). The diagnosis of autism and Asperger syndrome: findings from a survey of 770 families. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 41(12), 834-839.
- Howlin, P. (2010). Evaluating psychological treatments for children with autism-spectrum disorders. *Advances in Psychiatric Treatment*, 16(2), 133-140.
- Hughes, C., Jaffee, S. R., Happé, F., Taylor, A., Caspi, A., & Moffitt, T. E. (2005). Origins of individual differences in theory of mind: From nature to nurture? *Child Development*, 76(2), 356–370.
- Huijnen, C. A., Lexis, M. A., 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.
- *Huijnen, C. A., Verreussel-Willen, H. A., Lexis, M. A., & de Witte, L. P. (2021). Robot KASPAR as mediator in making contact with children with Autism: A pilot study. *International Journal of Social Robotics*, 13(2), 237-249.

*Huskens, B., Verschuur, R., Gillesen, J., Didden, R., & Barakova, E. (2013). Promoting question-asking in school-aged children with autism spectrum disorders: Effectiveness of a robot intervention compared to a human-trainer intervention. *Developmental Neurorehabilitation*, 16(5), 345-356.

*Huskens, B., Palmen, A., Van der Werff, M., Lourens, T., & Barakova, E. (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.

Hyman, S. L., Levy, S. E., & Myers, S. M. (2020). Identification, evaluation, and management of children with autism spectrum disorder. *Pediatrics*, 145(1).

Iacoboni, M. (2005). Neural mechanisms of imitation. *Current Opinion in Neurobiology*, 15 (6), 632–637.

Iacoboni, M., & Dapretto, M. (2006). The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(12), 942-951.

Ihmig, F. R., Neurohr-Parakenings, F., Schäfer, S. K., Lass-Hennemann, J., & Michael, T. (2020). On-line anxiety level detection from biosignals: Machine learning based on a randomized controlled trial with spider-fearful individuals. *Plos One*, 15(6), e0231517.

Isaksson, J., Van't Westeinde, A., Cauvet, É., Kuja-Halkola, R., Lundin, K., Neufeld, J., ... & Bölte, S. (2019). Social cognition in autism and other neurodevelopmental disorders: a co-twin control study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(7), 2838-2848.

*Ishak, N. I., Yusof, H. M., Ramlee, M. R. H., Na'im Sidek, S., & Rusli, N. (2019, October). Modules of interaction for ASD children using rero robot (Humanoid). In *2019 7th International Conference on Mechatronics Engineering (ICOM)* (pp. 1-6). IEEE.

Iversen, R. K., & Lewis, C. (2021). Executive function skills are linked to restricted and repetitive behaviors: Three correlational meta analyses. *Autism Research*, 14(6), 1163-1185.

*Javed, H., & Park, C. H. (2020a, March). Behavior-based risk detection of autism spectrum disorder through child-robot interaction. In *Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 275-277). Association for Computing Machinery.

*Javed, H., Lee, W., & Park, C. H. (2020b). Toward an automated measure of social engagement for children with autism spectrum disorder—a personalized computational modeling approach. *Frontiers in Robotics and AI*, 43.

*Javed, H., Burns, R., Jeon, M., Howard, A. M., & Park, C. H. (2020c). A robotic framework to facilitate sensory experiences for children with autism spectrum disorder: A preliminary study. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction (THRI)*, 9(1), 1-26.

*Jimenez, F., Yoshikawa, T., Furuhashi, T., Kanoh, M., Nakamura, T. (2017). Feasibility of Collaborative Learning and Work Between Robots and Children with Autism Spectrum Disorders. In M. Otake, S. Kurahashi, Y. Ota, K. Satoh, & D. Bekki (Eds) *New Frontiers in Artificial Intelligence. JSAI-isAI 2015. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 10091. Springer, Cham.

Joseph, R. M., McGrath, L. M., & Tager-Flusberg, H. (2005). Executive dysfunction and its relation to language ability in verbal school-age children with autism. *Developmental Neuropsychology*, 27(3), 361-378.

Kaiser, A. P. (1993). Parent-implemented language intervention: An environmental system perspective. In A. P. Kaiser & D. B. Gray (Eds.), *Enhancing children's communication: Research foundations for intervention* (Vol. 2, pp. 63–84). Baltimore, Brookes.

- Kandalaf, M. R., Didehbani, N., Krawczyk, D. C., Allen, T. T., & Chapman, S. B. (2013). Virtual reality social cognition training for young adults with high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(1), 34-44.
- Karamanoli, P., Tsinakos, A., & Karagiannidis, C. (2017). The application of augmented reality for intervention to people with Autism, Spectrum Disorders. *Journal of Mobile Computing & Application*, 4(2), 42-51.
- Karkhaneh, M., Clark, B., Ospina, M. B., Seida, J. C., Smith, V., & Hartling, L. (2010). Social Stories™ to improve social skills in children with autism spectrum disorder: A systematic review. *Autism*, 14(6), 641-662.
- Kasari C, Freeman S, & Paparella T (2006). Joint attention and symbolic play in young children with autism: A randomized controlled intervention study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47, 611–620.
- Kéïta, L., Mottron, L., & Bertone, A. (2010). Far visual acuity is unremarkable in autism: do we need to focus on crowding?. *Autism Research*, 3(6), 333-341.
- Kennedy, D. P., & Adolphs, R. (2012). The social brain in psychiatric and neurological disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(11), 559-572.
- Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. *Procedia-social and behavioral sciences*, 47, 297-302.
- Killgore, W. D., & Yurgelun-Todd, D. A. (2004). Activation of the amygdala and anterior cingulate during nonconscious processing of sad versus happy faces. *Neuroimage*, 21(4), 1215–23.
- Kim, S. H., & Lord, C. (2012). Combining information from multiple sources for the diagnosis of autism spectrum disorders for toddlers and young preschoolers from 12 to 47 months of age. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(2), 143–151.

*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 and Developmental Disorders*, 43(5), 1038-1049.

Kim, J. W., Nguyen, T. Q., Gipson, S. Y. M. T., Shin, A. L., & Torous, J. (2018). Smartphone apps for autism spectrum disorder—understanding the evidence. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 3(1), 1-4.

Kolb B, & Gibb R. (2011). Brain plasticity and behaviour in the developing brain. *Journal of the Canadian Academy of Child & Adolescent*, 20, 265–276.

*Kumazaki, H., Warren, Z., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Miyao, M., ... & Kikuchi, M. (2017a). A pilot study for robot appearance preferences among high-functioning individuals with autism spectrum disorder: Implications for therapeutic use. *PloS One*, 12(10), e0186581.

*Kumazaki, H., Warren, Z., Corbett, B. A., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Higashida, H., ... & Kikuchi, M. (2017b). Android robot-mediated mock job interview sessions for young adults with autism spectrum disorder: A pilot study. *Frontiers in Psychiatry*, 8, 169.

*Kumazaki, H., Warren, Z., Swanson, A., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Takahashi, H., ... & Kikuchi, M. (2018a). Can robotic systems promote self-disclosure in adolescents with autism spectrum disorder? A pilot study. *Frontiers in Psychiatry*, 9, 36.

*Kumazaki, H., Yoshikawa, Y., Yoshimura, Y., Ikeda, T., Hasegawa, C., Saito, D. N., ... & Kikuchi, M. (2018b). The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders. *Molecular Autism*, 9(1), 1-10.

*Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Yoshimura, Y., Ikeda, T., Hasegawa, C., ... & Kikuchi, M. (2019a). Brief report: A novel system to

evaluate autism spectrum disorders using two humanoid robots. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(4), 1709-1716.

*Kumazaki, H., Warren, Z., Swanson, A., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Yoshimura, Y., ... & Kikuchi, M. (2019b). Brief report: evaluating the utility of varied technological agents to elicit social attention from children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(4), 1700-1708.

*Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Ishiguro, H., Mimura, M., & Kikuchi, M. (2019c). Role-play-based guidance for job interviews using an android robot for individuals with autism spectrum disorders. *Frontiers in Psychiatry*, 10, 239.

*Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Corbett, B. A., Matsumoto, Y., Higashida, H., ... & Kikuchi, M. (2019d). Job interview training targeting nonverbal communication using an android robot for individuals with autism spectrum disorder. *Autism*, 23(6), 1586-1595.

*Kostrubiec, V., & Kruck, J. (2020). Collaborative research project: Developing and testing a robot-assisted intervention for children with autism. *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 37.

*Kumazaki, H., Sumioka, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Shimaya, J., Iwanaga, R., ... & Mimura, M. (2021a). Brief report: The effectiveness of hugging a huggable device before having a conversation with an unfamiliar person for autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(7), 3294-3303.

*Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Haraguchi, H., Sono, T., Matsumoto, Y., ... & Mimura, M. (2021b). Enhancing communication skills of individuals with autism spectrum disorders while maintaining social distancing using two tele-operated robots. *Frontiers in Psychiatry*, 1641.

Kuo, M. H., Orsmond, G. I., Coster, W. J., & Cohn, E. S. (2014). Media use among adolescents with autism spectrum disorder. *Autism*, 18(8), 914-923.

Lahiri, U., Bekele, E., Dohrmann, E., Warren, Z., & Sarkar, N. (2015). A physiologically informed virtual reality based social communication system for individuals with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(4), 919-931.

Lai M., Lombardo M.V., & Baron-Cohen S (2014) Autism. *The Lancet*, 383(9920), 896-910.

Lai, C. L. E., Lau, Z., Lui, S. S. Y., Lok, E., Tam, V., Chan, Q.,...& Cheung, E. F. C. (2017). Meta-analysis of neuropsychological measures of executive functioning in children and adolescents with high-functioning autism spectrum disorder. *Autism Research*, 10(5), 911–939.

Lai, M. C., Kasee, C., Besney, R., Bonato, S., Hull, L., Mandy, W., Szatmari, P., & Ameis, S. H. (2019). Prevalence of co-occurring mental health diagnoses in the autism population: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Psychiatry*, 6(10), 819–829.

Lai, M. C., Anagnostou, E., Wiznitzer, M., Allison, C., & Baron-Cohen, S. (2020). Evidence-based support for autistic people across the lifespan: Maximising potential, minimising barriers, and optimising the person–environment fit. *The Lancet Neurology*, 19(5), 434-451.

*Lakatos, G., Wood, L. J., Syrdal, D. S., Robins, B., Zaraki, A., & Dautenhahn, K. (2021). Robot-mediated intervention can assist children with autism to develop visual perspective taking skills. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 12(1), 87-101.

Lambrecht, L., Kreifelts, B., & Wildgruber, D. (2014). Gender differences in emotion recognition: Impact of sensory modality and emotional category. *Cognition and Emotion*, 28(3), 452-469.

- Landa, R. J., Holman, K. C., & Garrett-Mayer, E. (2007). Social and communication development in toddlers with early and later diagnosis of autism spectrum disorders. *Archives of General Psychiatry*, 64(7), 853-864.
- Leaf, J. B., Leaf, R., Taubman, M., McEachin, J., & Delmolino, L. (2014). Comparison of flexible prompt fading to error correction for children with autism spectrum disorder. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 26(2), 203-224.
- Lebersfeld, J. B., Swanson, M., Clesi, C. D., & O'Kelley, S. E. (2021). Systematic review and meta-analysis of the clinical utility of the ADOS-2 and the ADI-R in diagnosing autism spectrum disorders in children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 51(11), 4101-4114.
- Lebreton, K., Malvy, J., Bon, L., Hamel-Desbruères, A., Marcaggi, G., Clochon, P., ... & Guillery-Girard, B. (2021). Local Processing Bias Impacts Implicit and Explicit Memory in Autism. *Frontiers in Psychology*, 12, 1125.
- *Lecciso, F., Levante, A., Fabio, R. A., Caprì, T., Leo, M., Carcagnì, P., ... & Petrocchi, S. (2021). Emotional expression in children with ASD: a pre-study on a two-group pre-post-test design comparing robot-based and computer-based training. *Frontiers in Psychology*, 2826.
- Ledbetter-Cho, K., O'Reilly, M., Lang, R., Watkins, L., & Lim, N. (2018). Meta-analysis of tablet-mediated interventions for teaching academic skills to individuals with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(9), 3021-3036.
- Lepage, J. F., & Théoret, H. (2007). The mirror neuron system: grasping others' actions from birth?. *Developmental Science*, 10(5), 513-523.
- Leslie, A. M. (1992). Pretense, autism, and the theory-of-mind module. *Current Directions in Psychological Science*, 1(1), 18-21.

Leslie, A. M., & Thaiss, L. (1992). Domain specificity in conceptual development: Neuropsychological evidence from autism. *Cognition*, 43(3), 225-251.

*Li, J., Petrovic, S., Davison, D., Babovic Dimitrijevic, S., Chevalier, P., & Evers, V. (2020a, March). Addressing Attention Difficulties in Autistic Children Using Multimodal Cues from a Humanoid Robot. In *Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 334-336). Association for Computing Machinery.

*Li, J., & Planting, J. (2020b, March). How Culture and Presence of a Robot Affect Teachers' Use of Touch with Autistic Children. In *Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 337-339). Association for Computing Machinery.

*Li, J., Davison, D., Alcorn, A., Williams, A., Dimitrijevic, S. B., Petrovic, S., ... & Evers, V. (2020c, June). Non-participatory user-centered design of accessible teacher-teleoperated robot and tablets for minimally verbal autistic children. In *Proceedings of the 13th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 1-9). Association for Computing Machinery.

Lorah, E. R., Parnell, A., Whitby, P. S., & Hantula, D. (2015). A systematic review of tablet computers and portable media players as speech generating devices for individuals with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3792-3804.

Lord, C., et al. (2000). The autism diagnostic observation schedule-generic: A standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30, 205–223.

Lord, C., & McGee, J. P. (2001). *Educating children with autism*. Washington DC, National Academic Press.

- Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146), 508-520.
- Lord, C., Brugha, T. S., Charman, T., Cusack, J., Dumas, G., Frazier, T., ...& Veenstra- VanderWeele, J. (2020). Autism spectrum disorder. *Nature Reviews Disease Primers*, 6(1), 5.
- *Louie, W. Y. G., Korneder, J., Abbas, I., & Pawluk, C. (2021). A study on an applied behavior analysis-based robot-mediated listening comprehension intervention for ASD. Paladyn, *Journal of Behavioral Robotics*, 12(1), 31-46.
- Lovaas, O. I., Koegel, R., Simmons, J. Q., & Long, J. S. (1973). Some generalization and follow-up measures on autistic children in behavior therapy. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 6(1), 131-165.
- Lovaas, O. I. (1987). Behavioral treatment and normal educational and intellectual functioning in young autistic children. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 55(1), 3.
- Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). *Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF)* [Database record]. APA PsycTests.
- Lyall, K., Croen, L., Daniels, J., Fallin, M. D., Ladd-Acosta, C., Lee, B. K., ... & Newschaffer, C. (2017). The changing epidemiology of autism spectrum disorders. *Annual Review of Public Health*, 38, 81.
- *Lytridis, C., Papadopoulou, C. I., Papakostas, G. A., Kaburlasos, V. G., Nikopoulou, V. A., Kerasidou, M. D., & Dalivigkas, N. (2020, September). Robot-Assisted Autism Spectrum Disorder (ASD) Interventions: A Multi-Robot Approach. In *2020 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)* (pp. 1-4). IEEE.
- Madipakkam, A. R., Rothkirch, M., Dziobek, I., & Sterzer, P. (2017). Unconscious avoidance of eye contact in autism spectrum disorder. *Scientific Reports*, 7(1), 1-6.

Maestro, S., Muratori, F., Barbieri, F., Casella, C., Cattaneo, V., Cavallaro, M. C., ... & Palacio-Espasa, F. (2001). Early behavioral development in autistic children: the first 2 years of life through home movies. *Psychopathology*, 34(3), 147-152.

*Marino, F., Chilà, P., Sfrassetto, S. T., Carrozza, C., Crimi, I., Failla, C., ... & Pioggia, G. (2020). Outcomes of a robot-assisted social-emotional understanding intervention for young children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50(6), 1973-1987.

*Marinoiu, E., Zanzfir, M., Olaru, V., & Sminchisescu, C. (2018). 3D human sensing, action and emotion recognition in robot assisted therapy of children with autism. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 2158-2167). IEEE.

Matson, J. L., & Shoemaker, M. (2009). Intellectual disability and its relationship to autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 30(6), 1107-1114.

Matson, J. L., & Kozlowski, A. M. (2011). The increasing prevalence of autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1), 418-425.

Mazza, M., Mariano, M., Peretti, S., Masedu, F., Pino, M. C., & Valenti, M. (2017). The role of theory of mind on social information processing in children 225 with autism spectrum disorders: A mediation analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(5), 1369-1379.

Mazza, M. & Valenti, M. (2019). *Cognizione Sociale e autismo. Modelli comportamentali, implicazioni cliniche e valutazione*. Milano, FrancoAngeli.

Mazza, M., Pino, M. C., Vagnetti, R., Filocamo, A., Attanasio, M., Calvarese, A., & Valenti, M. (2021). Intensive intervention for adolescents with autism spectrum disorder: Comparison of three rehabilitation treatments. *International Journal of Psychiatry in Clinical Practice*, 25(1), 28-36.

McKay, L. S., Simmons, D. R., McAleer, P., Marjoram, D., Piggot, J., & Pollick, F. E. (2012). Do distinct atypical cortical networks process biological motion information in adults with Autism Spectrum Disorders? *Neuroimage*, 59(2), 1524-1533.

Medavarapu, S., Marella, L. L., Sangem, A., & Kairam, R. (2019). Where is the evidence? A narrative literature review of the treatment modalities for autism spectrum disorders. *Cureus*, 11(1).

*Mehmood, F., Ayaz, Y., Ali, S., Amadeu, R. D. C., & Sadia, H. (2019a). Dominance in visual space of ASD children using multi-robot joint attention integrated distributed imitation system. *IEEE Access*, 7, 168815-168827.

*Mehmood, F., Ayaz, Y., Ali, S., Amadeu, R. D. C., & Sadia, H. (2019b). Dominance in visual space of ASD children using multi-robot joint attention integrated distributed imitation system. *IEEE Access*, 7, 168815-168827.

*Mehmood, F., Ali, S., Ayaz, Y., Khan, M. J., & Asgher, U. (2021a). Comparing effect of active vs. passive robotic interaction on joint attention of children with ASD. In *International conference on applied human factors and ergonomics* (pp. 305-311). Springer, Cham.

*Mehmood, F., Mahzoon, H., Yoshikawa, Y., Ishiguro, H., Sadia, H., Ali, S., & Ayaz, Y. (2021b). Attentional behavior of children with ASD in response to robotic agents. *IEEE Access*, 9, 31946-31955.

Menon, V., & Uddin, L. Q. (2010). Saliency, switching, attention and control: a network model of insula function. *Brain Structure and Function*, 214(5), 655-667.

Messinger D, & Fogel A. (2007). The interactive development of social smiling. In R. Kail (Ed.) *Advances in child development and behavior* (pp. 327-366). Oxford UK, Elsevier.

Michaud, F., Salter, T., Duquette, A., Mercier, H., Lauria, M., Larouche, H., & Larosse, F. (2007). Mobile robots engaging children in learning. *CMBES Proceedings*, 30.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995, December). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telem manipulator and telepresence technologies* (Vol. 2351, pp. 282-292). Spie.

Ming, X., Brimacombe, M., & Wagner, G. C. (2007). Prevalence of motor impairment in autism spectrum disorders. *Brain and Development*, 29(9), 565-570.

Ming, X., Brimacombe, M., Chaaban, J., Zimmerman-Bier, B., & Wagner, G. C. (2008). Autism spectrum disorders: concurrent clinical disorders. *Journal of Child Neurology*, 23(1), 6-13.

*Moghadas, M., & Moradi, H. (2018, October). Analyzing human-robot interaction using machine vision for autism screening. In *2018 6th RSI international conference on robotics and mechatronics (IcRoM)* (pp. 572-576). IEEE.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D.G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), 1006–1012.

Molenberghs, P., Cunnington, R., & Mattingley, J. B. (2012). Brain regions with mirror properties: a meta-analysis of 125 human fMRI studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(1), 341-349.

Moon, S. J., Hwang, J., Hill, H. S., Kervin, R., Birtwell, K. B., Torous, J., ... & Kim, J. W. (2020). Mobile device applications and treatment of autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis of effectiveness. *Archives of Disease in Childhood*, 105(5), 458-462.

- Moore, C., & Frye, D. (2014). The acquisition and utility of theories of mind. In D. Frye & C. Moore (Eds.). *Children's theories of mind* (pp. 9-22). New York, Psychology Press.
- Moriguchi, Y., Lee, K., & Itakura, S. (2007). Social transmission of disinhibition in young children. *Developmental Science*, 10(4), 481-491.
- Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2009). Neural origin of cognitive shifting in young children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(14), 6017-6021.
- Moriguchi, Y. (2014). The early development of executive function and its relation to social interaction: a brief review. *Frontiers in Psychology*, 5, 388.
- Mosconi, M. W., Kay, M., D'cruz, A. M., Seidenfeld, A., Guter, S., Stanford, L. D., & Sweeney, J. (2009). Impaired inhibitory control is associated with higher-order repetitive behaviors in autism spectrum disorders. *Psychological Medicine*, 39(9), 1559-1566.
- Munk-Jørgensen, P., & Dinesen Østergaard, S. (2011). Register-based studies of mental disorders. *Scandinavian Journal of Public Health*, 39(7_suppl), 170-174.
- Murat Baldwin, M., Xiao, Z., & Murray, A. (2021). Temporal Synchrony in Autism: A Systematic Review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 9, 596-617.
- Nincarean, D., Alia, M. B., Halim, N. D. A., & Rahman, M. H. A. (2013). Mobile augmented reality: The potential for education. *Procedia-social and behavioral sciences*, 103, 657-664.
- Norton, P., & Drew, C. (1994). Autism and potential family stressors. *The American Journal of Family Therapy*, 22(1), 67-76.

- Odom, S. L., Boyd, B. A., Hall, L. J., & Hume, K. (2010). Evaluation of comprehensive treatment models for individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(4), 425-436.
- Odom, S. L., Boyd, B. A., Hall, L. J., & Hume, K. A. (2014). Comprehensive treatment models for children and youth with autism spectrum disorders. In F. R. Volkmar, R. Paul, S. J. Rogers, & K. A. Pelphrey (Eds.). *Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorders, Fourth Edition*. John Wiley & Sons.
- Odom, S. L., Thompson, J. L., Hedges, S., Boyd, B. A., Dykstra, J. R., Duda, M. A., ... & Bord, A. (2015). Technology-aided interventions and instruction for adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3805-3819.
- Omar, S., & Bidin, A. (2015). The Impact of Multimedia Graphic and Text with Autistic Learners in Reading. *Universal Journal of Educational Research*, 3(12), 989-996.
- O'Riordan, M. A., Plaisted, K. C., Driver, J., & Baron-Cohen, S. (2001). Superior visual search in autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(3), 719-730.
- Orvalho, V., Miranda, J., & Sousa, A.A. (2009). Facial Synthesis of 3D Avatars for Therapeutic Applications. *Studies in Health Technology and Informatics*, 144, 96-8.
- Osterling, J., & Dawson, G. (1994). Early recognition of children with autism – a study of 1st birthday home videotapes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24, 247–257.
- Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals: relationship to theory of mind. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 32(7), 1081-1105.

Ozonoff, S., South, M., & Provençal, S. (2007). Executive functions in autism: Theory and practice. In J. M. Pérez, P. M. González, M. Llorente Comí, & C. Nieto (Eds.), *New developments in autism: The future is today* (pp. 185–213). Philadelphia, Jessica Kingsley Publishers.

*Pakkar, R., Clabaugh, C., Lee, R., Deng, E., & Mataricé, M. J. (2019, October). Designing a socially assistive robot for long-term in-home use for children with autism spectrum disorders. In *2019 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 1-7). IEEE.

Pasco, G. (2018). The value of early intervention for children with autism. *Paediatrics and Child Health*, 28(8), 364-367.

Patriquin, M. A., DeRamus, T., Libero, L. E., Laird, A., & Kana, R. K. (2016). Neuroanatomical and neurofunctional markers of social cognition in autism spectrum disorder. *Human Brain Mapping*, 37(11), 3957-3978.

Pavlova, M. A. (2012). Biological motion processing as a hallmark of social cognition. *Cerebral Cortex*, 22(5), 981-995.

*Peca, A., Simut, R., Pintea, S., & Vanderborght, B. (2015). Are children with ASD more prone to test the intentions of the Robonova robot compared to a human?. *International Journal of Social Robotics*, 7(5), 629-639.

Pellicano, E., Dinsmore, A., & Charman, T. (2014). What should autism research focus upon? Community views and priorities from the United Kingdom. *Autism*, 18(7), 756-770.

Pelphrey, K. A., & Carter, E. J. (2008). Brain mechanisms for social perception: lessons from autism and typical development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145(1), 283-299.

Pelphrey, K. A., Shultz, S., Hudac, C. M., & Vander Wyk, B. C. (2011). Research review: constraining heterogeneity: the social brain and its

development in autism spectrum disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52(6), 631-644.

Pennington, B. F., Rogers, S. J., Bennetto, L., Griffith, E. M., Reed, D. T., & Shyu, V. (1997). Validity tests of the executive dysfunction hypothesis of autism. In J. Russell (Ed.), *Autism as an executive disorder* (pp. 143–178). Oxford University Press.

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(2), 165-183.

Perner, J., Frith, U., Leslie, A. M., & Leekam, S. R. (1989). Exploration of the autistic child's theory of mind: Knowledge, belief, and communication. *Child Development*, 60(3), 689-700.

Perner, J., & Lang, B. (2000). Theory of mind and executive function: Is there a developmental relationship? In S. Baron-Cohen, H. Tager-Flusberg, & D. J. Cohen (Eds.), *Understanding other minds: Perspectives from developmental cognitive neuroscience* (pp. 150–181). Oxford University Press.

Peters-Scheffer, N., Didden, R., Korzilius, H., & Sturmey, P. (2011). A meta-analytic study on the effectiveness of comprehensive ABA-based early intervention programs for children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1), 60-69.

*Petric, F., Miklič, D., Capanec, M., Cvitanović, P., & Kovačić, Z. (2017, August). Functional imitation task in the context of robot-assisted autism spectrum disorder diagnostics: Preliminary investigations. In *2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 1471-1478). IEEE.

Pino, M. C., Mazza, M., Mariano, M., Peretti, S., Dimitriou, D., Masedu, F., ... Franco, F. (2017). Simple mindreading abilities predict complex theory of

mind: Developmental delay in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(9), 2743–2756.

Pino, M. C., Mariano, M., Peretti, S., D'Amico, S., Masedu, F., Valenti, M., & Mazza, M. (2020a). When do children with autism develop adequate social behaviour? Cross-sectional analysis of developmental trajectories. *European Journal of Developmental Psychology*, 17(1), 71-87.

Pino, M. C., Vagnetti, R., Masedu, F., Attanasio, M., Tiberti, S., Valenti, M., & Mazza, M. (2020b). Mapping the Network of Social Cognition Domains in Children With Autism Spectrum Disorder Through Graph Analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 579339.

Pino, M. C., Masedu, F., Vagnetti, R., Attanasio, M., Di Giovanni, C., Valenti, M., & Mazza, M. (2020c). Validity of social cognition measures in the clinical services for autism spectrum disorder. *Frontiers in Psychology*, 11, 4.

Plaisted, K., O'Riordan, M., & Baron-Cohen, S. (1998). Enhanced discrimination of novel, highly similar stimuli by adults with autism during a perceptual learning task. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 39(5), 765-775.

*Pliasa, S., & Fachantidis, N. (2019, September). Can a robot be an efficient mediator in promoting dyadic activities among children with Autism Spectrum Disorders and children of Typical Development?. In *Proceedings of the 9th Balkan Conference on Informatics* (pp. 1-6). Association for Computing Machinery.

*Pliasa, S., Velentza, A. M., & Fachantidis, N. (2021a). The Socially Assistive Robot Daisy Promoting Social Inclusion of Children with ASD. In M. Malvezzi, D. Alimisis, & M. Moro (Eds.) *Education in & with Robotics to Foster 21st-Century Skills. EDUROBOTICS 2021. Studies in Computational Intelligence, vol 982*. (pp. 89-102). Springer, Cham.

*Pliasa, S., Fachantidis, N. (2021b). Mobile Technologies Serious Games for the Development of Social Skills in Children with Autism Spectrum Disorders, in Enhanced with Socially Assistive Robots Interventions. In M. E. Auer, & T. Tsiatsos, (Eds) *Internet of Things, Infrastructures and Mobile Applications. IMCL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1192*. Springer, Cham.

Ploog, B. O., Scharf, A., Nelson, D., & Brooks, P. J. (2013). Use of Computer-Assisted Technologies (CAT) to enhance social, communicative, and language development in children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(2), 301–322.

*Pop, C. A., Simut, R. E., Pinte, S., Saldien, J., Rusu, A. S., Vanderfaeillie, J., ... & Vanderborght, B. (2013a). 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.

*Pop, C. A., Simut, R., Pinte, S., Saldien, J., Rusu, A., David, D., ... & Vanderborght, B. (2013b). 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*, 10(03), 1350025.

*Pop, C. A., Pinte, S., Vanderborght, B., & David, D. O. (2014). Enhancing play skills, engagement and social skills in a play task in ASD children by using robot-based interventions. A pilot study. *Interaction Studies*, 15(2), 292-320.

Pot, E., Monceaux, J., Gelin, R., & Maisonnier, B. (2009, September). Choregraphe: a graphical tool for humanoid robot programming. In *RO-MAN 2009-The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (pp. 46-51). IEEE.

Pulier, M. L., & Daviss, S. (2016). A call for a global digital health consortium. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 1(1), 16-21.

*Qidwai, U., Kashem, S. B. A., & Conor, O. (2020). Humanoid robot as a teacher's assistant: helping children with autism to learn social and academic skills. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 98(3), 759-770.

Quintero, J., Baldiris, S., Rubira, R., Cerón, J., & Velez, G. (2019). Augmented reality in educational inclusion. A systematic review on the last decade. *Frontiers in Psychology*, 10, 1835.

Rad, N. M., & Furlanello, C. (2016, December). Applying deep learning to stereotypical motor movement detection in autism spectrum disorders. In *2016 IEEE 16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)* (pp. 1235-1242). IEEE.

*Rakhyrbayeva, N., Amirova, A., & Sandygulova, A. (2021). A long-term engagement with a social robot for autism therapy. *Frontiers in Robotics and AI*, 8, 180.

*Ramírez-Duque, A. A., Bastos, T., Munera, M., Cifuentes, C. A., & Frizera-Neto, A. (2020). Robot-Assisted Intervention for children with special needs: A comparative assessment for autism screening. *Robotics and Autonomous Systems*, 127, 103484.

Ramírez-Duque, A. A., Aycardi, L. F., Villa, A., Munera, M., Bastos, T., Belpaeme, T., ... & Cifuentes, C. A. (2021). Collaborative and inclusive process with the autism community: a case study in Colombia about social robot design. *International Journal of Social Robotics*, 13(2), 153-167.

Raptopoulou, A., Komnidis, A., Bamidis, P. D., & Astaras, A. (2021). Human-robot interaction for social skill development in children with ASD: A literature review. *Healthcare Technology Letters*, 8(4), 90-96.

Reisinger, D.L., Shaffer, R.C., Horn, P.S., Hong, M.P., Pedapati, E.V., Dominick, K.C., & Erickson, C.A. (2020). Atypical Social Attention and

Emotional Face Processing in Autism Spectrum Disorder: Insights From Face Scanning and Pupillometry. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 13, 76.

Rice, M. L., Warren, S. F., & Betz, S. K. (2005). Language symptoms of developmental language disorders: An overview of autism, Down syndrome, fragile X, specific language impairment, and Williams syndrome. *Applied Psycholinguistics*, 26(1), 7-27.

Ridley, R. M. (1994). The psychology of perseverative and stereotyped behaviour. *Progress in Neurobiology*, 44(2), 221–231.

Ringland, K. E., Wolf, C. T., Dombrowski, L., & Hayes, G. R. (2015, February). Making " Safe" Community-Centered Practices in a Virtual World Dedicated to Children with Autism. In *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing* (pp. 1788-1800), Association for Computing Machinery.

Ringland, K. E., Wolf, C. T., Faucett, H., Dombrowski, L., & Hayes, G. R. (2016, May). " Will I always be not social?" Re-Conceptualizing Sociality in the Context of a Minecraft Community for Autism. In *Proceedings of the 2016 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1256-1269), Association for Computing Machinery.

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131-141.

Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169–192.

Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006). *So quel che fai: il cervello che agisce e i neuroni specchio*. Milano, Raffaello Cortina

Robertson, C. E., & Baron-Cohen, S. (2017). Sensory perception in autism. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(11), 671-684.

Robins, D. L., Fein, D., Barton, M. L., & Green, J. A. (2001). The Modified Checklist for Autism in Toddlers: an initial study investigating the early detection of autism and pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(2), 131-144.

Robinson, S., Goddard, L., Dritschel, B., Wisley, M., & Howlin, P. (2009). Executive functions in children with autism spectrum disorders. *Brain and Cognition*, 71(3), 362-368.

Roddy, A., & O'Neill, C. (2019). The economic costs and its predictors for childhood autism spectrum disorders in Ireland: How is the burden distributed?. *Autism*, 23(5), 1106-1118.

Rogers, S. J. (2004). Developmental regression in autism spectrum disorders. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 10(2), 139-143.

Rogers, S. J., Hayden, D., Hepburn, S., CharlifueSmith, R., Hall, T., & Hayes, A. (2006). Teaching young nonverbal children with autism useful speech: A pilot study of the Denver model and PROMPT interventions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36, 1007–1024.

Rogers, S. J., & Dawson, G. (2010). *Early Start Denver Model for young children with autism: Promoting language, learning, and engagement*. New York, The Guilford Press.

Ronconi, L., Devita, M., Molteni, M., Gori, S., & Facoetti, A. (2018). Brief report: When large becomes slow: Zooming-out visual attention is associated to orienting deficits in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(7), 2577-2584.

*Rudovic, O., Lee, J., Mascarell-Maricic, L., Schuller, B. W., & Picard, R. W. (2017). Measuring engagement in robot-assisted autism therapy: a cross-cultural study. *Frontiers in Robotics and AI*, 4, 36.

*Rudovic, O., Lee, J., Dai, M., Schuller, B., & Picard, R. W. (2018a). Personalized machine learning for robot perception of affect and engagement in autism therapy. *Science Robotics*, 3(19), eaao6760.

*Rudovic, O., Utsumi, Y., Lee, J., Hernandez, J., Ferrer, E. C., Schuller, B., & Picard, R. W. (2018b, October). CultureNet: a deep learning approach for engagement intensity estimation from face images of children with autism. In *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 339-346). IEEE.

*Rudovic, O., Zhang, M., Schuller, B., & Picard, R. (2019, October). Multi-modal active learning from human data: A deep reinforcement learning approach. In *2019 International Conference on Multimodal Interaction* (pp. 6-15).

Russell, J. E. (1997). *Autism as an executive disorder*. Oxford University Press.

Saleh, M. A., Hanapiah, F. A., & Hashim, H. (2021). Robot applications for autism: a comprehensive review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 16(6), 580-602.

Salimi, Z., Jenabi, E., & Bashirian, S. (2021). Are social robots ready yet to be used in care and therapy of autism spectrum disorder: A systematic review of randomized controlled trials. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 129, 1-16.

Salmi, H., Kaasinen, A., & Kallunki, V. (2012). Towards an Open Learning Environment via Augmented Reality (AR): Visualising the Invisible in Science Centres and Schools for Teacher Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 45(0), 284-295.

Sanchack, K., & Thomas, C. A. (2016). Autism spectrum disorder: Primary care principles. *American Family Physician*, 94(12), 972-979.

*Sandygulova, A., Zhexenova, Z., Tleubayev, B., Nurakhmetova, A., Zhumabekova, D., Assylgali, I., ... & Zhakenova, A. (2019). Interaction design and methodology of robot-assisted therapy for children with severe ASD and ADHD. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 10(1), 330-345.

Sani-Bozkurt, S., & Bozkus-Genc, G. (2021). Social robots for joint attention development in autism spectrum disorder: A systematic review. *International Journal of Disability, Development and Education*, 1-19.

Santos, P., Silva, V., Soares, F., & Simões, A. (2019, September). Facial virtual tracking: a system to mirror emotions. In P. Moura Oliveira, P. Novais, L. Reis (Eds.) *Progress in Artificial Intelligence. EPIA 2019. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 11805 (pp. 68-79). Springer, Cham.

Sasson, N. J., Nowlin, R. B., & Pinkham, A. E. (2013). Social cognition, social skill, and the broad autism phenotype. *Autism*, 17(6), 655-667.

*Scassellati, B., Boccanfuso, L., Huang, C. M., Mademtzi, M., Qin, M., Salomons, N., ... & Shic, F. (2018). Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot. *Science Robotics*, 3(21), eaat7544.

*Schadenberg, B. R., Reidsma, D., Heylen, D. K., & Evers, V. (2020). Differences in spontaneous interactions of autistic children in an interaction with an adult and humanoid robot. *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 28.

*Schadenberg, B. R., Reidsma, D., Evers, V., Davison, D. P., Li, J. J., Heylen, D. K., ... & Pellicano, E. (2021). Predictable Robots for Autistic Children—Variance in Robot Behaviour, Idiosyncrasies in Autistic Children's Characteristics, and Child–Robot Engagement. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 28(5), 1-42.

- Scherer, M. J. (2002). The change in emphasis from people to person: introduction to the special issue on Assistive Technology. *Disability and rehabilitation*, 24(1-3), 1-4.
- Scherer, M. J., & Craddock, G. (2002). Matching person & technology (MPT) assessment process. *Technology and Disability*, 14(3), 125-131.
- Scherer, M. J., Sax, C., Vanbiervliet, A., Cushman, L. A., & Scherer, J. V. (2005). Predictors of assistive technology use: The importance of personal and psychosocial factors. *Disability and Rehabilitation*, 27(21), 1321-1331.
- Scherer, M. J. (2012). *Assistive technologies and other supports for people with brain impairment*. New York, Springer Publishing Company.
- Scheeren, A. M., Koot, H. M., & Begeer, S. (2012). Social interaction style of children and adolescents with high-functioning autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(10), 2046-2055.
- Scherer, M. J., & Federici, S. (2015). Why people use and don't use technologies: Introduction to the special issue on assistive technologies for cognition/cognitive support technologies. *NeuroRehabilitation*, 37(3), 315-319.
- Scherer, M., & Martinez, A. P. (2018). *Matching Person & Technology (MPT) Model for Technology Selection as Well as Determination of Usability and Benefit from Use*. Department of Physical medicine & Rehabilitation, University of Rochester Medical Center, Rochester, NY, USA.
- Schopler, E., Reichler, R. J., DeVellis, R. F., & Daly, K. (1980). Toward objective classification of childhood autism: Childhood Autism Rating Scale (CARS). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 10(1), 91-103.
- Schopler, E. (1997). Implementation of TEACCH philosophy. In D. J. Cohen & F. R. Volkmar (Eds.), *Handbook of autism and pervasive developmental disorders*. (2nd ed., pp. 767-798). New York, Wiley.

Schopler, E., Van Bourgondien, M.E., Wellman, G.J., & Love, S.R. (2010). *The Childhood Autism Rating Scale 2nd edn.* Los Angeles, CA, Western Psychological Services.

Schreibman L, Dawson G, Stahmer AC, Landa R, Rogers SJ, McGee GG, ... Halladay A (2015). Naturalistic Developmental Behavioral Interventions: Empirically Validated Treatments for Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45, 2411–2428.

Schuwerk, T., Vuori, M., & Sodian, B. (2015). Implicit and explicit theory of mind reasoning in autism spectrum disorders: the impact of experience. *Autism*, 19(4), 459-468.

Shamay-Tsoory, S. G., & Aharon-Peretz, J. (2007). Dissociable prefrontal networks for cognitive and affective theory of mind: a lesion study. *Neuropsychologia*, 45(13), 3054-3067.

Shen, J., Ainger, E., Alcorn, A. M., Dimitrijevic, S. B., Baird, A., Chevalier, P., ... & De-Enigma, C. (2018). Autism data goes big: A publicly-accessible multi-modal database of child interactions for behavioural and machine learning research. In *International Society for Autism Research Annual Meeting*.

*Short, E. S., Deng, E. C., Feil-Seifer, D. J., & Mataric, M. J. (2017). Understanding agency in interactions between children with autism and socially assistive robots. *Journal of Human-Robot Interaction*, 6(3), 21-47.

Silani, G., Bird, G., Brindley, R., Singer, T., Frith, C., & Frith, U. (2008). Levels of emotional awareness and autism: an fMRI study. *Social Neuroscience*, 3(2), 97-112.

*Silva, K., Lima, M., Santos-Magalhães, A., Fafiães, C., & de Sousa, L. (2018a). Can dogs assist children with severe autism spectrum disorder in complying with challenging demands? An exploratory experiment with a live

and a robotic dog. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 24(3), 238-242.

*Silva, V., Soares, F., Esteves, J. S., & Pereira, A. P. (2018b, November). Building a hybrid approach for a game scenario using a tangible interface in human robot interaction. In *Joint International Conference on Serious Games* (pp. 241-247). Springer, Cham.

*Silva, K., Lima, M., Santos-Magalhães, A., Fafiães, C., & de Sousa, L. (2019). Living and robotic dogs as elicitors of social communication behavior and regulated emotional responding in individuals with Autism and severe language delay: A preliminary comparative study. *Anthrozoös*, 32(1), 23-33.

Simmons, D. R., Robertson, A. E., McKay, L. S., Toal, E., McAleer, P., & Pollick, F. E. (2009). Vision in autism spectrum disorders. *Vision Research*, 49(22), 2705-2739.

*Simut, R., Van de Perre, G., Costescu, C., Saldien, J., Vanderfaeillie, J., David, D., ... & Vanderborght, B. (2016). Probogotchi: A novel edutainment device as a bridge for interaction between a child with ASD and the typically developed sibling. *Journal of Evidence-Based Psychotherapies*, 16(1), 91-112.

Singer, T., Seymour, B., O'doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*, 303(5661), 1157-1162.

Singular Inversions Inc. FaceGen, retrieved from <https://facegen.com>

*So, W. C., Wong, M. Y., Cabibihan, J. J., Lam, C. Y., Chan, R. 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.

*So, W. C., Wong, M. K. Y., Lam, C. K. Y., Lam, W. Y., Chui, A. T. F., Lee, T. L., ... & Fok, D. C. W. (2018a). Using a social robot to teach gestural

recognition and production in children with autism spectrum disorders. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 13(6), 527-539.

*So, W. C., Wong, M. K. Y., Lam, W. Y., Cheng, C. H., Yang, J. H., Huang, Y., ... & Lee, C. C. (2018b). Robot-based intervention may reduce delay in the production of intransitive gestures in Chinese-speaking preschoolers with autism spectrum disorder. *Molecular Autism*, 9(1), 1-16.

*So, W. C., Cheng, C. H., Lam, W. Y., Wong, T., Law, W. W., Huang, Y., ... & Wong, W. (2019a). Robot-based play-drama intervention may improve the narrative abilities of Chinese-speaking preschoolers with autism spectrum disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 95, 103515.

*So, W. C., Wong, M. K. Y., Lam, W. Y., Cheng, C. H., Ku, S. Y., Lam, K. Y., ... & Wong, W. L. (2019b). Who is a better teacher for children with autism? Comparison of learning outcomes between robot-based and human-based interventions in gestural production and recognition. *Research in Developmental Disabilities*, 86, 62-75.

*So, W. C., Cheng, C. H., Lam, W. Y., Huang, Y., Ng, K. C., Tung, H. C., & Wong, W. (2020a). A robot-based play-drama intervention may improve the joint attention and functional play behaviors of chinese-speaking preschoolers with autism spectrum disorder: a pilot study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50(2), 467-481.

*So, W. C., Cheng, C. H., Law, W. W., Wong, T., Lee, C., Kwok, F. Y., ... & Lam, K. Y. (2020b). Robot dramas may improve joint attention of Chinese-speaking low-functioning children with autism: Stepped wedge trials. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1-10.

Soares, E. E., Bausback, K., Beard, C. L., Higinbotham, M., Bunge, E. L., & Gengoux, G. W. (2021). Social skills training for autism spectrum disorder: A meta-analysis of in-person and technological interventions. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 6(1), 166-180.

*Sochanski, M., Snyder, K., Korneder, J., & Louie, W. Y. G. (2021, August). Therapists' Perspectives After Implementing a Robot into Autism Therapy. In *2021 30th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 1216-1223). IEEE.

*Srinivasan, S. M., Kaur, M., Park, I. K., Gifford, T. D., Marsh, K. L., & Bhat, A. N. (2015a). The effects of rhythm and robotic interventions on the imitation/praxis, interpersonal synchrony, and motor performance of children with autism spectrum disorder (ASD): a pilot randomized controlled trial. *Autism Research and Treatment*, 2015, 736516.

*Srinivasan, S. M., Park, I. K., Neelly, L. B., & Bhat, A. N. (2015b). A comparison of the effects of rhythm and robotic interventions on repetitive behaviors and affective states of children with Autism Spectrum Disorder (ASD). *Research in Autism Spectrum Disorders*, 18, 51-63.

*Srinivasan, S. M., Eigsti, I. M., Gifford, T., & Bhat, A. N. (2016a). The effects of embodied rhythm and robotic interventions on the spontaneous and responsive verbal communication skills of children with Autism Spectrum Disorder (ASD): A further outcome of a pilot randomized controlled trial. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 27, 73-87.

*Srinivasan, S. M., Eigsti, I. M., Neelly, L., & Bhat, A. N. (2016b). The effects of embodied rhythm and robotic interventions on the spontaneous and responsive social attention patterns of children with autism spectrum disorder (ASD): A pilot randomized controlled trial. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 27, 54-72.

Stevenson, R. A., Siemann, J. K., Schneider, B. C., Eberly, H. E., Woynaroski, T. G., Camarata, S. M., & Wallace, M. T. (2014a). Multisensory temporal integration in autism spectrum disorders. *Journal of Neuroscience*, 34(3), 691-697.

Stevenson, R. A., Segers, M., Ferber, S., Barense, M. D., & Wallace, M. T. (2014b). The impact of multisensory integration deficits on speech perception in children with autism spectrum disorders. *Frontiers in Psychology*, 5, 379.

Supekar, K., Ryali, S., Mistry, P., & Menon, V. (2021). Aberrant dynamics of cognitive control and motor circuits predict distinct restricted and repetitive behaviors in children with autism. *Nature Communications*, 12(1), 1-8.

Suraniti, S., Ferri, R., & Neri, V. (2009). *Test for reception of grammar: TROG-2*. Curatori edizione italiana. Giunti O. S.

Surian, L., & Leslie, A. M. (1999). Competence and performance in false belief understanding: A comparison of autistic and normal 3-year-old children. *British Journal of Developmental Psychology*, 17(1), 141-155.

*Syrdal, D. S., Dautenhahn, K., Robins, B., Karakosta, E., & Jones, N. C. (2020). Kaspar in the wild: Experiences from deploying a small humanoid robot in a nursery school for children with autism. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 11(1), 301-326.

Tager-Flusberg, H. (2001). A reexamination of the theory of mind hypothesis of autism. In J. A. Burack, T. Charman, N. Yirmiya, & P. R. Zelazo (Eds.), *The development of autism: Perspectives from theory and research* (pp. 173–193). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

*Taheri, A., Meghdari, A., Alemi, M., & Pouretamad, H. (2018a). Clinical interventions of social humanoid robots in the treatment of a set of high-and low-functioning autistic Iranian twins. *Scientia Iranica*, 25(3), 1197-1214.

*Taheri, A., Meghdari, A., Alemi, M., & Pouretamad, H. (2018b). Human–robot interaction in autism treatment: a case study on three pairs of autistic children as twins, siblings, and classmates. *International Journal of Social Robotics*, 10(1), 93-113.

*Taheri, A., Meghdari, A., & Mahoor, M. H. (2021a). A close look at the imitation performance of children with autism and typically developing children using a robotic system. *International Journal of Social Robotics*, 13(5), 1125-1147.

*Taheri, A., Shariati, A., Heidari, R., Shahab, M., Alemi, M., & Meghdari, A. (2021b). Impacts of using a social robot to teach music to children with low-functioning autism. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 12(1), 256-275.

*Tapus, A., Peca, A., Aly, A., Pop, C., Jisa, L., Pinte, S., ... & David, D. O. (2012). Children with autism social engagement in interaction with Nao, an imitative robot: A series of single case experiments. *Interaction Studies*, 13(3), 315-347.

Théoret, H., Halligan, E., Kobayashi, M., Fregni, F., Tager-Flusberg, H., & Pascual-Leone, A. (2005). Impaired motor facilitation during action observation in individuals with autism spectrum disorder. *Current Biology*, 15(3), R84-R85.

*Tobar, J., Delgado, J., Muñoz, B., Bacca, B., Caicedo, E. (2021). Portable Robotic Modular Kit for Teaching Gestures in Children with ASD. In M. Botto Tobar, H. Cruz, & A. Díaz Cadena (Eds) *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy. CIT 2020. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 763*. Springer, Cham.

Todorova, G. K., Hatton, R. E. M., & Pollick, F. E. (2019). Biological motion perception in autism spectrum disorder: a meta-analysis. *Molecular Autism*, 10, 49.

Troje, N. F., & Basbaum, A. (2008). Biological motion perception. *The senses: A comprehensive reference*, 2, 231-238.

Tsang, V. (2018). Eye-tracking study on facial emotion recognition tasks in individuals with high-functioning autism spectrum disorders. *Autism*, 22(2), 161-170.

- Tsang, L. P. M., How, C. H., Yeleswarapu, S. P., & Wong, C. M. (2019). Autism spectrum disorder: early identification and management in primary care. *Singapore Medical Journal*, 60(7), 324.
- Turner, M. (1999). Generating novel ideas: Fluency performance in high-functioning and learning disabled individuals with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40(2), 189–201.
- Uljarevic, M., & Hamilton, A. (2013). Recognition of emotions in autism: a formal meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(7), 1517-1526.
- Vagnetti, R., Pino, M. C., Masedu, F., Peretti, S., Le Donne, I., Rossi, R., ... & Mazza, M. (2020). Exploring the social cognition network in young adults with autism spectrum disorder using graph analysis. *Brain and Behavior*, 10(3), e01524.
- Vahabzadeh, A., Keshav, N. U., Abdus-Sabur, R., Huey, K., Liu, R., & Sahin, N. T. (2018). Improved socio-emotional and behavioral functioning in students with autism following school-based smartglasses intervention: Multi-stage feasibility and controlled efficacy study. *Behavioral Sciences*, 8(10), 85.
- Valenti, M., Vagnetti, R., Masedu, F., Pino, M. C., Rossi, A., Scattoni, M. L., ... & Eagle Group. (2019). Register-based cumulative prevalence of autism spectrum disorders during childhood and adolescence in Central Italy. *Epidemiology, Biostatistics, and Public Health*, 16(4).
- *van den Berk-Smeekens, I., van Dongen-Boomsma, M., De Korte, M. W., Den Boer, J. C., Oosterling, I. J., Peters-Scheffer, N. C., ... & Glennon, J. C. (2020). Adherence and acceptability of a robot-assisted Pivotal Response Treatment protocol for children with autism spectrum disorder. *Scientific Reports*, 10(1), 1-11.

*van den Berk-Smeekens, I., de Korte, M. W., van Dongen-Boomsma, M., Oosterling, I. J., den Boer, J. C., Barakova, E. I., ... & Buitelaar, J. K. (2021). Pivotal Response Treatment with and without robot-assistance for children with autism: a randomized controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 1-13.

*van Otterdijk, M. T., de Korte, M. W., van den Berk-Smeekens, I., Hendrix, J., van Dongen-Boomsma, M., Den Boer, J. C., ... & Barakova, E. I. (2020). The effects of long-term child–robot interaction on the attention and the engagement of children with autism. *Robotics*, 9(4), 79.

*van Straten, C. L., Smeekens, I., Barakova, E., Glennon, J., Buitelaar, J., & Chen, A. (2018). Effects of robots' intonation and bodily appearance on robot-mediated communicative treatment outcomes for children with autism spectrum disorder. *Personal and Ubiquitous Computing*, 22(2), 379-390.

Vandenbroucke, M. W., Steven Scholte, H., van Engeland, H., Lamme, V. A., & Kemner, C. (2008). Coherent versus component motion perception in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(5), 941-949.

*Vanderborght, B., Simut, R., Saldien, J., Pop, C., Rusu, A. S., Pinte, S., ... & David, D. O. (2012). Using the social robot probot as a social story telling agent for children with ASD. *Interaction Studies*, 13(3), 348-372.

Vasileiou, K., Barnett, J., Thorpe, S., & Young, T. (2018). Characterising and justifying sample size sufficiency in interview-based studies: systematic analysis of qualitative health research over a 15-year period. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 1-18.

Vetter, N. C., Leipold, K., Kliegel, M., Phillips, L. H., & Altgassen, M. (2013). Ongoing development of social cognition in adolescence. *Child Neuropsychology*, 19, 615–629.

Virues-Ortega, J., Julio, F. M., & Pastor-Barriuso, R. (2013). The TEACCH program for children and adults with autism: A meta-analysis of intervention studies. *Clinical Psychology Review*, 33(8), 940-953.

Vismara, L. A., & Rogers, S. J. (2010). Behavioral treatments in autism spectrum disorder: what do we know?. *Annual Review of Clinical Psychology*, 6, 447-468.

Wade, M., Prime, H., Jenkins, J. M., Yeates, K. O., Williams, T., & Lee, K. (2018). On the relation between theory of mind and executive functioning: A developmental cognitive neuroscience perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(6), 2119-2140.

Wainer, J., Ferrari, E., Dautenhahn, K., & Robins, B. (2010). The effectiveness of using a robotics class to foster collaboration among groups of children with autism in an exploratory study. *Personal and Ubiquitous Computing*, 14(5), 445-455.

*Wainer, J., Dautenhahn, K., Robins, B., & Amirabdollahian, F. (2014a). A pilot study with a novel setup for collaborative play of the humanoid robot KASPAR with children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 6(1), 45-65.

*Wainer, J., Robins, B., Amirabdollahian, F., & Dautenhahn, K. (2014b). Using the humanoid robot KASPAR to autonomously play triadic games and facilitate collaborative play among children with autism. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, 6(3), 183-199.

Walshe, E. A., Ward McIntosh, C., Romer, D., & Winston, F. K. (2017). Executive function capacities, negative driving behavior and crashes in young drivers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(11), 1314.

Warren, J. E., Sauter, D. A., Eisner, F., Wiland, J., Dresner, M. A., Wise, R. J., ... & Scott, S. K. (2006). Positive emotions preferentially engage an auditory–motor “mirror” system. *Journal of Neuroscience*, 26(50), 13067-13075.

*Warren, Z., Zheng, Z., Das, S., Young, E. M., Swanson, A., Weitlauf, A., & Sarkar, N. (2015a). Brief report: development of a robotic intervention platform for young children with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3870-3876.

*Warren, Z. E., Zheng, Z., Swanson, A. R., Bekele, E., Zhang, L., Crittendon, J. A., ... & Sarkar, N. (2015b). Can robotic interaction improve joint attention skills?. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(11), 3726-3734.

Warrier, V., & Baron-Cohen, S. (2018). Genetic contribution to ‘theory of mind’ in adolescence. *Scientific Reports*, 8, 3465.

Wass, S. V., & Porayska-Pomsta, K. (2013). The uses of cognitive training technologies in the treatment of autism spectrum disorders. *Autism*, 18(8), 851-871.

Wegrzyn, M., Vogt, M., Kireclioglu, B., Schneider, J., & Kissler, J. (2017). Mapping the emotional face. How individual face parts contribute to successful emotion recognition. *PloS One*, 12(5), e0177239.

Werling, D. M., & Geschwind, D. H. (2013). Sex differences in autism spectrum disorders. *Current Opinion in Neurology*, 26(2), 146-153.

Werner, E., Dawson, G., Osterling, J., & Dinno, N. (2000). Brief report: Recognition of autism spectrum disorder before one year of age: A retrospective study based on home videotapes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30, 157–162.

Whyatt, C., & Craig, C. M. (2013). Interceptive skills in children aged 9–11 years, diagnosed with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(5), 613-623.

Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J. P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in My insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, 40(3), 655-664.

Williams, J. H., Whiten, A., Suddendorf, T., & Perrett, D. I. (2001). Imitation, mirror neurons and autism. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 25(4), 287-295.

Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13(1), 103-128

Wong, C., Odom, S. L., Hume, K. A., Cox, A. W., Fettig, A., Kucharczyk, S., ... & Schultz, T. R. (2015). Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism spectrum disorder: A comprehensive review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(7), 1951-1966.

*Wood, L., Dautenhahn, K., Robins, B., & Zarak, A. (2017, August). Developing child-robot interaction scenarios with a humanoid robot to assist children with autism in developing visual perspective taking skills. In *2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 1055-1060). IEEE.

*Wood, L. J., Robins, B., Lakatos, G., Syrdal, D. S., Zarak, A., & Dautenhahn, K. (2018, July). Piloting scenarios for children with autism to learn about visual perspective taking. In *Annual Conference Towards Autonomous Robotic Systems* (pp. 260-270). Springer, Cham.

*Wood, L. J., Robins, B., Lakatos, G., Syrdal, D. S., Zarak, A., & Dautenhahn, K. (2019). Developing a protocol and experimental setup for using a humanoid robot to assist children with autism to develop visual perspective taking skills. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 10(1), 167-179.

World Health Organization (2001). *International classification of functioning, disability and health: ICF*. World Health Organization. Geneva, World Health Organization.

World Health Organization (2007). *International Classification of Functioning, Disability, and Health: Children & Youth Version: ICF-CY*. Geneva, World Health Organization.

World Health Organization (2019). *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (11th ed.)*. Geneva, World Health Organization.

Woynaroski, T., Yoder, P., & Watson, L. R. (2016). Atypical cross-modal profiles and longitudinal associations between vocabulary scores in initially minimally verbal children with ASD. *Autism Research*, 9(2), 301-310.

*Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Kumazaki, H., Wakita, Y., Nemoto, S., Ishiguro, H., ... & Miyao, M. (2015, November). Positive bias of gaze-following to android robot in adolescents with autism spectrum disorders. In *JSAI International Symposium on Artificial Intelligence* (pp. 447-453). Springer, Cham.

*Yoshikawa, Y., Kumazaki, H., Matsumoto, Y., Miyao, M., Kikuchi, M., & Ishiguro, H. (2019). Relaxing gaze aversion of adolescents with autism spectrum disorder in consecutive conversations with human and android robot—A preliminary study. *Frontiers in Psychiatry*, 10, 370.

Yuan, S.N.V., & Ip, H.H.S. (2018). Using virtual reality to train emotional and social skills in children with autism spectrum disorder. *London Journal of Primary Care*, 10(4), 110-112.

*Yun, S. S., Choi, J., Park, S. K., Bong, G. Y., & Yoo, H. (2017). Social skills training for children with autism spectrum disorder using a robotic behavioral intervention system. *Autism Research*, 10(7), 1306-1323.

*Zantinge, G., van Rijn, S., Stockmann, L., & Swaab, H. (2019). Concordance between physiological arousal and emotion expression during fear in young children with autism spectrum disorders. *Autism*, 23(3), 629-638.

*Zaraki, A., Wood, L., Robins, B., & Dautenhahn, K. (2018, August). Development of a semi-autonomous robotic system to assist children with autism in developing visual perspective taking skills. In *2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 969-976). IEEE.

Zervogianni, V., Fletcher-Watson, S., Herrera, G., Goodwin, M., Pérez-Fuster, P., Brosnan, M., & Grynspan, O. (2020). A framework of evidence-based practice for digital support, co-developed with and for the autism community. *Autism*, 24(6), 1411-1422.

*Zhang, Y., Song, W., Tan, Z., Wang, Y., Lam, C. M., Hoi, S. P., ... & Yi, L. (2019a). Theory of robot mind: false belief attribution to social robots in children with and without autism. *Frontiers in Psychology*, 10, 1732.

*Zhang, Y., Song, W., Tan, Z., Zhu, H., Wang, Y., Lam, C. M., ... & Yi, L. (2019b). Could social robots facilitate children with autism spectrum disorders in learning distrust and deception?. *Computers in Human Behavior*, 98, 140-149.

*Zheng, Z., Young, E. M., Swanson, A. R., Weitlauf, A. S., Warren, Z. E., & Sarkar, N. (2016). Robot-mediated imitation skill training for children with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 24(6), 682-691.

*Zheng, Z., Zhao, H., Swanson, A. R., Weitlauf, A. S., Warren, Z. E., & Sarkar, N. (2018). Design, development, and evaluation of a noninvasive autonomous robot-mediated joint attention intervention system for young children with ASD. *IEEE transactions on human-machine systems*, 48(2), 125-135.

*Zheng, Z., Nie, G., Swanson, A., Weitlauf, A., Warren, Z., & Sarkar, N. (2020). A randomized controlled trial of an intelligent robotic response to joint attention intervention system. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50(8), 2819-2831.

Ziv, Y., Hadad, B. S., & Khateeb, Y. (2014). Social information processing in preschool children diagnosed with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(4), 846-859.

*Zorcec, T., Ilijoski, B., Simlesa, S., Ackovska, N., Rosandic, M., Popcevic, K., ... & Blum, R. (2021). Enriching human-robot interaction with mobile app in interventions of children with autism spectrum disorder. *Prilozi*, 42(2), 51-59.

La borsa di dottorato è stata cofinanziata con risorse del Programma Operativo Nazionale 2014-2020 (CCI 2014IT16M2OP005), Fondo Sociale Europeo, Azione I.1 “Dottorati Innovativi con caratterizzazione industriale”



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



*Ministero dell'Università
e della Ricerca*

