

Neuropsichiatria infantile

Robotica e trattamento dei disturbi del neurosviluppo: revisione della letteratura

Carlotta Bettencourt^{1,2},
Charline Grossard¹,
Salvatore Anzalone³,
Mohamed Chetouani²,
David Cohen^{1,2}

¹Service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent, AP-HP, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France;

²Institut des Systèmes Intelligents et Robotiques (ISIR), CNRS UMR 7222, Equipe Perception, Interaction et Robotique Sociale (PIRoS), Sorbonne Universités, Paris, France; ³CHART Laboratory - EA 4004, TIM, Paris 8 University, Saint Denis, France

Negli ultimi decenni, la robotica si è saldamente integrata al campo dell'assistenza sanitaria e dell'istruzione, con benefici anche per i bambini con disturbi del neurosviluppo (DNS). L'espansione della robotica sociale è motivata dal fatto che ha il potenziale di andare oltre i limiti delle attività terapeutiche classiche, superando, in particolare, la loro mancanza di intensità, l'artificialità del contesto in cui tali terapie vengono svolte e la mancanza di generalizzazione che tali contesti potrebbero comportare. Da circa dieci anni sono state condotte ricerche significative in merito alla robotica e ai DNS, creando un campo di studio emergente che sta solo ora guadagnando slancio. Attualmente, ci sono molti robot sul mercato che promettono di aiutare i bambini con disturbo dello spettro autistico (DSA) e altri disturbi del neurosviluppo a sviluppare abilità sociali e di apprendimento e a supportarli nella loro istruzione, una prospettiva che potrebbe cambiare radicalmente la ricerca sul neurosviluppo. Sebbene questa ricerca sia vasta, è anche limitata per ambito, tempo e risorse, ed è necessario raccogliere dati più significativi per comprendere appieno come i robot possono aiutare i bambini con DSA e altri DNS sia a breve che a lungo termine. Il lavoro fornisce una panoramica sugli aspetti generali e sulle funzioni dei robot sociali nel contesto specifico del trattamento e dell'educazione dei bambini con DSA e altri DNS. Per descrivere i risultati generali per la pratica clinica, i dati saranno presentati anche attraverso una tabella finale che descrive i robot più utilizzati nel trattamento dei DSA e illustrando gli studi sperimentali significativi. Come implementazione pratica di un intervento robotico educativo per trattare bambini con difficoltà di scrittura, verrà anche presentato il caso del "CoWriter Project".

Riassunto

Parole chiave: disturbi del neurosviluppo (DNS), disturbi dello spettro autistico (DSA), bambini con bisogni speciali (BBS), trattamento, educazione, robot sociali, robot educativi

In recent decades, robotics has become firmly embedded in the field of healthcare and education, providing relief to children with neurodevelopmental disorders (NDD). This rampant expansion of social robotics is compounded by the fact that it has the potential of go beyond the limits of classical therapeutic activities, overcoming, in particular, their lack of intensity, the artificiality of the context in which such therapies are carried on, and the lack of generalization that such contexts could entail. In the past ten years, significant research has been conducted in regards to robotics and neurodevelopmental disorders, creating an emerging field of study that is only gaining momentum. Currently, there are many robots on the market that claim to help children with autism spectrum disorder (ASD) and other NDD to develop learning and social skills and support them in their education, a claim that could radically change neurodevelopmental research. While this research is vast, it is also limited by scope, time, and resources, showing that more meaningful data needs to be collected in order to fully understand how robots can help children with ASD and other NDD in both the short and long-term. This article gives

Summary

Key words: neurodevelopmental disorders (NDD), autism spectrum disorder (ASD), children with special needs (CSN), treatment, education, social robots, educational robots

an overview of the general aspects and functions of social robots in the specific context of treatment and education of children with ASD and other NDD. To describe the general findings for clinical practice, we present it in a tabular form by listing and describing the most used robots in ASD treatment through the illustrations of significant experimental studies. As a practical implementation of an educational robotic intervention to treat children with handwriting difficulties, we will introduce the case of the project “CoWriter”.

Metodologia della ricerca bibliografica

Questo *report* si basa su revisioni precedenti [Sofiane - Charline] e su un aggiornamento basato su una ricerca bibliografica che è stata condotta sui database di tre diversi motori di ricerca: Google Scholar, PubMed e Columbia University Library. Le parole chiave tematiche sono state utilizzate per identificare gli articoli negli ultimi tre anni nei titoli, parole chiave e *abstract*, al fine di individuare studi pertinenti.

Introduzione

I progressi tecnologici hanno permesso l'innovazione in una moltitudine di interventi per i bambini con disturbo dello spettro autistico (DSA) e altri disturbi del neurosviluppo (DNS). Un'area di innovazione è la robotica sociale, che ruota attorno alla valutazione delle relazioni tra esseri umani e robot. Nel campo dei DNS, i robot sono stati utilizzati sia in contesti clinici sia educativi. Per robotica educativa (RE) ci si riferisce a robot progettati appositamente per interagire con i bambini nelle loro attività educative. Nel campo dell'educazione, i bambini con DNS sono considerati bambini con bisogni speciali (BBS). Tradizionalmente, gli approcci alla RE si dividono in “imparare a conoscere i robot” e “imparare con i robot”; in altre parole, tra “educazione alla robotica” e “robotica per l'educazione”. Il primo approccio riguarda l'educazione tecnica orientata alla robotica, mentre il secondo implica l'insegnamento di diverse materie (tecniche e non) attraverso la robotica^{1,2}. L'utilizzo della RE potrebbe essere curricolare o extracurricolare.

In questo articolo, siamo interessati a capire se ci sono prove chiare in letteratura che i robot possono essere utilizzati efficacemente per trattare i bambini con DSA e supportare il loro processo di apprendimento come BBS. A tal fine, è di fondamentale importanza distinguere tra “robot utilizzati per i BBS” e “robot utilizzati dai BBS”³. Ad esempio, per “robot utilizzati per i BBS” si intendono i robot utilizzati per migliorare l'attenzione dei bambini con DNS durante la diagnosi e/o il trattamento. In questo caso i robot sono solo gli strumenti ausiliari per intervenire tanto quanto qualsiasi altro dispositivo tecnologico⁴. Viceversa, per “robot utilizzati dai BBS” si considerano i robot come strumenti utilizzati per insegnare materie curricolari (o anche materie specifiche) facendo leva su attività orientate al pensiero computazionale per promuovere l'apprendimento attivo (es. Bargagna et al., 2019)⁵.

L'obiettivo di questa revisione è di esplorare la letteratura recente riguardante l'utilizzo dei robot per l'educazione dei BBS e nel contesto dei *setting* clinici nei bambini con DNS, più specificamente con DSA, poiché la letteratura è più ampia. Possono avere un impatto positivo sia a breve che a lungo termine sui bambini con DNS? In che modo questi robot permettono progressi? Quali sono i limiti attuali e potenziali degli studi disponibili? E le loro implicazioni? La *ella* I offre una breve panoramica che valuta l'impatto della robotica sul trattamento e l'educazione dei bambini con DSA. Ci proponiamo di organizzare questa panoramica concentrandoci sugli aspetti chiave quando si considera uno scenario di robotica sociale per BBS: perché un robot piuttosto che un agente virtuale? Le caratteristiche dei robot contano? C'è un valore aggiunto nella promozione dell'elaborazione del segnale sociale all'interno degli scenari interattivi? Che tipo di studi interventistici sono stati proposti finora nei DSA? Infine, concluderemo questo articolo riassumendo un progetto in corso che mira a trattare la disgrafia combinando robotica sociale e il *serious gaming*.

Robotica sociale nel trattamento dei DSA

I DSA sono disturbi del neurosviluppo caratterizzati da una compromissione sul piano interattivo e comunicativo e dalla presenza di comportamenti ripetitivi/stereotipati e anomalie sensoriali. Segni e sintomi dei DSA variano ampiamente e possono includere: ritardo dello sviluppo linguistico, atipie sul piano sensoriale, evitamento del contatto visivo, ansia, difficoltà a comprendere i segnali sociali⁶. A causa della ripetitività che spesso caratterizza i DSA, aggravata dalle reazioni generalmente avverse all'interazione umana, la tecnologia assistiva è un'area di studio in crescita per coloro a cui sono diagnosticati questi disturbi. Sebbene il DSA possa essere una diagnosi complessa, visti i numerosi problemi di comorbidità e di sintomi comuni fra i DNS, la ricerca corrente è promettente nei termini di come la robotica, specificamente, possa aiutare nella rilevazione, intervento e gestione continua dei sintomi associati al disturbo. Ciò è di vitale importanza per i bambini, che stanno attraversando processi neurologici e di sviluppo significativi in cui possono essere ottenuti rilevanti benefici attraverso interventi specializzati⁷. Sono stati condotti numerosi studi per esplorare come i robot possano avere un impatto positivo sui metodi di rilevamento e intervento nei bambini con DSA rispetto ad altri dispositivi tecnologici.

Tabella I. Principali robot utilizzati in individui con DSA.

Robot	Descrizione	Abilità target e Studi	Studi rilevanti
<p>Nao</p> 	<p>Altezza 50 cm 25 gradi di libertà 2 telecamere Microfoni Altoparlanti Sensori tattili LED Sonar Connessione WIFI e Ethernet Il software consente la personalizzazione Può essere utilizzato in classe, in ospedale, ecc.</p>	<p>Attenzione congiunta Imitazione Turnazione Contatto visivo <i>Pointing</i> Competenze accademiche di base Espressioni facciali Comunicazione verbale Migliorare l'interazione sociale spontanea Migliorare le risposte dei robot allo stato emotivo e al coinvolgimento dei bambini</p>	<p>In Chevalier et al. (2016), gli autori hanno esplorato la relazione tra le capacità percettive-cognitive e sensomotorie dei partecipanti con la loro capacità di interagire positivamente con il robot Nao. Hanno scoperto che i partecipanti con una forte dipendenza visiva avevano più successo nell'interazione con il robot Nao rispetto ai partecipanti con una maggiore integrazione della propriocezione ²⁶.</p>
<p>Charlie</p> 	<p>Basso costo (200 USD) 2 gradi di libertà nelle braccia 2 gradi di libertà nella testa 1 webcam 1 altoparlante Può essere collegato a un PC tramite USB In grado di rilevare le mani e la testa</p>	<p>Attenzione congiunta Imitazione Turnazione</p>	<p>Boccanfuso et al. (2017) hanno misurato come dodici partecipanti con DSA hanno beneficiato di dodici interventi con il robot Charlie progettati per migliorare il linguaggio spontaneo, la comunicazione e le abilità sociali. Hanno riscontrato miglioramenti significativi in tutti i domini, inclusi i sottodomini interpersonali ²⁷.</p>
<p>TEO4</p> 	<p>Altezza 80 cm 2,5 ore di autonomia Possibilità di attaccare magneticamente volti diversi Dedicato ai bambini con DSA Sensori di distanza Sensori tattili 1 telecamera Reazioni autonome ma possono anche essere guidate da un'operazione Può muoversi e parlare</p>	<p>Produce reazioni</p>	<p>Bonarini et al. (2016) hanno registrato 11 bambini con DSA impegnati nel gioco libero con il robot TEO4 nel corso di 43 sessioni di circa 12 minuti ciascuna. Hanno trovato tendenze generalmente positive in termini di comunicazione, manipolazione del robot, esternalizzazione dei bisogni, emozioni positive, creatività e stereotipie corporee ²⁸.</p>
<p>Riby</p> 	<p>Altezza 130 cm Sensori sonar</p>	<p>Interazione coinvolgente</p>	<p>Romero et al. (2017) hanno descritto il processo attraverso il quale hanno sviluppato il robot Riby, uno strumento robotico da utilizzare nel trattamento dei DSA negli adulti. Il design del robot Riby sembra favorevole all'intervento negli adulti con DSA, ma è necessaria una ricerca continua per svilupparlo ulteriormente ¹⁵.</p>

Segue Tabella I

Continua Tabella I.

Robot	Descrizione	Abilità target e Studi	Studi rilevanti
 <p>R 50 Alice "Mina"</p>	<p>Altezza 69 cm 32 gradi di libertà con 11 gradi di libertà nella testa di cui 9 per l'espressione facciale e 3 per i movimenti del collo Altoparlante</p>	<p>Produzione di espressione facciale Riconoscimento dell'espressione facciale Imitazione</p>	<p>Taheri et al. (2018) hanno osservato come tre coppie di bambini autistici, inclusi gemelli, fratelli e compagni di classe, si sono impegnati in attività di imitazione individuale/di gruppo e di imitazione congiunta con il robot "Mina". Diversi strumenti di valutazione, inclusi i questionari GARS e ASSP *, sono stati utilizzati per valutare il miglioramento sia durante l'interazione umano-robot che con le interazioni esterne. Tutti i partecipanti miglioravano la loro attenzione visiva, la comunicazione verbale e non verbale e l'attenzione congiunta, indipendentemente dal gruppo di appartenenza ²⁰.</p>
 <p>QT Robot</p>	<p>Schermo come volto 14 gradi di libertà per i gesti della parte superiore del corpo Fotocamera 3D 1 microfono Connessione tramite WI-FI</p>	<p>Allenare le capacità emotive Linguaggio del corpo Aumentare l'efficienza della terapia incoraggiando un'interazione attiva</p>	<p>Costa et al. (2018) hanno esaminato come quindici bambini con ASD interagivano con le persone rispetto al robot QT in due interazioni separate per misurare i livelli di coinvolgimento attraverso il contatto visivo. I partecipanti osservavano la persona in più occasioni. Tuttavia, guardavano più a lungo il robot QT quando ciò accadeva ¹⁸.</p>
 <p>IRobiQ</p>	<p>Altezza 45 cm Altoparlanti 1 touch-screen Sensori tattili Sensori sonar Sensori IR 1 telecamera RGB nella testa LED</p>	<p>Allenare le capacità emotive e l'interazione interpersonale</p>	<p>Yun et al. (2017) hanno condotto una ricerca in cui quattro logopedisti certificati hanno utilizzato l'IRobiQ come strumento di intervento con quattro bambini con DSA in otto sessioni. Sono state valutate sia le espressioni verbali che emotive. Hanno trovato risultati positivi, poiché ogni bambino è stato in grado di progredire nella propria capacità di avviare una conversazione con il robot ed esprimere emozioni ²⁹.</p>
 <p>Caro</p>	<p>Altezza 93 cm 1 touch screen Sensori tattili Fotocamera di profondità Fotocamera RGB LED</p>	<p>Impegno nell'interazione emotive e nel riconoscimento emotivo</p>	<p>Kostrubiec e Kruck (2020) hanno sviluppato e testato come il robot Caro potesse aiutare 20 bambini con DSA a basso funzionamento ad apprendere le abilità psicosociali di base attraverso l'interazione con il robot. Hanno scoperto che i bambini con DSA mostravano una reattività e un orientamento fisico più positivi verso il robot rispetto agli insegnanti umani ³⁰.</p>

Segue Tabella I

Continua Tabella I.

Robot	Descrizione	Abilità target e Studi	Studi rilevanti
 <p>KiliRo</p>	<p>Semiautonoma 2 gradi di libertà in ogni gamba La testa può muoversi in basso, in alto, a destra e a sinistra La coda può muoversi a destra e a sinistra Un altoparlante collegato al robot</p>	<p>Capacità di apprendimento e interazione sociale</p>	<p>Bharatharaj et al. (2018) hanno osservato come dieci partecipanti con DSA interagivano con il robot KiliRo nel corso di tre sessioni rispetto all'interazione con altri umani. I risultati indicano che i partecipanti erano più interattivi con il robot che con gli esseri umani nei 12 tipi di coinvolgimento sociale esaminato ¹⁴.</p>
 <p>Kibo</p>	<p>Parti aggiuntive programmabili</p>	<p>Insegna codifica e sequenziamento</p>	<p>Albo-Canals et al. (2018) hanno condotto una ricerca in cui sono stati osservati dodici partecipanti in un periodo di una settimana in una serie di quattro sessioni in cui il robot lavorava per aiutarli ad apprendere meccanismi causa-effetto. Dei dodici partecipanti con DSA grave, solo due hanno completato l'80% o più delle sessioni. Nonostante il coinvolgimento complessivamente positivo dei partecipanti con il robot KIBO, sono necessari ulteriori studi ⁶.</p>

*GARS: Gillian Autism Rating Scale; ASSP: Autism Social Skills Profile

Avere robot sociali che sostituiscano gli educatori, quando applicabile, può alleviare una pressione significativa dal sistema educativo già sovraccarico e dal coinvolgimento dei genitori, garantendo allo stesso tempo che i bambini con DSA ricevano il supporto di cui hanno bisogno per incoraggiarne lo sviluppo. Nei bambini con sviluppo tipico, ci sono molte prove che dimostrano che la presenza di un robot (rispetto a un agente virtuale o un'istruzione vocale/*feedback*) aumenta l'attenzione e il coinvolgimento ⁸. Inoltre, esiste una crescente evidenza che i bambini con DSA hanno opportunità uniche di utilizzare i robot per scopi terapeutici ⁹⁻¹². Contrariamente alle interazioni umane, la prevedibilità dei robot fornisce un ambiente altamente strutturato e guidato dall'apprendimento agli individui con DSA. Questi tipi di interazione con i robot possono permettere situazioni sociali coerenti in cui possono verificarsi determinati comportamenti sociali ^{11,12}. Tuttavia, i robot non sono equivalenti tra loro, hanno caratteristiche specifiche che dovrebbero essere prese in considerazione quando si definisce uno scenario robotico sociale per uso educativo o clinico.

Caratteristiche dei robot

Nell'ultimo decennio, sono stati compiuti progressi significativi nell'unire la tecnologia del *gaming* e del-

la robotica con l'insegnamento ai bambini con DSA, cosa che ha portato al campo emergente della robotica socialmente assistita ⁹.

Mentre alcuni dei robot assumono la tradizionale forma umanoide, tra cui Nao, Riby, QT Robot, iRobiQ, Caro e Kibo, altri assumono caratteristiche simili a quelle umane o animali, tra cui Kaspar, Charlie, R 50 Alice "Mina" e KiliRo.

La forma fisica dei robot comprende i tipi: androide, umano, animale, giocattolo colorato non antropomorfo: in ogni caso la forma del robot dovrebbe contribuire alla riduzione dello stress dei bambini durante l'esperimento, mettendoli a proprio agio e facilitandoli ¹³.

In sostanza, mentre i bambini con DSA generalmente hanno difficoltà a interagire e socializzare con altri umani, interagire con robot autonomi può eliminare la pressione associata alle persone, lasciando il bambino meno stressato e in grado di concentrarsi su altre cose ¹⁴. Comprendere le esigenze individuali di un bambino con DSA è fondamentale per valutare quale robot potrebbe essere adatto a loro. Tuttavia, alcuni potrebbero essere meno inclini a interagire con un robot umanoide come Kaspar, ad esempio, a causa del suo aspetto inquietante; non esiste un approccio valido per tutti. È anche importante notare che sebbene questi robot siano notevoli, sono anche relativamente

nuovi e continuano a subire cambiamenti significativi nel loro aspetto fisico e nella loro programmazione ⁶.

Identificazione automatizzata dei segnali sociali dei bambini durante l'interazione robotica

Una delle aree chiave di ricerca sui robot sociali per bambini con DSA è la loro capacità di identificare i segnali sociali durante l'interazione. Ad esempio, il robot è in grado di "capire" quando il bambino è in uno stato di stress acuto, il che è importante perché i sintomi del DSA sono spesso esacerbati in situazioni di stress ⁷. I robot Charlie, NAO, TEO4 e Riby possono rilevare, attraverso l'uso di algoritmi specifici, alcuni segnali fisiologici come la voce elevata, la respirazione e la frequenza cardiaca che possono prevedere quando un bambino con DSA potrebbe aver bisogno di una riduzione degli stimoli o di altri interventi esterni ^{10,15}. Inoltre, alcuni robot sono in grado di identificare e adattare i livelli di difficoltà individuali di cui i bambini hanno bisogno in base all'esposizione ripetuta e alla raccolta di dati, rendendoli uno strumento tecnologico di supporto all'assistenza che progredisce insieme al bambino ⁷. Una questione chiave per la comunità scientifica è rendere disponibile un algoritmo *open source* con alta validità in un linguaggio computazionale che faciliti la traduzione tra piattaforme e ingegneri (ad esempio, *Robot Operating System*). Lo sviluppo di algoritmi validi e di facile impiego per l'elaborazione e l'apprendimento dei segnali sociali è di fondamentale importanza per lo sviluppo di robot autonomi da utilizzare nell'interazione sociale con i BBS ¹⁶.

Utilizzo dei robot nel trattamento dei bambini con DSA

Gli studi dimostrano che uno dei modi chiave in cui un robot suscita il miglioramento per i bambini con DSA è col promuovere l'interazione tra un bambino e un'altra persona, che è noto come apertura sociale ¹⁷. I robot avranno modi diversi di suscitare questa interazione, incluso l'uso di uno schermo, altoparlanti, luci, essere azionati a distanza da qualcuno tramite Wi-Fi, ecc. In particolare, i robot NAO, Kaspar, Riby, QT Robot, KiliRo e Kibo sono progettati per facilitare l'interazione dei bambini con DSA attraverso una combinazione di scenari di gioco sociale, attività coinvolgenti e di collaborazione e azioni prevedibili ^{6,10,15,18,19}. Nella maggior parte dei casi i robot non sono completamente autonomi.

Un altro obiettivo di alcuni di questi robot è facilitare la comprensione e l'interpretazione dell'espressione emotiva da parte di altri ¹⁴. Tra i robot esaminati, NAO, Kaspar, Charlie, Alice "Mina", QT Robot, IRoBiQ e CARO sono progettati per integrare segnali emo-

tivi come le espressioni facciali per facilitare l'imitazione e la comprensione da parte dei bambini con DSA ^{7,10,15,18-20}. Un terzo obiettivo dei robot progettati per bambini con DSA è migliorare le loro capacità di apprendimento, alcuni esempi includono TEO4 e KiliRo, che aiutano nell'apprendimento di numeri, alfabeto e riconoscimento degli altri ^{14,15}.

Gli studi esaminati hanno indicato che l'uso di robot sociali che propongono interazioni coerenti e strutturate hanno prodotto risultati positivi. In particolare, le aree di attenzione congiunta, comprensione emotiva, interazione sostenuta e sviluppo dell'apprendimento hanno indicato alcuni progressi per i bambini con DSA ^{20,21}. A causa della natura del DSA, tuttavia, questi risultati sono visti dai professionisti come preliminari per diversi motivi, incluso il fatto di essere fortemente dipendenti dal livello iniziale di funzionamento mostrato dai partecipanti. Inoltre, è necessario condurre una ricerca più a lungo termine, al fine di produrre risultati che possono cambiare l'approccio nei confronti dei bambini con DSA; fino a ora, la robotica è vista come un elemento supplementare potenzialmente efficace, che può aiutare se usato in combinazione con interventi parentali, educativi e terapeutici.

Robot utilizzati dai BBS: il caso del CoWriter Project

Il *CoWriter Project* è un intervento che mira ad aiutare i bambini con disgrafia. Gravi difficoltà nella scrittura manuale possono essere riscontrate in molti DNS, inclusi i DSA. La struttura delle sessioni di co-scrittura si basa sul *paradigma dell'apprendimento attraverso l'insegnamento*, che consiste nel fatto che i bambini insegnano al robot a migliorare le proprie capacità di scrittura a mano attraverso l'uso di un *tablet*. Il ciclo di interazione tra robot e bambino consente la creazione di una connessione empatica tra il bambino e il suo "protetto", che si traduce in diversi risultati positivi ²². In primo luogo, il bambino sperimenta un aumento della motivazione, poiché si sente responsabile del progresso del robot e quindi s'impegna maggiormente nelle attività di scrittura a mano, rispetto al suo ambiente quotidiano. In secondo luogo, il bambino sperimenta un aumento dell'autostima diventando il modello, invece di essere quello in difficoltà. Questa particolare interazione tra il bambino e il robot è chiamata *effetto Protégé*. Come risultato dell'aiutare il loro robot protetto nelle attività di scrittura a mano, i bambini migliorano da soli senza rendersi conto che sono loro quelli che si stanno esercitando. Oltre alle attività di scrittura a mano, c'è la possibilità di accedere a un elenco di *serious games* che sono stati ideati per stimolare importanti compiti coinvolti nella scrittura manuale come la pressione, l'inclinazione, la precisione e la velocità di scrittura e incorporati nel *tablet*. I giochi si evolvono sulla base del *feedback* del bambino e del terapeuta ²³.

Lo scenario è stato implementato in un unico caso di intervento a lungo termine per un periodo di 6 mesi (20 sessioni in totale, ovvero: 500 minuti), con un bambino di 8 anni, con diagnosi di un disturbo del neurosviluppo complesso e disgrafia grave²³. Lo scopo principale dell'intervento era quello di far cessare il rifiuto del bambino di scrivere, e parallelamente stimolare la relativizzazione e la responsabilizzazione attraverso uno scenario di *effetto Protégé*. Le sessioni di formazione sulla scrittura manuale includevano anche alcuni *serious games* per allenare in modo specifico la pressione, l'inclinazione, la velocità e il controllo del collegamento tra le lettere. Il partecipante ha mostrato notevoli miglioramenti nella sua qualità e velocità di scrittura, così come la sua postura corporea durante l'intervento. Sebbene questo singolo caso abbia portato a miglioramenti significativi, sono necessari studi clinici più ampi per convalidare l'uso di questo *setting* per i bambini con disgrafia.

Limiti

Nonostante la ricerca sull'uso della robotica come strumento efficace per aiutare i bambini con DSA e altri DNS sia promettente, questi studi indicano che ci sono ancora limiti significativi in questo campo che devono essere superati prima che la robotica possa essere implementata in modo significativo per i bambini con bisogni speciali in diversi settori, come il trattamento e l'istruzione. Nello specifico, la maggior parte dei *report* si basa su campioni di dimensioni relativamente piccole, che non superano i 31 partecipanti^{6,14,17,20}. Le ragioni per la dimensione limitata di questi campioni erano varie e includevano conflitti di programmazione, non conformità e scarsa usabilità, oltre a tutte le difficoltà tecniche che emergono mentre si dotano i robot di abilità socio-cognitive in scenari reali, non strutturati o semi-strutturati. Un ulteriore limite è costituito dalla natura temporale degli studi, in particolare dai limiti di tempo posti ai partecipanti. In uno studio veramente completo, gli effetti dovrebbero essere misurati a lungo termine e rifletterebbero lo sviluppo sociale, emotivo e cognitivo di un individuo. Sfortunatamente, quest'area di studio non può ancora contare sul lusso di studi di lungo periodo a causa della novità della tecnologia e della ricerca emergente in corso sui DSA. In alcuni di questi studi, i partecipanti hanno avuto reazioni avverse ai robot o a coloro che conducevano gli esperimenti e si sono astenuti da qualsiasi interazione, annullando alla fine tutti i dati raccolti fino a quel momento^{17,24}. La breve durata di questi studi è probabilmente un'altra causa di questi esiti avversi, poiché i bambini con DSA sono sensibili ai nuovi stimoli e generalmente tollerano male i cambiamenti nella loro routine²⁵. Ciò potrebbe essere esacerbato dalla presenza di ricercatori, che potrebbe ulteriormente alterare i dati già precari. Di questi studi, il più lungo in termini di dati raccolti ha utilizzato i risultati di 127 ore di dati su 12 bambini in

un corso di 30 giorni, un tempo piuttosto limitato per raccogliere risultati duraturi o comprendere appieno l'impatto dei robot sui bambini con DSA²¹. Questi piccoli *pool* di dati sono il risultato di tre fattori principali: la tecnologia cambia a un ritmo rapido e questi robot sono ancora nelle prime fasi di sviluppo, la mancanza di risorse e interesse, e una reticenza in nome delle comunità educative riguardo all'efficacia dei robot sulla base di dati relativamente limitati che indicano risultati positivi.

In termini di limiti oltre lo scopo di questa revisione, i robot non sono disponibili per tutti i bambini con DSA; sono una risorsa limitata che richiede spesso un impegno finanziario significativo che la maggior parte delle scuole non può intraprendere, per non parlare dei genitori⁷. Inoltre, la fisicità di questi robot può essere un elemento nocivo per la ricerca futura, specialmente per i robot mobili che sperimentano un'interazione dinamica, che può provocare lesioni a un bambino con DSA o una rottura del robot⁷. Tuttavia, poiché la tecnologia avanza e diventa più accessibile e, spesso, diventa meno costosa, è probabile che questi robot diventeranno disponibili per una popolazione più ampia, rendendo possibile una ricerca più consistente e a lungo termine.

Prospettive future

A causa della rapidità dello sviluppo tecnologico in combinazione con una ricerca più approfondita e una maggiore comprensione dei DNS, la ricerca sulla robotica per i bambini con bisogni speciali deve diventare più consistente e a lungo termine. Pertanto, in futuro saranno necessari studi longitudinali per comprendere veramente fino a che punto i robot possono aiutare i bambini con DNS. La ricerca tecnologica, allo stesso tempo, dovrebbe essere in grado di produrre robot più affidabili dotati di abilità sociocognitive, in grado di rappresentare chiaramente gli esseri umani nel loro circolo percezione-azione, abbastanza robusti per interagire con bambini con DNS. Le ricerche future dovrebbero concentrarsi, in particolare, sull'abilità unica che tali robot dovrebbero avere di personalizzare i propri comportamenti e le attività proposte in base al profilo specifico di ogni bambino, essendo abbastanza robusti da soddisfare le esigenze dei bambini con DNS.

Conclusioni

Nel complesso, la letteratura indica un futuro promettente per l'uso della robotica nei bambini con DSA e altri disturbi del neurosviluppo nelle aree della diagnosi, del trattamento e dell'istruzione. I robot possono aiutare i bambini a sviluppare o migliorare le capacità di apprendimento, sociali ed emotive, alleviando allo stesso tempo alcuni dei vincoli di tempo per insegnanti, genitori e professionisti. Sebbene la

tecnologia sia attualmente troppo nuova per valutare con precisione i risultati a lungo termine, ci sono

abbastanza dati – nonostante le attuali limitazioni nella ricerca – per suggerire la potenzialità per

grandi progressi futuri, in linea con le scoperte in corso nella ricerca sul neurosviluppo.

Box di orientamento

• Cosa sapevamo prima

I disturbi del neurosviluppo (DNS) sono caratterizzati da ritardi associati al linguaggio e alla parola, alle capacità motorie, al comportamento, all'apprendimento o ad altre funzioni neurologiche durante lo sviluppo. La letteratura suggerisce che il trattamento dei DNS necessita di interventi precoci, intensivi e personalizzati per trattare queste difficoltà. Sebbene le persone con DNS siano in grado di raggiungere specifici traguardi di sviluppo attraverso il trattamento, il progresso rimane ancora una sfida per tutta la vita.

• Cosa sappiamo adesso

Durante l'ultimo decennio, i ricercatori hanno studiato come i bambini con DNS possono trarre vantaggio dagli interventi robotici, come ulteriore forma di trattamento, che può essere implementata anche all'interno della casa. La letteratura indica la fattibilità tecnica dei robot sociali, indicando come possano avere successo nel supportare e adattarsi ai bisogni individuali dei bambini con DNS, in particolare nel contesto delle abilità sociali e dell'educazione.

• Quali ricadute sulla pratica clinica

Mentre la maggior parte della ricerca che coinvolge interventi robotici per bambini con DNS può essere considerata preliminare per i clinici, i robot sociali hanno dimostrato di diventare uno strumento importante e di successo nel trattamento dei bambini con DNS.

Vari vantaggi dei robot sociali si sono rivelati efficaci per stimolare le interazioni. Le tre caratteristiche principali che facilitano l'interazione bambino-robot riguardano la complessità ridotta della loro comunicazione semplificata, la presenza fisica in uno spazio "reale" condiviso, insieme alla forma che è stata trovata, capace di ridurre lo stress del bambino legato all'interazione sociale.

Bibliografia

- Alimisis D. Educational robotics: open questions and new challenges. *Themes Sci Technol Educ* 2013;6:63-71. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 2013;5.
- Zawieska K, Duffy BR. The social construction of creativity in educational robotics. *Progress in Automation, Robotics and Measuring Techniques*. New York, NY: Springer Cham 2013;329-338.
- Pivetti M, Di Battista S, Agatolio F, et al. Educational robotics for children with neurodevelopmental disorders: a systematic review. *Heliyon* 2020;10:e05160.
****Revisione sistematica rigorosa e critica di studi che coinvolgono la robotica educativa per bambini con ASD.**
- Boucenna S, Anzalone SM, Tilmont E et al. Learning of social signatures through imitation game between a robot and a human partner. *IEEE* 2014;6:3:213-225.
- Bargagna S, Castro E, Cecchi F, et al. Educational robotics in down syndrome: a feasibility study. *Technol Knowl Learn* 2019;24:315-323.
- Albo-Canals J, Martelo AB, Relkin E, et al. A pilot study of the KIBO robot in children with severe ASD. *Int J Soc Robot* 2018;10:371-383.
- Ismail LI, Verhoeven T, Dambre J, et al. Leveraging robotics research for children with autism: a review. *Int J Soc Robot* 2019;11:389-410.
- Gargot T, Asselborn T, Huet L, et al. Acquisition of handwriting in children: a computational approach. *Plos One* 2020;15:e0237575.
****Importante studio che illustra le nuove opportunità per rilevare i bambini con disgrafia all'interno della classe.**
- Grossard C, Palestra G, Xavier J, et al. ICT and autism care: state of the art. *Curr Opin Psych* 2018;31:474-483.
****Illustrazione approfondita di due grandi progetti volti a migliorare le abilità sociali nei bambini con ASD attraverso robot sociali o giochi seri.**
- Cifuentes C, Pinto MJ, Cespedes N, et al. Social robots in therapy care. *Curr Robot Rep* 2020:1-16.
***Una review importante e recente di social robotics per la terapia e la cura.**
- Kumazaki H, Muramatsu T, Yoshikawa Y, et al. Optimal robot for intervention for individuals with autism spectrum disorders. *Psychiatry Clin Neurosci* 2020;74:581-586.
- Scassellati B. How social robots will help us to diagnose, treat, and understand autism. *Robot Res* 2007:552-563.
****Indagine approfondita su come i robot sociali vengono utilizzati per diagnosticare, trattare e comprendere l'autismo.**
- Anzalone SM, Xavier J, Boucenna S, et al. Quantifying patterns of joint attention during human-robot interactions: an application for autism spectrum disorder assessment. *Pattern Recogn Letters* 2019;118:42-50.
****Importante studio sull'attenzione congiunta che quantifica la fattibilità e i benefici pratici dell'uso**

- dei robot sociali per i bambini con ASD.**
14. Bharatharaj J, Huang L, Mohan RE, et al. Robot-assisted therapy for learning and social interaction of children with autism spectrum disorder. *Robotics* 2017;6:1-11.
 15. Romero M, Bonarini A, Brivio A, et al. Incremental and radical innovation: design in robotics for autism. Teo and Riby robots. *Evolutionary development. Design J* 2017;20:2375-2388.
 16. Anzalone SM, Avril M, Salam H, et al. A lightweight framework for distributed computing. New York, NY: Springer Cham 2014, pp. 8810.
 17. Schadenberg BR, Reidsma D, Heylen DK, et al. Differences in spontaneous interactions of autistic children in an interaction with an adult and humanoid robot. *Front Robot AI* 2020;7:28-40.
 18. Costa AP, Charpiot L, Lera FR, et al. A comparison between a person and a robot in the attention, imitation, and repetitive and stereotypical behaviors of children with autism spectrum disorder. *Proceedings workshop on Social human-robot interaction of human-care service robots at HRI 2018*, pp. 1-4.
 19. Kaspar the Social Robot. University of Hertfordshire 2020 (<https://www.herts.ac.uk/kaspar>).
 20. Taheri A, Meghdari A, Alemi M, et al. Human-robot interaction in autism treatment: a case study on three pairs of autistic children as twins, siblings, and classmates. *Int J Soc Robot* 2018;10:93-13.
 21. Scassellati B, Boccanfuso L, Huang CM, et al. Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot. *Sci Robot* 2018;3:1-9.
- *Studio significativo a lungo termine volto ad aumentare le capacità di comunicazione sociale per i bambini con ASD.**
22. Hood D, Lemaignan S, Dillenbourg P. The cowriter project: teaching a robot how to write. In: *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts*, 2015, p. 269.
 23. Gargot T, Asselborn T, Zammouri I, et al. "It is not the robot who learns, it is me". Treating severe dysgraphia using child-robot interaction. *Front Psychiatry* (in press)
 24. Saleh MA, Hanapiah FA, Hashim H. Robot applications for autism: a comprehensive review. *Disab Rehabi Assist Technol* 2020:1-23.
 25. Scassellati B, Admoni H, Mataríe M. Robots for use in autism research. *Ann Rev Biomed Engineer* 2012;14:275-296.
 26. Chevalier P, Isableu B, Martin JC, et al. Individuals with autism: analysis of the first interaction with Nao robot based on their proprioceptive and kinematic profiles. *Advances in robot design and intelligent control*. New York, NY: Springer Cham 2016, pp. 225-233.
 27. Boccanfuso L, Scarborough S, Abramson RK, et al. A low-cost socially assistive robot and robot-assisted intervention for children with autism spectrum disorder: field trials and lessons learned. *Autonomous Robots* 2017;41:637-655.
 28. Bonarini A, Clasadonte F, Garzotto F, et al. Playful interaction with Teo, a mobile robot for children with neurodevelopmental disorders. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, 2016, pp. 223-231.
 29. Yun SS, Choi J, Park SK, et al. Social skills training for children with autism spectrum disorder using a robotic behavioral intervention system. *Autism Res* 2017;10:1306-1323.
 30. Kostrubiec V, Kruck J. Collaborative research project: developing and testing a robot-assisted intervention for children with autism. *Front Robot AI* 2020;7:1-16.

Corrispondenza

David Cohen

Service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent, AP-HP, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, Université Pierre et Marie Curie, 47/83 bd de l'Hôpital, 75013 Paris. E-mail: France.david.cohen@aphp.fr