

O uso clínico da robótica social no tratamento de crianças com Transtorno do Espectro Autista

The clinical use of social robotics in the treatment of children with Autism Spectrum Disorder

El uso clínico de la robótica social en el tratamiento de niños con trastorno del espectro autista

Gabriella Ferreira Lagares¹, Simão Pedro Lopes Rodrigues²,
Andréia de Carvalho Silva³, Adriano Junio Moreira de Souza⁴

1.Acadêmica do curso de Medicina, Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC). Araguaína-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4440-9743>

2.Acadêmico do curso de Medicina, Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC). Araguaína-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4733-5054>

3.Técnica em Assuntos Educacionais, Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFT). Araguaína-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9880-993X>

4.Professor, Doutor, Universidade Federal do Tocantins (UFT). Miracema-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0519-2748>

Resumo

Introdução. O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é caracterizado por déficits no domínio da comunicação social com padrões restritivos e repetitivos de comportamento e interesses. Melhorias na intensidade inicial desses déficits foram descritas em intervenções precoces voltadas para estimular o desenvolvimento de diferentes habilidades embotadas no TEA. Contudo, muitos sujeitos com TEA apresentam níveis variados de aversão a interações sociais com humanos, o que dificulta as intervenções. Nesse contexto, os robôs sociais surgem como uma proposta promissora, considerando que esses sujeitos não apresentam aversão a interação com robôs. O uso de robôs sociais vem sendo descrito por trazer amplos benefícios para o desenvolvimento de diversas habilidades em crianças com TEA. **Objetivo.** Analisar as implicações do uso da robótica social em intervenções terapêuticas precoces no tratamento de crianças com TEA. **Método.** Os dados foram obtidos por meio de levantamento bibliográfico realizado na base de dados Google Acadêmico. Como critério de inclusão, fez-se seleção de artigos publicados no idioma inglês, incluindo *original articles, clinical trial e review* sem limite de datas. Os descritores em inglês utilizados foram: "*Autism spectrum disorders, Human-robot interaction, Robot-assisted therapy*". **Conclusão:** De acordo com os dados analisados, o uso de robôs sociais, em muitos casos, pode trazer amplos benefícios para o desenvolvimento de diversas habilidades em crianças com TEA; incluído imitação, atenção conjunta, reconhecimento de emoções, interações triádicas e interações auto-iniciadas. Habilidades estas que são descritas como reduzidas em crianças com TEA.

Unitermos. TEA; Autismo; Interação humano-robô; Terapia assistida por robôs; Robótica social

Abstract

Introduction. Autism Spectrum Disorder (ASD) is characterized by deficits in social communication with restrictive and repetitive patterns of behavior, interests and activities. Improvements in the initial intensity of these deficits have been described in early interventions aimed at stimulating the development of different skills blunted in ASD. However, many subjects with ASD have varying levels of aversion to social interactions with humans, which makes interventions difficult. In this context, social robots emerge as a promising proposal, considering that these subjects do not have an aversion to interacting with robots. The use of social robots has been described to bring broad benefits to the development of several skills in children with ASD. **Objective.** To analyze the implications of the use of social robotics in early therapeutic interventions in the treatment of children with ASD. **Method.** Data were

obtained through a bibliographic survey carried out in the Google Scholar database. As an inclusion criterion, a selection was made of articles published in the English language, including original articles, clinical trial and review with no date limit. The descriptors in English used were: "Autism spectrum disorders, Human-robot interaction, Robot-assisted therapy".

Conclusion: According to the analyzed data, the use of social robots, in many cases, can bring broad benefits for the development of different skills in children with ASD; included imitation, joint attention, emotion recognition, triadic interactions, and self-initiated interactions. These skills are described as reduced in children with ASD.

Keywords. ASD; Autism; Human-robot interaction; Robot-assisted therapy; Social robotics

Resumen

Introducción. El Trastorno del Espectro Autista (TEA) se caracteriza por déficits en la comunicación social con patrones de comportamiento, intereses y actividades restrictivos y repetitivos. Se han descrito mejoras en la intensidad inicial de estos déficits en intervenciones tempranas dirigidas a estimular el desarrollo de diferentes habilidades atenuadas en los TEA. Sin embargo, muchos sujetos con TEA tienen diferentes niveles de aversión a las interacciones sociales con humanos, lo que dificulta las intervenciones. En este contexto, los robots sociales emergen como una propuesta prometedora, considerando que estos sujetos no tienen aversión a interactuar con robots. Se ha descrito que el uso de robots sociales brinda amplios beneficios para el desarrollo de varias habilidades en niños con TEA. **Objetivo.** Analizar las implicaciones del uso de la robótica social en intervenciones terapéuticas tempranas en el tratamiento de niños con TEA. **Método.** Los datos se obtuvieron a través de una encuesta bibliográfica realizada en la base de datos Google Académico. Como criterio de inclusión se realizó una selección de artículos publicados en idioma inglés, incluyendo artículos originales, ensayo clínico y revisión sin límite de fecha. Los descriptores en inglés utilizados fueron: "Autism spectrum disorders, Human-robot interaction, Robot-assisted therapy". **Conclusión.** De acuerdo con los datos analizados, el uso de robots sociales, en muchos casos, puede traer amplios beneficios para el desarrollo de diferentes habilidades en niños con TEA; incluyeron imitación, atención conjunta, reconocimiento de emociones, interacciones triádicas e interacciones autoiniciadas. Estas habilidades se describen como reducidas en niños con TEA. **Palabras clave.** TEA; Autismo; Interacción humano-robot; Terapia asistida por robot; Robótica social

Trabalho realizado no Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC). Araguaína-TO, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 14/01/2023

Aceito em: 15/03/2023

Endereço de correspondência: Adriano JM Souza. R. São Salvador 85. Setor Oeste. Araguaína-TO, Brasil. CEP 77816220. E-mail: junio.adrano@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é caracterizado por danos significativos e persistentes no domínio da comunicação social, com padrões restritivos e repetitivos de comportamento, interesses e atividades¹. Esses déficits são descritos ao nível verbal, motor e no uso de objetos¹. Para o diagnóstico, os sintomas devem estar presentes precocemente comprometendo a capacidade do indivíduo em lidar com a sua vida diária^{2,3}. A literatura científica aponta

ainda que o TEA é caracterizado por prejuízos no desenvolvimento de habilidades como o reconhecimento de expressões faciais correspondentes às emoções humanas básicas⁴⁻⁶. Para investigar déficits sutis no reconhecimento de emoções faciais, foram comparadas crianças diagnosticadas com TEA (de alto funcionamento) com crianças típicas, na tarefa de completar um teste de reconhecimento de emoções faciais⁷. Os estímulos que foram apresentados para as crianças incluíam rostos expressando intensidades emocionais em graus crescentes que lentamente mudavam de neutro para uma felicidade de intensidade total; o mesmo foi feito com expressões de tristeza, surpresa, raiva, nojo ou de medo. Os resultados indicaram que os indivíduos de ambos os grupos (TEA e típico) identificaram com maior precisão emoções relativamente ou totalmente expressas (por exemplo, com intensidade >50%). Contudo, em comparação com os participantes do grupo controle (crianças típicas), as crianças com TEA foram descritas por necessitarem de estímulos com intensidades significativamente maiores para a correta identificação das expressões de raiva, nojo e medo. Os autores do estudo levantaram a hipótese de que os indivíduos com TEA possam não ter um prejuízo geral, mas sim seletivo na tarefa de reconhecimento básico de emoções. Este prejuízo no reconhecimento de expressões faciais poderia estar relacionado ainda a um comprometimento na capacidade de processar expressões faciais dinâmicas⁸. O que é corroborado por outros estudos⁹.

Já foi indicado que em sujeitos com TEA ocorre uma análise visual atípica de mudanças dinâmicas nas expressões faciais; o que pode estar relacionado com o comprometimento da habilidade de interações sociais em indivíduos com TEA⁸. Esses estudos levantam a hipótese de que os sujeitos com TEA tendem a evitar a interação humano-humano devido à complexidade dessa interação, o que inclui o processamento dinâmico, a intensidade e a especificidade das expressões. Para esses sujeitos, as expressões faciais podem ser ambíguas devido a sua variação em grau, cinética e tipo de expressão. Em acréscimo aos déficits no reconhecimento de expressões faciais, anormalidades no processamento sensorial, e no controle motor – por exemplo, má destreza e uma coordenação deficitária – são frequentemente relatadas em pacientes com TEA¹⁰. Existe a proposta de que os problemas sensoriais e motores – especialmente aqueles que afetam a via auditiva – podem levar a prejuízos de comunicação, o que em determinados casos foi relacionado com o autismo¹¹. Somado a isso, indivíduos com TEA foram descritos por apresentarem dificuldades na integração de informações de diferentes modalidades sensoriais e motoras^{12,13}.

Estudos mais recentes vêm descrevendo déficits comportamentais significativos nas respostas de imitação de gestos habilidosos em sujeitos com TEA¹⁴⁻¹⁷. Por exemplo, um estudo envolvendo 70 indivíduos (6 a 29 anos) – incluindo 36 pacientes com TEA (de alto funcionamento) e 34 participantes tipicamente desenvolvidos (TD) –

identificou déficits significativos no desempenho motor e na qualidade do movimento no grupo com TEA (todos independentes da idade)¹⁶. Um possível atraso no desenvolvimento da imitação foi relacionado com um déficit no desenvolvimento do mapeamento neural entre as modalidades sensoriais e motoras¹⁸. Essa hipótese sugere que no TEA possa haver um desenvolvimento anormal desses mapeamentos, que se organizam de modo tendencioso para o processamento de tarefas específicas e repetitivas, e não da imitação de ações em si¹⁸. Em acréscimo, já foi demonstrado que as crianças com TEA produzem menos respostas corretas (em um exame detalhado dos tipos de erro) durante o comportamento de imitação; assim como durante o comportamento de comando e com o uso de ferramentas¹⁴. Esses resultados sugerem que no autismo possa haver um déficit de praxia generalizada, e não apenas um déficit específico de imitação ou motor. Em um transtorno do neurodesenvolvimento complexo, como é o autismo, podem estar presentes anormalidades nos circuitos fronto-parietais-subcorticais relacionados com a aquisição de representações sensoriais de movimento e/ou dos programas de sequência motora necessários para executá-los¹⁴. Quanto a isso, já foi discutido que uma disfunção do sistema de neurônios-espelho¹⁹ parieto-frontal possa estar relacionada com as anormalidades no processo de imitação no TEA²⁰. Os neurônios-espelho – caracterizados como visuomotores – são ativados tanto ao realizar uma tarefa quanto ao observar

uma ação direcionada a objetivos. Estudos indicam que esses neurônios podem estar relacionados com o processamento da imitação entre outros fenômenos como a empatia e linguagem²¹. Evidências de ressonância magnética funcional e estimulação magnética transcraniana, sugerem que os neurônios espelho são disfuncionais em indivíduos com TEA^{22,23}. Esses déficits são mais pronunciados quando os indivíduos com TEA executam tarefas com relevância social ou de cunho emocional. Pesquisas promissoras sugerem que intervenções direcionadas a funções relacionadas com os neurônios espelho, como estimular a imitação, possam melhorar o funcionamento social em crianças com TEA^{20,24,25}. Por ora, as evidências apontam que a estimulação precoce dos processos de imitação e da função dos neurônios espelho possa melhorar o prognóstico dos TEAs.

Acredita-se que o TEA seja um distúrbio altamente hereditário e que a suscetibilidade genética interaja com fatores ambientais para que o transtorno seja expresso²⁶. A prevalência global do TEA tem vindo a crescer significativamente (o TEA é diagnosticado quatro vezes mais em meninos do que meninas)²⁷. O aumento no número de diagnósticos, aliado às dificuldades de intervenção, conduz à busca por alternativas terapêuticas que ofereçam bons resultados e reduzam as dificuldades relacionadas ao transtorno. Nesse contexto, as intervenções precoces assistidas por robôs sociais vêm sendo descritas como promissoras por atenderem a uma ampla gama de

necessidades apresentadas pelas crianças com TEA²⁸⁻³¹, sendo o seu uso citado em intervenções clínicas, educativas e assistivas.

Melhoras no desenvolvimento de habilidades psicomotoras, sociais e cognitivas em crianças com TEA foram descritas em intervenções terapêuticas precoces³², em especial com o uso de robôs sociais. Os robôs sociais são agentes autônomos, que amiúde apresentam características semelhantes às humanas, podendo interagir socialmente com os indivíduos de uma forma seminaturalística e por períodos prolongados de tempo³³. Por serem atrativos para as crianças com TEA^{34,35}, os robôs socialmente assistentes são descritos por equilibrarem o processo terapêutico, possibilitando um tipo de intervenção motivadora e não ameaçadora para essas crianças³⁶. Com base no exposto, o objetivo deste trabalho é buscar promover uma discussão sobre o uso dos robôs sociais em intervenções terapêuticas junto a crianças com TEA – considerando os aspectos comportamentais/cognitivos e neurobiológicos. De acordo com os dados analisados, o uso de robôs sociais, em muitos casos, pode trazer amplos benefícios para o desenvolvimento de diversas habilidades em crianças com TEA, incluído imitação, atenção conjunta, reconhecimento de emoções, interações triádicas e interações auto-iniciadas. Habilidades estas, que são descritas como comprometidas em crianças com TEA.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa de literatura cujos dados foram obtidos por meio de levantamento bibliográfico realizado na base de dados Google Acadêmico. Como critério de inclusão, fez-se seleção de artigos publicados no idioma inglês, incluindo *original articles*, *clinical trial* e *review* sem limite de datas. Os descritores em inglês utilizados foram: "*Autism spectrum disorders*, *Human-robot interaction*, *Robot-assisted therapy*, *Neurodevelopment and Precocious stimulation*". Os artigos encontrados foram selecionados inicialmente por meio da leitura dos títulos, seguida da leitura dos resumos, e, por último, a leitura na íntegra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Aplicação da Robótica Social no Tratamento do TEA

De acordo com dados da literatura científica, as crianças com TEA expressam um nível variado de aversão a interação humano-humano e uma tendência para a interação humano-robô²⁹. A robótica social, portanto, vem sendo referida como uma alternativa útil e viável para estimular e mediar a interação com essas crianças²⁹. A evitação a interações sociais – durante o neurodesenvolvimento – pode estar relacionada com o agravamento dos déficits de comunicação verbal, não verbal, aprendizado social e emocional característicos nos TEAs³⁷⁻⁴⁰. Uma redução inicial na intensidade desses déficits, foi descrita em intervenções precoces que visam interromper a tendência ao isolamento, a comportamentos e interesses repetitivos, estimulando a

socialização e novas experiências³⁷⁻⁴⁰. Nesse interim, a intervenção mediada por robôs sociais é apontada como promissora⁴¹. Robôs socialmente interativos^{28-30,42-45} são descritos em intervenções que focam em processos como: interações sociais, comportamento de troca de papéis, imitação durante as brincadeiras, atenção conjunta e jogo colaborativo.

Dentre os robôs socialmente interativos mais amplamente descritos está o NAO, desenvolvido pela *Aldebaran Robotics*. O robô NAO foi projetado para expressar movimentos corporais com as mãos, braços e cabeça, bem como expressões simples com significado emocional³⁰. Esse robô vem sendo descrito especialmente como um mediador em sessões clínicas para o desenvolvimento de habilidades através da imitação³¹. Já foi observado que a imitação estimula e aumenta o contato visual, verbalização, comportamentos de tocar e de explorar objetos. A imitação deve ser o passo inicial no processo de ensinar comunicação social para crianças com TEA⁴⁶. As crianças treinadas no processo de imitar tendem a aprender com maior facilidade as formas de comunicação mais sutis – como o significado das expressões faciais^{42,46}. Pesquisas já foram realizadas para avaliar a capacidade que as crianças com TEA expressam para imitar expressões faciais de um mediador humano ou de um robô⁴². Em um estudo envolvendo crianças com TEA, duas foram pareadas com um robô, e outras duas foram pareadas com um mediador humano²⁹. Em uma série de 22 sessões, as crianças pareadas com o

robô apresentaram um melhor desempenho em imitar expressões faciais do que as crianças emparelhadas com o mediador humano. Resultados semelhantes em processos de imitação também foram encontrados em outros estudos^{28,42,44}.

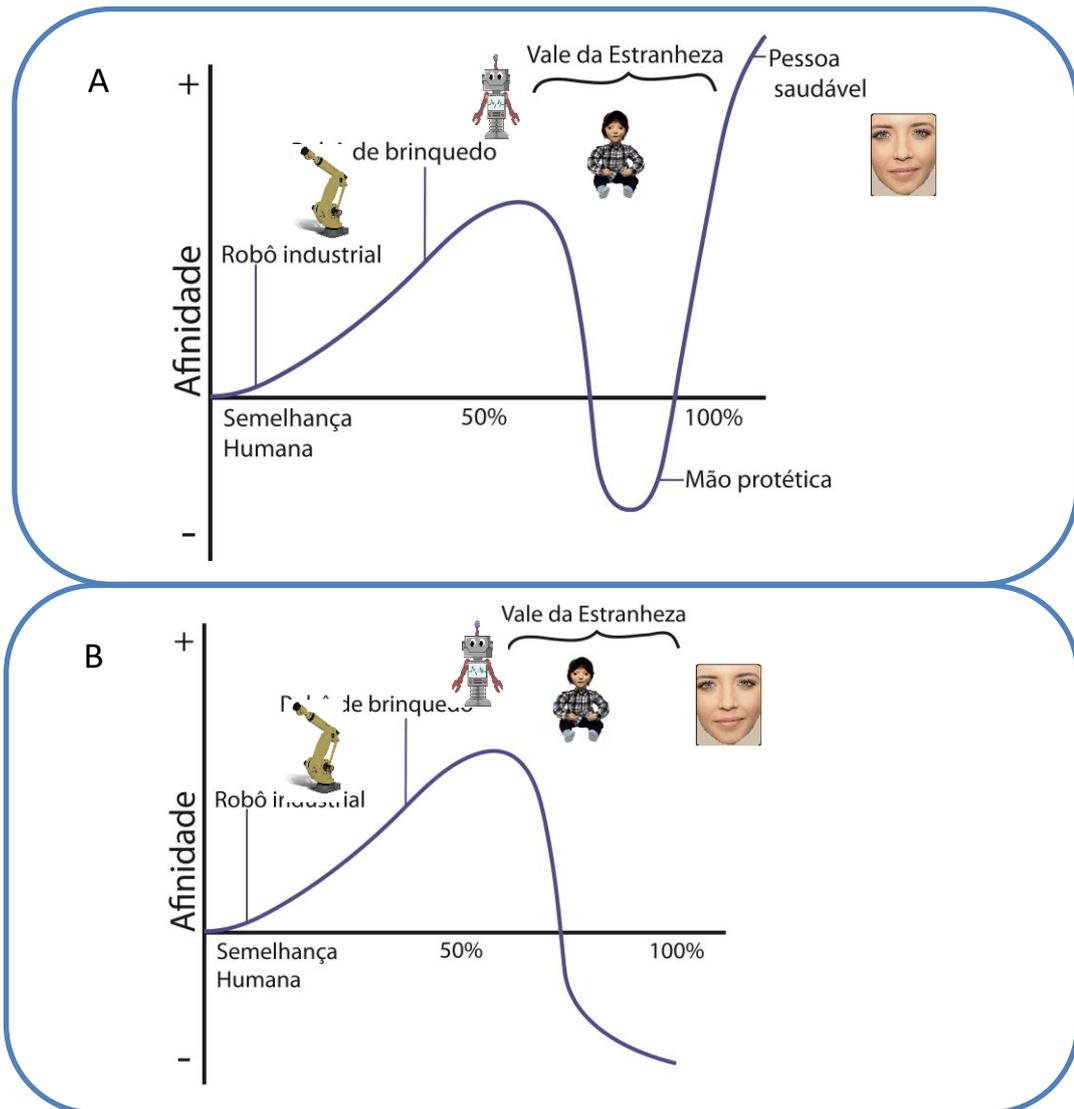
De encontro a estes dados²⁹, está a hipótese de que a quantidade de informações presentes no rosto humano orgânico possa fazer com que as crianças com TEA se sintam confusas e sobrecarregadas (sensorialmente e emocionalmente)^{47,48}. Surgindo, portanto, dessa sobrecarga, uma tendência a evitá-las; o que não foi observado na interação com robôs sociais. Contudo, apesar da interação criança-robô promover aumento significativos na frequência de comportamentos pro-sociais, a generalização desses comportamentos para a interação humano-humano pode não ser satisfatória³⁶.

Essas observações foram consideradas em relação à "teoria do vale da estranheza" proposta por Masahiro Mori⁴⁹. Robôs com características humanoides induzem uma resposta de familiaridade em pessoas típicas, contudo, um grau de semelhança muito próximo da forma humana orgânica (75%) pode provocar uma resposta de estranheza no observador⁴⁹. Esse sentimento de estranheza é representado por uma queda na resposta de familiaridade, em que a resposta emocional do observador ao caráter artificial torna-se drasticamente menos positiva (Figura 1A). Esse fenômeno ficou conhecido como o "vale da estranheza". Além disso, em sujeitos típicos, repostas de familiaridade

mais elevadas foram descritas em relação a humanos saudáveis. Já em sujeitos com TEA, foi sugerido haver um aumento na familiaridade com formas robóticas até certo limiar⁵⁰. Sendo hipotetizado que nesses sujeitos, ao invés do vale da estranheza, ocorra uma queda acentuada na resposta de familiaridade a partir de um determinado ponto no qual a forma do robô se aproxima de uma forma humana orgânica (Figura 1B). Tal observação sugere que evitar essa queda na resposta de familiaridade possa fazer parte de uma estratégia de intervenção apropriada para apoiar crianças com TEA.

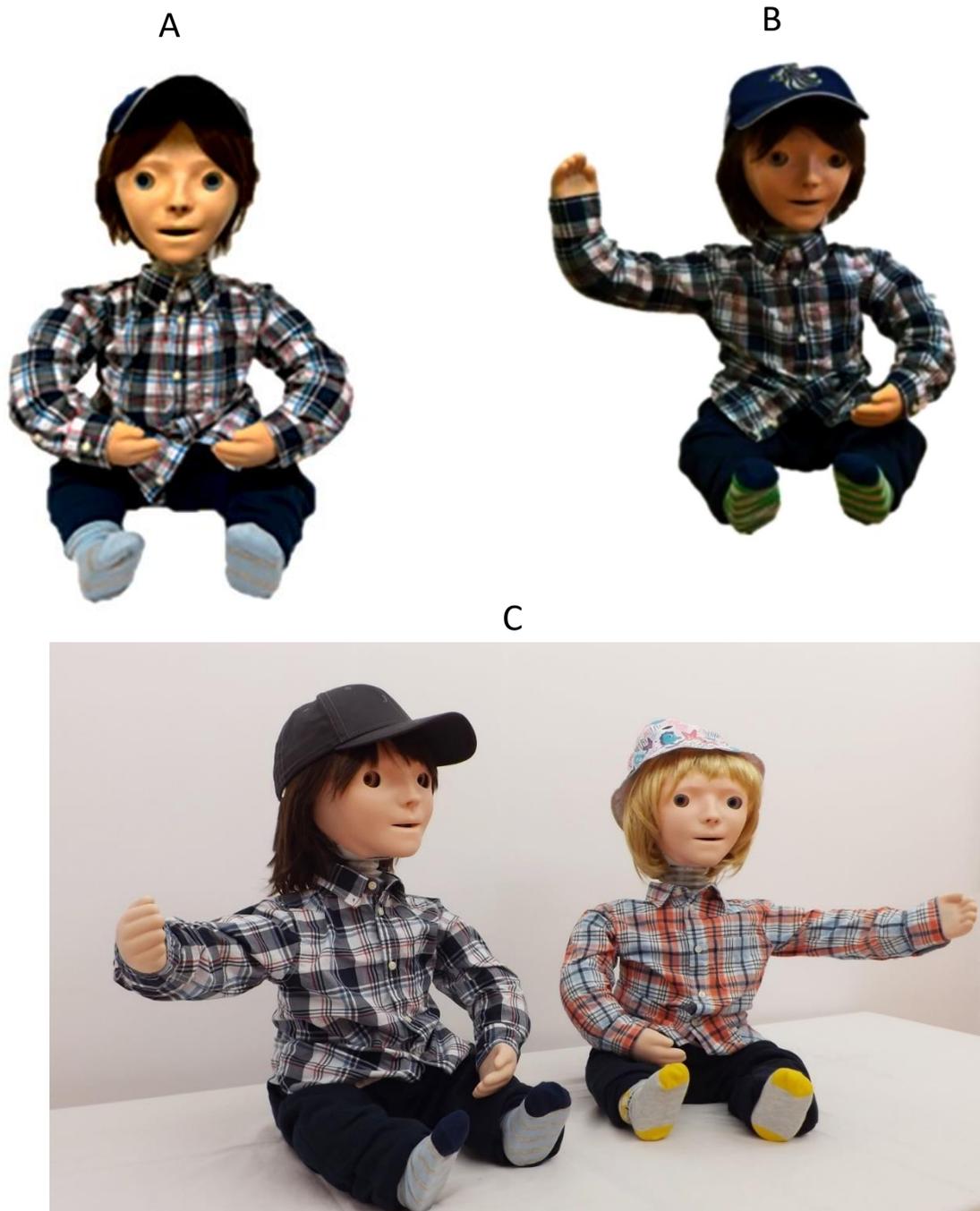
Em tese, o nível de similaridade entre a forma artificial e a orgânica deve ser próximo o bastante para estimular/propiciar o desenvolvimento de habilidades e sua generalização, mas distinto o suficiente para não ser aversivo e provocar a resposta de estranheza/afastamento (queda na familiaridade)⁵¹⁻⁵⁴. Essa hipótese é apoiada por estudos realizados com modelos robóticos humanoides que vêm demonstrando bons resultados, não apenas no desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais, mas também na generalização dessas habilidades para a interação humano-humano. Um desses modelos, é o robô Kaspar (Figura 2), desenvolvido por pesquisadores do *Adaptive Systems Research Group, University of Hertfordshire* no Reino Unido. Esse modelo, apesar de parecer com um humano, para as crianças com TEA, ele foi descrito como atrativo³⁵.

Figura 1. Resposta de aproximação e afastamento em sujeitos típicos e com TEA. Os gráficos hipotéticos (1A e 1B) mostram no eixo-Y o nível de familiaridade e no eixo-X o nível de similaridade com um ser humano real. O gráfico 1A ilustra a hipótese sobre o "efeito em U", causado pela aparência quase humana de um robô, a repulsividade seria a explicação para a queda que ocorre em 75% de similaridade, que é quando um estímulo é muito semelhante à forma humana orgânica. O gráfico 1B ilustra a hipótese de que uma similaridade de cerca de 75% entre o robô e a forma humana orgânica leva a uma resposta de repulsa em sujeitos com TEA. Contudo, ao contrário do que ocorre em sujeitos típicos (gráfico 1A), no TEA (gráfico 1B), após o efeito de repulsa, não ocorre aumento do nível de familiaridade a medida que o objeto robótico se aproxima de uma forma humana orgânica.



Adaptado de Mori M, MacDorman KF, Kageki N. (2012)⁴⁹.

Figura 2. Robô Kaspar. Na figura 2A é apresentado o Kaspar K4 – versão de 2011; na figura 2B é apresentado o Kaspar K5 – versão de 2014 e na figura 2C é apresentada a versão atual do Kaspar (5.5). O primeiro protótipo Kaspar (K1) foi construído em 2005, todos os aspectos do comportamento do robô eram controlados remotamente por um operador humano durante as interações criança-robô. Em contraste, a versão mais recente do Kaspar (K5.5) permite interações criança-robô semi-autônomas e reproduzíveis. Os robôs K5.5 foram usados com mais de 300 crianças, desde aulas de programação com crianças com desenvolvimento típico (TD) até sessões terapêuticas com jogos de interação com crianças com TEA. O Kaspar tem permitido a criação de jogos baseados na tecnologia de sensoriamento e técnicas de computação para perceber o ambiente e tomar decisões sobre as pistas e eventos sociais observados que são empregados para facilitar as interações, ativando gestos corporais, faciais expressões e comunicação vocal por parte do robô⁵⁵.



Cortesia do Adaptive Systems Research Group, University of Hertfordshire, Reino Unido.

O robô Kaspar³⁵ foi desenvolvido para imitar e emitir expressões faciais de uma forma simples e sem ambiguidades (Figura 3A)⁵⁶. Desse modo, esse modelo robótico pode viabilizar a generalização das habilidades adquiridas através da comunicação humano-robô para a comunicação humano-humano. Somado a isso, o robô Kaspar³⁵ foi eficaz em mediar interações sociais encorajando as crianças na interação com outros humanos (Figura 3B)⁵⁵.

Figura 3. Imagens do Kaspar original envolvido em jogos de imitação com uma criança com autismo. A imagem 3A retrata uma interação diádica entre a criança com TEA e o robô Kaspar. A figura 3B retrata uma interação triádica entre uma criança e um cuidador, na qual o robô atua como mediador (a criança controla o robô e o cuidador que era o pesquisador, neste caso, imitá-lo). Estas imagens foram tiradas com a versão original do Kaspar (K1).



Cortesia do Adaptive Systems Research Group, University of Hertfordshire, Reino Unido.

Os indivíduos com TEA podem modificar sua resposta emocional com maior eficiência se os robôs se parecerem com humanos com expressões mais simples; pois, interpretar as expressões do robô estabelecendo uma comunicação diádica com o mesmo pode ser um tipo de reforço positivo para a criança com TEA. Portanto, a terapia assistida por robôs de aparência humana, mas que não levam ao limiar da estranheza (resposta de afastamento em crianças com TEA), pode trazer vantagens potenciais para melhorar as interações sociais nesses sujeitos⁵⁷. Na clínica, a intervenção com robôs sociais é referida por auxiliar as crianças na generalização das habilidades aprendidas na sessão de terapia⁵⁸. Crianças submetidas a intervenções com robôs sociais foram testadas usando o *Childhood Autism Rating Scale* (CARS), sendo descritas melhoras nas categorias de respostas emocionais e interação com as pessoas⁴².

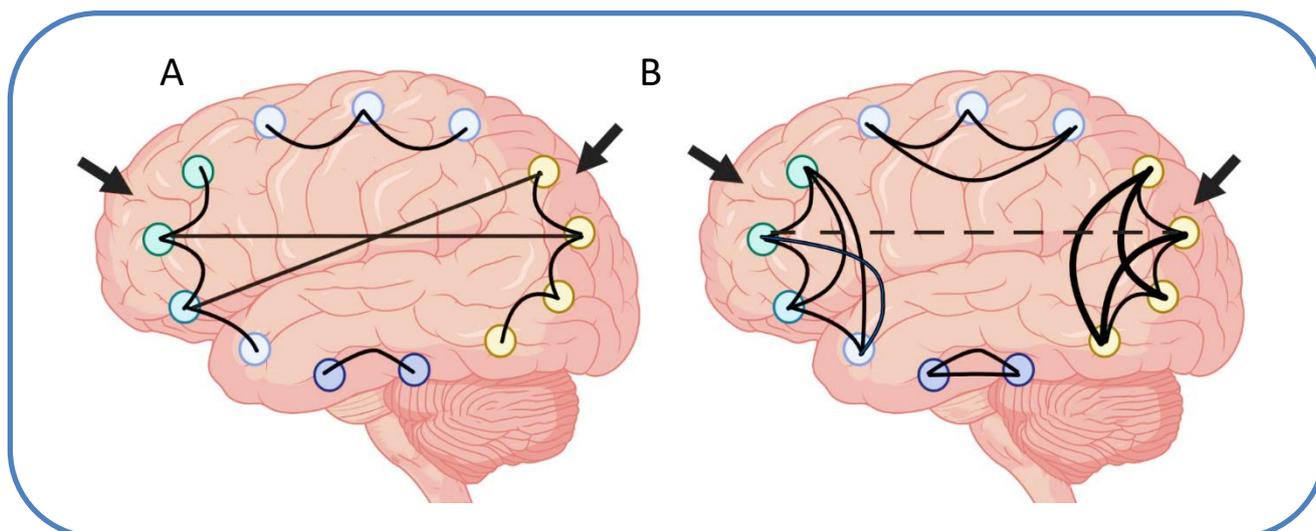
A importância da estimulação precoce e os aspectos neurobiológicos do TEA

Os primeiros anos de vida são descritos como determinantes para o neurodesenvolvimento⁵⁹. Nessa fase, o cérebro está preparado para desenvolver habilidades linguísticas e sociais; habilidades-chave embotadas em indivíduos com TEA. Ensinar essas habilidades nos primeiros anos de vida, quando o cérebro está mais propício a desenvolvê-las, está associado a uma resposta mais acelerada e mais forte do que quando essas habilidades são

ensinadas em uma fase mais avançada. Em acréscimo, estudos vêm demonstrando que a interação da criança com o meio, incluindo a interação com outros indivíduos, é crucial no processo de desenvolvimento de habilidades sociais, cognitivas e motoras^{60,61}. As interações precoces criança-meio desempenham, portanto, um papel central em processos neurodesenvolvimentais, o que vem sendo especialmente estudado em crianças com TEA⁶²⁻⁶⁶. Esses estudos indicam que as intervenções nos TEAs devem ser intensivas e precoces com foco em interromper a tendência ao desenvolvimento de comportamentos não adaptativos e promover (através da estimulação) o desenvolvimento de habilidades adaptativas⁶⁷. A estimulação precoce é referida por promover uma possível melhora no processo de conectividade entre diferentes regiões encefálicas; essa presunção se baseia em estudos que descrevem a patogênese do TEA ao nível das conexões axodendríticas e dos processos de sua plasticidade e ajuste em relação a variáveis ambientais⁶⁸⁻⁷²(Figura 4). Nessa perspectiva, prejuízos na integração sensorial e motora, descritos nos TEAs, podem surgir de anormalidades na atividade nervosa com forte contribuição de interações ambientais deficitárias^{14,18-20}. Contudo, evidências indicam que as intervenções precoces voltadas para objetivos específicos – como estimulação de habilidades que naturalmente tendem a estar embotadas no TEA³⁷⁻⁴⁰ – pode melhorar a atividade dessas circuitarias. A melhora na atividade elétrica, via estimulação, na maioria das vezes, pode promover ganhos

na conectividade e ajuste fino desses circuitos gerando uma melhora no repertório comportamental e no processamento sensorial e motor³⁷.

Figura 4. Representação hipotética dos padrões de conectividade em rede no cérebro típico (4A) e com TEA (4B). Na figura 4A, há uma representação de um cérebro típico contendo a combinação de uma intensa e marcante conectividade local entre grupos delimitados de unidades neurais e conectividade seletiva de longo alcance entre grupos locais (linhas retas) na qual a informação pode ser eficientemente recebida (setas), representadas e propagadas. Na figura 4B, há uma representação hipotética de um cérebro autista no qual as sub-regiões são fortemente conectadas, contudo, não são adequadamente delimitadas e diferenciadas, apresentando conexões de longo alcance não desenvolvidas (linha pontilhada). Como pode ser observado na figura 4B, fisicamente, no cérebro autista, há uma alta conectividade local que pode desenvolver-se em conjunto com a baixa conectividade de longo alcance, o que pode ocorrer como consequência de alterações no processo de eliminação e formação de sinapses².



Baseado em Belmonte MK *et al* (2004)² e Ha S *et al* (2015)³.

Atualmente existe um consenso quanto à importância da intervenção precoce em crianças com TEA⁶²⁻⁶⁶. Constructos teóricos como a “Teoria da Integração Sensorial” sustenta que o processo encefálico inato de integração e interpretação dos estímulos sensoriais é estruturalmente

modulado pela atividade nervosa^{74,75}. As prerrogativas são que⁶⁷: o desenvolvimento sensorial e motor é uma base importante para a aprendizagem; a concepção de que a interação entre indivíduo e ambiente molda o desenvolvimento cerebral; a concepção de que o sistema nervoso é plástico e que a atividade sensorial e motora é um importante modulador da plasticidade neural. Somado a isso, a concepção de que a plasticidade cerebral é maior nos primeiros anos de vida⁶⁷. Esses aspectos do neurodesenvolvimento, possibilitam, portanto, que as intervenções precoces produzam efeitos mais robustos ao nível neurobiológico, repercutindo ao nível do processamento comportamental.

Intervenções precoces assistidas por robôs sociais: contrassensos e perspectivas

Os robôs sociais surgiram como um instrumento promissor de auxílio ao tratamento dos problemas típicos do TEA. Esses robôs podem ser programados permitindo uma evolução nas interações das mais simples para as mais sofisticadas⁷⁶. O que coaduna com as necessidades observadas em intervenções junto a crianças com TEA⁷⁷. Apesar disso, estudos indicam que apenas a interação diádica (criança-robô) pode não produzir bons resultados, contribuindo para défices no desenvolvimento do sistema de apego; e, por conseguinte, comprometendo a possibilidade de desenvolvimento de habilidades sociais genuínas em crianças com TEA⁷⁸. Apesar de resultados ambíguos³⁰, a

maior parte dos estudos vem indicando que a robótica social possibilita intervenções eficazes para estimular o desenvolvimento de diversas habilidades no TEA^{36,53,79,80}.

Além da intervenção precoce para o desenvolvimento de habilidades variadas em crianças com TEA, o uso da robótica social também foi citado como uma ferramenta promissora de auxílio ao diagnóstico precoce do TEA⁸¹. Dispositivos robóticos poderão mensurar se as crianças respondem apropriadamente a estímulos, sendo capazes de quantificar a maneira como as crianças seguram, brincam e respondem a estímulos específicos^{29,41,82,83}. Acredita-se que o uso de robôs para imitar estímulos padronizados e sensores para captação de respostas poderão possibilitar/contribuir para diagnósticos mais precisos. Juntos, esses esforços poderão resultar em um novo paradigma para tratar e detectar os sintomas e sinais do TEA com maior precisão e em fases mais precoces. Na atualidade, a avaliação do TEA é realizada por meio de instrumentos que auxiliam no reconhecimento e identificação precoce dos sinais⁶². Os principais instrumentos de avaliação usados para o diagnóstico de TEA em idades precoces são: o CARS (*Childhood Autism Rating Scale*)^{84,85}; o M-CHAT (*Modified Checklist for Autism in Toddlers*)⁸⁶; o PEP-R (Perfil Psicoeducacional revisado)⁸⁷; o ADI (*Autism Diagnostic Interview*)⁸⁸; e o ASQ (*Autism Screening Questionnaire*)⁸⁹. É possível que a incorporação da robótica social dentre os instrumentos utilizados no diagnóstico do TEA venha a

contribuir para identificação dos traços e sintomas^{29,90}; o que poderá trazer diversos benefícios.

CONCLUSÃO

De acordo com os dados analisados, os robôs socialmente interativos proporcionam múltiplos efeitos positivos sobre o desenvolvimento de habilidades emocionais, sociais, cognitivas e psicomotoras em crianças com TEA. Os estudos indicam que o avanço na compreensão das respostas de afinidade/aproximação e estranheza/afastamento expressas por crianças com TEA em relação as expressões humanas orgânicas e expressões artificiais poderá auxiliar no desenvolvimento de modelos robóticos mais sofisticados para estimular o aprendizado de habilidades sociais e sua generalização. Em acréscimo, estudos ainda são requeridos para uma melhor compreensão dos efeitos da interação criança-robô a longo prazo; assim como, para avaliar em quais condições o uso de robôs sociais poderá trazer mais e melhores resultados. Por fim, o desenvolvimento de protocolos de intervenção, para direcionar o uso da robótica social, poderá auxiliar e possibilitar a difusão do uso clínico dos robôs sociais.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. PhD Luke J. Wood e ao *Adaptive Systems Research Group, University of Hertfordshire*, Reino Unido, pelas imagens do robô Kaspar que ilustram este trabalho.

REFERÊNCIAS

1. American Psychiatric Association. DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. Porto Alegre: Artmed Editora, 2014. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=QL4rDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT13&dq=dsm+5&ots=nR4CtDzaGR&sig=u4iPLtGV4JK4GERPdQJs7GJZres#v=onepage&q=dsm%205&f=false>
2. Belmonte MK, Allen G, Beckel-Mitchener A, Boulanger LM, Carper RA, Webb SJ. Autism and abnormal development of brain connectivity. *J Neurosci* 2004;24:9228-31. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3340-04.2004>
3. Carter AS, Davis NO, Klin A, Volkmar FR. Social Development in Autism. *In*: Volkmar FR, Paul R, Klin A, Cohen D (Eds.). Handbook of autism and pervasive developmental disorders: Diagnosis, development, neurobiology, and behavior. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.; 2005; pp.312-34. <https://psycnet.apa.org/record/2005-05077-011>
4. Kätsyri J, Saalasti S, Tiippana K, von Wendt L, Sams M. Impaired recognition of facial emotions from low-spatial frequencies in Asperger syndrome. *Neuropsychologia* 2008;46:1888-97. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.01.005>
5. Griffiths S, Jarrold C, Penton-Voak IS, Woods AT, Skinner AL, Munafò MR. Impaired recognition of basic emotions from facial expressions in young people with autism spectrum disorder: Assessing the importance of expression intensity. *J Autism Develop Dis* 2019;49:2768-78. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3091-7>
6. Yeung MK, Lee TL, Chan AS. Impaired recognition of negative facial expressions is partly related to facial perception deficits in adolescents with high-functioning autism spectrum disorder. *J Autism Develop Dis* 2020;50:1596-606. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-03915-3>
7. Song Y, Hakoda Y. Selective impairment of basic emotion recognition in people with autism: Discrimination thresholds for recognition of facial expressions of varying intensities. *J Autism Develop Dis* 2018;48:1886-94. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3428-2>
8. Sato W, Uono S, Toichi M. Atypical recognition of dynamic changes in facial expressions in autism spectrum disorders. *Res Autism Spec Dis* 2013;7:906-12. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.04.008>
9. Uono S, Sato W, Toichi M. Dynamic fearful gaze does not enhance attention orienting in individuals with Asperger's disorder. *Brain Cog* 2009;71:229-33. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.08.015>
10. Paquet A, Olliac B, Golse B, Vaivre-Douret L. Nature of motor impairments in autism spectrum disorder: A comparison with developmental coordination disorder. *J Clin Exp Neuropsychol* 2019;41:1-14. <https://doi.org/10.1080/13803395.2018.1483486>
11. Mercati O, Huguet G, Danckaert A, André-Leroux G, Maruani A, Bellinzoni M, *et al.* CNTN6 mutations are risk factors for abnormal auditory sensory perception in autism spectrum disorders. *Mol Psychiatr* 2017;22:625-33. <https://doi.org/10.1038/mp.2016.61>
12. Roley SS, Mailloux Z, Parham LD, Schaaf RC, Lane CJ, Cermak S. Sensory integration and praxis patterns in children with autism. *Am J*

- Occup Ther 2015;69:6901220010p1-8.
<https://doi.org/10.5014/ajot.2015.012476>
13. Karim AEA, Mohammed AH. Effectiveness of sensory integration program in motor skills in children with autism. *Egypt J Med Hum Gen* 2015;16:375-80. <https://doi.org/10.1016/j.ejmhg.2014.12.008>
14. Mostofsky SH, Dubey P, Jerath VK, Jansiewicz EM, Goldberg MC, Denckla MB. Developmental dyspraxia is not limited to imitation in children with autism spectrum disorders. *J Inter Neuropsychol Soc* 2006;12:314-26. <https://doi.org/10.1017/s1355617706060437>
15. Dziuk M, Larson JG, Apostu A, Mahone EM, Denckla MB, Mostofsky SH. Dyspraxia in autism: association with motor, social, and communicative deficits. *Develop Med Child Neurol* 2007;49:734-9. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00734.x>
16. Biscaldi M, Rauh R, Irion L, Jung NH, Mall V, Fleischhaker C, et al. Deficits in motor abilities and developmental fractionation of imitation performance in high-functioning autism spectrum disorders. *Eur Child Adol Psychiatr* 2014;23:599-610. <https://doi.org/10.1007/s00787-013-0475-x>
17. Nebel MB, Eloyan A, Nettles CA, Sweeney KL, Ament K, Ward RE, et al. Intrinsic visual-motor synchrony correlates with social deficits in autism. *Bio Psychiatr* 2016;79:633-41. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.08.029>
18. Williams JH, Whiten A, Singh T. A systematic review of action imitation in autistic spectrum disorder. *J Autism Develop Dis* 2004;34:285-99. <https://doi.org/10.1023/b:jadd.0000029551.56735.3a>
19. Rizzolatti G, Fabbri-Destro M. Mirror neurons: from discovery to autism. *Exp Brain Res* 2010;200:223-37. <https://doi.org/10.1007/s00221-009-2002-3>
20. Williams JH, Whiten A, Suddendorf T, Perrett DI. Imitation, mirror neurons and autism. *Neurosci Biobehav Rev* 2001;25:287-95. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(01\)00014-8](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(01)00014-8)
21. Rizzolatti G, Fabbri-Destro M, Cattaneo L. Mirror neurons and their clinical relevance. *Nature Clin Pract Neurol* 2009;5:24-34. <https://doi.org/10.1038/ncpneuro0990>
22. Perkins T, Stokes M, McGillivray J, Bittar R. Mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *J Clin Neurosci* 2010;17:1239-43. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2010.01.026>
23. Prinsen J, Alaerts K. Broken or socially-mistuned mirror neurons in autism? An investigation via transcranial magnetic stimulation. *Autism Res* 2022;15:1056-67. <https://doi.org/10.1002/aur.2720>
24. Iacoboni M. Neural mechanisms of imitation. *Curr Opin Neurobiol* 2005;15:632-7. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.10.010>
25. Heyes C, Catmur C. What happened to mirror neurons? *Persp Psychol Sci* 2022;17:153-68. <https://doi.org/10.1177/1745691621990638>
26. Gadad BS, Hewitson L, Young KA, German DC. Neuropathology and animal models of autism: genetic and environmental factors. *Autism Res Treat* 2013;2013:731935. <https://doi.org/10.1155/2013/731935>

27. Zeidan J, Fombonne E, Scora J, Ibrahim A, Durkin MS, Saxena S, et al. Global prevalence of autism: A systematic review update. *Autism Res* 2022;15:778-90. <https://doi.org/10.1002/aur.2696>
28. Billard A, Robins B, Nadel J, Dautenhahn K. Building Robota, a mini-humanoid robot for the rehabilitation of children with autism. *Assist Technol* 2007;19:37-49. <https://doi.org/10.1080/10400435.2007.10131864>
29. Ricks DJ, Colton MB (eds). Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. 2010 IEEE international conference on robotics and automation; 2010: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2010.5509327>
30. Tapus A, Peca A, Aly A, Pop C, Jisa L, Pintea S, et al. Children with autism social engagement in interaction with Nao, an imitative robot: A series of single case experiments. *Interac Stud* 2012;13:315-47. <https://doi.org/10.1075/IS.13.3.01TAP>
31. Greczek J, Kaszubski E, Atrash A, Matarić M (eds). Graded cueing feedback in robot-mediated imitation practice for children with autism spectrum disorders. The 23rd IEEE international symposium on robot and human interactive communication; 2014: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2014.6926312>
32. Poon KK, Watson LR, Baranek GT, Poe MD. To what extent do joint attention, imitation, and object play behaviors in infancy predict later communication and intellectual functioning in ASD? *J Autism Develop Dis* 2012;42:1064-74. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1349-z>
33. Duffy BR, Rooney C, O'Hare GM, O'Donoghue R (eds). What is a social robot? 10th Irish Conference on Artificial Intelligence & Cognitive Science, University College Cork, Ireland, 1999. <https://researchrepository.ucd.ie/bitstream/10197/4412/1/P138-Duffy,Rooney,O'Hare,O'Donoghue-99.pdf>
34. Lee J, Obinata G (eds). Developing therapeutic robot for children with autism: A study on exploring colour feedback. 2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI); 2013: IEEE. <https://doi.org/10.1109/HRI.2013.6483557>
35. Wainer J, Robins B, Amirabdollahian F, Dautenhahn K. Using the humanoid robot KASPAR to autonomously play triadic games and facilitate collaborative play among children with autism. *IEEE Transact Automon Mental Develop* 2014;6:183-99. <https://doi.org/10.1109/TAMD.2014.2303116>
36. Scassellati B, Matarić M, Admoni H. Robots for use in autism research. *Ann Rev Biomed Engin* 2012;14:275-94. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071811-150036>
37. Dawson G. Early behavioral intervention, brain plasticity, and the prevention of autism spectrum disorder. *Develop Psychopathol* 2008;20:775-803. <https://doi.org/10.1017/S0954579408000370>
38. Dawson G, Zanolli K. Early intervention and brain plasticity in autism. *Autism: Neural bases and treatment possibilities*. Novartis Found Symp 2003;251:266-80. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14521198/>

39. Camarata S. Early identification and early intervention in autism spectrum disorders: Accurate and effective? *Inter J Speech Lang Pathol* 2014;16:1-10. <https://doi.org/10.3109/17549507.2013.858773>
40. Oono IP, Honey EJ, McConachie H. Parent-mediated early intervention for young children with autism spectrum disorders (ASD). *Evidence-Based Child Health Cochr Rev J* 2013;8:2380-479. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009774.pub2>
41. Pennisi P, Tonacci A, Tartarisco G, Billeci L, Ruta L, Gangemi S, et al. Autism and social robotics: A systematic review. *Autism Res* 2016;9:165-83. <https://doi.org/10.1002/aur.1527>
42. Duquette A, Michaud F, Mercier H. Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism. *Autonom Robots* 2008;24:147-57. <https://doi.org/10.1007/s10514-007-9056-5>
43. Vanderborght B, Simut R, Saldien J, Pop C, Rusu AS, Pintea S, et al. Using the social robot probio as a social story telling agent for children with ASD. *Interac Stud* 2012;13:348-72. <https://doi.org/10.1075/is.13.3.02van>
44. Kozima H, Nakagawa C, Yasuda Y. Children-robot interaction: a pilot study in autism therapy. *Progr Brain Res* 2007;164:385-400. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)64021-7](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)64021-7)
45. Kaur M, Gifford T, Marsh KL, Bhat A. Effect of robot-child interactions on bilateral coordination skills of typically developing children and a child with autism spectrum disorder: A preliminary study. *J Motor Learning Develop* 2013;1:31-7. <https://doi.org/10.1123/jmld.1.2.31>
46. Hinerman P. Teaching autistic children to communicate. Rockville: Aspen Systems Corp; 1983. twuniversal.twu.edu
47. O'Neill M, Jones RS. Sensory-perceptual abnormalities in autism: a case for more research? *J Autism Develop Dis* 1997;27:283-93. <https://doi.org/10.1023/a:1025850431170>
48. Davidson D, Hilvert E, Misiunaite I, Kerby K, Giordano M. Recognition of facial emotions on human and canine faces in children with and without autism spectrum disorders. *Motiv Emotion* 2019;43:191-202. <https://doi.org/10.1007/s11031-018-9736-9>
49. Mori M, MacDorman KF, Kageki N. The uncanny valley [from the field]. *IEEE Robot Autom Magaz* 2012;19:98-100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>
50. Feng S, Wang X, Wang Q, Fang J, Wu Y, Yi L, et al. The uncanny valley effect in typically developing children and its absence in children with autism spectrum disorders. *PLoS One* 2018;13:e0206343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206343>
51. Werry I, Dautenhahn K, Ogden B, Harwin W (eds). Can social interaction skills be taught by a social agent? The role of a robotic mediator in autism therapy. International conference on cognitive technology; 2001: Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-44617-6_6
52. Dautenhahn K, Werry I, Salter T, Boekhorst R (eds). Towards adaptive autonomous robots in autism therapy: Varieties of interactions. Proceedings 2003 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation Computational

- Intelligence in Robotics and Automation for the New Millennium (Cat No 03EX694); 2003: IEEE. <https://doi.org/10.1109/CIRA.2003.1222245>
53. Robins B, Dautenhahn K, Boekhorst RT, Billard A. Robotic assistants in therapy and education of children with autism: can a small humanoid robot help encourage social interaction skills? *Univ Access Info Soc* 2005;4:105-20. <https://doi.org/10.1007/s10209-005-0116-3>
54. Taheri A, Meghdari A, Alemi M, Pouretamad H. Human-robot interaction in autism treatment: a case study on three pairs of autistic children as twins, siblings, and classmates. *Inter J Soc Robot* 2018;10:93-113. <https://doi.org/10.1007/s12369-017-0433-8>
55. Wood LJ, Zarak A, Robins B, Dautenhahn K. Developing kaspar: a humanoid robot for children with autism. *Inter J Soc Robot* 2021;13:491-508. <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00563-6>
56. Blow M, Dautenhahn K, Appleby A, Nehaniv CL, Lee D (eds). The art of designing robot faces: Dimensions for human-robot interaction. Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction; 2006. <https://doi.org/10.1145/1121241.1121301>
57. Ueyama Y. A bayesian model of the uncanny valley effect for explaining the effects of therapeutic robots in autism spectrum disorder. *PloS One* 2015;10:e0138642. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138642>
58. Pioggia G, Sica M, Ferro M, Iglizzi R, Muratori F, Ahluwalia A, *et al.* (eds). Human-robot interaction in autism: FACE, an android-based social therapy. RO-MAN 2007-the 16th IEEE international symposium on robot and human interactive communication; 2007: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2007.4415156>
59. Abraham E, Feldman R. The neurobiology of human allomaternal care; implications for fathering, coparenting, and children's social development. *Physiol Behav* 2018;193:25-34. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.12.034>
60. Organization WH. The importance of caregiver-child interactions for the survival and healthy development of young children: A review. 2004. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/924159134X>
61. Organization WH. Care for child development: improving the care of young children. 2012. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241548403>
62. Ozonoff S, Rogers S, Hendren R. Autism Spectrum Disorders: A research review for practioners. Washigton DC: American Psychiatric Publishing; 2003; p.418. <https://www.amazon.com/Autism-Spectrum-Disorders-Research-Practitioners/dp/1585621196>
63. Corsello CM. Early intervention in autism. *Inf Young Children* 2005;18:74-85. https://journals.lww.com/iycjournal/fulltext/2005/04000/early_intervention_in_autism.2.aspx
64. Koegel LK, Koegel RL, Ashbaugh K, Bradshaw J. The importance of early identification and intervention for children with or at risk for autism spectrum disorders. *Inter J Speech Lang Pathol* 2014;16:50-6. <https://doi.org/10.3109/17549507.2013.861511>
65. Volkmar FR. The importance of early intervention. *J Autism Develop Dis* 2014;44:2979-80. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2265-9>

66. Franz L, Dawson G. Implementing early intervention for autism spectrum disorder: a global perspective. *Ped Med (Hong Kong)*. 2019;2:44. <https://doi.org/10.21037/pm.2019.07.09>
67. Vives-Villarraig J, Ruiz-Bernardo P, García-Gómez A. Sensory integration and its importance in learning for children with autism spectrum disorder. *Cad Bras Ter Ocupac* 2022;30:e2988. <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAR22662988>
68. Lesch K-P, Waider J. Serotonin in the modulation of neural plasticity and networks: implications for neurodevelopmental disorders. *Neuron* 2012;76:175-91. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.09.013>
69. Giovedì S, Corradi A, Fassio A, Benfenati F. Involvement of synaptic genes in the pathogenesis of autism spectrum disorders: the case of synapsins. *Front Ped* 2014;2:94. <https://doi.org/10.3389/fped.2014.00094>
70. Mottron L, Duret P, Mueller S, Moore RD, Forgeot d'Arc B, Jacquemont S, *et al.* Sex differences in brain plasticity: a new hypothesis for sex ratio bias in autism. *Mol Autism* 2015;6:1-19. <https://doi.org/10.1186/s13229-015-0024-1>
71. Zuko A, Kleijer KT, Oguro-Ando A, Kas MJ, van Daalen E, van der Zwaag B, *et al.* Contactins in the neurobiology of autism. *Eur J Pharmacol* 2013;719:63-74. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2013.07.016>
72. Oguro-Ando A, Bamford RA, Sital W, Sprengers JJ, Zuko A, Matser JM, *et al.* Cntn4, a risk gene for neuropsychiatric disorders, modulates hippocampal synaptic plasticity and behavior. *Translat Psychiatr* 2021;11:1-15. <https://doi.org/10.1038/s41398-021-01223-y>
73. Ha S, Sohn IJ, Kim N, Sim HJ, Cheon KA. Characteristics of Brains in Autism Spectrum Disorder: Structure, Function and Connectivity across the Lifespan. *Exp Neurobiol* 2015;24:273-84. <https://doi.org/10.5607/en.2015.24.4.273>
74. Roley SS, Julie Bissell M, Clark GF. Providing occupational therapy using sensory integration theory and methods in school-based practice. *Am J Occup Ther* 2009;63:823. <https://doi.org/10.5014/ajot.63.6.823>
75. Gevers W, Kadosh RC, Gebuis T. Chap 18. Sensory integration theory: An alternative to the approximate number system. *Continuous issues in numerical cognition*. Elsevier; 2016. p.405-18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801637-4.00018-4>
76. Ardila JCC, Salazar YA (eds). Aplicación robótica para realizar terapias en niños con autismo. 12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology; 2014. <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RP026.html>
77. Gillesen JC, Barakova E, Huskens BE, Feijs LM (eds). From training to robot behavior: Towards custom scenarios for robotics in training programs for ASD. 2011 IEEE International conference on rehabilitation robotics; 2011: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2011.5975381>
78. Tanaka F, Kimura T (eds). The use of robots in early education: a scenario based on ethical consideration. RO-MAN 2009-The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive

- Communication; 2009: IEEE. http://fumihide-tanaka.org/lab/content/files/research/Tanaka_ROMAN-09.pdf
- 79.Charron N, Lewis L, Craig M. A robotic therapy case study: Developing joint attention skills with a student on the autism spectrum. *J Edu Technol Sys* 2017;46:137-48. <https://doi.org/10.1177/004723951668772>
- 80.Holeva V, Nikopoulou V-A, Papadopoulou M, Vrochidou E, Papakostas GA, Kaburlasos VG (eds). Toward robot-assisted psychosocial intervention for children with autism spectrum disorder (ASD). *International Conference on Social Robotics*; 2019: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-35888-4>
- 81.Dickstein-Fischer L, Alexander E, Yan X, Su H, Harrington K, Fischer GS (eds). An affordable compact humanoid robot for autism spectrum disorder interventions in children. 2011 Annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society; 2011: IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6091316>
- 82.Scassellati B. How social robots will help us to diagnose, treat, and understand autism. *Robotics research*: Springer; 2007; p552-63. https://doi.org/10.1007/978-3-540-48113-3_47
- 83.Ranatunga I, Beltran M, Torres NA, Bugnariu N, Patterson RM, Garver C, *et al.* (eds). Human-robot upper body gesture imitation analysis for autism spectrum disorders. *International Conference on Social Robotics*; 2013: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02675-6_22
- 84.Perry A, Condillac RA, Freeman NL, Dunn-Geier J, Belair J. Multi-site study of the Childhood Autism Rating Scale (CARS) in five clinical groups of young children. *J Autism Develop Dis* 2005;35:625-34. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0006-9>
- 85.Pereira A, Riesgo RS, Wagner MB. Autismo infantil: tradução e validação da Childhood Autism Rating Scale para uso no Brasil. *J Ped* 2008;84:487-94. <https://doi.org/10.1590/S0021-75572008000700004>
- 86.Losapio MF, Pondé MP. Translation into Portuguese of the M-CHAT Scale for early screening of autism. *Rev Psiquiatr RS* 2008;30:221-9. <https://doi.org/10.1590/S0101-81082008000400011>
- 87.Machado AC, Almeida MA. Perfil cognitivo de crianças Pequenas com e sem atraso de desenvolvimento. *Rev Psicopedag* 2017;34:45-52. <https://www.revistapsicopedagogia.com.br/detalhes/516/perfil-cognitivo-de-criancas-pequenas-com-e-sem-atraso-de-desenvolvimento->
- 88.Becker MM, Wagner MB, Bosa CA, Schmidt C, Longo D, Papaleo C, *et al.* Translation and validation of Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R) for autism diagnosis in Brazil. *Arq Neuropsiqu* 2012;70:185-90. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2012000300006>
- 89.Berument SK, Rutter M, Lord C, Pickles A, Bailey A. Autism screening questionnaire: diagnostic validity. *Bri J Psychiatr* 1999;175:444-51. <https://doi.org/10.1192/bjp.175.5.444>
- 90.Scassellati B (ed). Quantitative metrics of social response for autism diagnosis. *ROMAN 2005 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, 2005; 2005: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2005.1513843>