

社交机器人在自闭症谱系障碍儿童照护中的应用进展

张议丹¹, 赵晨静², 赵明², 朱庆华¹, 辛晨阳¹, 渠利霞¹

Application of social robots in the care of children with autism spectrum disorders: a review Zhang Yidan, Zhao Chenjing, Zhao

Ming, Zhu Qinghua, Xin Chenyang, Qu Lixia

摘要: 介绍社交机器人的起源与发展、种类、特点、优势,系统综述社交机器人在自闭症谱系障碍儿童照护中的干预方式、应用效果,并分析当前存在的问题,旨在为提高自闭症谱系障碍儿童的护理质量提供参考。

关键词: 自闭症谱系障碍; 自闭症; 社交机器人; 社交能力; 人工智能; 综述文献

中图分类号: R473.72 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2020.15.107

自闭症又称自闭症谱系障碍(Autism Spectrum Disorders, ASD),是一种广泛性发展障碍,美国精神病学学会《精神疾病诊断统计手册(第5版)》中将社会和(或)沟通障碍、狭隘兴趣与刻板行为列为 ASD 的核心症状^[1],社会沟通障碍是影响 ASD 儿童社交能力的主要因素。美国疾控中心 2018 年的统计资料表明,美国每 59 名儿童就有 1 名被诊断为 ASD^[2]。据 2017 年发布的《中国自闭症儿童发展报告》数据推算,我国 0~6 岁 ASD 儿童已超过 100 万,0~14 岁儿童患病者达 200 余万,我国 ASD 患病率约为 1%^[3]。ASD 儿童孤僻、刻板的社交行为不仅影响自身的成长生活,更使父母在抚养过程中产生巨大的心理压力,严重影响了照顾者的身心健康^[4]。寻找提升 ASD 儿童社交能力的有效途径迫在眉睫。当前,人工智能在医疗行业广泛应用,社交机器人因新奇的外表和它展示的简单、可预测的社交情景吸引 ASD 儿童的注意,使其主动参与社交互动,有望为 ASD 儿童提供新的社交干预模式。此外,目前国内康复及护理人员的短缺成了 ASD 治疗和康复的主要挑战^[5]。而社交机器人可通过编程满足不同个体的特定需求,辅助医护人员完成干预措施,缓解医护人员的压力。机器人技术已在 ASD 干预研究中大量应用^[6-7]。因此,为了提高 ASD 儿童康复训练的有效性和治疗的特异性,并解决医护人员短缺问题,需要引入社交机器人作为 ASD 治疗和康复的辅助手段^[5]。本文对社交机器人在 ASD 照护中的应用进行总结分析,旨在为提高 ASD 儿童的护理质量提供参考。

1 社交机器人的起源与发展

社交机器人是指以人类的社交模式运行和互动的机器人,旨在参与、娱乐和启发^[8]。1976 年,机器人首次被用于 ASD 儿童社交行为干预训练。1998 年 Dautenhahn^[9]主持开展“南极光计划”,他认为机

器人简化的外形设计更易引起 ASD 儿童的兴趣,发起的社交行为简单,易于接收并做出回应,因此可以改善 ASD 儿童的社交沟通能力。随后,研究者致力开发更加灵活、智能的机器人,如通过模仿、眼神接触、轮流、情绪识别和表达等途径与 ASD 儿童互动,训练他们的技能,从而引出特定、理想的行为,发展 ASD 儿童的社交相关能力^[10]。

2 社交机器人的种类

2.1 人形机器人 此类机器人中,Nao 机器人和 CommU“面聊”机器人可自主与 ASD 儿童进行对话。其中,Nao 机器人是在 ASD 儿童照护中应用最广的人工智能社交机器人,由法国 Aldebaran Robotics 公司发明,高 50 cm^[11-13],CommU“面聊”机器人由日本大阪大学工学研究科开发,高 30 cm^[14],上述两种机器人均可通过清晰、发光的眼睛与 ASD 儿童产生共同注意。由 Billard 等^[15]开发的娃娃机器人 Robota 和 University of Herdforthshir 设计开发的简易人形机器人 KASPAR^[16]主要通过移动肢体与儿童交流,Robota 机器人可鼓励 ASD 儿童参与模仿互动游戏,KASPAR 机器人可表现面部表情,并对儿童的触摸做出反应。Tito 机器人高 60 cm,它使用轮子移动,可以上下活动手臂和左右转动头部,还可通过预先录制的声音说话^[17]。CARO 和 iRobiQ 是由韩国开发的两种机器人,CARO 通过眼球变化展示快乐、悲伤、惊讶和愤怒四种情绪,iRobiQ 通过嘴的形状表达快乐、悲伤、惊讶和羞怯四种情绪,后者的肢体可以伴随播放的儿歌运动^[18]。

2.2 动物机器人 Pleo 机器人是一种恐龙宠物玩具,RoboParrot 机器人外形为鹦鹉,二者都能自主移动,并响应儿童的触摸和各种互动,且 Pleo 机器人还可以表现不同的情绪^[19-20]。Probo 机器人是 58 cm 高的绿色填充大象,由柔软的材料和毛皮制成,为 ASD 儿童提供安全和愉快的物理接触,它不仅可以通过展现面部表情,还可通过讲述具有社交情景的故事来帮助 ASD 儿童学习社会交往的技巧^[21]。

2.3 卡通玩具机器人 Keepon 机器人高 12 cm,主

作者单位:1. 郑州大学护理与健康学院(河南 郑州,450001);2. 郑州大学第三附属医院

张议丹:女,本科在读,学生

通信作者:渠利霞, qulixia@zzu.edu.cn

收稿:2020-03-12;修回:2020-05-09

要通过移动头部与 ASD 儿童形成共同注意,还可以表达愉快、兴奋等情绪并伴随音乐舞蹈^[12]。Charlie 机器人是一个绿色的毛绒玩具,它能够通过移动两只手臂鼓励 ASD 儿童模仿它的行为或捕捉并模仿儿童的手部动作来引起他们的注意^[22]。FACE 机器人是一个高度仿真的人脸,可以展现六种基本情绪(快乐、悲伤、惊讶、愤怒、厌恶和恐惧)的面部细节,帮助 ASD 儿童识别不同表情并迁移至日常生活中^[23]。

3 使用社交机器人进行干预的方式

3.1 作为玩伴 游戏在培养儿童社交能力的过程中发挥着重要作用^[24]。ASD 儿童难以与其他儿童进行游戏活动,而社交机器人作为玩伴可以为 ASD 儿童提供安全、愉快的游戏环境,鼓励孩子无所畏惧地进行游戏互动^[10]。社交机器人参与的游戏互动可分为个人游戏和团体游戏。个人游戏中社交机器人能够根据儿童的喜好和干预目标设计游戏环节,并为他们提供具有安全感的环境,以便引出理想的社交行为;而团体游戏营造的氛围更贴近日常生活,社交机器人可帮助 ASD 儿童认识其他游戏同伴,学会“轮流”的游戏规则,并与同伴分享自己的乐趣与愉悦^[16]。

3.2 作为社会互动的中介 此干预方式中最典型的是三元交互模式,包括 ASD 儿童、机器人和同伴^[25]。该模式的治疗目标是将 ASD 儿童在干预过程中习得的社交技能运用到与同伴的交往中,当护理人员作为同伴参与三元交互时,社交机器人可引导 ASD 儿童与护理人员形成共同注意,从而快速建立双方的情感联系,协助护理工作推进^[10]。

3.3 作为社交行为代理模型 社交机器人可以为 ASD 儿童展示在特定情景下的社会交往行为,刺激儿童通过模仿学习和强化指定的社交技能。如机器人 Probo 可通过讲述具有特定社交情景的小故事教授儿童在不同场景进行互动,包括何时说“你好”“谢谢”,同时社交机器人还能通过面部表情和眼神表达情绪,帮助 ASD 儿童理解和学习社会交往行为^[21]。

4 社交机器人在 ASD 儿童照护中的应用效果

4.1 提高眼神接触与引起共同注意 眼神接触是一项基本的社交技能,儿童可通过眼神接触向外界表达对物体的兴趣,并通过眼神的交换产生与外界的共同注意^[26]。ASD 儿童常因缺乏眼神接触而难以产生共同注意,从而丧失学会社会互动的先决条件。社交机器人可作为媒介引发 ASD 儿童与他人的眼神接触,促进产生共同注意^[27]。Yun 等^[18]选取韩国 15 名 ASD 儿童,随机将其中 8 名分为实验组(机器人 iRo-biQ 和 CARO 参与干预训练过程),7 名分为对照组(2 名护理人员参与干预训练过程),对他们进行社交能力干预训练,发现实验组 ASD 儿童眼神接触频率显著增加,且优于对照组。Simut 等^[28]研究 ASD 儿童与 Probo 机器人一起制作水果沙拉,对照组与人类同伴一起制作,结果显示实验组 ASD 儿童与 Probo

产生了更多的眼神接触。Kumazaki 等^[14]将 30 名 ASD 儿童与 38 名正常儿童随机分配到干预组和对照组,机器人干预组中,儿童与“人类 A”“CommU 面聊机器人”进行交互,对照组与“人类 A”“人类 B”进行交互,结果显示干预组 ASD 儿童在与 CommU 的交互中共同注意得分提高了 0.69,对照组 ASD 儿童的共同注意得分降低了 0.25,差异有统计学意义,表明机器人干预成功改善了 ASD 儿童的共同注意。Boccanfuso 等^[29]设计了一种“帽子游戏”对 3 名 ASD 儿童进行了为期 6 个月的社交能力干预,游戏过程中,ASD 儿童在提示下为机器人 Charlie 戴上帽子,并问:“Charlie,你喜欢戴帽子么?”机器人可通过回答引起孩子的注意并鼓励他们继续游戏,游戏通过轮流的模式,引导 ASD 儿童与同伴进行游戏互动,干预结束后,3 名 ASD 儿童共同注意平均增长了 98.3%,其中 1 名 ASD 儿童在干预后主动与父母进行“帽子游戏”,且 3 名 ASD 儿童在干预过程中发出请求和社交互动的频率显著提高。总之,ASD 儿童与社交机器人的交互过程可改善眼神接触并形成共同注意,促进 ASD 儿童主动发出社交行为。

4.2 通过模仿学习强化新技能 模仿是学习社交行为的有效途径^[26],也是重要的社交技巧,但 ASD 儿童具有严重的模仿障碍,难以通过模仿自学社交技能。社交机器人可以激发 ASD 儿童的模仿冲动,诱导儿童的自发模仿行为,帮助他们学习强化新技能。Zheng 等^[30]提出了一种针对 ASD 儿童的机器人介导的模仿技能培训架构(包括 Nao 机器人、用于姿势识别的摄像机、用于评估模仿姿势的姿势识别算法和反馈机制),对 4 名 ASD 儿童和 6 名正常儿童进行实验,每组都选用机器人和人类治疗师展示一套手臂动作(包括举起一只手、挥动、举起双手、手臂向侧面伸出),结果显示 ASD 儿童关注机器人的时间比人类治疗师多 11%,且 ASD 儿童模仿机器人的得分高于人类治疗师。此外,在康复过程中,护理人员还可通过更换机器人的衣服使它扮演不同的角色,并为 ASD 儿童展示不同的社交行为,如打招呼、向警察问路等,以便儿童能够从实际生活中理解并模仿不同环境下的适当行为^[27]。

4.3 提高面部情绪识别能力 面部情绪识别在社交过程中起着至关重要的作用,是社交能力整体发展的良好指标。ASD 儿童难以识别面部表情和理解他人的情绪状态^[31]。Yun 等^[18]设置了一种面部情绪识别任务,ASD 儿童需说出机器人呈现的面部表情中蕴含的情绪,结果显示,ASD 儿童面部情绪识别的准确性从第 1 次到第 4 次显著增加。Anamaria 等^[32]利用机器人 Probo 研究了 3 名 ASD 儿童基于情景的情绪识别能力,A 阶段儿童在机器人未展现面部表情的情况下被治疗师提问特定情景下 Probo 应具有的情绪;B 阶段在机器人展现愉快或悲伤的情绪下回答上述

问题,结果显示,ASD 儿童正确识别情绪的数量由 A 阶段的 16~19 个增加为 B 阶段的 33~35 个。上述两项实验共同表明,社交机器人有助于提升 ASD 儿童的面部情绪识别能力。

4.4 主动发起社交行为 主动发起互动是 ASD 儿童最为缺乏的一项技能。Boccanfuso 等^[29]的研究发现,3 名 ASD 儿童与社交机器人交流后的自发语言平均增加了 35.3%,2 名儿童的平均会话长度有所增加,1 名儿童虽未表现出自发语言的增加,但产生自发语言的前提—模仿和共同注意均有显著提升。Vanderborcht 等^[21]的研究中,4 名 ASD 儿童在机器人 Probo 模拟社交场景后,仅需较少的外界提示便可主动发起互动,且其中 1 名儿童不需提示即可完成任务。实验显示,ASD 儿童不仅针对机器人的社交行为增加,而且对同伴主动发起了更多的言语行为及共同关注^[19,28]。此外,社交机器人能够在游戏中帮助 ASD 儿童培养轮流的概念,意识到社交互动中同伴的存在,并教会他们在说话做事前后等待同伴的回应,例如孩子将球踢向机器人后要等待机器人将球踢回^[10]。上述社交机器人介导的干预均有助于 ASD 儿童学会主动发起社交行为。

4.5 减少护理人员的工作量 ASD 儿童的社交技能培训需要花费大量的时间和重复性工作,社交机器人介导的干预模式可以作为一种辅助手段来减轻护理人员的工作负担。社交机器人的行为干预对改善 ASD 儿童眼神接触^[28]、共同注意^[14]和面部情绪识别的效果均优于护理人员,这表明机器人是 ASD 儿童社交技能训练的良好引导者。国内一项研究显示,ASD 儿童在机器人介导的干预模式下虽对共同注意的目标物体关注不足,但对机器人有着更高的注意,故社交机器人可以代替护理人员引导儿童进行注意力的过渡以形成共同注意^[33]。ASD 的高异质性决定了护理人员需要对儿童制定独特的干预计划以满足其特定的治疗需求,此过程耗时耗力,但机器人可根据 ASD 儿童特点设置不同的社交场景及任务,定制个性化干预方案,对不同个体进行特殊照护,并进行重复训练强化技能^[34]。社交机器人主导的康复训练不仅满足了 ASD 儿童干预治疗的个性化及强化训练的需求,也避免了护理人员的大量重复性工作,减少了护理人员的工作量。

5 小结

社交机器人作为人工智能背景下的产物,易引起 ASD 儿童和护理人员的兴趣,能够提高 ASD 儿童的社交能力,具有安全性高、易于操作、针对性强、节约人力等优点。但目前社交机器人在 ASD 儿童照护中的应用仍存在一些问题,如 ASD 儿童在参与机器人介导的护理干预中,其社交能力提升的良好效果可能与机器人对儿童产生的新刺激有关,而干预效果能否

迁移至 ASD 儿童的日常生活仍有待研究。Zheng 等^[30]发现,ASD 儿童在干预训练过程中表现出眼神接触频率增加而后急剧减少的变化趋势,最初的急剧增加可能只是对新鲜刺激的反应。Huijnen 等^[27]提出,ASD 儿童可能会依赖某些护理人员,若以社交机器人作为治疗师,需要关注 ASD 儿童是否会对社交机器人产生依赖。当前社交机器人干预尚缺乏规范化指南,参与的实验往往只涉及案例研究,干预时间较短,缺少大规模的纵向研究及评估标准,未来的干预需要大样本的随机对照试验以评估不同类型的社交机器人对 ASD 儿童社交能力改善的效果,为临床实践提供参考。我国在 ASD 儿童中应用社交机器人的研究罕见报道,在国内 ASD 儿童照护领域中实施社交机器人干预不仅为 ASD 儿童及其照顾者带来益处,也能促进多学科的交叉融合发展。

参考文献:

- [1] 邹小兵,邓红珠.美国精神疾病诊断分类手册第 5 版“孤独症谱系障碍诊断标准”解读[J].中国实用儿科杂志,2013,28(8):561-563.
- [2] Baio J, Wiggins L, Christensen D L, et al. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring Network, 11 Sites, United States, 2014[J]. MMWR Surveill Summ,2018,67(6):1-23.
- [3] 沙庆庆.0-6 岁自闭症儿童智慧康复教室的研发与应用[D].上海:华东师范大学,2019.
- [4] 易容芳,吉彬彬,唐四元.自闭症儿童照顾者健康相关生活质量及其影响因素研究进展[J].护理学杂志,2012,27(19):95-97.
- [5] Wan G, Deng F, Jiang Z, et al. Attention shifting during child-robot interaction: a preliminary clinical study for children with autism spectrum disorder[J]. Front Inform Tech El,2019,20(3):374-387.
- [6] Deckers A, Roelofs J, Muris P, et al. Desire for social interaction in children with autism spectrum disorders [J]. Res Autism Spect Dis,2014,8(4):449-453.
- [7] 张新新,王芳,杨广学.机器人技术在自闭症谱系障碍儿童教育中的应用研究进展[J].中国特殊教育,2018(11):24-32.
- [8] Fong T, Nourbakhsh I. Socially interactive robots[J]. Robot Auton Syst,2003,42(3-4):139-141.
- [9] Dautenhahn K. Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction[J]. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci,2007,362(1480):679-704.
- [10] Cabibihan J, Javed H, Ang Jr M, et al. Why robots? A survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism[J]. Int J Soc Robot, 2013,5(4):593-618.
- [11] Pennisi P, Tonacci A, Tartarisco G, et al. Autism and social robotics: a systematic review [J]. Autism Res, 2016,9(2):165-183.
- [12] Peca A, Simut R, Pintea S, et al. How do typically de-

- veloping children and children with autism perceive different social robots? [J]. *Comput Hum Behav*, 2014 (41):268-277.
- [13] Anzalone S M, Tilmont E, Boucenna S, et al. How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D+time) environment during a joint attention induction task with a robot[J]. *Res Autism Spect Dis*, 2014, 8(7):814-826.
- [14] Kumazaki H, Yoshikawa Y, Yoshimura Y, et al. The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders[J]. *Mol Autism*, 2018, 9:46.
- [15] Billard A, Robins B, Nadel J, et al. Building robota, a mini-humanoid robot for the rehabilitation of children with autism[J]. *Assist Technol*, 2007, 19(1):37-49.
- [16] Wainer J, Robins B, Amirabdollahian F, et al. Using the humanoid robot KASPAR to autonomously play triadic games and facilitate collaborative play among children with autism[J]. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, 2014, 6(3):183-199.
- [17] Duquette A, Michaud F, Mercier H. Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism[J]. *Auton Robot*, 2008, 24(2):147-157.
- [18] Yun S S, Choi J, Park S K, et al. Social skills training for children with autism spectrum disorder using a robotic behavioral intervention system [J]. *Autism Res*, 2017, 10(7):1306-1323.
- [19] Kim E S, Berkovits L D, Bernier E P, et al. Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism[J]. *J Autism Dev Disord*, 2013, 43(5):1038-1049.
- [20] Dehkordi P S, Moradi H, Mahmoudi M, et al. The design, development, and deployment of RoboParrot for screening autistic children[J]. *Int J Soc Robot*, 2015, 7(4):513-522.
- [21] Vanderborght B, Simut R, Saldien J, et al. Using the social robot probo as a social story telling agent for children with ASD[J]. *Interact Stud*, 2012, 13(3):348-372.
- [22] Boccanfuso L, O'Kane J M. CHARLIE: an adaptive robot design with hand and face tracking for use in autism therapy[J]. *Int J Soc Robot*, 2011, 3(4):337-347.
- [23] Pioggia G, Iglizzi R, Ferro M, et al. An android for enhancing social skills and emotion recognition in people with autism[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2005, 13(4):507-515.
- [24] Pop C A, Pintea S, Vanderborght B, et al. Enhancing play skills, engagement and social skills in a play task in ASD children by using robot-based interventions: a pilot study[J]. *Interact Stud*, 2014, 15(2):292-320.
- [25] Kozima H, Nakagawa C, Yasuda Y. Children-robot interaction: a pilot study in autism therapy[J]. *Prog Brain Res*, 2007, 164:385-400.
- [26] Scassellati B, Admoni H, Mataric M. Robots for use in autism research[J]. *Annu Rev Biomed Eng*, 2012, 14(1):275-294.
- [27] Huijnen C, Lexis M, Jansens R, et al. Roles, strengths and challenges of using robots in interventions for children with Autism Spectrum Disorder (ASD)[J]. *J Autism Dev Disord*, 2019, 49(1):11-21.
- [28] Simut R E, Vanderfaeillie J, Peca A, et al. Children with autism spectrum disorders make a fruit salad with Probo, the social robot: an interaction study[J]. *J Autism Dev Disord*, 2016, 46(1):113-126.
- [29] Boccanfuso L, Scarborough S, Abramson R K, et al. A low-cost socially assistive robot and robot-assisted intervention for children with autism spectrum disorder: field trials and lessons learned[J]. *Auton Robot*, 2017, 41(3):637-655.
- [30] Zheng Z, Young E M, Swanson A R, et al. Robot-mediated imitation skill training for children with autism[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2016, 24(6):682-691.
- [31] Robins B, Dautenhahn K, Boekhorst R T, et al. Robotic assistants in therapy and education of children with autism: can a small humanoid robot help encourage social interaction skills? [J]. *Universal Access Inf*, 2005, 4(2):105-120.
- [32] Anamaria P, Ramona S, Sebastian P, et al. Can the social robot Probo help children with autism to identify situation-based emotions? A series of single case experiments[J]. *Int J Hum Robot*, 2013, 10(3):1350025.
- [33] Cao W, Song W, Li X, et al. Interaction with social robots: improving gaze toward face but not necessarily joint attention in children with autism spectrum disorder [J]. *Front Psychol*, 2019, 10:1503.
- [34] Huijnen C, Lexis M, Jansens R, et al. How to implement robots in interventions for children with autism? A cocreation study involving people with autism, parents and professionals [J]. *J Autism Dev Disord*, 2017, 47(10):3079-3096.

(本文编辑 韩燕红)