

# 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

张新新\* 王芳 杨广学\*\*

(华东师范大学特殊教育学系 上海 200062)

**摘要** 随着人工智能技术的发展,机器人技术与特殊教育的结合越来越紧密。本文回顾了过去十年间机器人技术在自闭症儿童教育领域的应用研究,从机器人类型和应用对象、应用领域、应用成效三方面对当前的应用实践进行分析。在此基础上,本文认为未来应进行更多的验证性研究,以明确机器人在自闭症儿童教育中的作用;进一步深化并拓宽机器人技术的应用领域;更加关注人机互动中自闭症儿童的情绪体验,满足儿童的个别化需求;突破应用技术上的瓶颈,提高机器人的灵活性,更加关照儿童在生态化环境中的整体体验。

**关键词** 自闭症谱系障碍 机器人技术 教育 研究进展

**分类号** G760

## 1 引言

自闭症谱系障碍(以下简称自闭症)是一种神经发育障碍,伴有社会沟通障碍和局限的兴趣、重复的行为两大问题<sup>[1]</sup>。美国疾病防控中心2018年公布的最新统计数据显示,自闭症的流行率已上升到1:59<sup>[2]</sup>。相应地,针对自闭症儿童的教育干预技术层出不穷。2014年美国国家自闭症专业发展中心把科技辅助指导和干预(Technology-Aided Instruction and Intervention, TAI)列为自闭症干预的循证实践<sup>[3]</sup>。近年来,以机器人为代表的人工智能技术已经广泛应用到自闭症儿童的教育、康复、娱乐和辅助治疗等不同领域,并取得了积极的效果。

1976年Weir和Emanuel首次把机器人技术应用到自闭症领域,他们用机器人LOGO对一名自闭症儿童进行干预训练并取得了积极的效果<sup>[4]</sup>。机器人开始大规模地运用到自闭症儿童教育领域始于1998年英国教授Dautenhahn主持的“南极光计划”(Autonomous Robotic platform as a Remedial tool for children with Autism, AuRoRA project)。他们认为社交行为最好的模仿对象虽然是人类,但是人类的社会行为太过微妙、复杂且不可预测,而很多自闭症儿童喜欢玩机械玩具和电脑,因此利用机器人为媒介改善自闭症儿童的社交和沟通技能<sup>[5]</sup>。迄今为止,机器人技术在自闭症领域中的应用已不再局限于社会沟通能力的干预,开始向更加深广的方向延伸。

现已有大量研究证实了机器人技术作为教育媒介在自闭症儿童诊断评估、社会交往技能、感知动作等训练领域中的有效性。作为新技术,机器人在自闭症儿童的评估和干预中有很大的优势。首先,机器人新奇的外表、音效和可视化的内容(图片和视频)有利于吸引自闭症儿童的注意力,提升他们的学习参与度,帮他们获得积极的学习体验。其次,机器人技术用于自闭症儿童的教育康复时,根据自闭症儿童的个别化需求,实现了现代技术与多种教学策略的整合。第三,机器人作为诊断和干预媒介,提高了记录和分析数据的客观性和准确性。第四,机器人简单的造型设计有利于减少自闭症儿童的困惑和过度刺激<sup>[6]</sup>,机器人提供的可预测的行为契合了自闭症儿童坚持可预测性的特点。

随着人工智能技术的不断革新、性能的不断优化,机器人技术在自闭症领域中的应用展现出广阔的前景。本研究的目的是回顾近十年机器人技术在自闭症儿童教育中的应用研究,以期明确机器人技术在自闭症儿童教育领域中的作用,为未来的研究提供参考和新思路。

## 2 文献检索和筛选

本文检索了2008—2018年期间发表的有关机器人技术应用在自闭症儿童教育领域中的文献。检索的数据库为EBSCO总平台中的Academic Search Premier、Eric、PsycINFO,采用布尔逻辑/词组检索模式,英文检

\* 张新新,博士研究生,研究方向:特殊儿童发展与教育。E-mail: xxzhang1231@163.com。

\*\* 通讯作者:杨广学,教授,博士。研究方向:心理学和心理治疗、特殊儿童教育。E-mail: yanggx2789@163.com。

索词为“autism”“ASD”与“robot”等词的组合,共检索出文献 295 篇,排除重复文献和不符合标准的文献后,得到有效文献 32 篇,筛选的标准如下:(1) 发表时间为 2008—2018 年,并通过同行评审的期刊论文和会议论文;(2) 研究对象包括 3—18 岁的自闭症谱系障碍儿童;(3) 把实体机器人(不是电脑模拟软件)应用于自闭症领域;(4) 非旨在设计和开发机器人或相关软

件的文章;(5) 非书籍章节、理论性文章、综述、未发表的会议论文。

### 3 研究结果

符合本研究纳入条件的文献共有 32 篇,基本信息见表 1。本研究将从机器人的类型和应用对象、应用领域以及应用成效三个方面进行分析。

表 1 文献基本信息

研究者及年份	研究对象(被试数量,年龄,性别)	机器人	应用领域
François 等(2009)	6, 7—10 岁, 5 男 1 女	Sony Aibo ERS-7	游戏、推理和情绪
Giannopulu 等(2010)	4, 7—9 岁, 3 男 1 女	GIPYI	社会交往
Tapus 等(2012)	4, 2.5—6 岁, 男	NAO	社会交往
Vanderborght 等(2012)	4, 4—9 岁, 2 男 2 女	Probo	社会交往
Huskens 等(2013)	6, 8—14 岁, 男	NAO	社会交往
Kaur 等(2013)	1(15), 11 岁, 性别不详	Isobot	动作技能
Kim 等(2013)	24, 4—12 岁, 21 男 3 女	Pleo	社会交往
Pop 等(2013)	2, 5—6 岁, 1 男 1 女	Robonova	社会交往
Pop 等(2013)	20, 4—9 岁, 性别不详	Probo	社会交往
Srinivasan 等(2013)	1(16), 7 岁, 男	Isobot	动作技能
Anzalone 等(2014)	16(32), 平均 9.25 岁, 性别不详	NAO	社会交往
Pop 等(2014)	11, 4—7 岁, 男	Probo	社会交往
Wainer 等(2014)	6, 6—8 岁, 5 男 1 女	KASPAR	社会交往
Costa 等(2015)	8, 6—9 岁, 男	KASPAR	社会交往
Costescu 等(2015)	41(81), 4—13 岁, 性别不详	Keepon	认知灵活性
Dehkordi 等(2015)	36(52), 平均 4.7 岁, 性别不详	RoboParrot	诊断评估
Huskens 等(2015)	3(6), 5—11 岁, 男	NAO	社会交往
Peca 等(2015)	21, 4.5—8 岁, 18 男 3 女	Robonova	社会交往
Srinivasan 等(2015)	36, 5—12 岁, 32 男 4 女	NAO, Rovio	动作技能
Srinivasan 等(2015)	36, 5—12 岁, 32 男 4 女	NAO, RovioTM	重复行为和情绪
Warren 等(2015)	6, 2.5—4.5 岁, 性别不详	NAO	社会交往
Costescu 等(2016)	41(80), 5—11 岁, 性别不详	Keepon	诊断评估
Giannopulu 等(2016)	20(40), 6—7 岁, 14 男 6 女	Pekoppa,	社会交往
Simut 等(2016)	30, 5—8 岁, 27 男 3 女	Probo	社会交往
Srinivasan 等(2016)	36, 5—12 岁, 32 男 4 女	NAO, Rovio	社会交往
Valadão 等(2016)	5(10), 7—8 岁, 4 男 1 女	MARIA	社会交往
Wijayasinghe(2016)	4(8), 6—12 岁, 性别不详	Zeno	诊断评估
Costescu 等(2017)	27, 6—12 岁, 性别不详	Keepon	社会交往和情绪控制
Moorthy 等(2017)	5, 4—10 岁, 性别不详	Robotic Kit	动作技能
Yun 等(2017)	15, 4—7 岁, 性别不详	iRobi, CARO	社会交往
Kumazaki 等(2018)	11(19), 3—17 岁, 性别不详	ACTROID-F	诊断评估
Taheri 等(2018)	6, 6—15 岁, 男	NAO, Alice	社会交往

注:研究对象一栏括号中数字表示被试总人数,括号外数字为参与数据分析的被试数目,个别研究中有些被试数据因某些原因没做分析的,则不做统计。

### 3.1 机器人类型和应用对象

#### 3.1.1 机器人的类型

基于有效文献,应用于自闭症儿童教育中的机器人大致可以分为两类:人形机器人(humanoid robot)和玩具机器人(toy robot)。其中,人形机器人有两种:机械型人形机器人和仿真型人形机器人。机械型人形机器人虽然具有人体的基本结构,但是通常材质坚硬,身材一般比较矮小,应用比较广泛的机械型机器人是NAO。NAO机器人为塑料材质,身高约58cm,体重4.3kg,具有25个自由度,可完成多种复杂的全身动作,如行走、使用肢体语言等。机器人体内装有摄像头、麦克风、扬声器和多个传感器,可捕捉环境中的信息,在互动中识别语音,定位声源。多个发光二极管(LED)遍布身体及眼部,可用于进行非语言交流。他既能发出标准的机器声音,也可发出提前录入的真人声音<sup>[7-8]</sup>。仿真型人形机器人则完全按照人体比例和外形制作,外貌如真人,如ACTROID-F,其外表是一位成年女性,皮肤白皙,四肢和五官等人体器官悉数齐

全,同时还有多种表情变化,能够打招呼与提问<sup>[9]</sup>。

玩具机器人根据外形又可分为动物机器人和其他造型的机器人。动物机器人指外形为动物造型的机器人,常见的动物机器人有大象、鹦鹉和恐龙等造型。其中大象机器人Probe的外形是一只绿色的填充大象,它有眼神注视和面部表情,会眨眼、扇动耳朵、动嘴、点头和摇头,会说话(输入的真人录音)<sup>[10]</sup>。还有一些外部造型奇特的玩具机器人在自闭症领域中的应用同样很广泛,比如Keepon和Pekoppa。Keepon身高12cm,像一个黄色的雪人,多用于儿童的社交干预。他的两只眼睛里安装有摄像头,鼻子里隐藏着小型麦克风,身体为硅胶制成,非常柔软。底座内安装的四个小型发动机,使得它可以前后点头40°,左右旋转180°,左右摇摆25°,向上探头15mm。它会注视,会跟着旋律跳舞,被触摸时可以做出多种姿势回应<sup>[11]</sup>。Pekoppa形似有两片叶子的植物,儿童跟它说话时,叶子可点头做出回应<sup>[12]</sup>。

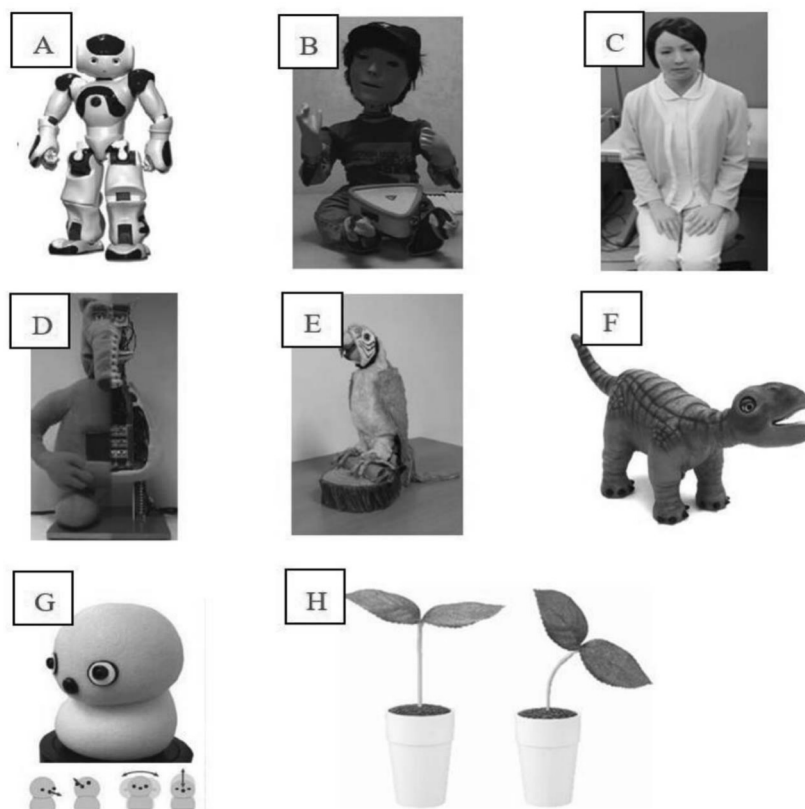


图1 常用于自闭症儿童干预的部分机器人

注: A 是机器人 NAO, B 是机器人 KASPAR, C 是机器人 ACTROID-F, D 是机器人 Probo, E 是机器人 RoboParrot, F 是机器人 Pleo, G 是机器人 Keepon, H 是机器人 Pekoppa。

#### 3.1.2 研究对象

纳入研究的32篇文献的被试共包括自闭症儿童492人,样本规模介于1—41人之间,年龄范围介于

2—17岁之间。其中,已知性别信息的被试共计269人,男性235人,约占87%;女性34人,约占13%。

### 3.2 应用领域

#### 3.2.1 诊断评估

目前而言,自闭症的诊断和评估主要通过有资质的专家使用标准化的工具,对自闭症儿童的临床行为进行观察加以判定。机器人技术的发展使得专业领域内对自闭症儿童的诊断和评估更加趋向智能化。例如,Wijayasinghe 等人<sup>[13]</sup>用机器人 Zeno 测量自闭症儿童的动作模仿能力:机器人做出特定动作让被试模仿,然后捕捉并分析被试的动作,判断其模仿的精准度。结果显示自闭症儿童的动作模仿能力明显低于普通儿童,他们提议用这种方法衡量自闭症儿童的模仿水平,并用于自闭症儿童的诊断。Dehkordi 等人<sup>[14]</sup>通过观察儿童与机器人互动时表现出的行为特点,对应 DSM 规定的行为诊断标准,对儿童进行自闭症的筛查和诊断,90% 的准确率证实了机器人在自闭症诊断中的积极作用。除此之外,为了使自闭症儿童的干预更有针对性,有研究者试图利用机器人鉴定自闭症的“内表型”。如 Kumazaki 等人<sup>[15]</sup>利用仿真人形机器人 AC-TROID-F 测试自闭症儿童及其父母对机器人的认知。实验中,机器人在研究者的遥控下和被试进行半结构性对话。事后要求被试对机器人的“人性特质”进行印象打分,人性特质包括:自然、积极、能干、友好、像真人等。结果显示,相对于控制组,自闭症儿童及其父母的打分显著较高,即自闭症儿童及其父母更倾向于认为机器人具有人类特性。因此,他们提议把自闭症儿童对人形机器人“人性特质”的判断作为自闭症的一种内表型。也有研究者用机器人来评估自闭症儿童的身心发展特点,如 Costescu 等<sup>[16]</sup>运用机器人 Keepon 探索了自闭症儿童情感、信念和行为发展的特点,结果显示自闭症儿童在任务中的适应不良行为和非理性信念(尤其是绝对要求)较多,功能性情感较少。

#### 3.2.2 社会交往

机器人用于自闭症儿童社会交往能力的干预涉及多个次级能力领域,其中包括表情识别、眼神接触、肢体接触、共同注意、模仿、分享、语言表达和社会协作能力等。社会交往能力的训练通常存在较多交叉,也就是说一项研究通常针对多个次级能力领域。因此,笔者从干预方法的角度进行分析。纳入的文献中常见的社会技能训练方法大致可分为协作性游戏、创设社交情境、模仿游戏和机器人与其他治疗技术相结合四类。

第一类,通过协作性游戏对自闭症儿童进行社会技能的训练。协作性游戏通常由两个以上成员组成小组,小组成员必须相互协作才能完成任务,这一过程创造了很多社会互动的机会。协作游戏中机器人扮演的角色通常有两种,一种是作为游戏指导者,比如在

Huskens 等人<sup>[17]</sup>设计的乐高游戏中,自闭症儿童和普通同伴组成两人小组,一人负责看搭建说明,一人负责动手搭建。机器人在治疗师的电脑操控下扮演指导者的角色,负责解说游戏规则并在适当的时候进行社交提示,指导小组合作。机器人的第二种角色是作为儿童的游戏伙伴。例如 Simut 等人<sup>[18]</sup>采用的“合作沙拉”活动中,自闭症儿童与大象机器人 Probe 一起做沙拉。儿童需根据机器人同伴的眼神、面部表情和语言来判断他对水果的喜好,做出同伴喜欢的水果沙拉。相似地, Kim 等人<sup>[19]</sup>的研究中使用了相似的任务范式,恐龙机器人 Pleo 和自闭症儿童一起玩积木,机器人通过语言和面部表情来表达自己的喜好,儿童选择机器人喜欢的积木颜色,主试在每个环节都会提示被试说出机器人当时的情绪状态,以训练儿童的表情识别能力。

此外,假装游戏和多人互动游戏也是比较常见的合作游戏类型,如在假装游戏中儿童扮演医生,机器人或主试扮演病人,病人表达需求,等待医生进行回应<sup>[20]</sup>。Taheri 等人<sup>[21]</sup>设计了多种人机互动游戏,有儿童-机器人双人互动模式和儿童-机器人-父母/同伴/治疗师多人互动模式,如一起弹木琴、一起进行物品识别和分类游戏,在游戏过程中不但训练了自闭症儿童的共同注意、分享和轮流等社交能力,还加入了少量认知训练的内容。

第二类,创设社交情景发展自闭症儿童的社会技能。如在儿童熟悉机器人以后,机器人通过发表一些评论性的言论,给儿童提供主动提问的机会,如“我会跳很酷的舞”,如果儿童在一定时间内没有回应,机器人则不断给予不同程度的社交提示<sup>[22]</sup>。也有的研究试图利用儿童对机器人的关注,引发儿童的共同注意。如在 Anzalone 等人<sup>[23]</sup>的研究中,机器人 NAO 反复地先看看儿童,再看看房间墙壁上的动物画像,每重复一次则增加一些社交线索,如手势和口语。如机器人看看儿童,再看向墙上的图片,同时指着图片说“看那儿!”

第三类,通过模仿游戏诱发自闭症儿童的社会交往行为。模仿游戏一般分为三种模式:机器人模仿儿童、儿童模仿机器人和儿童模仿主试。在机器人模仿儿童的模式中,儿童每有一个动作,机器人都进行即时模仿,以期诱发儿童的社交注意。如 Peca 等人<sup>[24]</sup>设计的模仿游戏中,儿童和机器人围着桌子面对面坐着,他们面前各有三个大按钮,按钮内置 LED 灯(分别是红色、黄色和蓝色),按压按钮会发光并伴有旋律。儿童按压某一按钮后,对面的机器人同伴将模仿他按同样的或不同的按钮,试图引起儿童的注意。在儿童模仿机器人的模式中,一般都会由主试先示范,如主试每做

\* 内表型(endophenotype)的概念在20世纪70年代由Gottesman和Shields提出,指与疾病外在症状和基因成分相关的生物指标,可通过神经生理、生物化学、神经解剖或认知等方式进行测量。基于内表型的分析,有利于建立疾病诊断和分类的生物学基础。

一个动作都会跟儿童讲“跟着我做!”要求儿童模仿,然后机器人把主试先前的动作在儿童面前重复一遍,试图引起儿童的注意和模仿<sup>[25]</sup>。在儿童模仿主试的模式中,通常做法是主试示范如何与机器人互动,然后鼓励儿童模仿主试的行为,进而参与到与机器人的互动中<sup>[26]</sup>。

第四类,将机器人与其他干预技术结合使用。机器人技术与现有干预技术的整合,为传统的干预技术提供了新的可能性。如 Vanderborgh 等人<sup>[27]</sup>结合机器人和社会故事法,他们根据儿童的社交缺陷设计社会故事,由机器人 Probo 为自闭症儿童读社会故事,之后给儿童提供社交情境,使其有机会使用刚学会的社交技能。也有研究者把机器人与认知行为疗法(Cognitive Behavioral Therapy, CBT)疗法相结合,旨在提高儿童的社交策略,改变非理性信念,改善儿童在愤怒和悲伤状态下的适应行为,减少负面情绪的强度<sup>[28]</sup>。还有研究者把机器人与非指导性游戏治疗技术相结合,训练自闭症儿童的游戏和互动能力<sup>[29]</sup>。

### 3.2.3 感知动作

机器人在自闭症儿童感知动作领域的应用主要集中在肢体协调能力和动作模仿能力两方面。比较常见的做法是结合音乐和舞蹈动作,使自闭症儿童和机器人在相互模仿中提高动作技能和肢体协调能力。此外,还有研究者把动作技能的训练与认知学习结合在一起,如 Moorthy 等人<sup>[30]</sup>让儿童使用操纵杆控制机器人手臂,锻炼手眼协调能力和手部抓握能力,同时学习“上、下、左、右”等方位概念。Costa 等人<sup>[31]</sup>使用 KASPAR 机器人训练自闭症儿童的动作技能,同时教他们识别身体部位。机器人指着自己的身体部位(比如头)说“这是我的头,你的头在哪里?”儿童需指出自己相应的身体部位,而后机器人逐渐增加任务难度,要求一次性指出几处身体部位,如“头和肚子”“头、肚子和脚”。

### 3.2.4 其他领域

除了以上几大领域,也有研究者试图探索机器人在自闭症儿童其他发展领域中的作用,如 Costescu 等人<sup>[32]</sup>探索了机器人 Keepon 在自闭症儿童认知灵活性上的作用。也有研究者试图通过自闭症儿童和机器人共同参与运动主题活动,来改善自闭症儿童的刻板行为和情绪状态<sup>[33]</sup>。

## 3.3 应用成效

### 3.3.1 社会交往

本文纳入的32篇文献中有关社交技能的文章有20篇,其中16篇研究结果证明机器人能够促进自闭症儿童社会交往能力的发展。具体表现为:自闭症儿童与机器人同伴互动时发生的口语交流更多<sup>[34-35]</sup>、眼神接触<sup>[36-37]</sup>、共同注意<sup>[38]</sup>、主动发起的社交行为<sup>[39]</sup>的

频率和情绪识别的正确率<sup>[40]</sup>显著提高,自闭症儿童社会表达的独立性<sup>[41]</sup>增强,在分享行为等社交行为上需要的提示显著减少<sup>[42]</sup>。此外,与机器人进行游戏使得自闭症儿童的游戏水平有所提升,游戏过程中体现出来的社交推理能力有所改善<sup>[43]</sup>,与机器人互动的自闭症儿童在游戏能力和游戏参与上的表现明显优于与真人互动的儿童,刻板行为也相对减少<sup>[44]</sup>。不仅如此,在自闭症儿童、机器人和实验人员三人互动的情境下,儿童不仅与机器人同伴的互动和社会交往行为增多,同时自闭症儿童与实验人员的口语交流也增多<sup>[45]</sup>。三者互动中,自闭症儿童指向机器人同伴的目光注视慢慢减少,指向实验人员目光注视慢慢增多,机器人充当了自闭症儿童与实验人员社会交往的中介<sup>[46]</sup>。

但是也有少数研究得出消极的结果:机器人在自闭症儿童社会交往训练中并不能诱发社交行为。如在以机器人为中介的乐高游戏中,自闭症儿童主动发起和回应社交行为的次数和与同伴的游戏时间并没有得到显著提高<sup>[47]</sup>。尽管自闭症儿童在与机器人玩电子游戏时更投入、兴趣更浓,但是与真人玩游戏时显出更多的社会协作行为<sup>[48]</sup>。相比人-机互动,儿童在与治疗师的互动中共同注意表现更优<sup>[49]</sup>。

### 3.3.2 感知动作

本文纳入的有关感知动作的文献均显示机器人在改善自闭症儿童动作技能方面有积极的效果。通过动作模仿游戏训练,自闭症儿童的动作模仿能力、两侧肢体动作协调能力均有提高<sup>[50-51]</sup>,自闭症儿童模仿机器人动作时的错误率有所降低<sup>[52]</sup>。此外,经过训练,自闭症儿童的方位概念知识、手眼协调能力和手部抓握能力均有明显改善。且在后续测验中,治疗师和父母都反馈儿童的动作技能在生活中泛化良好,刻板行为减少,生活适应能力有所改善<sup>[53]</sup>。

### 3.3.3 其他领域

除以上领域以外,本文纳入的涉及其他领域的研究效果不太理想。如认知灵活性任务中,自闭症儿童在与人互动的情境下学习规则更快,与机器人互动情况下,由于对机器人关注较多,认知任务学习中犯错率更高<sup>[54]</sup>。而旨在减少自闭症儿童刻板行为的研究结果显示,自闭症儿童组的重复刻板行为并未得到改善,且儿童在接受干预过程中的情绪水平降低,12名儿童中有8名负面行为增加,9名儿童负面情绪不断增长<sup>[55]</sup>。

## 4 总结与展望

### 4.1 开展更多验证研究,注重被试选择的多样性,进一步明确研究效果

如前所述,使用机器人对自闭症儿童进行干预的个别研究结果存在不一致性。为了进一步明确机器人

在自闭症儿童教育中的作用,除了需要更多的验证研究以外,未来研究还应注意选择不同性别和能力特征的被试,加强对于被试基本信息的收集和描述,以便更清楚地了解研究结果在被试各项特征上的解释力度。同时,应当更加注重纵向的长期追踪,了解自闭症儿童获得的技能在时间和空间上的延续性。

明确干预效果的过程中还存在效果的界定问题。比如根据《现代汉语词典》上的释义,社交是指“社会上人与人的交际往来”<sup>[56]</sup>,而有不少研究中把自闭症儿童与机器人进行的眼神交流、和肢体接触等行为也归为社交行为。如何区别儿童与机器人之间的社交行为与儿童出于好奇而对机器人进行的物化的探索行为似乎还需要进行深入探索。

#### 4.2 关注人机互动中自闭症儿童的情绪体验,满足儿童的个别化需求

本文纳入的32篇文章中,有18篇报告了儿童在参与过程中的情绪体验,其中13篇文章中报告全部或大部分自闭症儿童被试持续地表现出对机器人的兴趣、好奇和喜欢等积极情绪,2篇文章报告了自闭症儿童的积极情绪的强度随时间而减少,3篇文章报告了自闭症儿童与机器人的互动中积极情绪水平降低或产生负面情绪或负面行为。此外,人-机互动和人-人互动时的情绪相比,2篇文章显示自闭症儿童在与机器人互动时比与成人同伴互动时表现出更多的积极情绪,1篇显示两者之间没有差别。

儿童对机器人的态度和情绪体验可能也会受到儿童自身的性别、喜好和性格因素,以及机器人的外貌、功能、实验任务和环境等的影响。有研究显示机器人的语调和外形会影响自闭症儿童的情绪状态和兴趣程度<sup>[57]</sup>。因此,儿童和机器人是否“匹配”,即儿童的个别化需求是否得到满足,可能会影响儿童的参与,进而干扰应用效果。因此,相关研究应根据儿童的身心发展特点以及兴趣爱好选择适合的机器人用于自闭症儿童的诊断和教育干预。

#### 4.3 进一步拓宽机器人技术的应用领域

当前来说,机器人应用的目标领域有限,最主要集中在社交技能领域,其次是动作技能和诊断评估,也有少量研究探索了自闭症儿童在自闭症儿童认知发展和刻板行为等领域的作用。其中,社交技能涉及眼神接触、情绪识别、共同注意、肢体接触、合作游戏、回应和主动发起社交行为、指点和分享行为等方面。动作技能领域包括肢体协调和动作模仿能力的训练,诊断评估包括对儿童进行自闭症诊断和发展能力特点的评估。未来研究在继续深入探究机器人在诊断评估、社会交往和动作技能干预方面应用的同时,应进一步拓宽机器人技术在自闭症儿童教育中的应用领域,如探索机器人在自闭症儿童生活适应能力和职业生涯发展

上的作用等。

#### 4.4 突破应用技术上的瓶颈,提高机器人的灵活性,更加关照儿童在生态化环境中的整体体验

首先,在操作形式上,多数研究中的研究人员对机器人悄悄进行遥控,使机器人的动作和回应看起来像自主自发的,这就是“绿野仙踪”控制范式(Wizard of Oz, WoZ)。在研究者的控制下,机器人或作为治疗师的角色,对自闭症儿童进行任务指导,或作为游戏伙伴,在游戏中与自闭症儿童进行直接的互动,或作为干预的材料工具,用于锻炼儿童某方面的能力。而机器人与自闭症儿童在真实生活层面上的互动则对机器人的灵活性要求更高。因此,如何在技术层面上使机器人摆脱僵化的人为控制,实现更加流畅自然的人机互动,也是一个值得继续探讨的问题。

其次,在干预方法上,机器人技术与多种干预方法相结合,如应用行为分析(ABA)、社会故事法和认知行为疗法(CBT)等。其中,采用ABA干预原理的研究最为广泛,即通过刺激-反应-强化的方式对自闭症儿童进行行为干预。强化方式一般为机器人发出的音效、动作(如点头、招手、靠近或跳舞)或可视化的内容(图片、儿歌视频)。机器人虽然在干预过程中扮演了多重角色,提供了丰富的刺激,然而,大部分干预研究并没有摆脱传统的行为干预模式。在实验室情境中对儿童的社会技能进行分割式的训练,缺乏生态化的整体体验。相关研究应当逐渐从非生态情境转向生态化情境,注重儿童的体验,走进儿童的生活,让儿童借助机器人技术的优势,在真实的生活中学生活、学做事,真正实现技术为儿童发展服务。

#### 参考文献

- 1 美国精神医学学会. 精神障碍诊断与统计手册. 北京: 北京大学出版社, 2016. 46-47
- 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. MMWR Surveillance Summaries, 2018, 67(6): 1-23
- 3 Wong C, Odom S L, Hume K. et al. Evidence-based practices for children, youth, and young adults with Autism Spectrum Disorder. Chapel Hill: The University of North Carolina, Frank Porter Graham Child Development Institute, Autism Evidence-Based Practice Review Group, 2014. <http://autismpdc.fpg.unc.edu/sites/autismpdc.fpg.unc.edu/files/2014-EBP-Report.pdf>, 2018-11-04
- 4 Weir S, Emanuel R. Using LOGO to catalyse com-

- munication in an autistic child. DAREsearchReport , University of Edinburgh , 1976
- 5 The AuRoRA Project. <http://aurora.herts.ac.uk/> , 2018 - 11 - 04
  - 6 Shamsuddin S , Yussof H , Ismail L I , et al. Initial response in HRI - a case study on evaluation of child with Autism Spectrum Disorders interacting with a humanoid robot NAO. *Procedia Engineering* , 2012 , 41( 41 ) : 1448 - 1455
  - 7 23 49 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. *Research in Autism Spectrum Disorders* , 2014 , 8( 7 ) : 814 - 826
  - 8 10 Sartorato F , Przybylowski L , Sarko D K. Improving therapeutic outcomes in autism spectrum disorders: Enhancing social communication and sensory processing through the use of interactive robots. *Journal of Psychiatric Research* , 2017 , 90: 1 - 11
  - 9 15 Kumazaki H , Warren Z , Swanson A , et al. Impressions of humanness for android robot may represent an endophenotype for Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders* , 2017( 11 ) : 1 - 3
  - 11 16 Costescu C A , Vanderborght B , David D O. Beliefs , emotions , and behaviors - differences between Children with ASD and typically developing children. a robot - enhanced task. *Journal of Evidence - Based Psychotherapies* , 2016 , 16( 2 ) : 221
  - 12 34 Giannopulu I , Montreynaud V , Watanabe T. Minimalistic toy robot to analyze a scenery of speaker - listener condition in autism. *Cognitive processing* , 2016 , 17( 2 ) : 195 - 203
  - 13 Wijayasinghe I B , Ranatunga I , Balakrishnan N , et al. Human - robot gesture analysis for objective assessment of Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Social Robotics* , 2016 , 8( 5 ) : 1 - 13
  - 14 Dehkordi P S , Moradi H , Mahmoudi M , et al. The design , development , and deployment of RoboParrot for screening autistic children. *International Journal of Social Robotics* , 2015 , 7( 4 ) : 1 - 10
  - 17 47 Huskens B , Palmen A , Werff M V D , et al. Improving collaborative play between children with Autism Spectrum Disorders and their siblings: the effectiveness of a robot - mediated intervention based on Lego ( r ) , therapy. *Journal of Autism and Developmental Disorders* , 2015 , 45( 11 ) : 3746 - 3755
  - 18 37 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. *Journal of Autism and Developmental Disorders* , 2016 , 46( 1 ) : 1 - 14
  - 19 35 45 Kim E S , Berkovits L D , Bernier E P , et al. Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders* , 2013 , 43( 5 ) : 1038 - 1049
  - 20 44 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. *Interaction Studies* , 2014 , 15( 2 ) : 292 - 320
  - 21 38 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. *International Journal of Social Robotics* , 2018 , 10( 1 ) : 93 - 113
  - 22 Huskens B , Verschuur R , Gillesen J , et al. Promoting question - asking in school - aged children with autism spectrum disorders: effectiveness of a robot intervention compared to a human - trainer intervention. *Developmental Neurorehabilitation* , 2013 , 16( 5 ) : 345 - 56
  - 24 36 Peca A , Simut R , Pintea S , et al. Are Children with ASD more prone to test the intentions of the Robonova robot compared to a human? *International Journal of Social Robotics* , 2015 , 7( 5 ) : 629 - 639
  - 25 Pop C A , Petrulic A C , Pintea S , et al. Imitation and social behaviors of children with ASD in interaction with Robonova. a series of single case experiments. *Transylvanian Journal of Psychology* , 2013 , 14( 1 ) : 71 - 91
  - 26 Valadão C T , Goulart C , Rivera H , et al. Analysis of the use of a robot to improve social skills in children with autism spectrum disorder. *Research on Biomedical Engineering* , 2016 , 32( 2 ) : 161 - 175
  - 27 42 Vanderborght B , Simut R , Saldien J , et al. Using the social robot Probo as a social story telling agent for children with ASD. *Interaction Studies* , 2012 , 13( 13 ) : 348 - 372
  - 28 Costescu C A , Vanderborght B , David D O. Robot - enhanced CBT for dysfunctional emotions in social situations for children with ASD. *Journal of Evidence - Based Psychotherapies* , 2017 , 17( 2 ) : 119 - 132
  - 29 43 François D , Powell S , Dautenhahn K. A long - term study of children with autism playing with a

- robotic pet: Taking inspirations from non – directive play therapy to encourage children’s proactivity and initiative – taking. *Interaction Studies* , 2009 , 10 ( 3 ) : 324 – 373
- 30 53 Moorthy R S , Pugazhenth S. Teaching psychomotor skills to autistic children by employing a robotic training kit: a pilot study. *International Journal of Social Robotics* , 2017 , 9( 1 ) : 97 – 108
- 31 46 Costa S , Lehmann H , Dautenhahn K , et al. Using a humanoid robot to elicit body awareness and appropriate physical interaction in children with autism. *International Journal of Social Robotics* , 2015 , 7( 2 ) : 265 – 278
- 32 54 Costescu C A , Vanderborght B , David D O. Reversal learning task in children with autism spectrum disorder: a robot – based approach. *Journal of Autism and Developmental Disorders* , 2015 , 45 ( 11 ) : 3715 – 3725
- 33 55 Srinivasan S M , Park I K , Neelly L B , et al. A comparison of the effects of rhythm and robotic interventions on repetitive behaviors and affective states of children with Autism Spectrum Disorder ( ASD ) . *Research in Autism Spectrum Disorders* , 2015 , 18: 51
- 39 Tapus A , Peca A , Aly A , et al. Children with autism social engagement in interaction with Nao , an imitative robot: A series of single case experiments. *Interaction Studies* , 2012 , 13( 3 ) : 315 – 347
- 40 Yun S S , Choi J S , Park S K , et al. Social skills training for children with autism spectrum disorder using a robotic behavioral intervention system. *Autism Research* , 2017 , 10( 7 ) : 1306 – 1323
- 41 Pop C A , Simut R E , Pintea S , et al. Social robots vs. computer display: does the way social stories are delivered make a difference for their effectiveness on ASD children? *Journal of Educational Computing Research* , 2013 , 49( 3 ) : 381 – 401
- 48 Wainer J , Dautenhahn K , Robins B , et al. A pilot study with a novel setup for collaborative play of the humanoid robot KASPAR with children with autism. *International journal of social robotics* , 2014 , 6( 1 ) : 45 – 65
- 50 Srinivasan S M , Kaur M , Park I K , et al. The effects of rhythm and robotic interventions on the imitation/praxis , interpersonal synchrony , and motor performance of children with Autism Spectrum Disorder ( ASD ) : a pilot randomized controlled trial. *Autism Research and Treatment* , 2015 , 2015( 1 ) : 1 – 18
- 51 Kaur M , Gifford T , Marsh K L , et al. Effect of robot – child interactions on bilateral coordination skills of typically developing children and a child with Autism Spectrum Disorder: a preliminary study. *Kaihatsu Ronshu Journal of Development Policy Studies* , 2013 , 79( 2 ) : 185 – 229
- 52 Srinivasan S M , Lynch K A , Bubela D J , et al. Effect of interactions between a child and a robot on the imitation and praxis performance of typically developing children and a child with autism: a preliminary study. *Perceptual and motor skills* , 2013 , 116 ( 3 ) : 885 – 904
- 56 中国社会科学院. 现代汉语词典. 北京: 商务印书馆 , 2012. 1148
- 57 Straten C L V , Smeekens I , Barakova E , et al. Effects of robots’ intonation and bodily appearance on robot – mediated communicative treatment outcomes for children with autism spectrum disorder. *Personal & Ubiquitous Computing* , 2018 , 22( 2 ) : 1 – 12



# Advances in the Study of the Application of Robotic Technology in the Education of Children with Autism Spectrum Disorders

ZHANG Xinxin   WANG Fang   YANG Guangxue

( Department of Special Education , East China Normal University , Shanghai , 200062 )

## Abstract

With the development of artificial intelligence technology , robotics and special education have increasingly become closely connected. This article , based on a review of the research into the application of robotics in the education for autistic children over the past decade , analyzed robots , the areas where they were used , and the effectiveness of their use. The authors think that the future study is supposed to make more empirical research to clarify the role of robots in the education for autistic children; broaden the areas of the application of robotics; pay more attention to autistic children's emotional experience in human-machine interactions to satisfy their individual needs; and break through the bottleneck of application technology , make robots more flexible and heed autistic children's holistic experience in the ecological environment.

## Key words

autism spectrum disorders   robotic technology   education   advances in research

( 责任编辑:冯雅静)