

[30] 何梦雪,黄勤,顾莺,等. 儿童肠外营养给药临床决策支持方案构建[J]. 中国护理管理,2023,23(5):766-771.

[31] Yang L, Ji X, Chung P, et al. Analysis of the Clinical Care Classification System Used in an Intensive Care Unit of a General Hospital in China[J]. Comput Inform Nurs,2021,39(12):837-842.

[32] Sutton A, Clowes M, Preston L, et al. Meeting the review family:exploring review types and associated information retrieval requirements[J]. Health Info Libr J, 2019,36(3):202-222.

[33] 葛向煜,胡雁,徐建鸣,等. 研究者管理者实践者协作性循证实践工作模式解析[J]. 护理学杂志,2017,32(4):23-25.

[34] 王钰,徐园,邓海波,等. 关节置换术后患者预防深静脉血栓科普作品的研制[J]. 中华护理杂志,2024,59(6):699-705.

[35] Shoemaker S J, Wolf M S, Brach C. Development of the Patient Education Materials Assessment Tool (PE-MAT): a new measure of understandability and actionability for print and audiovisual patient information[J]. Patient Educ Couns,2014,96(3):395-403.

[36] Shan Y, Ji M, Xing Z, et al. The simplified Chinese version of the Suitability Assessment of Materials for the evaluation of health-related information for adults:translation and validation study[J]. JMIR Form Res,2023,7:1-11.

[37] Harris J R, Cheadle A, Hannon P A, et al. A framework for disseminating evidence-based health promotion practices[J]. Prev Chronic Dis,2012,9:E22.

[38] Goodrich D E, Miake-Lye I, Braganza M Z, et al. QUERI Implementation Roadmap for implementation and quality improvement[EB/OL]. (2021-11-18)[2025-02-23]. <https://www.queri.research.va.gov/tools/roadmap.cfm>.

[39] 柳春艳,杨克虎. 西方循证教育学推演:理论、方法及启示[J]. 电化教育研究,2022,43(3):25-31.

(本文编辑 赵梅珍)

智能机器人辅助护理在认知障碍患者中的应用研究进展

李琴,徐桂华

摘要: 智能机器人作为一种新兴的辅助护理技术,在认知障碍患者的护理中已经展现出了独特优势。本文对智能机器人的类型、功能和应用效果进行综述,并就现存的政策保障不足、伦理问题突出、服务个性化缺失以及经济负担过重等问题进行系统分析,提出构建系统化的人机协同照护模式和跨学科跨领域联动的展望,为认知障碍患者的护理实践提供借鉴。

关键词: 认知障碍; 智能机器人; 人工智能; 数智技术; 人机协同; 伦理问题; 综述文献

中图分类号: R47; TP242.6 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2025.17.124

Research progress on the application of intelligent robot-assisted nursing in patients with cognitive impairment

Li Qin, Xu Guihua. School of Nursing, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

Abstract: As an emerging auxiliary nursing technology, intelligent robots have demonstrated unique advantages in the care of patients with cognitive impairment. This paper reviews the types, functions and application effects of intelligent robots, systematically analyzes the existing problems such as insufficient policy support, prominent ethical issues, lack of personalized services and excessive economic burden, and puts forward the prospect of constructing systemic human-machine collaborative care models and cross-disciplinary and cross-field linkages, so as to provide references for the nursing practice of cognitive impairment patients.

Keywords: cognitive impairment; intelligent robot; artificial intelligence; digital-intelligent technology; human-machine collaboration; ethical issues; literature review

认知障碍是指因各种原因导致的认知功能损害,涉及定向力、记忆力、计算力、注意力等一个或多个认知域^[1]。据统计全球有 5 000 多万人存在认知障碍^[2],而我国以 6% 的患病率位居世界首位^[3]。认知

障碍广泛影响患者认知功能,使患者自主能力下降,且暂无有效治疗药物,给患者及其家庭带来了沉重的照护和经济负担。2024 年 12 月,国家卫健委等 15 个部门颁布《应对老年期痴呆国家行动计划(2024—2030 年)》^[4],该计划强调多领域推进老年期痴呆的预防、筛查、诊疗和照护工作,并提出深化国际合作,强化科技支撑。目前临床上认知障碍患者以药物治疗为主,结合认知训练、心理干预和体育锻炼等综合护理方式,虽然能够起到良好的护理效果,但需要消耗大量的医护资源和经济财力,而智能机器人(Intelligent Robot)作为一种新兴的辅助护理技术,在认知

作者单位:南京中医药大学护理学院(江苏 南京,210023)
通信作者:徐桂华,7115@njucm.edu.cn
李琴:女,本科在读,学生,18166978605@163.com
科研项目:2024 年江苏省研究生科研与实践创新计划项目(SJCX24_0846);江苏省社会发展面上项目(BE2022802)
收稿:2025-04-19;修回:2025-06-22

障碍的护理中已经展现出了独特优势。本文综述智能机器人辅助护理在认知障碍患者中应用的研究进展,为认知障碍患者的护理实践提供借鉴。

1 认知障碍患者辅助护理中常用的智能机器人类型

智能机器人具有自主感知、学习、决策能力^[5],能全方位、深层次、多领域地改善认知障碍患者的困境,其融合人工智能、语义理解、多模态感知、物联网等技

术,在认知障碍患者护理领域发挥着重要作用^[6]。智能机器人通过其内部配备的人工智能系统、传感器装置以及先进科技平台,识别患者需求,为患者提供帮助和护理。根据辅助护理认知障碍患者的功能差异,目前可以分为认知刺激机器人、社交陪伴机器人、远程呈现机器人、生活辅助机器人和行为训练机器人五大类型。常见的智能机器人的类型,见表 1。

表 1 辅助护理认知障碍患者智能机器人的类型及其特点与功能

类别	常见机器人	外观与组成	功能
认知刺激机器人	Mini ^[7]	由腰部、躯干、两条手臂和头部组成的桌面机器人;合成毛皮包裹模拟毛绒玩偶;装配 5 个自由度关节、RGB-D 摄像头和 uOLED 眼睛	多模式系统处理人机交互;使用语音、显示屏通信渠道刺激认知练习,为认知障碍患者提供认知协助和社会参与
	MARIO ^[8]	由头部、躯干、平板电脑显示屏、驱动轮四部分组成的高 1.5 m 的轮式机器人	设置简单游戏和任务辅助认知训练;多传感装置提供室内导航和物体检测;语音动作可触发交互
	Sil-Bot ^[9]	由头部、躯干、四肢组成的轮式机器人,头部配备液晶显示屏可表达感情	通过情感、动作交互实现人机互动,配备防撞感受器检测周围障碍物,同时其底部轮子可进行全方向运动
	ArmGuider ^[10]	由主控系统和训练系统两大部分构成的上肢机械臂康复机器人	采用虚拟情景任务导向性训练,辅助认知和行为康复
社交陪伴机器人	Pepper ^[11]	由头部、躯干、液晶触控显示屏、驱动轮四部分组成的身高 1.2 m 的轮式人形机器人,具有 17 个自由活动度关节,配备麦克风和摄像头	可以识别面部表情,提供情感、语音和动作交互等促进社交陪伴;实时健康监测和协助康复训练
	NAO ^[12]	身高 58 cm,质量 4.3 kg 的拟人化机器人,外观设计为孩童;配备 25 个自由运动关节,RGB 摄像头、LED 眼睛	装备多模式感知系统可实现触觉、视觉、听觉和距离感知;关节灵活可以自适应抓握;情感、语言、动作三大交互充分实现人机互动
	PARO ^[13]	长 55 cm,质量 2.8 kg 的拟小竖琴海豹外形机器人,外皮材质模拟真实触感;装配 5 个传感器	模拟生物行为,通过语音、动作交互促进社交互动,缓解社交孤独和抑郁情绪
	PIO ^[14]	质量 2 kg 的鸚鵡形机器人,由头部翅膀、身体三部分组成,配备触碰液晶显示屏	通过情感、语言、动作交互改善负面情绪,自然刺激认知和情绪
远 程 呈 现机器人	Gutii ^[15]	主体为可调节高度的立柱结构,搭配顶部显示屏和底部驱动轮	可进行视频通话、智力锻炼和休闲娱乐活动,促进社交互动,提供情绪价值
	Telenoid ^[16]	覆盖着软乙烯基的遥控机器人,拥有孩子般的外观和小巧而柔软的机身	可以传输远程操作员的动作和声音,实现与用户的通信和物理交互
生活辅助机器人	OBI ^[17]	白色外观,机械臂的外形,配备可以放置食物的分区餐盘	能够抓取、移动食物,从而辅助患者的进食行为,提升生活自理能力
	Care-O-Bot 4 ^[18]	由头部、躯干和驱动轮构成的高 1.4 m 的类人形机器人,具备多个可活动关节和机械臂	辅助物体拾取和生活支持;多模式传感系统协助自主导航和障碍物检测
行为训练机器人	P3-DX ^[19] 机器人传感系统	采用三轮式设计,整体由 3 个车轮和车身构成,安装多个传感器系统	识别患者步态,辅助患者行走,检测近距离障碍物,预防摔倒
	i-Walk ^[20]	采用助行器结构的轮式机器人,配备摄像头、液晶触控显示屏和传感器	识别动作和语音,提供导航服务、里程定位、体育锻炼和日常出行支持

2 智能机器人的应用效果

2.1 提升认知能力,增强生活支持 认知功能下降是认知障碍患者的一个突出临床表现,严重影响患者的生活质量。智能机器人以任务、游戏等形式施加认知刺激,提高患者感知力、记忆力等认知功能,辅助患者日常生活护理。Park 等^[9]将 135 名轻度认知障碍老年人随机分为 3 组各 45 人:RACT 组(Sil-Bot 机器

人干预)、TCT 组(传统认知干预)、NI 组(无任何干预),干预持续 6 周,频率每周 2 次;结果显示,RACT 组比 TCT 组和 NI 组更能有效改善老年人记忆、执行功能,同时有助于缓解抑郁情绪。一项关于脑卒中后认知障碍康复治疗的研究^[10]进一步拓展应用场景,65 例中度认知障碍偏瘫患者被随机分为观察组(33 例,ArmGuider 机器人康复治疗)和对照组(32 例,常

规认知康复训练),两组常规护理 20 min 后,每日接受不同干预 20 min;4 周后,在机器人高强度、多样化环境的持续刺激下,有效促进了患者神经网络的修复与脑功能的重组,其改善效果显著优于传统康复训练。另有研究从大脑结构层面进一步验证,多领域认知训练能够增强脑灰质体积,减缓年龄结构变化,进而有效改善患者的思维能力和认知功能^[21]。值得注意的是,现有研究的参与者规模太小^[22],可能会影响研究结果的可靠性。未来研究应整合医疗、社区等资源,扩大研究范围,增加研究样本,提升研究结果的普适性和说服力。

2.2 识别患者情绪,缓解社交孤独 认知障碍患者常伴随认知功能、判断力减退,这使他们更容易经历社交孤立和孤独情绪^[23],而智能机器人可以通过智能传感系统识别患者情绪,应用情感、语言、动作三大互动模式改善患者负性情绪,延缓病情进展。在 MARIO^[8]项目中,36 例来自意大利、爱尔兰、英国的认知障碍患者参与和机器人的互动,结果表明,大多数患者对机器人持有积极态度,并且心理韧性水平在互动后得到了显著提升。在一项意大利研究^[24]中,NAO 机器人经过编程成功识别了 21 例轻度认知障碍患者在完成 5 项任务时愤怒、恐惧、中性等 7 种情绪的变化,表明机器人可以解码人类情感和识别患者表情变化,有助于评估患者在训练中的参与度以制订个性化心理护理方案,促进护理实践。Lim^[14]选取了 64 名老年人,分为试验组(与 PIO 机器人交互)31 名,对照组(常规护理)33 名,试验组在 6 周内完成了与 PIO 12 次,每次 50 min 的互动;结果表明,试验组的认知功能、抑郁程度和孤独感指数明显改善。然而,一项 Meta 分析^[25]指出,智能宠物机器人改善抑郁的研究缺乏有效性证据,可能与研究周期过短、互动模式单一有关,未来的研究应完善研究设计,并增加干预中的人文护理元素,提升研究质量。

2.3 促进有效监测,优化健康照护 认知障碍患者由于记忆力、定向力的下降,体力活动减少,免疫力低下,健康风险增加。一些智能机器人通过配备传感器、自由运动装置和智能交互系统,能够有效监测患者身体状态、促进锻炼、助力康复。Zhao 等^[19]研制了一种检测老年人步行的集成系统,包括一个 P3-DX 移动机器人和可穿戴传感系统,该系统成功收集了 22 名参与者的步态参数、身体表现数据,并与认知能力水平联系,验证了使用该系统辅助步行锻炼的可行性,受试者也表示了极大的认可和支持。i-Walk 机器人由 Moustiris 等^[20]研发,22 例认知障碍患者和 10 名医护人员分别在 4 个场景(体育锻炼、使用 i-Walk 机器人步行、辅助导航和电梯使用)下使用该机器人,检验其可行性。研究结果表明,i-Walk 机器人能够辅助运动障碍患者日常活动,获得了患者和医护人员的

双重认可。尽管机器人能够辅助患者的日常吃饭、穿衣、出行,给患者提供了有力的生活支持,但是在一项半结构化访谈中^[26],患者提出机器人接替过多任务可能会导致自主能力的下降,未来研究应充分协调智能机器人的使用与认知障碍患者自主性保障间的平衡。

2.4 实施远程联络,促进社会参与 已有研究证明,社交频率降低是认知障碍发生发展的危险因素^[1],而有效社交可以改善患者的认知水平。在 DOMIROB 项目中,Isabet 等^[15,27]应用远程机器人 Gutii 对 43 名居家老人进行为期 24 周的干预,结果表明,从实施的第 6 周开始,参与者的孤独感和抑郁状态改善趋于稳定,这种效果持续到 12 周,但 24 周时效果有所减弱,这一变化可能源于患者对于机器人新鲜感的减弱。一项关于 PARO 机器人的研究中^[28],25 例认知障碍患者与 PARO 机器人进行了 8 周的互动,每周 3 节,每次持续约 60 min。在这段时间里,参与者可以抚摸、拥抱 PARO,与它进行眼神接触和言语交谈。研究结果表明,PARO 机器人在一定程度上可以缓解认知障碍患者的孤独感和抑郁情绪,并可以将 PARO 作为社会交往的媒介,提高患者的社会参与度。基于上述研究,智能机器人可以突破地理空间限制,实现远距离通信,同时作为一种社交纽带,提高社区人群的凝聚力和参与度^[29],促进社会联系;此外,医护人员可以依托远程交互平台,实现虚拟探访。

3 存在的问题及对策

3.1 政策保障不足 由于智能机器人的开发和应用缺少法律政策的保障,限制了智能机器人在认知障碍中患者的应用。首先是在机器人使用过程中缺乏责任追踪条款,相关服务规范标准未得到有效实施,不同企业的人形机器人在性能、质量和安全等方面缺乏统一的衡量标准^[30],在应用过程中,容易引发医疗纠纷的问题。如用药提醒失误、紧急情况应对失效等,难以明确责任归属,可能导致医院与机器人制造商之间相互推诿责任的情况出现。这要求政府应强化产业政策,组织相关专家及厂商指定技术标准,保障机器人使用的可靠性和准确性,同时召集利益相关者明确责任方,使责有所担、法有所依。随着市场拓展和应用深化,各部门应该加强技术人才的培养,尤其在医院环境的使用中,应该组织相关医务人员进行培训,使其具备熟练使用智能机器人的能力从而促进人机协同照护模式的建立和发展。目前人工智能收集、存储和上传患者数据技术的法律并不健全^[31],在与机器人交流互动的过程中,可能存在隐私泄露的风险,所以隐私和安全条款的设立尤为重要,政府应及时出台相关隐私保护政策,由认知障碍患者明确智能机器人的主要控制人,访问数据时需要获得控制人的许可,由此保障认知障碍患者的隐私安全。

3.2 服务个性化缺失 尽管目前市场上存在着多种类型、多种功能的智能机器人,但是仍然无法满足患者的个性化要求。大部分的研究并没有把认知障碍患者纳入智能机器人的开发和编程。认知障碍人群除了患者身份之外,他们还具备自身的思想、个人偏好和兴趣,允许患者参与机器人研发,如对机器人外观、语言、功能、互动形式等提出自己的看法,将有助于改善机器人的功能和患者使用体验。Zhang 等^[32]提出了一种基于预测的人机协作模型,机器人在示教学习中预测人类意图,协作效率有效提高,验证了基于人类意图预测框架的有效性,该学习模型能够学习并预测分析用户行为,在未来可以作为满足认知障碍患者需求的可靠算法。Dagoberto Cruz-Sandoval 等^[33]提出了一种 PODER 框架,允许认知障碍患者协助编程机器人及其交互,表达他们的偏好和需求,在体验过程种所有患者都表示了愉悦和满足。此外,由于认知障碍患者的病情是不断变化发展的,需要持续跟踪、多维度了解患者需求,并建立机器人服务售后平台,收集使用者意见,以有效提高服务满意度。

3.3 伦理问题突出 认知障碍患者在区分真实情感和模拟情感的能力有限^[34],在与智能机器人的交流中,机器人常将患者视为伙伴,在于其互动中建立了深刻的情感链接,如果患者过度沉迷而忽略了现实中的社会交际,将会引起社会适应不良,并且智能机器人的情感和功能都属于人工操控,不同于患者的真实情感,双方不对等的情感沟通可能存在欺骗性。这要求积极有效的措施帮助认知障碍患者及其家属认识到机器人的本质是辅助人类护理活动的工具,并不能取代人与人之间的联系纽带。应鼓励患者多与现实真人互动,在人际交往中收获自我价值,提升安全感和获得感。此外,智能机器人在使用过程中会监测患者的身体状况,可能会让患者感受到被监视和跟踪,甚至暴露患者隐私,影响使用体验。医疗机器人的伦理设计是从源头开始防范伦理风险的必要保障^[35],制造商在生产机器人之初必须要遵守生物学伦理框架的最高原则——尊重,要求机器人设计使用过程中尊重患者自主性,保障患者知情同意、隐私保护等权力,同时护理机器人的伦理风险会随着使用方式的不同而改变^[36]。可以从时间和性能两个方面进行改进:患者作为主要控制人,规定机器人可以进行监测的时间段和监测权限,减少对自身隐私的过度侵犯;同时医务人员可以协同患者调整机器人辅助功能,降低患者对于机器人产生的身心依赖以及决策风险的发生。

3.4 经济负担过重 近年来随着人工智能的飞速发展,智能机器人的应用也逐渐规范化、产业化,但是智能机器人的购买费用依旧较高。此外,智能机器人作为完成复杂任务采用了前沿技术、配备了先进系统,一

旦出现故障,机器人维修技术门槛要求较高,患者不能独立解决,大部分都需要返回原公司进行维修,这过程产生较大费用,同时也会影响患者的正常使用。所以,智能机器人的使用可能需要持续的资金投入,对于普通收入的家庭将会是不容忽视的经济压力。为了有效降低技术研发成本,Wasic 等^[37]提出,机器人应用程序的开发可以在原有的应用程序基础上构建,或者使用类似的硬件或软件,从而节省时间和金钱。政府组织、医护人员和供应商三方应该协同配合,医务人员提供专业意见指导供应商编程改进机器人,使其能够更好满足认知障碍患者需求,政府组织为机器人的广泛应用和市场拓展创造条件,提供技术和应用补贴,让智能机器人走入更多普通家庭,减小认知障碍家庭的经济负担,推动机器人产业的持续性发展。

4 启示与展望

4.1 构建系统化的人机协同照护模式 从国际上看,人机协同正朝着智能化、自然化、人性化的方向发展^[38],人机协同照护模式以满足认知障碍患者个性化需求为核心目标,充分整合医护资源与机器人产业优势,提升护理认知障碍患者的工作效率和服务质量,为患者提供全面、优质、高效的照护。医护人员应该以专业负责的态度积极引导机器人的发展^[39],参与系统构建,根据认知障碍患者需求对智能机器人进行软件系统的开发。由于患者的需求是持续变化的,因此,不仅要定期了解患者近阶段偏好、兴趣并定制相关内容,还要促进开发人员、医护人员及患者间的沟通,共同优化机器人功能^[40],增强智能机器人的可持续应用^[41],保障技术贴合真实照护需要。在破解技术操作难题上,首先要针对医护人员开展机器人辅助照护认知障碍专项培训,熟练掌握机器人操作,增强人机协作能力;其次面向患者家属,配发机器人家庭应用操作指南,降低技术应用限制;将患者、供应商、医护人员等利益相关者集合试行模拟,检验各种场景下人机协同时患者情绪反应、任务效率、参与度,收集并记录数据,通过认知障碍医疗研究机构、大众监督、供应商平台三方综合,建立一个有序、全面、规范的评估体系;从临床效果、技术适配、情绪反馈等对 人机协同可靠性和有效性进行评估,优化方案以适应不断变化的用户需求和 技术发展。

4.2 跨领域跨学科联动 考虑到认知障碍患者不同的疾病特点和身心需求,智能机器人不能完全满足患者的想法,所以呼吁跨学科联动,推荐将智能机器人作为有效载体结合虚拟 AI 技术、中医推拿、音乐疗法等多种手段联合护理认知障碍患者,改善患者认知功能^[35],全方位、深层次地满足患者不断变化的需求,增强智能机器人的适用性,挖掘智能机器人的潜能,实现功能的拓展和延伸。在康复机器人联合 VR 训

练干预颅脑损伤患者^[42]以及智能机器人联合针灸治疗偏瘫患者^[43]的研究中,联合干预方式相比单一模式干预更能够有效改善患者的认知和神经功能。Kase等^[44]以机器人为载体对认知障碍患者实施回忆疗法也被证明能够有效改善患者的记忆力和认知力。此外,应倡导并期望医护人员、政府工作者、智能机器人开发人员、供应商以及认知障碍患者及其家属跨领域长期合作,建立深度合作小组,确保智能机器人开发符合用户期待以及医学伦理要求,缩短技术开发者与应用者之间的距离,缩小技术鸿沟,促进技术革新和服务进步,解锁智能机器人辅助护理的新蓝图。

5 小结

全球老龄化进程加快,认知障碍人群持续增长,将智能机器人护理与认知障碍相结合,不仅充分体现了“人工智能+医疗”的突破性进展,还积极发挥了智能机器人认知康复、情绪调节、社交促进的作用,作为辅助护理方式的补充,智能机器人的应用能够减轻医疗压力,提供技术支持,然而在智能机器人辅助护理认知障碍患者的应用之中,也存在着政策保障不足、服务个性化缺失、伦理问题突出以及经济负担过重等问题。未来,需要积极落实以人为中心的设计理念,满足患者个性化需求;推动智能机器人联合多领域、跨学科发展,提升应用价值,增强适用性。

参考文献:

- [1] 戴朦,王静,程翠.《老年人认知障碍评估中国专家共识(2022)》要点解读[J].中国临床保健杂志,2024,27(3):413-418.
- [2] Nichols E, Steinmetz J D, Vollset S E, et al. Estimation of the global prevalence of dementia in 2019 and forecasted prevalence in 2050:an analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. Lancet Public Health,2022,7(2):e105-e125.
- [3] Li X, Feng X, Sun X, et al. Global, regional, and national burden of Alzheimer's disease and other dementias, 1990-2019[J]. Front Aging Neurosci,2022,14:17.
- [4] 国家卫生健康委员会老龄健康司.《应对老年期痴呆国家行动计划(2024—2030年)》政策解读[J].中国民间疗法,2025,33(2):2.
- [5] 龚金铤,陈紫月,蔡心远,等.智能机器人的发展现状及前景展望[J].工业控制计算机,2024,37(10):23-25.
- [6] 袁星竹,常承婷,陈鑫容,等.护理机器人研发基础及使用现状综述[J].护理学杂志,2024,39(4):108-112.
- [7] Salichs M A, Castro-Gonzalez A, Salichs E, et al. Mini: a new social robot for the elderly[J]. Int J Soc Robot, 2020,12(6):1231-1249.
- [8] D'Onofrio G, Sancarolo D, Raciti M, et al. MARIO Project:validation and evidence of service robots for older people with dementia[J]. J Alzheimers Dis,2019,68(4):1587-1601.
- [9] Park E, Jung A, Lee K. The Humanoid robot Sil-Bot in

- a cognitive training program for community-dwelling elderly people with mild cognitive impairment during the COVID-19 pandemic:a randomized controlled trial[J]. Int J EnvironRes Public Health,2021,18(15):8198.
- [10] 苏丽丽,方小养,林玲,等.上肢康复机器人训练对亚急性脑卒中患者认知和上肢运动功能的效果[J].中国康复理论与实践,2022,28(5):508-514.
 - [11] Pandey A K, Gelin R. A mass-produced sociable humanoid robot: Pepper; the first machine of its kind [J]. IEEE Robot Autom Mag,2018,25(3):40-48.
 - [12] Pino O, Palestra G, Trevino R, et al. The Humanoid Robot NAO as trainer in a memory program for elderly people with mild cognitive impairment[J]. Int J Soc Robot,2020,12(1):21-33.
 - [13] Inoue K, Wada K, Shibata T. Exploring the applicability of the robotic seal PARO to support caring for older persons with dementia within the home context[J]. Palliat Care Soc Pract,2021,15:366328077.
 - [14] Lim J. Effects of a cognitive-based intervention program using social robot PIO on cognitive function, depression, loneliness, and quality of life of older adults living alone [J]. Front Public Health,2023,11:1097485.
 - [15] Isabet B, Rigaud A, Li W, et al. Telepresence robot intervention to reduce loneliness and social isolation in older adults living at home (Project DOMIROB):protocol for a clinical nonrandomized study[J]. JMIR Res Protoc, 2022,11(10):e40528.
 - [16] Kuwamura K, Nishio S, Sato S. Can we talk through a robot as if face-to-face? Long-term fieldwork using teleoperated robot for seniors with Alzheimer's disease[J]. Front Psychol, 2016,7:1066.
 - [17] Grace R. OBI feeds more than the imagination [J]. Plast Eng,2016,72(10):18-22.
 - [18] Kittmann R, Fröhlich T, Schäer J, et al. Let me introduce myself: I am Care-O-Bot 4, a gentleman robot [M]//Pielot M, Diefenbach S, Henze N. Mensch und Computer 2015:proceedings. Berlin, München, Boston; De Gruyter,2015:223-232.
 - [19] Zhao Q, Chen Z, Landis C D, et al. Gait monitoring for older adults during guided walking:an integrated assistive robot and wearable sensor approach[J]. Wearable Tech,2022,3:e28.
 - [20] Moustris G, Kardaris N, Tsiami A, et al. The i-Walk lightweight assistive rollator;first evaluation study[J]. Front Robot AI,2021,8:677542.
 - [21] Andriella A, Torras C, Alenya G. Cognitive system framework for brain-training exercise based on human-robot interaction[J]. Cogn Comput,2020,12(4):793-810.
 - [22] Corallo F, Maresca G, Formica C, et al. Humanoid robot use in cognitive rehabilitation of patients with severe brain injury:a pilot study[J]. J Clin Med,2022,11(10):2940.
 - [23] 张睿涵,王熔,赵庆,等.轻度认知障碍老年人情绪-社交

- 孤独研究进展[J]. 护理研究, 2024, 38(8): 1394-1397.
- [24] Palestra G, Pino O. Detecting emotions during a memory training assisted by a social robot for individuals with mild cognitive impairment (MCI)[J]. *Multimed Tools Appl*, 2020, 79(47-48): 35829-35844.
- [25] Du H, Bo L, Lai X, et al. Network meta-analysis of comparative efficacy of animal-assisted therapy vs. pet-robot therapy in the management of dementia[J]. *Front-Aging Neurosci*, 2023, 15: 12.
- [26] Van Assche M, Petrovic M, Cambier D, et al. Socially assistive robots in aged care: expectations of older adults with MCI in assisted living facilities and their caregivers [J]. *Int J Soc Robot*, 2024, 16(4): 687-698.
- [27] Isabet B. DOMIROB Implémentation des robots de télé-présence au domicile des personnes âgées: impacts psycho-sociaux, acceptabilité, usages et recommandations d'utilisation[D]. Paris: Université Paris Cité, 2023.
- [28] Chen S, Davis B H, Kuo C, et al. Can the Paro be my Buddy? Meaningful experiences from the perspectives of older adults[J]. *Geriatr Nurs*, 2022, 43(1): 130-137.
- [29] Blindheim K, Solberg M, Hameed I A, et al. Promoting activity in long-term care facilities with the social robot Pepper: a pilot study[J]. *Inform Health Soc Care*, 2023, 48(2): 181-195.
- [30] 徐程浩, 王耀南, 莫洋, 等. 人形机器人技术与产业发展研究[J]. *中国工程科学*, 2025, 27(1): 150-167.
- [31] 时占祥. 医用机器人领域: 监管、伦理和法规之思考[J]. *科技中国*, 2017, 22(6): 1-3.
- [32] Zhang Z, Peng G, Wang W, et al. Prediction-based human-robot collaboration in assembly tasks using a learning from demonstration model [J]. *Sensors*, 2022, 22(11): 25.
- [33] Dagoberto Cruz-Sandoval M M A K. PODER: a robot programming framework to further inclusion of people with mild cognitive impairment in HRI Research[C]// IEEE. *Proceedings of the 2025 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. Melbourne, Australia, 2025: 599-609.
- [34] 陶建华, 龚江涛, 高楠, 等. 面向虚实融合的人机交互[J]. *中国图象图形学报*, 2023, 28(6): 1513-1542.
- [35] 边继萍, 刘晓凤, 魏利荣, 等. 虚拟现实技术用于轻度认知障碍患者康复的 Meta 分析[J]. *护理学杂志*, 2023, 38(21): 96-102.
- [36] 李小燕. 老人护理机器人伦理风险探析[J]. *东北大学学报(社会科学版)*, 2015, 17(6): 561-566.
- [37] Wasic C, Erzgräber R, Unger-Büttner M, et al. What helps, what hinders? Focus group findings on barriers and facilitators for mobile service robot use in a psychosocial group therapy for people with dementia[J]. *Front Robot AI*, 2024, 11: 1258847.
- [38] Wang W, Liu L. Advances in the application of human-machine collaboration in healthcare: insights from China [J]. *Front Public Health*, 2025, 13: 1507142.
- [39] Blindheim K, Solberg M, Hameed I A, et al. Promoting activity in long-term care facilities with the social robot Pepper: a pilot study[J]. *Inform Health Soc Care*, 2023, 48(2): 181-195.
- [40] Yuan F, Anderson J G, Wyatt T H, et al. Assessing the acceptability of a humanoid robot for Alzheimer's disease and related dementia care using an online survey[J]. *Int J Soc Robot*, 2022, 14(5): 1223-1237.
- [41] 杨嘉伟, 高永娥, 刘瑞, 等. 认知障碍患者智能机器人使用体验的 Meta 整合[J]. *护理学杂志*, 2024, 39(20): 20-24.
- [42] 王婷婷, 蔺洁璐, 李静, 等. 上肢康复机器人联合 VR 训练对重症颅脑损伤术后干预效果及对日常行为的中介效应研究[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2024, 5(6): 1142-1148.
- [43] 周小云, 陈嘉雯, 石彦桦, 等. 下肢康复机器人联合针灸治疗在脑卒中偏瘫患者中的应用[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2025, 6(2): 276-281.
- [44] Kase H, Yamazaki R, Zhu W, et al. Tele-operated android robot reminiscence group therapy and human coordinated RGT for older adults with dementia: a comparative study[J]. *Int J Gerontol*, 2019, 13: S51-S55.

(本文编辑 赵梅珍)