

· 综述 ·

机器人在老年护理中的应用进展与机遇挑战

胡丽¹ 程璐²¹湖北省监利市人民医院老年性疾病科, 荆州 433300; ²湖北省监利市人民医院神经内科, 荆州 433300

通信作者: 程璐, Email: 21008911@qq.com

【摘要】机器人在老年护理中的应用日益广泛, 本文综述了机器人在老年护理领域的应用现状, 包括生活辅助(移动辅助、进餐辅助、洗浴辅助、搬运辅助)、治疗辅助(健康监测、慢性病管理、口服药管理)、社会辅助(情感支持、认知支持)3个方面, 并探讨机器人在老年护理应用中的机遇与挑战, 旨在提高护理工作者对机器人在老年护理领域应用的认知, 促进机器人在老年护理中的深入探索与落地应用, 以提升老年人照护体验、生活质量和身心健康。

【关键词】综述; 老年人; 机器人; 护理

DOI: 10.3760/cma.j.cn115682-20210613-02597

Application progress, opportunities and challenges of robots in geriatric nursing

Hu Li¹, Cheng Luo²¹Department of Geriatric Diseases, Jianli People's Hospital of Hubei, Jingzhou 433300, China; ²Department of Neurology, Jianli People's Hospital of Hubei, Jingzhou 433300, China

Corresponding author: Cheng Luo, Email: 21008911@qq.com

【Abstract】The application of robots in geriatric nursing is increasingly widespread. This article reviews the application status of robots in the field of geriatric nursing in three aspects, including life assistance (mobile assistance, meal assistance, bathing assistance, transportation assistance), treatment assistance (health monitoring, chronic disease management, oral medication management), as well as social assistance (emotional support, cognitive support), and explores the opportunities and challenges of robots in the application of geriatric nursing. This article aims to improve nursing workers' awareness of the application of robots in the field of geriatric nursing, and promote the in-depth exploration and application of robots in geriatric nursing, so as to improve the nursing experience, quality of life and physical and mental health of the aged.

【Key words】Review; Aged; Robot; Nursing care

DOI: 10.3760/cma.j.cn115682-20210613-02597

根据民政部发布的最新统计数据,截至2019年底,我国≥60周岁老年人口数量超过2.5亿,占总人口的18.1%,≥65周岁老年人口占总人口的12.6%,意味着我国已进入老龄化社会^[1]。老年人是慢性病的最主要患病人群,我国75%的老年人患一种以上慢性病,健康状况不容乐观^[2]。因此,老年护理需求与日俱增,老年护理的发展也日益受到政府和社会的重视。机器人作为信息化医疗的产物,近年来在老年护理中的应用成效显著^[3-4]。机器人可以辅助医护人员对老年人进行远程健康监测和健康管理,还可减轻医护人员的工作负担,因此在医院、家庭、养老机构都得到了应用。本文综述了机器人在国内外老年护理中的应用现状,并对其未来发展

展与挑战进行展望,以期提高护理工作者对机器人的认知,推动机器人在老年护理领域更为深入的探索与应用,以提升老年人照护体验、生活质量和身心健康。

一、机器人在老年护理中的应用现状

1. 生活辅助型机器人: 生活辅助型机器人能在日常生活中为老年人提供帮助,主要功能包括移动辅助、进餐辅助、洗浴辅助和搬运辅助。(1) 移动辅助。移动辅助型机器人旨在帮助老年人移动位置,如SmartCan和SmartWalker能够有效检测障碍物并构建周围环境的地图,在地图内定位老年人,然后将其引导至不同的终点^[5]。PerMMA智能机器人轮椅能够根据老年人的个性化需求,通过多种交互方式(如操纵杆、

收稿日期 2021-06-13 本文编辑 李晓飞

引用本文: 胡丽, 程璐. 机器人在老年护理中的应用进展与机遇挑战[J]. 中华现代护理杂志, 2022, 28(4): 556-560. DOI: 10.3760/cma.j.cn115682-20210613-02597.

屏幕触控或语音等)进行操作,满足老年人的移动需求^[6]。陈旺^[7]开发的老年人助行机器人融入支撑行走、自主跟随、交流辅助、休息倚靠技术,与智能家居系统融合,使其不仅能辅助老年人实现自主行走,更成为老年人日常生活中的有效助手。(2)进餐辅助。助餐机器人旨在为行动不便的老年人提供日常饮食护理,能减轻医护人员的工作负担。I-feed 是一款基于语音识别和人机交互的助餐机器人,不仅能根据语音命令选择不同食物,还能通过可调节高度的桌子适应不同身高老年人的需求^[8]。曾锦翔等^[9]设计的桌面助餐机器人通过简单的底盘结构调节桌面高度和位置;通过语音控制、脚踏开关及信息显示模板的交互,提高了助餐机器人的易用性;其还实现了在餐碗内舀食和喂食动作,适合中国饮食特点,适用于老年人及上肢残疾人。助餐机器人在医院及养老机构投入使用可帮助老年人完成进食、饮水等动作,能有效降低医护人员工作量,进而促进医护服务质量和工作效率提升。(3)洗浴辅助。因疾病影响,部分老年人无法自行完成个人卫生清洁,照顾者或护理人员为老年人洗浴的效率低,护理工作量大且不利于隐私保护。卫生护理机器人针对老年人行动不便的特点,利用智能控制、人机工程学等技术实现了洗浴过程自动化,提高了老年人的生活质量。付东辽等^[10]设计的卫生护理机器人辅助站立装置能够解决老年人洗浴过程中下肢肌力不足、无法轻松站立或坐下的问题,有效提高了老年人的洗浴质量,降低了跌倒等安全问题的发生。裴学胜和程超然^[11]研发的智能洗浴机器人的外观、配色、材料、顶部设计都从老年人身心需求出发,让老年人在洗浴过程中感受到人性化服务,提高了舒适性和安全性。Werner 等^[12]在洗浴辅助机器人中加入了基于手势命令的人机交互技术,老年人在洗浴过程中仅需通过变换手势就能满足其不同需求,能有效提高有自行洗浴障碍的老年人的洗浴质量。(4)搬运辅助。多数老年人会出现行动不便,甚至需要照顾者的搬运辅助其身体移动。搬运机器人的出现在保证搬运过程的安全性的前提下,有效减轻了照顾者、医护人员和养老机构护理员的照顾负担,提高了老年人照顾质量。日本学者开发的 RIBA 是第一个能够将 60 kg 老年人从床位搬到轮椅的辅助型机器人^[13]。然而,RIBA 的负重能力较低,为解决此问题并适应各国平均体重差异,美国学者开发了 RoNA,该机器人可用于搬运体重高达 226 kg 的老年人^[14]。Robear 机器人的机械臂上设有传感器,可在搬运或转移行动不便的老年人时提升老年人的舒适度,且保证搬运过程安全有效^[15]。高坤^[16]设计的外骨骼助力搬运机器人具有高可靠性和稳定性,能够结合老年人上下肢关节运动轨迹完成老年人搬运与转移工作。

2. 治疗辅助型机器人:治疗辅助型机器人能够实现老年人健康监测、慢性病管理和口服药管理功能。(1)健康监测。健康监测类机器人常被用于有特殊监护需要的老年人,可通过向照顾者提供音频和视频反馈帮助其完成照护任务。Tseng 等^[17]基于老年人特征与需求开发的智能健康监控系统能够监控老年人的健康状况,并及时上报给医护人员,供

医护人员进行临床决策,有效减少了医护人员的工作量,且该系统得到老年人的高度接受和认可。乔茜^[18]设计的机器人能通过传感器采集老年人的心电、血氧饱和度、血压、体温、血糖等重要生理指标,自动形成老年人家庭病历,实现了对老年人健康状况的跟踪监测。健康监测机器人在临床的应用将护士从大量反复操作中解放出来,有助于工作压力的减轻以及护理效率与质量的提升。(2)慢性病管理。我国 60 岁及以上老年人慢性病患率高达 52.7%^[19]。慢病具有病程漫长、病情复杂、再住院率高、照护负担重等特点,故对慢病老年患者进行智能化管理十分重要。慢病管理机器人可针对老年人慢病管理中多个关键环节为老年人提供帮助,如健康宣教、疾病监测、饮食管理、症状管理等。陈强等^[20]设计的慢性病管理语音机器人集生命体征监测、健康宣教、健康随访、个案追踪、效果评估与统计分析等功能于一体,能通过对慢性病患者健康数据的评估,及时将用药方案和专业指导告知患者及其照顾者,还能通过消息推送和提醒功能合理规划患者的运动、作息和饮食,增加慢性病患者依从性与自我管理的能力。(3)口服药管理。口服药是慢性病的主要治疗措施,老年人因记忆力退化、对医嘱理解不明或病情严重等情况,常出现不合理用药、药物不良反应严重、服药依从性差等用药安全问题^[21]。智能药盒/药箱是机器人技术在老年人口服药管理中的主要表现形式,具有药物储存、服药提醒和用药监督等功能。叶涛等^[22]基于人机工程设计的智能药箱能够完成药品存储、服药提醒和用药监督三大基础功能,且具有用药说明、药品存储记录、生命体征测量三大辅助功能。陈睿博^[23]研发的老年智能药盒则将老年人服药的个性化需求与服药体验考虑在内,将 Co-design 设计理念应用于老年智能药盒的研发,对老年人服药过程中取药和接水阶段进行优化,有效改善了老年人的服药依从性。

3. 社会辅助型机器人:社会辅助型机器人在老年人中的应用探索较多,其基于社会交互方式为老年人提供身心帮助,如情感支持和认知支持,从而改善老年人心理健康状况,并提升其生活质量^[24-25]。(1)情感支持。在全球老龄化的时代背景下,关注老年人心理健康,为老年人尤其是空巢老人提供人性化情感关怀至关重要。近年来,为老年人提供情感支持的机器人备受研究人员的关注,尤其是空巢老人及养老机构中的老年人^[26-28]。MARIO 伴侣机器人能够根据老年痴呆患者的兴趣爱好为其播放音乐、游戏和电影等,促进其保持社交活跃、减少孤独感^[29]。PARO 是一款海豹外形的宠物机器人,其配有声音、光线、触觉、位置和温度 5 种传感器,可感知周边环境变化,其在养老机构的应用证实了陪伴型机器人能够有效改善老年人的不良情绪,促进心理健康,提高社会交往能力^[30]。陪伴型机器人还能间接改善老年人的生命体征。Robinson 等^[31]将 PARO 应用于养老机构和医院,能够有效改善老年人的生命体征,从而改善其生活质量。(2)认知支持。疾病治疗与康复过程中,医护人员往往关注老年人的身心健康,而忽视了其认知发展。为解决此问题,已有

多款旨在从精神层面刺激缺乏社交互动老年人的机器人。Quan等^[32]基于日托机构老年人的需求开发了多人共享的互动型机器人,并在社区中投入使用,增加了老年人与机器人的社交互动,增进了老年人与机器人间的社交互动和认知参与。认知支持机器人在老年痴呆症患者中的应用尤为突出,由于疾病的特殊性,医护人员及照顾者往往需要付出巨大努力才能使患者保持认知水平,机器人的应用不仅可减轻医护人员和照顾者的照顾负担,还可通过针对性康复措施提高患者的康复效果^[33]。机器人在与老年痴呆患者交互中使用对话策略,患者能够有效参与并享受与机器人的交流、互动,对其认知状态有益^[34]。

二、机器人在老年护理中面临的机遇

1. 国家相关政策积极引导和扶持老年护理机器人产业发展:为促进老年护理机器人的研发与临床落地,早在2006年国务院《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》^[35]就提出将智能服务机器人列入先进制造技术中的前沿技术。2016年,国务院印发了《机器人产业发展规划(2016—2020年)》^[36],从国家层面构建了机器人的行业标准,促进机器人行业的规范化发展。随后,国家工业和信息化部印发的《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018—2020年)》^[37]中强调,到2020年应实现医疗康复、助老助残等机器人的样机生产,并完成技术与功能验证。2020年,国家五部门共同印发的《关于促进老年用品产业发展的指导意见》^[38]中强调,需针对老年人生活辅助需求,发展生活起居、出行移动、交流通讯、休闲娱乐等老年产品。综上所述,在国家系列相关政策的大力助推下,机器人的研发被注入了强大的动力,在老年护理领域的研发与应用也得到了极大推动。

2. 人口老龄化、空巢家庭增多等社会问题推动老年护理机器人的发展:当今社会,家庭小型化、生活快节奏化、人口老龄化进程加快,空巢老人占比逐年增加,加之护工、养老机构等养老资源匮乏,老年护理机器人的需求迅速增长,尤其是具有情感陪护、日常照护、医疗护理等多功能的机器人。如何让老年人不受时间和地理限制,在家中过上高质量的晚年生活,是亟需解决的现实问题。养老服务供需的巨大缺口强力推动了机器人等智能养老设备的发展,目前国内外都逐渐开展机器人在老年护理中的探索性应用,在一些高端养老中心,机器人已经落地应用,未来机器人也必将成为智能化老年护理的重要组成部分。

3. 科技助力基于机器人的智能老年照护愿景实现:近年来,大数据和人工智能技术飞速发展,为精准智能化老年照护提供了技术支撑;语音识别与合成技术、语义解析及交互技术让老年人与机器人的人机互动更为顺畅;导航与定位技术、运动控制技术、多传感技术等能够辅助老年人运动功能和相关生活护理;5G通信技术助力万物互联,更是打破时间与空间壁垒,为老年人居家照护中的远程健康管理提供坚实基础。科技的高速发展为机器人和老年护理的交叉融合奠定了基础,也创造了良好的机会,势必助力有温度且精准智

能的老年照护愿景实现。

三、机器人在老年护理中面临的挑战

1. 紧贴老年人个性化、动态化需求的护理方案有待完善:国内外老年护理机器人在技术上持续更新与发展,但影响老年人主动选择护理机器人的重要因素之一在于机器人能否动态满足老年人的个性化需求。因此,必须科学构建紧贴老年人需求的个性化护理方案,其关键点有以下几方面。(1)以老年人中心,充分考虑老年人生理、心理和社会需求,多角度多方法深入挖掘老年人需求,识别不同需求的老年人特征,并对老年人可能出现的需求进行预测,以在老年人表达需求之前就为其提供支持;(2)护理方案的构建需基于循证,在老年人常见疾病管理相关指南的指导下构建护理方案,以保证护理方案科学性;(3)护理方案需根据老年人的护理需求变化而动态调整,为老年人提供可以通过人机互动直接接收老年人需求的机器人,以促进机器人动态、精准、有效地为老年人提供护理服务,提升老年人照护质量与使用体验。

2. 预防老年人与机器人的单向情感联系对其心理健康的潜在威胁:人与人之间的交流通过丰富的肢体动作、面部表情、眼神等多种方式表达自身的情感,而机器人因肢体动作僵硬、语言程序化等特点难以回应老年人对其的情感,老年人与机器人间仅有单向情感联系。老年人不愿被社会抛弃、害怕孤独、渴望交流等,而子女又无法长期照顾,因此选择与护理机器人沟通。这种沟通可一定程度缓解老年人的孤独感,却可能导致老年人的真实社交活动减少,反而增加其社会孤立感^[4]。此外,机器人物化操控式的服务过程可能会使老年人感到尊严丧失,心理负担增加,甚至产生厌烦情绪。因此,护理机器人应作为辅助工具,不能完全承担老年人的情感关怀,应将老年人与机器人的单向情感联系对其心理健康的潜在威胁告知老年人子女,鼓励其子女重视与老年人的沟通交流,促进老年人保持心理健康。

3. 有待多方协力降低老年护理机器人的应用成本:尽管机器人在医院及养老机构已得到一定应用,但因其售价相对较高而难以走进家庭护理,普及难度较大。如可替代照顾者双手完成喂食、搬运等动作的高精度机械臂,因成本太高,多数家庭无力购买,出现机器人需求不旺、价格难降的恶性循环^[39]。因此,应在国家层面给予相应扶持和补贴,如推动低成本零件、配件、包装等的研发;给予使用机器人照护的医院、养老机构或社区相应补贴;为老年人集中的社区和养老机构提供适于公共使用的老年护理机器人,提高老年人对机器人的接受度和机器人的使用频率;并探索相应的医保政策改革,以减轻老年人家庭的经济压力,增加老年护理机器人在医院、养老机构、社区和家庭护理中的普及度。

4. 亟需培养可胜任智能化老年护理的复合型护理人才和多学科团队:机器人与老年护理的融合应用作为一种新的人机交互方式为老年人提供个性化的科学护理,对护理工作提出了更高的要求。护理工作者不应只是机器人的使用者,更应是护理机器人的需求提出者、技术改革者、产品研

发者和标准制订者。因此,为护理人员提供更多的任职教育和培训机会,培养老年护理学、心理学、信息技术、机器人与人机交互相关学科的复合型人才,并组建多学科团队,让临床工作者更了解机器人与老年护理如何结合,从而将护理机器人渗透到老年人治疗和照护各个环节,并逐步实现机器人与老年护理的更深入融合。

5.需关注老年护理机器人数据安全和老年人隐私保护:老年护理机器人多应用于老年人的私人空间,实现病情监测、症状管理等功能需收集大量数据,摄像、录音等设备实时采集、传输及分析数据,在连接互联网状态下,数据易被他人获取,存在老年人隐私泄露的风险^[40]。老年人个人信息的泄露不但侵犯了老年人的隐私权,还增加了老年人被推销甚至诈骗的潜在危险^[41]。因此,医护人员使用老年护理机器人时,更应关注数据安全和老年人的隐私保护,降低数据滥用和数据泄露风险,最大程度平衡隐私保护与监护需求,以提高老年人对护理机器人的接受度。

四、小结

机器人在老年护理中的应用能够完成老年人生活辅助、治疗辅助、社会辅助任务,可有效减轻护理人员的工作负担。在人口老龄化加速、鼓励科技创新的时代背景下,老年护理机器人的发展迎来了国家政策、社会环境、科学技术等多方机遇,同时也面临着严峻挑战。因此,应培养智能化老年护理复合型专业人才,组建多学科团队,研发更具临床价值和用户体验的老年护理机器人,构建融入护理机器人的科学、智能、个性化护理方案,进一步推动机器人与老年护理的交叉融合,从而全面提升老年人的照护体验、生活质量和身心健康。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 胡丽:构思与设计、文献检索、论文撰写;程璐:构思与设计、论文修订、审校

参 考 文 献

- [1] 民政部.2019年社会服务发展统计公报[EB/OL].(2020-09-08)[2021-02-03].<http://images3.mca.gov.cn/www2017/file/202009/1601261242921.pdf>.
- [2] 石名菲,李英华,刘莹钰,等.我国老年人慢性病防治素养水平与慢性病患状况相关性分析[J].中国健康教育,2020,36(5):387-391. DOI: 10.16168/j.cnki.issn.1002-9982.2020.05.001.
- [3] Shi MF, Li YH, Liu YY, et al. Study on the relationship between chronic diseases literacy and health status of Chinese residents aged 60-69 years[J]. Chinese Journal of Health Education, 2020, 36(5): 387-391.
- [4] 周滢,李峥.人工智能技术在老年护理中应用的研究进展[J].中国护理管理,2018,18(6):777-780. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1756.2018.06.012.
- [5] Zhou L, Li Z. Application of artificial intelligence technology in the elderly care: a literature review[J]. Chin Nurs Manag, 2018, 18(6): 777-780.
- [6] 彭胜,王玉玲,孙雨晴,等.陪伴型机器人在老年护理中应用的研究进展[J].中华现代护理杂志,2021,27(10):1397-1400. DOI: 10.3760/cma.j.cn115682-20200628-04110.
- [7] Peng S, Wang YL, Sun YQ, et al. Research progress of companion robots in geriatric nursing[J]. Chin J Mod Nurs, 2021, 27(10): 1397-1400.
- [8] Spenko M, Yu H, Dubowsky S. Robotic personal aids for mobility and monitoring for the elderly[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2006, 14(3): 344-351. DOI: 10.1109/TNSRE.2006.881534.
- [9] Fan Z, Meng L, Chen TQ, et al. Learning motion predictors for smart wheelchair using autoregressive sparse Gaussian process [C]// 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Brisbane: IEEE, 2018: 713-718.
- [10] 陈旺.老年人助行机器人创新设计研究[D].武汉:湖北工业大学,2017.
- [11] Liu F, Yu H, Wei W, et al. I-feed: a robotic platform of an assistive feeding robot for the disabled elderly population[J]. Technol Health Care, 2020, 28(4): 425-429. DOI: 10.3233/THC-202320.
- [12] 曾锦翔,盖克荣,杨锦忠.基于FPGA和ARM的桌面助餐机器人设计[J].北京工业职业技术学院学报,2017,16(1):22-25. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6558.2017.01.006.
- [13] Zeng JX, Gai KR, Yang JZ. Design of desktop help meal robot based on FPGA and ARM[J]. Journal of Beijing Polytechnic College, 2017, 16(1): 22-25.
- [14] 付东辽,韩建海,胡志刚.卫生护理机器人辅助站立装置设计与研究[J].机械传动,2013,37(11):43-46. DOI: 10.16578/j.issn.1004.2539.2013.11.003.
- [15] Fu DL, Han JH, Hu ZG. Design and research on health care robot auxiliary stand device[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2013, 37(11): 43-46.
- [16] 裴学胜,程超然.个人卫生护理机器人的人机工程设计研究[J].机械设计,2014,31(2):107-110. DOI: 10.13841/j.cnki.jxsj.2014.02.031.
- [17] Pei XS, Cheng CR. Research on the ergonomic design of personal health care robot[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(2): 107-110.
- [18] Werner C, Kardaris N, Koutras P, et al. Improving gesture-based interaction between an assistive bathing robot and older adults via user training on the gestural commands[J]. Arch Gerontol Geriatr, 2020, 87: 103996. DOI: 10.1016/j.archger.2019.103996.
- [19] Chen TL, Kemp CC. Lead me by the hand: evaluation of a direct physical interface for nursing assistant robots[C]// 2010 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). Japan: Nara, 2014.
- [20] Ding J, Lim YJ, Solano M, et al. Giving patients a lift-the robotic nursing assistant (RoNA) [C]// the 2014 IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA). Boston, MA, 2014.
- [21] Davies N. Can robots handle your healthcare?[J]. Eng Technol, 2016, 11(9): 58-61. DOI: 10.1049/et.2016.0907.
- [22] 高坤.外骨骼助力搬运机器人的结构设计与仿真分析[D].镇江:江苏大学,2018.
- [23] Tseng KC, Hsu CL, Chuang YH. Designing an intelligent health monitoring system and exploring user acceptance for the elderly[J]. J Med Syst, 2013, 37(6): 9967. DOI: 10.1007/s10916-013-9967-y.
- [24] 乔茜.老年人家庭健康监测产品的交互设计研究[D].北京:

- 华北电力大学, 2017.
- [19] 欧阳文婷, 肖义泽, 段义军. 中国 ≥ 60 岁老年人卫生服务需求meta分析[J]. 中国公共卫生, 2016, 32(9): 1149-1152. DOI: 10.11847/zgggws2016-32-09-04.
Ouyang WT, Xiao YZ, Duan YJ. Demand of health services among Chinese elderly aged 60 years and over: a meta-analysis[J]. Chin J Public Health, 2016, 32(9): 1149-1152.
 - [20] 陈强, 朱月兰, 丁腊春, 等. 慢性病管理语音机器人的设计与应用[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2020, 17(1): 121-124. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5166.2020.01.26.
Chen Q, Zhu YL, Ding LC, et al. Design and application of speech robot for chronic disease management[J]. Chinese Journal of Health Informatics and Management, 2020, 17(1): 121-124.
 - [21] 杨希, 张河川. 老年人长期照护用药安全研究现状[J]. 护理研究, 2020, 34(11): 1993-1996. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2020.11.025.
Yang X, Zhang HC. Research status quo of medication safety in long-term care for the elderly[J]. Chinese Nursing Research, 2020, 34(11): 1993-1996.
 - [22] 叶涛, 陈健, 邱变变, 等. 老年人智能药箱人机工程设计[J]. 机械设计, 2019, 36(10): 140-144. DOI: 10.13841/j.cnki.jxsj.2019.10.023.
Ye T, Chen J, Qiu BB, et al. Ergonomic design of intelligent medicine box for the elderly[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(10): 140-144.
 - [23] 陈睿博. 基于Co-design的老年智能药盒设计开发[D]. 北京: 北京邮电大学, 2019.
 - [24] Góngora Alonso S, Hamrioui S, de la Torre Díez I, et al. Social robots for people with aging and dementia: a systematic review of literature[J]. Telemed J E Health, 2019, 25(7): 533-540. DOI: 10.1089/tmj.2018.0051.
 - [25] Abdi J, Al-Hindawi A, Ng T, et al. Scoping review on the use of socially assistive robot technology in elderly care[J]. BMJ Open, 2018, 8(2): e018815. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-018815.
 - [26] Alichs MA, Encinar IP, Salichs E, et al. Study of scenarios and technical requirements of a social assistive robot for Alzheimer's disease patients and their caregivers[J]. Int J Soc Robot, 2015, 8(1): 85-102. DOI: 10.1007/s12369-015-0319-6.
 - [27] Whelan S, Kouroupetroglou C, Santorelli A, et al. Investigating the effect of social robot embodiment[J]. Stud Health Technol Inform, 2017, 242: 523-526. DOI: 10.3233/978-1-61499-798-6-523.
 - [28] 曹红京, 郑莉萍, 郭海玲. 养老机构老人心理特点与应对策略[J]. 中华现代护理杂志, 2019, 25(34): 4523-4526. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-2907.2019.34.028.
Cao HJ, Zheng LP, Guo HL. Psychological characteristics and coping strategy in the elderly in care institutions for the aged[J]. Chin J Mod Nurs, 2019, 25(34): 4523-4526.
 - [29] Kouroupetroglou C, Casey D, Raciti M, et al. Interacting with dementia: the MARIO approach[J]. Stud Health Technol Inform, 2017, 242: 38-47. DOI: 10.3233/978-1-61499-798-6-38.
 - [30] Baisch S, Kolling T, Ruhl S, et al. Emotional robots in a nursing context: empirical analysis of the present use and the effects of paro and pled[J]. Z Gerontol Geriatr, 2018, 51(1): 16-24. DOI: 10.1007/s00391-017-1346-8.
 - [31] Robinson H, MacDonald B, Broadbent E. Physiological effects of a companion robot on blood pressure of older people in residential care facility: a pilot study[J]. Australas J Ageing, 2015, 34(1): 27-32. DOI: 10.1111/ajag.12099.
 - [32] Quan W, Niwa H, Ishikawa N, et al. Assisted-care robot based on sociological interaction analysis[J]. Comput Human Behav, 2011, 27(5): 1527-1534. DOI: 10.1016/j.chb.2010.10.022.
 - [33] Soler MV, Agüera-Ortiz L, Rodríguez JO, et al. Social robots in advanced dementia[J]. Front Aging Neurosci, 2015, 7, 133. DOI: 10.3389/fnagi.2015.00133.
 - [34] Cruz-Sandoval D, Favela J. Incorporating conversational strategies in a social robot to interact with people with dementia[J]. Dement Geriatr Cogn Disord, 2019, 47(3): 140-148. DOI: 10.1159/000497801.
 - [35] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)[EB/OL]. (2006-02-09) [2021-02-03]. http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.htm.
 - [36] 中华人民共和国国务院. 三部门关于印发《机器人产业发展规划(2016—2020年)》的通知[EB/OL]. (2016-04-27) [2021-02-03]. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwbfbh/wqfbh/33978/34888/xgzc34894/Document/1484894/1484894.htm>.
 - [37] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018—2020年)》的通知[EB/OL]. (2017-12-14) [2021-02-03]. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/zh/art/2020/art_de90191568e94fb0b358864d30c67ae9.html.
 - [38] 中华人民共和国工业和信息化部. 五部门印发《关于促进老年用品产业发展的指导意见》的通知[EB/OL]. (2020-01-17) [2021-02-03]. https://www.miit.gov.cn/jgsj/xfgys/wjfb/art/2020/art_5c6699c1a9cf4accb0847003ea0f6138.html.
 - [39] 程子真, 张琪, 甘燕玲. 机器人在老年人家庭护理中的应用研究进展[J]. 护理学报, 2019, 26(9): 42-45. DOI: 10.16460/j.issn1008-9969.2019.09.042.
 - [40] 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. DOI: 10.15936/j.cnki.1008-3758.2015.06.003.
Li XY. Study on the ethical risks of the aged care robots[J]. Journal of Northeastern University (Social Science), 2015, 17(6): 561-566.
 - [41] 罗定生, 吴玺宏. 浅谈智能护理机器人的伦理问题[J]. 科学与社会, 2018, 8(1): 25-39. DOI: 10.19524/j.cnki.10-1009/g3.2018.01.025.
Luo DS, Wu XH. Ethical challenges in servicing elderly people with intelligent caring robots[J]. Science and Society, 2018, 8(1): 25-39.

