



(扫描二维码查看原文)

· 前沿进展 ·

康复机器人在临床中的应用进展及展望

王陶陶¹, 古剑雄²

【摘要】 近年来信息化、科技化及智能化已成为各个领域的主旋律。在康复医学领域,与康复治疗相关的康复机器人也在磅礴发展。康复机器人的兴起不仅减轻了康复治疗师的工作强度,同时也引发了康复治疗师更深入的思考及对未来治疗模式的展望。近年随着研究深入及技术进步,康复机器人正在向多功能、操作简单且更加智能化的方向发展,且其在临床中的应用效果也越来越得到人们的认可。笔者通过检索文献综述了康复机器人在临床中的应用进展、存在的问题及展望,旨在为康复机器人的临床推广、应用提供参考。

【关键词】 康复机器人; 康复治疗师; 功能障碍; 人工智能; 综述

【中图分类号】 R 49 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.019

王陶陶, 古剑雄. 康复机器人在临床中的应用进展及展望 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2021, 29 (3): 137-140. [www.syxnf.net]

WANG T T, GU J X. Clinical application progress and future prospect of rehabilitation robot [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2021, 29 (3): 137-140.

Clinical Application Progress and Future Prospect of Rehabilitation Robot WANG Taotao¹, GU Jianxiong²

1. Guangdong Medical University, Zhanjiang 524002, China

2. Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524002, China

Corresponding author: GU Jianxiong, E-mail: kfkjx@163.com

【Abstract】 In recent years, information, technology and intelligence have become the main theme in various fields. In the field of rehabilitation medicine, the robots related to rehabilitation therapy are also developing rapidly. The rise of rehabilitation robots not only reduces the work intensity of rehabilitation therapists, but also causes rehabilitation therapists to think more deeply and look forward to the future treatment mode. In recent years, with the in-depth research and technological progress, rehabilitation robot is developing to the direction of multi-function, simple operation and more intelligent, and its clinical application effect is more and more recognized. This paper reviews the application progress, existing problems and future prospects of rehabilitation robot in clinic through literature search, aiming to provide reference for clinical promotion and application of rehabilitation robot.

【Key words】 Rehabilitation robot; Rehabilitation therapist; Dysfunction; Artificial intelligence; Review

1. 524002 广东省湛江市, 广东医科大学

2. 524002 广东省湛江市, 广东医科大学附属第一医院康复医学科

通信作者: 古剑雄, E-mail: kfkjx@163.com

disease at stable stage in lung and kidney deficiency syndrome [J].

Hebei Journal of Traditional Chinese Medicine, 2018, 40 (9):

1301-1305. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2619.2018.09.005.

[38] 贺晋芳. “六字诀”呼吸法治疗 COPD 稳定期的疗效及对 T 淋巴细胞亚群的影响 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2019.

[39] 陈伟云, 梁炳辉, 詹伟杰. 金匮肾气丸联合穴位敷贴治疗肾阳虚证型慢性阻塞性肺疾病稳定期的疗效及对免疫功能的影响 [J]. 国际呼吸杂志, 2018, 38 (16): 1231-1235. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-436X.2018.16.007.

CHEN W Y, LIANG B H, ZHAN W J. Curative effect in the treatment of kidney Yang deficiency of COPD and influence on the immune function of Jinguishenqi pill combined with acupoint application [J]. International Journal of Respiration, 2018, 38 (16): 1231-1235. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-436X.2018.16.007.

(收稿日期: 2020-12-05; 修回日期: 2021-02-03)

(本文编辑: 谢武英)

20世纪80年代初期,我国现代康复医学开始起步^[1],随后康复治疗师职业应运而生。康复治疗师指运用专业的知识技能对功能障碍患者进行评估、制定康复处方并进行治疗的专业技术人员^[2]。20世纪90年代,我国开始研究康复机器人,但早期康复机器人普遍体积大、安装复杂、运动形式少、功能相对简单,其仅能帮助患者做一些简单的关节活动或肌力加强训练^[3]。近年随着研究深入及技术进步,康复机器人正在向多功能、操作简单且更加智能化的方向发展^[4],且其在临床中的应用效果也越来越得到人们的认可。对于康复治疗师而言,可以利用康复机器人分担一些工作任务,另外也需要充分了解智能化的康复机器人,思考如何更好地发挥其优势,以达到最佳康复治疗效果。笔者通过检索文献综述了康复机器人在临床中的应用进展、存在的问题及展望,旨在为康复机器人的临床推广、应用提供参考。

1 康复机器人的定义及分类

康复机器人主要指用于辅助性治疗的机器人,是以康复医学理论为基础,结合机器人技术生产的治疗设备的统称^[3]。康复机器人可根据其针对的功能障碍类别分为认知言语障碍治疗类和运动障碍治疗类^[5],其中认知言语障碍治疗类又可分为注意力障碍治疗、记忆力障碍治疗及言语障碍治疗等;运动障碍治疗类根据应用部位又分为上肢康复机器人和下肢康复机器人^[6],上肢康复机器人可分为末端牵引式、外骨骼式康复机器人,下肢康复机器人可分为踏板式、床式及外骨骼式康复机器人等,外骨骼式康复机器人根据其驱动器类型又可分为电机驱动、液压驱动、气压驱动及人工肌肉驱动四种^[7]。研究表明,外骨骼式康复机器人具有自由度大、应用方便等特点,其中人工肌肉驱动外骨骼式康复机器人因其更接近人体组织、顺应性更强、成本较为低廉、安全可靠等特点而成为近年来的研究热点^[8]。

2 康复机器人的临床应用

康复机器人作为康复治疗的一种设备,目前主要用于各种疾病(如脑瘫、脑卒中、脊髓损伤、帕金森病、自闭症等)导致的功能障碍的治疗,具有改善患者功能状况、提高患者日常生活自理能力及社会交流能力等作用^[9]。

2.1 康复机器人在运动功能障碍中的应用进展 康复机器人在脑卒中后运动功能障碍中的应用最为广泛^[10],种类也更多,其中上肢外骨骼式康复机器人是一种可穿戴式设备,可在立体空间进行肢体功能训练,且移动方便,适用于不同场所。孙长城等^[11]研究表明,连续4周采用ReoGo上肢康复机器人训练(30 min/次,5次/周)对患者的肩功能及肘功能均有良好的改善作用。此外,CAPPELLO等^[12]研究表明,软体式康复机器人手套可改善脊髓损伤上肢瘫痪患者手的力量和灵巧性,改善患者日常生活活动能力。对于不完全性及完全性脊髓损伤患者,VAN DIJSSeldonk等^[13]研究发现,下肢外骨骼式康复机器人在家庭和社区环境中作为一种锻炼设备具有很好的潜力,其可促进脊髓损伤患者身心健康。除脑卒中、脊髓损伤等患者的下肢行走问题外,WALLARD等^[14]研究发现,康复机器人辅助训练疗法对脑瘫患儿的姿势和运动功能恢复具有促进作用。

2.2 康复机器人在认知言语功能障碍中的应用进展 康复机器人在人机智能交互方面的进步,尤其是在交互过程中展示出的丰富情感变化是其用于认知言语功能障碍治疗的基础^[15]。在儿童康复领域,面向孤独症患儿的康复机器人可增强患儿的叙事能力和手势交流能力^[16],不仅降低康复训练成本,还能很大程度上提高康复治疗效果。国外一项对比社区老年人进行传统认知训练与康复机器人认知训练效果的研究显示,康复机器人训练组老年人前扣带回皮质变薄较少,表明康复机器人能更好地缓解与年龄相关的结构性脑部变化,进而改善认知功能^[17]。CASTILLO等^[18]研究发现,将康复机器人用于脑损伤导致的语言失用症中,能有效帮助治疗师为患者提供安全、强化的康复训练。目前,国内康复机器人用于认知言语功能障碍的研究报道尚少,但认知障碍发病率较高^[19],故未来康复机器人在认知言语功能障碍的治疗中仍有很大的发展空间^[20]。

3 康复机器人存在的问题

3.1 安全性 最初,引入康复机器人的主要目的是减轻康复治疗师的体力劳动^[21],但康复机器人是自动化和程序化的机器,其是根据预先设定的系统参数运行的,这样就难免出现机器故障,而为了杜绝给患者造成二次损伤,人为监控康复机器人还是十分必要的^[22]。虽然现在的康复机器人功能更全面、更智能化,但安全问题依旧是值得担忧的,不仅要考虑机器实体可能给患者造成的损伤,还要重视更加智能化的康复机器人可能带来的隐私、伦理安全问题^[23-24],如康复机器人可能访问、记录和生成大量有关患者的个人数据,而这些数据存在未经个人同意被非法使用的风险,这无疑是康复机器人在大数据时代发展所面临的巨大挑战^[25]。

3.2 实用性 康复机器人的实用性也是限制其发展的重要原因。众所周知,康复机器人的设计、研发源于临床思考^[3],是为了解决一些临床问题;研发康复机器人后更需要在大规模人群中应用,不断发现问题、解决问题,并更新改进,进而才能给患者带来更好的使用感,实现从研发到临床应用的完美转换。而实际上,目前许多康复机器人的购买及维修所需费用较高^[26],实际操作不够简单、方便,使其仅局限于大型医院,且真正适合及能使用到的人数较少,实际使用率较低。另外,康复机器人使用率不高的原因还有患者及家属担心康复机器人的使用会使患者与治疗师等真实个体的交流、互动、接触减少,导致患者出现智能机器设备依赖而社交能力减弱、康复积极性下降等问题。

3.3 使用指南缺失 近年康复机器人的研究热潮也带来了大量的相关设备、产品,康复机器人也从最初的简单机械化训练发展到可视化反馈,再到智能化评估、云数据共享等,前景一片光明;但对于康复机器人的治疗效果尚存在争议,虽然大多数研究均显示出积极的效果,但也有研究得出不同的结论,如RODGERS等^[27]研究指出,与常规训练相比,上肢康复机器人并未显示出更好的治疗效果。此外,一项Meta分析结果也显示,上肢康复机器人对上肢运动功能及日常生活能力的改善效果并未优于传统康复治疗师的常规训练^[28]。PIIRA等^[29]研究中针对慢性不完全性脊髓损伤患者采用康复

机器人辅助运动训练,结果显示,康复机器人辅助运动训练不能帮助患者重建独立行走功能,且对患者肌肉力量和平衡的影响并不明显。

目前,临床上对于康复机器人介入治疗的时机、持续时间、训练频率等均缺少有效的衡量标准,多数情况是根据康复治疗师的经验设定康复训练方案,尚缺乏高质量、大规模的随机对照临床研究进行验证^[30];此外,针对各式各样、具有不同特点及优势的康复机器人,不同康复方案的应用效果尚不明确,因此制定康复机器人使用指南指导康复机器人的临床应用尤为重要。

4 展望

康复机器人设备的智能化及使用的普遍化是科技进步及各学科融合发展的必然结果。虽然目前康复机器人的治疗效果还存在一些争议,且广泛推广存在各种问题,但综合考虑康复机器人在康复治疗中的优势还是非常明显的^[31],各相关领域对未来康复机器人的发展还是充满信心及期待的。

4.1 康复机器人设计上更个体化、功能上更多样化及使用更加安全、简便 目前,市面上的康复机器人存在的普遍现象是布局及操作是从正常人角度出发、设计的,而康复机器人的最终使用者应是存在各种功能障碍的患者,不同类型及程度的功能障碍患者所能及所需使用的训练模块具有较大差异,其治疗方案需要经过精确评估,因此未来康复机器人的发展方向必定是能够给不同患者提供更加规范化、精准化、个体化的康复治疗。

4.2 康复机器人走出大型医院、研究所,走进社区、家庭 康复机器人作为一个多学科合作的项目,是通过医师、康复治疗师、患者及工程师的密切沟通和合作,再经过不断调整、试验让其实用性得到最大限度的提升,让康复机器人真正做到能够大规模应用,让康复治疗效果得到最大程度的体现。康复治疗是一个需要坚持的漫长过程,而通过康复机器人在社区或家庭提供持续治疗和帮助,康复治疗师通过云数据监控及配合定期随访或许是未来康复治疗模式的发展方向。

未来康复机器人仍会是康复医学及智能工程领域研究的重点及热点,且随着不同功能康复机器人的研发,其使用指南也会越来越完善,而康复治疗师及康复机器人携手合作势必开启康复治疗的新篇章。

作者贡献:王陶陶进行文章的构思与设计、文献/资料整理,并撰写论文;古剑雄进行文章的可行性分析,负责文章的质量控制及审校,并对文章整体负责、监督管理;王陶陶、古剑雄进行论文及英文的修订。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] 吴毅,岳寿伟,窦豆.中国康复医学科学研究的发展历程[J].中国康复医学杂志,2019,34(9):1009-1013.DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2019.09.001.
WU Y, YUE S W, DOU D. The development of scientific research in rehabilitation medicine in China [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2019, 34 (9): 1009-1013. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2019.09.001.

[2] 燕铁斌,敖丽娟.中国康复医学教育体系的构建与发展历程[J].中国康复医学杂志,2019,34(8):881-884.DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2019.08.001.
YAN T B, AO L J. The development of education system in rehabilitation medicine in China [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2019, 34 (8): 881-884. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2019.08.001.

[3] 周媛,王宁华.康复机器人概述[J].中国康复医学杂志,2015,30(4):400-403.DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.04.024.

[4] 喻洪流.康复机器人:未来十大远景展望[J].中国康复医学杂志,2020,35(8):900-902.DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.08.002.

[5] 张飞,喻洪流,王露露,等.康复机器人的分类探讨[J].中华物理医学与康复杂志,2017,39(8):633-636.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.08.020.

[6] SUNNERHAGEN K. Olle höök lectureship 2019: the changing world of stroke rehabilitation [J]. J Rehabil Med, 2020. DOI: 10.2340/16501977-2670.

[7] 赵新刚,谈晓伟,张弼.柔性下肢外骨骼机器人研究进展及关键技术分析[J].机器人,2020,42(3):365-384.DOI:10.13973/j.cnki.robot.190474.
ZHAO X G, TAN X W, ZHANG B. Development of soft lower extremity exoskeleton and its key technologies: a survey [J]. Robot, 2020, 42 (3): 365-384. DOI: 10.13973/j.cnki.robot.190474.

[8] 周彬滨,邹任玲.气动人工肌肉在康复器械中的应用现状[J].中国康复理论与实践,2020,26(4):463-466.DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2020.04.014.
ZHOU B B, ZOU R L. Application of pneumatic artificial muscle in rehabilitation equipment (review) [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice, 2020, 26 (4): 463-466. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2020.04.014.

[9] 励建安.人机共融,天人合一——关于康复机器人应用与发展的思考[J].中国康复医学杂志,2020,35(8):897-899. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.08.001.
LI J A. Bridging brain and machine for health: new vision on research and application of rehabilitation robotics [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2020, 35 (8): 897-899. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2020.08.001.

[10] DUKELOW S P. The potential power of robotics for upper extremity stroke rehabilitation [J]. Int J Stroke, 2017, 12 (1): 7-8. DOI: 10.1177/1747493016654483.

[11] 孙长城,王春方,丁晓晶,等.上肢康复机器人辅助训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响[J].中国康复医学杂志,2018,33(10):1162-1167.DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2018.10.006.
SUN C C, WANG C F, DING X J, et al. Effects of assistant training of upper-limb rehabilitation robot on upper-limb motor

- function of hemiplegic stroke patients [J]. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine*, 2018, 33 (10): 1162-1167. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.10.006.
- [12] CAPPELLO L, MEYER J T, GALLOWAY K C, et al. Assisting hand function after spinal cord injury with a fabric-based soft robotic glove [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2018, 15 (1): 59. DOI: 10.1186/s12984-018-0391-x.
- [13] VAN DIJSSELDONK R B, VAN NES I J W, GEURTS A C H, et al. Exoskeleton home and community use in people with complete spinal cord injury [J]. *Sci Rep*, 2020, 10 (1): 1-8. DOI: 10.1038/s41598-020-72397-6.
- [14] WALLARD L, DIETRICH G, KERLIRZIN Y, et al. Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy [J]. *Gait Posture*, 2018, 60: 55-60. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.11.007.
- [15] PESSOA L. Intelligent architectures for robotics: the merging of cognition and emotion [J]. *Phys Life Rev*, 2019, 31: 157-170. DOI: 10.1016/j.plrev.2019.04.009.
- [16] SO W C, WONG M K, LAM W Y, et al. Robot-based intervention may reduce delay in the production of intransitive gestures in Chinese-speaking preschoolers with autism spectrum disorder [J]. *Mol Autism*, 2018, 9: 34. DOI: 10.1186/s13229-018-0217-5.
- [17] KIM G, JEON S, IM K, et al. Structural brain changes after traditional and robot-assisted multi-domain cognitive training in community-dwelling healthy elderly [J]. *PLoS One*, 2015, 10 (4): e0123251. DOI: 10.1371/journal.pone.0123251.
- [18] CASTILLO J C, ALVAREZ-FERNANDEZ D, ALONSO-MARTÍN F, et al. Social robotics in therapy of apraxia of speech [J]. *J Healthc Eng*, 2018, 2018: 7075290. DOI: 10.1155/2018/7075290.
- [19] 张榕, 杨颖, 李铮, 等. 认知衰弱对共病老年人住院费用的影响研究 [J]. *中国全科医学*, 2020, 23 (22): 2846-2851. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2020.00.070.
- ZHANG R, YANG Y, LI Z, et al. The effect of cognitive frailty on the hospitalization expenses of the elderly with comorbidity [J]. *Chinese General Practice*, 2020, 23 (22): 2846-2851. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2020.00.070.
- [20] ALNAJJAR F, KHALID S, VOGAN A, et al. Emerging cognitive intervention technologies to meet the needs of an aging population: a systematic review [J]. *Front Aging Neurosci*, 2019, 11: 291. DOI: 10.3389/fnagi.2019.00291.
- [21] CARPINO G, PEZZOLA A, URBANO M, et al. Assessing effectiveness and costs in robot-mediated lower limbs rehabilitation: a meta-analysis and state of the art [J]. *J Healthc Eng*, 2018, 2018: 7492024. DOI: 10.1155/2018/7492024.
- [22] 赵京, 张自强, 郑强, 等. 机器人安全性研究现状及发展趋势 [J]. *北京航空航天大学学报*, 2018, 44 (7): 1347-1358. DOI: 10.13700/j.bh.1001-5965.2017.0568.
- ZHAO J, ZHANG Z Q, ZHENG Q, et al. Research status and development trend of robot safety [J]. *Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics*, 2018, 44 (7): 1347-1358. DOI: 10.13700/j.bh.1001-5965.2017.0568.
- [23] CHANG W H, KIM Y H. Robot-assisted therapy in stroke rehabilitation [J]. *J Stroke*, 2013, 15 (3): 174-181. DOI: 10.5853/jos.2013.15.3.174.
- [24] NWOSU A C, STURGEON B, MCGLINCHEY T, et al. Robotic technology for palliative and supportive care: strengths, weaknesses, opportunities and threats [J]. *Palliat Med*, 2019, 33 (8): 1106-1113. DOI: 10.1177/0269216319857628.
- [25] WANGMO T, LIPPS M, KRESSIG R, et al. Ethical concerns with the use of intelligent assistive technology: findings from a qualitative study with professional stakeholders [J]. *BMC Med Ethics*, 2019, 20 (1): 98. DOI: 10.1186/s12910-019-0437-z.
- [26] 华裕, 朱敏, 张跃. 儿童康复机器人应用现状及发展趋势 [J]. *中国康复理论与实践*, 2018, 24 (6): 667-670. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2018.06.009.
- HUA Y, ZHU M, ZHANG Y. Application and development of pediatric rehabilitation robot (review) [J]. *Chin J Rehabilitation Theory Pract*, 2018, 24 (6): 667-670. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2018.06.009.
- [27] RODGERS H, BOSOMWORTH H, KREBS H, et al. Robot assisted training for the upper limb after stroke (RATULS): a multicentre randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2019, 394 (10192): 51-62. DOI: 10.1016/s0140-6736 (19) 31055-4.
- [28] CHIEN W T, CHONG Y Y, TSE M K, et al. Robot-assisted therapy for upper-limb rehabilitation in subacute stroke patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Brain Behav*, 2020, 10 (8): e01742. DOI: 10.1002/brb3.1742.
- [29] PIIRA A, LANNEM A M, SØRENSEN M, et al. Robot-assisted locomotor training did not improve walking function in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a randomized clinical trial [J]. *J Rehabil Med*, 2019, 51 (5): 385-389. DOI: 10.2340/16501977-2547.
- [30] LO A. Clinical designs of recent robot rehabilitation trials [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2012, 91 (11 suppl 3): S204-216. DOI: 10.1097/phm.0b013e31826bca3.
- [31] CHEW E, TURNER D. Can a robot bring your life back? A systematic review for robotics in rehabilitation [J]. *Adv Exp Med Biol*, 2019, 1170: 1-35. DOI: 10.1007/978-3-030-24230-5_1.

(收稿日期: 2020-11-15; 修回日期: 2021-01-20)

(本文编辑: 谢武英)