

· 综述 ·

康复机器人在脑梗死偏瘫患者中应用的研究进展

刘勤, 冯灵, 汪锐, 周乾晓, 张婷, 徐丽莎

四川大学华西医院神经内科/四川大学华西护理学院, 四川 成都 610041

摘要: 康复机器人是机器人技术与康复医疗技术结合的产物,可帮助残疾患者重新恢复运动功能。偏瘫是脑梗死后遗症中发病率较高的残疾病症。国内外越来越多的研究报道康复机器人在脑梗死偏瘫康复治疗中的显著效果,本文对康复机器人的分类、应用效果以及现存的问题进行综述,明确了其在改善脑梗死偏瘫患者上肢功能、手部功能、下肢功能、平衡功能、认知功能方面均有显著效果,但也发现目前康复机器人存在标准化方案缺乏、安全性研究缺乏等问题,未来康复机器人的研究与开发还需要更多的探索,并朝着标准化和安全的方向发展,以便为临床护理人员在脑梗死偏瘫患者高质量康复方面提供最佳治疗方案。

关键词: 康复机器人; 脑梗死; 偏瘫; 脑梗死后偏瘫; 上肢功能; 手部功能; 下肢功能; 平衡功能; 认知功能

中图分类号: R743.33 文献标识码: A 文章编号: 1674-8182(2024)04-0621-05

Research progress on the application of rehabilitation robot in patients with hemiplegia after cerebral infarction

LIU Qin, FENG Ling, WANG Rui, ZHOU Qianxiao, ZHANG Ping, XU Lisha

Department of Neurology, West China Hospital of Sichuan University/West China School of Nursing, Chengdu, Sichuan 610041, China

Corresponding author: FENG Ling, E-mail: fengling216@163.com

Abstract: Rehabilitation robots are the product of the combination of robotics and rehabilitation medical technology to help disabled patients regain motor function. Hemiplegia is a disability disease with a high incidence in the sequelae of cerebral infarction, and more and more studies at home and abroad have reported the significant effect of rehabilitation robots in the rehabilitation treatment of hemiplegia after cerebral infarction. This paper reviews the classification, application effect and existing problems of rehabilitation robots, and clarifies that they have significant effects in improving the functions of upper limb, hand, lower limb, balance and cognitive of patients with cerebral infarction hemiplegia, but it is also found that there are problems such as lack of standardized programs and lack of safety research in rehabilitation robots. The research and development of rehabilitation robots in the future still need more exploration, and develop in the direction of standardization and safety, in order to provide the best program for clinical nursing staff in the high-quality rehabilitation of cerebral infarction hemiplegia patients.

Keywords: Rehabilitation robot; Cerebral infarction; Hemiplegia; Hemiplegia after cerebral infarction; Upper limb function; Hand function; Lower limb function; Balance function; Cognitive function

脑梗死是一种急性缺血性脑血管疾病,在神经内科中非常常见,主要是因为各种不利因素造成部分脑组织坏死而引发持续性的病灶性神经功能障碍^[1-2]。该疾病致死率和致残率均较高,通常存活下来的脑梗死患者中约有一半会留下偏瘫、失语等各种严重残疾,不仅影响患者的生活质量,而且给患者带来沉重的心理负担^[3-5]。因此,临床早期进行脑梗死后偏瘫的护理及康复指导是脑梗死规范化管理的关键。康复器械的存在降低了康复师的人力成本,但仍旧无法完全替代康复师高定制化的手法治疗,针对该领域的需求缺口,能替代康复师手法治疗的康复机器人应运而生。康复机器人集训练、评估、康复策略定制等功能于一体,颠覆了传统的康复程

序依赖于治疗师的限制,可以有效缩短康复周期^[6-7]。康复机器人由于具有灵活性、安全性,在脑梗死患者中应用广泛,且获得较好的康复效果。本文综述康复机器人在脑梗死偏瘫患者中的应用,以期临床护理工作对卒中患者实施高质量的康复干预提供参考。

1 康复机器人概述

康复机器人是机器人技术与康复医疗技术结合的产物,可帮助残疾患者重新恢复运动功能,促进其回归社会^[8]。由于康复机器人在运动控制的稳定性、准确性、快速性以及操作的可靠性方面有出色的表现,其在康复领域得到了广泛的应

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2024.04.027

通信作者: 冯灵, E-mail: fengling216@163.com

出版日期: 2024-04-20

用,也取得了很好的临床效果。以往在康复领域费事、费力以及人力所不能及的工作必将被康复机器人所取代。因此,近年来,越来越多的研究发现机器人可在脑梗死偏瘫患者康复训练中发挥显著作用^[9-10];更多的临床工作者关注脑梗死偏瘫患者康复治疗中机器人的应用,以期通过康复机器人帮助患者更好地恢复身体机能,促进患者的康复。

2 康复机器人在脑梗死患者中的应用

2.1 应用领域 康复机器人是协助手臂、手、腿、脚踝等不同的感觉运动器官而量身定制的机器人设备,帮助人类进行多种辅助治疗训练,评估患者的感觉运动表现(运动能力);对于不同的患者而言,康复机器人能够帮助行动障碍患者进行治疗(如由中风、创伤性脑损伤等引起的行动障碍),也是自闭症、多动症等患者社会与行为障碍的干预与治疗工具,还能帮助患者进行肢体康复训练,有着独特的趣味性和精准性,使得诊治的效率大大提高,整体需求前景较大^[11]。不同康复期患者,康复机器人的训练模式存在差异,主要原理是利用康复机器人自带的传感器记录人体运动学、生理学特征、机体康复情况及耐受能力,提供科学化、个性化的康复方案。随着人口老龄化趋势的加剧,康复机器人作为一种新兴的辅助技术,受到了越来越多的关注。康复机器人不仅可以提高康复治疗的效率和质量,也可以降低医疗机构的人工成本和劳动强度^[12]。

2.2 应用分类 康复机器人可以从多个不同的角度进行分类。从产品功能来看,康复机器人分为功能替代型、功能辅助型、功能恢复型、功能恢复与辅助复合型;从机器人的功能来看,康复机器人分为牵引式康复机器人、悬挂式康复机器人、外骨骼康复机器人;从患者在康复训练中的身体姿势来看,康复机器人分为坐卧式下肢康复机器人、直立式下肢康复机器人、辅助起立式下肢康复机器人。目前国内外使用较广泛的康复机器人主要有上肢康复机器人、手指康复机器人和下肢康复机器人。上肢康复机器人又叫上肢智能反馈训练系统,采用计算机虚拟技术,结合康复医学理论,实时模拟人体上肢运动规律,患者可以在计算机虚拟环境中完成多关节或单关节康复训练^[13]。手指康复机器人,以临床康复医学为理论依据,通过辅助或完全取代医生完成手指运动障碍患者的康复治疗^[14]。下肢康复机器人通过辅助患者进行步态功能训练,以促进神经系统功能恢复、提高步行能力和日常生活活动能力,极大地提高了脑卒中、脊髓损伤、脑外伤、下肢肌肉和骨骼相关疾病患者的步行功能^[15]。

2.3 应用优势 康复机器人的临床应用优势主要在于三个方面。(1) 替代康复治疗医师的机械重复操作:康复机器人具有机械设备优势,可进行高强度、重复性训练,使患者可直接脱离康复治疗师的陪同,在康复机器人的辅助下即可完成繁重、反复的康复训练,同时康复治疗师也能够花更多的精力致力于康复治疗方案的创新。(2) 精准控制康复治疗过程:康复机器人可为医师提供患者真实测量的人体运动学、生理学数据,为改进和优化患者的康复训练方案提供数据支持;对患者进行功能评估后,康复机器人的治疗强度及不同训练模

式主要由算法计算而获得,更加贴合患者的实际治疗需求。

(3) 结合反馈系统和交互式设计:可为患者设置任务导向,激励其主动运动意识,同时可以提升治疗过程的趣味性,增强患者的康复信心,从而提高康复治疗的依从性与康复效果。

3 康复机器人在脑梗死偏瘫患者中的应用效果

偏瘫是脑梗死患者致残的重要原因,主要见于患者平衡能力、上肢运动能力、手运动以及下肢运动功能的障碍。康复机器人通过主动及被动训练改善患者各种功能状况,进而提高患者日常生活自理能力,有助于改善患者的生活质量。

3.1 改善上肢功能 脑梗死患者恢复缓慢,且遗留不同程度的运动障碍,而绝大多数脑梗死患者出现上肢功能障碍,肩前屈曲、外展、外旋活动受限,屈腕畸形以及手指屈曲畸形^[16]。因此,恢复脑梗死偏瘫患者上肢功能,对恢复生活自理能力,回归家庭、回归社会具有重大意义。上肢康复机器人可以实现多样化的任务导向训练,精准客观地量化每个动作,同时提供沉浸式的互动体验,迅速提高使用者运动的力度、速度、准确度,进而重塑上肢功能。既往有研究显示,对脑卒中偏瘫患者实施上肢康复机器人辅助训练4周后,Brunnstrom分期评定和Fugl-Meyer上肢评分明显得到改善,表明上肢康复机器人辅助训练能有效促进脑梗死偏瘫患者上肢运动功能康复^[17]。另有研究显示,脑卒中偏瘫患者经上肢康复机器人辅助虚拟游戏训练2周后,Fugl-Meyer上肢评分和动作活动记录量表运动质量评分明显升高,说明上肢康复机器人辅助虚拟游戏训练能有效改善上肢运动功能和运动质量^[18]。眭有昕等^[19]研究发现,将虚拟现实上肢康复机器人与经颅直流电刺激联合应用于脑梗死后上肢功能障碍患者康复训练中,Fugl-Meyer上肢评分和手臂动作调查测试评分明显升高,且优于采用常规康复治疗患者。上肢康复机器人可模拟手臂的各种运动,实现患者上肢的半主动、主动、随动及其组合训练模式,对患者进行针对性的一、二、三维训练,同时实时提供视觉、语音反馈,促进大脑灵活性和肢体的协调、稳定性,能进一步促进上肢功能的康复^[20]。这些研究结果表明上肢康复机器人不仅能改善患者上肢运动功能,还能与其他康复治疗方式联合使用,增强康复效果,促进患者早日康复。康复机器人在脑梗死偏瘫患者上肢功能康复中得到了越来越多的临床应用和证据支持。

3.2 改善手功能 手功能障碍是脑梗死后的常见并发症之一,且最难康复,一般发生在脑梗死后1~3个月^[21]。脑梗死后手部出现功能障碍主要是因为,大脑里面控制手部的相应“脑神经元细胞”出现了损伤或者死亡,导致患者不能控制手部,出现手指无力、肿胀、疼痛、僵硬等功能障碍。手功能障碍严重影响患者的日常生活,包括不能吃饭、写字、抬手梳头、洗澡等,久而久之导致患者产生心理问题。因此,最大程度的改善脑梗死患者手部运动功能对提高患者生活质量具有重要意义。手功能康复机器人具有被动训练、精细训练、对指训练、功能训练、牵伸训练、分指镜像等多种训练模式,满足手功能障碍患者全周期康复的需求。Huang等^[22]的研究发现手部

机器人辅助治疗可通过改善中风后手部功能障碍患者手指的活动度、力量和协调性,进一步提高精细手部运动康复训练的效果。Bayındır等^[23]的研究发现,与常规手部康复训练比较,接受手康复机器人装置在恢复亚急性偏瘫患者良好的手灵活性和力量以及减少手臂残疾方面是可行和有效的。王传凯等^[24]选取40例卒中亚急性期手运动功能障碍患者,随机分为对照组与观察组,分别采用常规康复治疗 and 增加康复机器人手套治疗,结果发现增加康复机器人手套治疗对卒中亚急性期患者的手运动功能改善具有促进作用。郝宁等^[25]将50例卒中手功能障碍患者按照随机数字表法分为对照组和实验组,两组患者均给予常规康复治疗,实验组另行 AMADEO 康复机器人训练,治疗12周后实验组患者拇指屈曲力量、拇指伸展力量、拇指与其余4指关节总主动活动度评分均高于对照组,提示 AMADEO 机器人应用于康复训练,有助于提高脑卒中手功能障碍患者的拇指控制能力。

3.3 改善下肢功能 脑梗死后下肢最常见症状是偏瘫,表现为腿、脚不能自主活动,膝关节无法抬起,丧失自如行走的能力,此时,训练下肢肌肉力量对恢复患者正常步态具有重要意义^[26-27]。下肢康复机器人有多种步态训练模式,在治疗过程中,医生和治疗师可根据训练的运动参数以及反馈的分析报告对康复治疗方案进行调整与优化,制定更有针对性的康复训练计划,经过大量的重复性运动训练可改善患者神经系统在结构功能上的代偿和功能重组,下肢自身承受的重量和平衡功能逐渐训练至正常状态,并过渡到平地上进行练习,最终获得独立步行的能力。既往有研究纳入40例脑梗死偏瘫患者,随机分为A组($n=20$)和B组($n=20$),A组给予下肢康复机器人训练,B组给予常规康复训练,训练6个月后,发现下肢康复机器人可有效降低脑梗死偏瘫患者偏瘫下肢的后遗功能障碍,提高下肢运动能力^[28]。另有研究显示,脑梗死后偏瘫患者经下肢康复机器人训练后 Fugl-Meyer 下肢运动功能量表评分、平衡量表评分、10 m 最大步行速度和 Holden 功能性步行分级法评分明显升高,表明下肢康复机器人训练可改善脑梗死偏瘫患者下肢运动、平衡及步行功能的恢复^[29]。这些研究结果均表明康复机器人能精准带动脑梗死偏瘫患者进行持续性的高频步行训练,保证训练强度,促进康复效果。

3.4 改善平衡功能 脑梗死偏瘫患者由于脑部高位中枢失去了对低位中枢的控制,出现平衡反射功能障碍、感觉功能障碍,肌力、肌张力及肌群间的相互协调收缩能力丧失,导致平衡功能障碍^[30]。因此在偏瘫康复训练中,平衡功能的训练对患者日常生活及步行能力的恢复具有至关重要的作用。临床常规康复训练内容多种多样,包括床上坐位、站立位和身体转移等练习。但这类训练相对依赖康复师的治疗,受制于国内康复师数量不足,患者难以保证训练强度和训练频次,不仅延长康复时间,同时使得康复效果大打折扣。康复机器人的出现可以代替康复师进行长时间简单重复的运动任务,保证训练的强度、效果与精度,且具有良好的运动一致性^[31]。此外,康复机器人多具有可编程能力,可以针对患者的损伤程度和康复程度,提供不同强度和模式的个性化训练,增强患者的主

动参与意识,使患者重新学会控制运动系统,从而促进运动功能恢复^[32]。既往研究显示,对45例脑梗死患者实施康复机器人训练8周后,发现患者的平衡能力明显提高^[33]。

3.5 改善认知功能 约1/3的卒中患者会经历卒中后认知障碍,生活质量及生存时间受到严重影响,是目前卒中疾病负担的重要原因,并成为当下国际卒中研究的热点和临床干预的重点^[34]。脑梗死引起的认知功能障碍主要是因为脑血管病以后缺血、缺氧的状态,导致患者脑细胞功能减退或者丧失。Manuli等^[35]指出,由于运动和认知之间的复杂相互作用,康复机器人与虚拟现实技术结合可能会积极影响慢性中风患者的认知恢复和心理健康。卢旭霞等^[36]研究发现,康复机器人联合传统手法康复治疗脑卒中后认知功能障碍,可改善患者的神经功能缺损程度,提高其认知功能,减轻脑卒中后炎症反应。有研究显示,早期进行机器人康复训练可增强脑梗死患者肌力,降低肌张力,对于脑卒中患者认知功能的提高具有明显促进作用^[37]。

4 康复机器人在脑梗死偏瘫患者中的应用展望

4.1 安全性 将康复机器人应用于临床康复训练中最主要的目的是缓解我国康复训练师缺乏的现状,但康复机器人是在设定程序下自动运行的机器,不可避免可因机器故障或程序设定错误而无法采取应急措施,对患者造成二次伤害^[18]。因此,在患者进行康复训练过程中仍需人为监控康复机器人。尽管康复机器人具有丰富功能、智能化、灵活性,但仍存在一定安全风险,一旦失控,可能发生重大安全事件。除此之外,应关注康复机器人的网络安全问题,比如机器人的操作系统被网络黑客控制,导致患者失去对机器人的控制,黑客可能控制操作系统对患者造成伤害;同时,康复机器人会记录患者的个人信息及数据,也可能造成患者隐私泄露问题^[19]。但目前鲜有关于康复机器人安全性评价的临床研究报道。

4.2 实用性 康复机器人的经济价值及其实用性是当前研发过程中需要考虑的问题。目前,多数康复机器人的价格及维修费用较高,仅在大型医院中使用,实际使用率较低,尚且无法做到普及。临床需研发适合大规模患者使用的康复机器人,以帮助更多的患者。

4.3 探索标准化应用方案 康复机器人在脑梗死偏瘫患者中的应用尚无明确的执行标准,如应该在何时选择康复机器人进行康复训练,每次训练的时间以及应该多久进行一次训练,常规康复训练效果评估方法是否同样适用于康复机器人的训练效果评估。同时康复机器人种类繁多,对于脑梗死偏瘫患者怎样选择康复机器人才能达到最佳康复治疗效果。上述问题均需在未来的研究中进一步探索,最终形成统一的标准方案。

5 结语

康复机器人的出现是缓解目前医疗困境、提高训练水平的一个重要技术路径,具有重要的社会应用价值。康复机器人在脑梗死偏瘫患者康复中具有良好的应用前景,在改善上

肢功能、手部功能、下肢功能、平衡功能、认知功能方面均有显著效果。与传统康复训练相比,康复机器人更加平稳、可控,可以保证训练的效率和强度,其效果优于常规康复训练。康复机器人训练不仅可以提供科学有效的康复训练,促进患者早日康复;还能解决当前临床康复治疗师缺乏的现状。但也发现目前康复机器人存在标准化方案缺乏、安全性研究缺乏等问题。未来康复机器人的研究与开发还需要更多的探索,朝着标准化和安全的方向发展,以期临床护理人员对脑梗死偏瘫患者实施高质量的康复干预提供最佳的治疗方案。

利益冲突 无

参考文献

- [1] Rabinstein AA. Update on treatment of acute ischemic stroke [J]. *Continuum (Minneapolis)*, 2020, 26(2): 268-286.
- [2] Zhang W, Xu L, Yu ZF, et al. Inhibition of the glycolysis prevents the cerebral infarction progression through decreasing the lactylation levels of LCP1 [J]. *Mol Biotechnol*, 2023, 65(8): 1336-1345.
- [3] Umemura T, Hachisuka K, Miyachi H, et al. Clinical outcomes of cerebral infarction in nonagenarians compared among four age groups [J]. *Neurol Sci*, 2020, 41(9): 2471-2476.
- [4] Feigin VL, Brainin M, Norrving B, et al. World stroke organization (WSO): global stroke fact sheet 2022 [J]. *Int J Stroke*, 2022, 17(1): 18-29.
- [5] Navi BB, Kasner SE, Elkind MSV, et al. Cancer and embolic stroke of undetermined source [J]. *Stroke*, 2021, 52(3): 1121-1130.
- [6] Calabrò RS, Sorrentino G, Cassio A, et al. Robotic-assisted gait rehabilitation following stroke: a systematic review of current guidelines and practical clinical recommendations [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021, 57(3): 460-471.
- [7] Takashi T, Kayoko T, Satoru A, et al. Robot-assisted training as self-training for upper-limb hemiplegia in chronic stroke: a randomized controlled trial [J]. *Stroke*, 2022, 53(7): 2182-2191.
- [8] Calafiore D, Negrini F, Tottoli N, et al. Efficacy of robotic exoskeleton for gait rehabilitation in patients with subacute stroke: a systematic review [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2022, 58(1): 1-8.
- [9] 乐琳. 下肢康复机器人对脑梗死后下肢偏瘫患者康复的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42(6): 536-538.
Le L. Effect of lower limb rehabilitation robot on rehabilitation of patients with lower limb hemiplegia after cerebral infarction [J]. *Chin J Phys Med Rehabil*, 2020, 42(6): 536-538.
- [10] Chien WT, Chong Y, Man-Kei T, 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.
- [11] Yang XW, Shi XB, Xue XL, et al. Efficacy of robot-assisted training on rehabilitation of upper limb function in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2023, 104(9): 1498-1513.
- [12] Cai LB, Liu YJ, Wei ZX, et al. Robot-assisted rehabilitation training improves knee function and daily activity ability in older adults following total knee arthroplasty [J]. *Res Nurs Health*, 2023, 46(2): 203-209.
- [13] Morone G, Palomba A, Martino Cinnera A, et al. Systematic review of guidelines to identify recommendations for upper limb robotic rehabilitation after stroke [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021, 57(2): 238-245.
- [14] Wang HB, Chen P, Li YG, et al. New rehabilitation assessment method of the end-effector finger rehabilitation robot based on multi-sensor source [J]. *Healthcare*, 2021, 9(10): 1251.
- [15] Bhardwaj S, Ali Khan A, Muzammil M. Lower limb rehabilitation robotics: the current understanding and technology [J]. *Work*, 2021, 69(3): 775-793.
- [16] Markus HS, Michel P. Treatment of posterior circulation stroke: acute management and secondary prevention [J]. *Int J Stroke*, 2022, 17(7): 723-732.
- [17] 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.
Sun CC, Wang CF, Ding XJ, et al. Effects of assistant training of upper-limb rehabilitation robot on upper-limb motor function of hemiplegic stroke patients [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2018, 33(10): 1162-1167.
- [18] 姜荣荣, 叶正茂, 陈艳, 等. 上肢康复机器人对偏瘫上肢运动功能和日常活动能力的影响 [J]. *中国康复*, 2020, 35(10): 517-521.
Jiang RR, Ye ZM, Chen Y, et al. Effect of robot-assisted training on motor function and activity ability of hemiplegic upper limb and the possible mechanism [J]. *Chin J Rehabil*, 2020, 35(10): 517-521.
- [19] 眭昕, 郭川, 朱仕哲, 等. 经颅直流电刺激联合虚拟现实康复机器人对脑梗死后上肢功能影响的临床研究 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2022, 19(12): 801-808.
Sui YX, Guo C, Zhu SZ, et al. A clinical research of transcranial direct current stimulation combined with virtual reality on upper limb function in patients with ischemic stroke [J]. *Chin J Cerebrovasc Dis*, 2022, 19(12): 801-808.
- [20] Kim KT, Choi Y, Cho JH, et al. Feasibility and usability of a robot-assisted complex upper and lower limb rehabilitation system in patients with stroke: a pilot study [J]. *Ann Rehabil Med*, 2023, 47(2): 108-117.
- [21] Barry AJ, Kamper DG, Stoykov ME, et al. Characteristics of the severely impaired hand in survivors of stroke with chronic impairments [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2022, 29(3): 181-191.
- [22] Huang XW, Naghdy F, Naghdy G, et al. The combined effects of adaptive control and virtual reality on robot-assisted fine hand motion rehabilitation in chronic stroke patients: a case study [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2018, 27(1): 221-228.
- [23] Bayındır O, Akyüz G, Sekban N. The effect of adding robot-assisted hand rehabilitation to conventional rehabilitation program following stroke: a randomized-controlled study [J]. *Turk J Phys Med Rehabil*, 2022, 68(2): 254-261.
- [24] 王传凯, 刘兰兰, 刘向云, 等. 镜像运动康复机器人对卒中急性期手运动功能障碍的康复效果研究 [J]. *中国卒中杂志*, 2021, 16

- (3):224-229.
- Wang CK, Liu LL, Liu XY, et al. Effects of a mirror-imaging rehabilitation robot on hand motor function in subacute stroke patients: a randomized controlled study [J]. *Chin J Stroke*, 2021, 16(3): 224-229.
- [25] 郝宁,侯晓龙,齐成涛,等.AMADEO 机器人对脑卒中手功能障碍患者拇指控制能力的疗效研究[J].*中国现代药物应用*,2018,12(22):15-17.
- Hao N, Hou XL, Qi CT, et al. Effect of AMADEO robot hand on thumb control ability in stroke patients with hand dysfunction [J]. *Chin J Mod Drug Appl*, 2018, 12(22): 15-17.
- [26] Ng AC. Posterior circulation ischaemic stroke [J]. *Am J Med Sci*, 2022, 363(5): 388-398.
- [27] 谷静,朱黎明,彭艳萍,等.经皮穴位电刺激联合下肢运动训练在 COPD 患者肺康复中的应用[J].*热带医学杂志*,2023,23(9): 1198-1202,1211.
- Gu J, Zhu LM, Peng YP, et al. The application of transcutaneous electrical acupoint stimulation combined with lower limb exercise training in pulmonary rehabilitation of COPD patients [J]. *J Trop Med*, 2023, 23(9): 1198-1202,1211.
- [28] 赵胜挺,李顺萍,叶斌.脑梗偏瘫患者下肢康复机器人康复治疗分析[J].*现代医学与健康研究电子杂志*,2017,1(8):150-151.
- Zhao ST, Li SP, Ye B. Analysis of rehabilitation treatment of lower limb rehabilitation robot in patients with cerebral infarction hemiplegia [J]. *Mod Med Health Res*, 2017, 1(8): 150-151.
- [29] 何海峰,洪卫军,周慧青,等.下肢康复机器人对脑梗死后偏瘫患者异常步态及下肢功能的改善作用[J].*医疗装备*,2023,36(4):78-80.
- He HF, Hong WJ, Zhou HQ, et al. Effect of lower limb rehabilitation robot on abnormal gait and lower limb function of hemiplegic patients after cerebral infarction [J]. *Med Equip*, 2023, 36(4): 78-80.
- [30] van de Port I, Punt M, Meijer JW. Walking activity and its determinants in free-living ambulatory people in a chronic phase after stroke: a cross-sectional study [J]. *Disabil Rehabil*, 2020, 42(5): 636-641.
- [31] 吴炳坚.基于互联网的上肢康复机器人[J].*机械制造*,2021,59(7):6-10.
- Wu BJ. Internet-based upper limb rehabilitation robot [J]. *Machinery*, 2021, 59(7): 6-10.
- [32] 李志婷,刘红,闫瑞云.早期康复训练对改善急性脑梗死偏瘫患者肌张力及神经功能缺损评分的影响分析[J].*贵州医药*,2023,47(5):837-839.
- Li ZT, Liu H, Yan RY. Effect of early rehabilitation training on improving muscle tension and neurological deficit score in patients with acute cerebral infarction and hemiplegia [J]. *Guizhou Med J*, 2023, 47(5): 837-839.
- [33] 谢欣.康复机器人训练对脑梗死偏瘫患者平衡能力及日常生活能力的影响[J].*医疗装备*,2020,33(5):113-115.
- Xie X. Effect of rehabilitation robot training on balance ability and daily living ability of hemiplegic patients with cerebral infarction [J]. *Med Equip*, 2020, 33(5): 113-115.
- [34] 汪凯,董强,郁金泰,等.卒中后认知障碍管理专家共识 2021 [J].*中国卒中杂志*,2021,16(4):376-389.
- Wang K, Dong Q, Yu JT, et al. Experts consensus on post-stroke cognitive impairment management 2021 [J]. *Chin J Stroke*, 2021, 16(4): 376-389.
- [35] Manuli A, Maggio MG, Latella D, et al. Can robotic gait rehabilitation plus Virtual Reality affect cognitive and behavioural outcomes in patients with chronic stroke? A randomized controlled trial involving three different protocols [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2020, 29(8): 104994.
- [36] 卢旭霞,韩彦青.康复机器人对脑卒中后认知障碍病人认知功能、神经功能缺损程度及炎症因子的影响[J].*中西医结合心脑血管病杂志*,2022,20(9):1721-1723.
- Lu XX, Han YQ. Effect of rehabilitation robot on cognitive function, neurological deficit and inflammatory factors in patients with cognitive impairment after stroke [J]. *Chin J Integr Med Cardio Cerebrovasc Dis*, 2022, 20(9): 1721-1723.
- [37] 唐泽文,许方军,秦成义,等.上肢康复机器人联合等速肌力训练对脑卒中恢复期偏瘫患者的康复效果研究[J].*现代生物医学进展*,2023,23(16):3183-3186,3200.
- Tang ZW, Xu FJ, Qin CY, et al. Study on the rehabilitation effect of upper limb rehabilitation robot combined with isokinetic muscle strength training on hemiplegic patients during stroke recovery [J]. *Prog Mod Biomed*, 2023, 23(16): 3183-3186, 3200.

收稿日期:2023-08-15 修回日期:2023-11-22 编辑:王宇