

下肢康复机器人联合牵伸康复训练 对脑出血后偏瘫患者的影响*

胡怡¹ 吴俊叶¹ 居诗如¹ 尹楚彬² 胡飞¹

(1. 武汉市第三医院疼痛康复科, 湖北 武汉 430000; 2. 武汉市第一医院康复医学科, 湖北 武汉 430020)

【摘要】 目的 探讨下肢康复机器人联合牵伸康复训练对脑出血后偏瘫患者运动功能、步行能力及平衡能力的影响。方法 纳入 2023 年 6 月—2024 年 6 月武汉市第三医院收治的 106 例脑出血后偏瘫患者, 依据简单随机法分为对照组($n=53$, 牵伸康复训练)和联合组($n=53$, 下肢康复机器人联合牵伸康复训练)。评价两组治疗前后的运动功能、步行功能、肌张力、平衡能力及日常生活活动能力。结果 治疗后 3 个月, 联合组的下肢运动功能评分高于对照组($P<0.05$); 治疗后 3 个月联合组的步行能力和肌张力明显优于对照组($P<0.05$); 治疗后 3 个月联合组的 Berg 平衡量表(BBS)评分和改良 Barthel 指数(MBI)高于对照组($P<0.05$)。结论 对脑出血后偏瘫患者应用下肢康复机器人联合牵伸康复训练的效果明显, 可有效改善运动功能、步行能力、肌张力和平衡能力, 提升日常生活活动能力。

【关键词】 脑出血; 偏瘫; 下肢康复机器人; 牵伸康复训练; 运动功能; 步行能力; 平衡能力

【中图分类号】 R743.34 **【文献标志码】** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-3511.2026.06.012

Influence of lower limb rehabilitation robot combined with stretching rehabilitation training on motor function, walking ability and balance ability in patients with hemiplegia after cerebral hemorrhage

HU Yi¹, WU Junye¹, JU Shiru¹, YIN Chubin², HU Fei¹

(1. Department of Pain Rehabilitation, Wuhan Third Hospital, Wuhan 430000, China;

2. Department of Rehabilitation Medicine, Wuhan First Hospital, Wuhan 430020, China)

【Abstract】 Objective To analyze the influence of combination of lower limb rehabilitation robot and stretching rehabilitation training on motor function, walking ability and balance ability in patients with hemiplegia after cerebral hemorrhage. **Methods** Totally 106 patients with hemiplegia after cerebral hemorrhage in the hospital from June 2023 to June 2024 were divided into control group ($n=53$, stretching rehabilitation training) and combined group ($n=53$, lower limb rehabilitation robot combined with stretching rehabilitation training) by means of simple randomization method. The motor function, walking function, muscle tension, balance ability and daily living ability were evaluated in the two groups before and after treatment. **Results** At 3 months after treatment, the lower limb motor function score in the combined group was higher than that in the control group ($P<0.05$). The walking ability and muscle tension in the combined group at 3 months after treatment were significantly better than those in the control group ($P<0.05$). The Berg balance scale (BBS) score and modified Barthel index (MBI) score were higher in the combined group compared with those in the control group at 3 months after treatment ($P<0.05$). **Conclusion** The application of lower limb rehabilitation robot combined with stretching rehabilitation training has an obvious effect on patients with hemiplegia after cerebral hemorrhage, and it can effectively improve the motor function, walking ability, muscle tension and balance ability, and enhance the daily living ability.

【Key words】 Cerebral hemorrhage; Hemiplegia; Lower limb rehabilitation robot; Stretching rehabilitation training; Motor function; Walking ability; Balance ability

基金项目: 湖北省自然科学基金项目(2021CFB602); 武汉市中医药科研项目(WZ24B20)

通信作者: 居诗如, E-mail: 7233512@qq.com

引用本文: 胡怡, 吴俊叶, 居诗如, 等. 下肢康复机器人联合牵伸康复训练对脑出血后偏瘫患者的影响[J]. 西部医学, 2026, 38(6): 846-849. DOI:

10.3969/j.issn.1672-3511.2026.06.012

脑出血作为一种严重的脑血管疾病,具有高发病率、高致残率的特点^[1]。据统计,全球每年约有 200 万新发脑出血病例,其中约 40%~60% 的幸存者遗留不同程度的运动功能障碍,尤其是偏瘫患者常表现为下肢肌力减退、步态异常及平衡能力丧失,严重限制其独立生活能力并增加家庭与社会负担^[2]。传统的康复干预手段,如物理治疗、作业治疗及常规步态训练,虽能在一定程度上改善患者功能,但因依赖治疗师经验、训练强度不足及动作标准化程度低等问题,导致康复效果个体差异显著且难以持续提升^[3]。近年来,随着康复医学与机器人技术的融合,下肢康复机器人作为一种新型的康复训练设备,逐渐展现出其在促进脑出血后偏瘫患者运动功能恢复方面的巨大潜力^[4-5]。牵伸康复训练作为一种非药物性干预措施,通过机械牵拉靶向降低肌张力、缓解痉挛并改善软组织的延展性,已被证实可有效提升脑卒中患者下肢关节活动范围及步态对称性^[6-7]。尽管已有研究分别验证了下肢机器人及牵伸训练的临床价值,但二者联合应用对脑出血后偏瘫患者的综合效益尚缺乏系统性证据。因此,本研究旨在通过随机对照试验,探讨下肢康复机器人联合牵伸康复训练对脑出血后偏瘫患者运动功能、步行能力及平衡能力的影响,以期为临床制定精准化、个体化的康复方案提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入武汉市第三医院 2023 年 6 月—2024 年 6 月收治的脑出血后偏瘫患者 106 例,依据简单随机法分为对照组($n=53$,牵伸康复训练)和联合组($n=53$,下肢康复机器人联合牵伸康复训练)。纳入标准:①符合脑出血后偏瘫的诊疗标准^[8]。②年龄 18~75 岁。③病情稳定,无再出血风险者。④具备一定的认知功能,可配合完成训练指令者。⑤患者均签署知情同意书。排除标准:①合并帕金森病、脊髓损伤、多发性硬化等可能影响运动功能的疾病者。②妊娠或哺乳期女性。③下肢关节畸形、骨折未愈或深静脉血栓者。④严重心肺功能不全者。⑤正在参与其他康复研究或使用影响肌张力的药物者。⑥精神障碍者。⑦存在皮肤破损、严重骨质疏松者。⑧拒绝接受随访或失访者。本研究所有入组的参与者($n=106$)均完成了整个干预和随访评估,无退出、脱落或缺失数据。

1.2 治疗方法 两组均予以常规康复训练,包括翻身、四肢关节、步态、肌力、平衡训练。对照组在此基础上予以牵伸康复训练:包括跖筋膜牵伸训练、坐位排肠肌牵伸、站位腓肠肌牵伸 3 个训练项目,每次牵伸持续 20 s,休息 30 s 后继续,重复 3~4 次,每次训练 20 min,1 次/d,1 周治疗 5 次为一个疗程,休息 2 d 后

继续,连续训练 1 个月。联合组在上述基础上应用下肢康复机器人:采用 AiWalker 下肢康复训练机器人进行训练,将患者转移到机器人上,并将患者的足、踝、大小腿、躯干调整至舒适位置后依次与机器人绑定在一起。依据患者的关节活动度选择步态模式进行训练。训练过程中患者平视前方,根据机器人的报警信号调整姿势。每次训练 30 min,1 次/d,连续训练 2 个月。

1.3 观察指标 运动功能:治疗前、治疗后 3 个月以 Fugl-Meyer 量表^[9]评估两组下肢运动功能,总分 34 分,得分越高运动功能越佳。步行能力:治疗前、治疗后 3 个月以 Holden 步行能力分级(Functional ambulation category, FAC)^[10]评价,共 6 个等级,分级越高则步行能力越强。肌张力:治疗前、治疗后 3 个月改良 Ashworth 量表^[11]评价肢体肌张力,共 5 个等级,级别越高肌张力越高。平衡能力:治疗前、治疗后 3 个月以 Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)^[12]评价,共 14 个维度,总分 0~56 分,得分越高则平衡能力越好。日常生活活动能力:治疗前、治疗后 3 个月以改良 Barthel 指数(Modified barthel index, MBI)^[13]评价,包含 10 项内容,总分 100 分,得分越高日常生活活动能力越强。

1.4 统计学分析 以 SPSS 22.0 软件分析数据,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,行 t 检验;计数资料以例(n)及率(%)表示,行 χ^2 或秩和检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者基线资料比较 两组一般资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 两组患者基线资料比较 [$(\bar{x} \pm s)$, $n(\times 10^{-2})$]

一般资料	联合组($n=53$)	对照组($n=53$)	t/χ^2	P
性别			0.622	0.430
男	29(54.72)	33(62.26)		
女	24(45.28)	20(37.74)		
年龄(岁)	67.47±5.54	66.88±6.27	0.513	0.609
体质量指数(kg/m ²)	23.87±1.23	23.48±1.41	1.517	0.132
合并症				
糖尿病	10(18.87)	13(24.53)	0.500	0.480
冠心病	5(9.43)	2(3.77)	1.377	0.241
高血压	15(28.30)	10(18.87)	1.309	0.253
受教育程度			0.956	0.328
高中以上	21(39.62)	26(49.06)		
高中及以下	32(60.38)	27(50.94)		
偏瘫侧			0.348	0.556
左侧	32(60.38)	29(54.72)		
右侧	21(39.62)	24(45.28)		
出血部位			1.132	0.568
基底节	28(52.83)	27(50.94)		
丘脑	17(32.08)	21(39.62)		
脑叶	8(15.09)	5(9.43)		

2.2 两组患者运动功能比较 与对照组比较, 治疗后 3 个月联合组的下肢运动功能评分明显更高 ($P < 0.05$), 见表 2。

2.3 两组患者步行能力比较 与对照组比较, 治疗后 3 个月联合组的步行能力明显改善 ($P < 0.05$), 见表 3。

2.4 两组患者肌张力比较 与对照组比较, 联合组治疗后 3 个月的肌张力明显降低 ($P < 0.05$), 见表 4。

表 2 两组患者运动功能比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 2 Comparison of motor function between the two groups

组别	n	下肢运动功能评分	
		治疗前	治疗后 3 个月
联合组	53	12.51 ± 2.87	28.15 ± 3.75 ^①
对照组	53	13.06 ± 3.22	19.56 ± 3.36 ^①
t		0.928	12.420
P		0.355	<0.001

注: 与同组治疗前比较, ① $P < 0.05$ 。

表 3 两组患者步行能力比较 [$n(\times 10^{-2})$]

Table 3 Comparison of walking ability between the two groups

时间	组别	n	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	Z	P
治疗前	联合组	53	1(1.89)	3(5.66)	18(33.96)	25(47.17)	5(9.43)	1(1.89)	0.351	0.725
	对照组	53	2(3.77)	2(3.77)	14(26.42)	31(58.49)	4(7.55)	0(0.00)		
治疗后 3 个月	联合组	53	0(0.00)	0(0.00)	2(3.77)	6(11.32)	16(30.19)	29(54.72)	3.459	0.001
	对照组	53	0(0.00)	0(0.00)	6(11.32)	21(39.62)	10(18.87)	16(30.19)		

表 4 两组患者肌张力比较 [$n(\times 10^{-2})$]

Table 4 Comparison of muscular tension between the two groups

时间	组别	n	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	Z	P
治疗前	联合组	53	0(0.00)	8(15.09)	14(26.42)	26(49.06)	5(9.43)	0.027	0.978
	对照组	53	0(0.00)	7(13.21)	15(28.30)	27(50.94)	4(7.55)		
治疗后 3 个月	联合组	53	0(0.00)	24(45.28)	17(32.08)	12(22.64)	0(0.00)	2.234	0.025
	对照组	53	0(0.00)	12(22.64)	23(43.40)	18(33.96)	0(0.00)		

2.5 两组患者平衡能力和日常生活活动能力比较 与对照组比较, 联合组治疗后 3 个月的 BBS 评分和

MBI 明显升高 ($P < 0.05$), 见表 5。

表 5 两组平衡能力和日常生活活动能力比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 5 Comparison of balance ability and daily living ability between the two groups

组别	n	BBS		MBI	
		治疗前	治疗后 3 个月	治疗前	治疗后 3 个月
联合组	53	28.53 ± 3.79	45.34 ± 6.28 ^①	55.75 ± 8.57	74.04 ± 10.26 ^①
对照组	53	29.24 ± 3.85	36.52 ± 7.37 ^①	56.66 ± 9.48	62.59 ± 8.31 ^①
t		0.957	6.631	0.518	6.313
P		0.341	<0.001	0.605	<0.001

注: 与同组治疗前比较, ① $P < 0.05$ 。

3 讨论

脑出血后偏瘫是高血压性脑出血常见后遗症, 其病理机制主要与出血灶直接损伤皮质脊髓束及运动相关脑区, 导致下行运动传导通路中断有关^[14]。同时, 血肿占位效应和继发性炎症反应可进一步加剧神经元及轴突损伤, 引发患侧肌张力异常、运动模式紊乱及神经肌肉控制能力下降^[15]。研究^[16]表明, 脑出血后中枢神经可塑性在发病早期(3~6 个月)最为活跃, 此阶段通过规范化康复训练可有效促进运动功能代偿和神经网络重组, 预防废用性肌萎缩、关节挛缩等继发障碍。然而, 传统康复手段(如徒手关节活动、平衡训练等)存在训练强度不足、量化反馈缺失等问题, 难以满足精准康复需求^[17]。近年来, 下肢康复机器人通过程序化步态模拟和生物力学参数调控, 可提供高强度、重复性及任务导向性训练, 而牵伸康复训练则

通过改善肌肉延展性、降低痉挛状态, 为运动功能重塑奠定生物力学基础^[18-19]。二者联合应用可能通过“中枢-外周”双重调控机制, 协同促进运动控制与步行功能恢复, 但其联合应用的临床效果仍需深入探讨。

本研究结果显示治疗后 3 个月联合组的下肢运动功能评分明显高于对照组, FAC 等级高于对照组, 提示该联合方案可有效改善患者的运动功能, 提升其步行能力。原因可能为, 下肢康复机器人通过程序化步态模拟可提供高重复性、任务导向性训练, 可刺激运动皮质及脊髓中枢模式发生器, 促进皮质脊髓束的神经重塑与突触连接重建^[20]。而牵伸训练通过抑制 γ 运动神经元兴奋性, 降低肌梭敏感性, 减少痉挛相关的异常协同运动模式, 为中枢神经功能重组提供外周运动控制的生理基础^[21]。二者结合可双向调节, 加速运动网络功能代偿, 从而改善运动功能, 提升步行能

力。本研究中,治疗后 3 个月,联合组的肌张力明显低于对照组,提示该联合训练方案可减轻患者痉挛。与丁少敏等^[21]研究结果相似。可能因下肢康复机器人通过高重复性、节律性步态训练,可刺激大脑运动皮质及小脑-脑干通路,促进抑制性中间神经元活性,增强脊髓 α 运动神经元的突触前抑制,从而降低异常协同收缩和肌张力增高^[22];而牵伸训练可通过调节肌肉细胞外基质(如胶原纤维排列)和肌小节增生,减少肌纤维挛缩和纤维化,改善肌肉的粘弹性特性,从而降低被动肌张力^[23]。本研究中,联合组治疗后 3 个月的 BBS 评分和 MBI 高于对照组,说明下肢康复机器人联合牵伸康复训练可提高脑出血后偏瘫患者的平衡能力和日常生活活动能力。这可能因一方面机器人步态训练通过程序化重心转移和动态姿势调整,激活核心肌群(如腹横肌、多裂肌)与下肢协同肌,强化躯干-骨盆-下肢运动链的稳定性。另一方面牵伸训练可缓解腓肠肌/腓绳肌痉挛,减少异常姿势代偿(如膝过伸),提升站立和步态支撑期的平衡控制。同时,机器人实时反馈(如足底压力分布)结合牵伸的本体感觉输入,可促进前庭-视觉-本体感觉系统的整合,改善患者对重心晃动的感知与调节能力^[24-25]。

4 结论

对脑出血后偏瘫患者应用下肢康复机器人康复训练与牵伸康复训练可有效改善下肢运动功能,降低肌张力,提升步行能力、平衡能力和日常生活活动能力。

【参考文献】

- [1] MAGID-BERNSTEIN J, GIRARD R, POLSTER S, *et al.* Cerebral hemorrhage: pathophysiology, treatment, and future directions[J]. *Circ Res*, 2022, 130(8): 1204-1229.
- [2] LI Q L, CHEN L G. Effect of tibialis anterior muscle resistance training on ankle and foot dorsum extension function in hypertensive cerebral hemorrhage hemiplegia patients: a randomized controlled trial[J]. *Medicine*, 2023, 102(31): e33827.
- [3] TAKEBAYASHI T, TAKAHASHI K, AMANO S, *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.
- [4] WANG X C, WANG H B, ZHANG B, *et al.* A multistage hemiplegic lower-limb rehabilitation robot: design and gait trajectory planning[J]. *Sensors*, 2024, 24(7): 2310.
- [5] HU C, WANG X, PAN T L. Effect of acupuncture combined with lower limb gait rehabilitation robot on improving walking function in stroke patients with hemiplegia[J]. *NeuroRehabilitation*, 2024, 54(2): 309-317.
- [6] 陈玉娥, 高远, 孔丹, 等. 静态牵伸在单髌置换术患者围手术期康复护理中的应用[J]. *中华护理杂志*, 2024, 59(12): 1462-1467.
- [7] 徐永伟, 樊利杰. 足下垂刺激器联合牵伸训练对脑卒中后足下垂患者足底压力、步态特征变化的影响[J]. *中国临床医生杂志*, 2024, 52(5): 559-563.
- [8] 张谦, 冀瑞俊, 赵萌, 等. 中国脑血管病临床管理指南(第 2 版)(节选): 第 5 章 脑出血临床管理[J]. *中国卒中杂志*, 2023, 18(9): 1014-1023.
- [9] CECCHI F, CARRABBA C, BERTOLUCCI F, *et al.* Transcultural translation and validation of Fugl-Meyer assessment to Italian[J]. *Disabil Rehabil*, 2021, 43(25): 3717-3722.
- [10] SMITH M C, BARBER A P, SCRIVENER B J, *et al.* The TWIST tool predicts when patients will recover independent walking after stroke: an observational study[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2022, 36(7): 461-471.
- [11] PAN J X, DIAO Y X, PENG H Y, *et al.* Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on spasticity evaluated with modified Ashworth scale/Ashworth scale in patients with spastic paralysis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 997913.
- [12] ZUPANC A, VIDMAR G. Berg balance scale as a tool for choosing the walking aid for patients with Guillain-Barré syndrome or polyneuropathy[J]. *Int J Rehabil Res*, 2021, 44(2): 185-188.
- [13] WANG Y C, CHANG P F, CHEN Y M, *et al.* Comparison of responsiveness of the Barthel Index and modified Barthel Index in patients with stroke[J]. *Disabil Rehabil*, 2023, 45(6): 1097-1102.
- [14] 张继伟, 佟晓敏, 姜文菊. 海绵翻身垫联合压疮风险量化评估护理在脑卒中后偏瘫长期卧床患者中的应用[J]. *保健医学研究与实践*, 2024, 21(2): 104-109.
- [15] 代迪迪, 卢璐, 王雨, 等. 腕踝针配合头针治疗恢复期脑卒中偏瘫患者的疗效分析[J]. *成都医学院学报*, 2024, 19(4): 670-673.
- [16] 杨杰. 早期康复训练对脑出血术后偏瘫肢体功能恢复的效果[J]. *医学新知杂志*, 2019, 29(S1): 64-66.
- [17] 陈蓓, 邵梦鸣, 李辉. 重复经颅磁刺激联合头眼感觉运动整合训练在脑卒中偏瘫康复治疗中的应用[J]. *现代实用医学*, 2024, 36(1): 60-63.
- [18] LEE J, KIM D Y, LEE S H, *et al.* End-effector lower limb robot-assisted gait training effects in subacute stroke patients: a randomized controlled pilot trial [J]. *Medicine*, 2023, 102(42): e35568.
- [19] 魏琨. 持续静态牵伸训练联合目标性自主训练对肘关节骨折患者的影响[J]. *中国伤残医学*, 2024, 32(13): 111-115.
- [20] 唐欢, 苏彬, 车培, 等. 脑机接口联合末端驱动型下肢机器人对脑卒中患者平衡及步行功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2024, 39(6): 791-797.
- [21] 丁少敏, 王伟, 汪瑛, 等. 中药涂擦及蜡疗联合牵伸康复训练降低中风偏瘫患者肢体肌张力的应用价值[J]. *中医药导报*, 2024, 30(3): 96-100.
- [22] ZHANG Y T, ZHAO W W, WAN C L, *et al.* Exoskeleton rehabilitation robot training for balance and lower limb function in sub-acute stroke patients: a pilot, randomized controlled trial [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2024, 21(1): 98.
- [23] 刘志刚. 持续静态牵伸训练联合常规康复训练在肘关节骨折患者术后康复中的应用价值[J]. *中国伤残医学*, 2024, 32(16): 1-3, 11.
- [24] CHEN S S, ZHANG W Y, WANG D Y, *et al.* How robot-assisted gait training affects gait ability, balance and kinematic parameters after stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2024, 60(3): 400-411.
- [25] 蒋慧宁, 付高勇, 林卫, 等. 关节松动术联合肌肉牵伸在脑卒中后偏瘫肩痛患者中的应用效果[J]. *成都医学院学报*, 2024, 19(2): 307-310.

(收稿日期: 2025-06-05; 修回日期: 2026-04-29; 编辑: 王小菊)