

经颅磁刺激联合下肢康复机器人对脑卒中患者下肢功能康复的效果观察

刘翠¹, 甄巧霞¹, 王平¹, 苏源¹, 刘爱贤¹, 赵殿兰²

(1. 首都医科大学附属北京康复医院神经康复中心 北京 100014; 2. 沧州市人民医院康复医学科 河北 沧州 061000)

摘要 目的: 探讨经颅磁刺激联合下肢康复机器人对脑卒中患者下肢功能的康复效果。**方法:** 收集 2021 年 1 月—2023 年 6 月首都医科大学附属北京康复医院收治的 100 例脑卒中患者作为研究对象, 随机将其分成治疗组 (50 例) 和对照组 (50 例)。对照组采用常规康复训练联合下肢康复机器人治疗, 治疗组在对照组的基础上增加经颅磁刺激治疗。观察两组患者临床疗效、关节活动度指标、Fugl-Meyer 量表、Berg 平衡量表、ADLs 和 WHOQOL-100 评分。**结果:** 治疗前, 两组患者关节活动度指标、Fugl-Meyer 量表、Berg 平衡量表、ADLs 和 WHOQOL-100 评分比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。治疗后, 两组患者各项指标均得到显著改善, 且治疗组均优于对照组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。**结论:** 经颅磁刺激联合下肢康复机器人对脑卒中患者治疗能够有效促进下肢功能的康复, 增强患者髋关节、膝关节的灵活度, 促进身体平衡的建立, 进一步强化患者运动功能的恢复, 提升患者日常生活的活动能力并有助于为其培养积极的生活预期。

关键词 经颅磁刺激; 下肢康复机器人; 脑卒中

中图分类号 R493 R743 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 04-0542-06

Effect of lower limb rehabilitation robot combined with transcranial magnetic stimulation on lower limb function of stroke patients

LIU Cui¹, ZHEN Qiaoxia¹, WANG Ping¹, SU Yuan¹, LIU Aixian¹, ZHAO Dianlan²

(1. Neurological Rehabilitation Center, Beijing Rehabilitation Hospital, Capital Medical University, Beijing 100014, China;

2. Department of Rehabilitation Medicine, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou 061000, China)

Abstract Objective: To analyze the rehabilitation effect of lower limb rehabilitation robot combined with transcranial magnetic stimulation (TMS) on lower limb function of stroke patients. **Methods:** 100 stroke patients who were treated in Beijing Rehabilitation Hospital affiliated to Capital Medical University from January 2021 to June 2023 were selected. The selected patients were divided into the control group and the treatment group randomly, with 50 cases in each group. The control group was treated with conventional rehabilitation training combined with lower limb rehabilitation robot. The treatment group was treated with TMS combined with lower limb rehabilitation robot. The joint mobility index, Fugl-Meyer assessment, Berg balance scale, activities of daily living (ADLs) and WHOQOL-100 scores, and clinical efficacy of patients in the two groups before and after treatment were observed and compared. **Results:** Before treatment, there was no significant difference in joint mobility index, Fugl-Meyer assessment, Berg balance scale, ADLs and WHOQOL-100 scores between the two groups ($P>0.05$). After treatment, the above indexes of the two groups were significantly improved, and those indexes in the treatment group was better

收稿日期: 2024-03-07 录用日期: 2024-04-24

Received Date: 2024-03-07 Accepted Date: 2024-04-24

基金项目: 2022 年沧州市科技计划项目 (222106061)

Foundation Item: 2022 Cangzhou Science and Technology Plan Project (222106061)

通讯作者: 赵殿兰, Email: 15610509736@163.com

Corresponding Author: ZHAO Dianlan, Email: 15610509736@163.com

引用格式: 刘翠, 甄巧霞, 王平, 等. 经颅磁刺激联合下肢康复机器人对脑卒中患者下肢功能康复的效果观察 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (4): 542-547.

Citation: LIU C, ZHEN Q X, WANG P, et al. Effect of lower limb rehabilitation robot combined with transcranial magnetic stimulation on lower limb function of stroke patients[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(4): 542-547.

than those in the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion:** TMS combined with rehabilitation robot could effectively promote the rehabilitation of lower limb function of stroke patients, enhance the flexibility of hip and knee joints, improve the establishment of body balance. Meanwhile, it could further strengthen the recovery of motor function, improve the ADLs ability and cultivate positive life expectations of stroke patients.

Key words Transcranial Magnetic Stimulation; Lower Limb Rehabilitation Robot; Stroke

随着精准医疗和机器人技术的不断发展,神经调控技术和康复机器人在脑卒中康复领域脱颖而出,因其高依从性和有效性,被大范围推广^[1-3]。经颅磁刺激(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)是一种非侵入性的神经调控技术,通过在头皮上方放置电磁线圈,产生短暂的磁场脉冲,从而刺激大脑皮质神经元的活动^[4-5]。TMS主要用于治疗神经系统疾病,如抑郁症、焦虑症、强迫症、脑卒中等^[6]。TMS的工作原理是利用磁场感应原理,当电磁线圈产生的磁场脉冲穿过头皮和颅骨时,会在脑内组织中产生感应电流,从而激活神经元^[7-8]。TMS可以调节脑内组织的兴奋性,从而影响大脑的功能。TMS具有无创性,可以减少开颅手术产生的并发症;具有针对性,可以对大脑特定区域进行刺激,促进大脑功能恢复;具有可调节性,刺激参数可以根据患者的实际情况进行调整;具有安全性,能够减少产生的不良影响^[8-9]。下肢康复机器人是一种较为先进的用于辅助和促进下肢康复训练的机器人设备,下肢康复机器人配备了台架式训练平台,设置了防摔倒机制,安装了骨盆减重装置,可以为患者提供精准的力量和运动控制,帮助患者进行下肢肌肉的动作训练和康复治疗^[10-12]。结合研究实践和临床经验,我们发现TMS和康复机器人分别从神经调控和康复训练的角度影响脑卒中患者的康复^[12-14]。联合应用这2种治疗方法可以综合利用优势,提高治疗效果。TMS可以通过促进神经可塑性来改善神经功能,而康复机器人可以通过重复性的康复训练来促进神经可塑性。两者联合应用可以更好地促进大脑的重塑和功能的恢复。单一治疗方法可能无法充分覆盖脑卒中患者的多种康复需求。联合应用不同的治疗方法可以增强治疗效果,提高康复速度和程度。脑卒中患者的病情和康复需求可能存在差异。联合应用TMS和康复机器人可以根据患者的个体情况

进行调整和优化,实现更加个性化的治疗方案。有鉴于此,本研究就首都医科大学附属北京康复医院的患者进行了临床研究,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年1月—2023年6月在首都医科大学附属北京康复医院接受治疗的100例脑卒中患者。采用随机双盲法,将患者分成治疗组(50例)和对照组(50例)。其中治疗组男性26例,女性24例,平均年龄(59.23 ± 1.54)岁;对照组男性25例,女性25例,平均年龄(58.85 ± 1.77)岁。两组患者的一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

在研究过程中使用随机编号来标识治疗组和对照组的患者,以防止研究人员在数据分析中意外暴露治疗组和对照组。同时对数据分析人员也进行盲化,以防止其知晓患者的治疗分组,从而降低偏倚。

1.2 纳入标准 ①符合脑卒中诊断标准,经过颅脑CT或MRI检查确诊;②首次治疗;③下肢功能障碍,立位平衡达到I级,下肢肌张力 \leq II级;④神志清楚,认知功能良好,配合度高,签署知情同意书。

1.3 排除标准 ①严重认知功能障碍;②严重视力障碍、听力障碍及空间障碍;③下肢皮肤破溃或感染,下肢骨折未超过3个月;④下肢深静脉血栓及严重体位性低血压;⑤下肢肌张力 $>$ III级;⑥频发癫痫。

1.4 方法 对所有患者进行常规康复治疗。对照组采用常规康复治疗结合下肢康复机器人对患者进行康复治疗。根据患者骨盆宽度、大腿和小腿的长度对机械腿进行调整,将患者下肢固定于康复机器人位置,调整腿部带扣的大小和位置,确保患者训练时下肢关节的准确对位及舒适度。应用安全带将患者的骨盆以及双侧

髌关节的部位进行充分固定。然后,采用康复机器人的悬吊系统,支持患者进行站立。在康复机器人系统的支持下,能够确保患者髌关节和膝关节能够有效伸展,达到支撑体重的效果。再次检查设备及固定情况,保障患者安全,设置康复机器人步行速度。治疗训练每次 30 min, 1 次/天, 5 天/周, 为期 8 周。

治疗组在对照组的基础上增加 TMS 治疗。

①选定刺激线圈形状。选用圆形线圈。②选定刺激频率及阈值。设定颅磁刺激线圈频率为 1.0 Hz, 强度为 80% 静息运动阈值。③选定刺激区域及频次。刺激患者健侧第一躯体皮质运动区, 刺激时间 5 s, 间隔 5 s, 连续刺激 20 min, 1 次/天, 5 天/周, 为期 8 周。

1.5 观察指标 ①临床疗效: 疗效分为显效、有效和无效。显效: 国立卫生研究院卒中量 (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS) 评分减少 $\geq 40\%$; 有效: NIHSS 评分减少 18%~40%; 无效: NIHSS 评分减少 $<18\%$ 或增加。②关节活动度变化: 在患者肌肉完全放松且没有康复机器人辅助情况下用关节活动度测量仪测量患者在经受外力时关节活动度, 活动度变化越大说明关节功能越好。③弗格尔-迈耶康复评定量表 (Fugl-Meyer Assessment of Sensorimotor Recovery after Stroke, FMA) 评分标准: 用于评估上下肢运动功能的评分系统。应用下肢运动功能评分部分包括下肢肌肉力量、关节活动度、协调能力、平衡能力和速度等方面的评估。该评分系统最高分为 100 分, 分数越高表示运动功能越好。④ Berg 平衡量表 (Berg Balance Scale, BBS) 评分标准: 用于评估平衡功能的评分系统, 主要包括静止平衡、动态平衡和姿势控制等方面的评估。该评分系统最高分为 56 分,

分数越高表示平衡功能越好。⑤日常生活能力 (Activities of Daily Living, ADLs) 评分标准: 用于评估日常生活活动能力的评分系统。该评分系统最高分为 100 分, 分数越高表示日常生活活动能力越好。⑥世界卫生组织生活质量测评问卷 (100 项) [World Health Organization Quality of Life Assessment (100 items), WHOQOL-100] 评分标准: 用于评估生活质量的评分系统, 主要包括生理、心理、社会和环境等方面的评估。该评分系统最高分为 100 分, 分数越高表示生活质量越好。

1.6 统计学方法 所有数据采用 SPSS24.0 统计学软件进行分析处理, 计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 采用独立样本 t 检验进行比较; 计数资料以例数 (百分比) [n (%)] 表示, 采用 χ^2 检验进行比较。以 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床疗效 治疗组总有效率高于对照组, 且差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 1。

2.2 关节活动度变化 治疗前, 两组患者髌关节、膝关节活动度变化对比无明显差异 ($P > 0.05$); 治疗后, 治疗组髌关节、膝关节活动度高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 2。

2.3 运动功能 FMA、BBS 评分 治疗后, 治疗组 FMA、BBS 评分均高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 3。

2.4 日常生活活动能力及生活质量评分 治疗前, 两组患者 ADLs 和 WHOQOL-100 评分对比无明显差异 ($P > 0.05$); 治疗后, 治疗组 ADLs、WHOQOL-100 评分均高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 4。

表 1 两组患者临床疗效对比 [n (%)]

Table 1 Comparison of clinical efficacy between the two groups of patients [n (%)]

组别	例数	痊愈	显效	有效	无效	总有效
治疗组	50	24 (48)	15 (30)	9 (18)	2 (4)	48 (96)
对照组	50	19 (38)	13 (26)	7 (14)	11 (22)	39 (78)
χ^2 值						7.161
P 值						0.007

表 2 两组患者关节活动弧度变化对比 ($\bar{x} \pm s$, N. m/°)Table 2 Comparison of joint motion radian changes between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, N. m/°)

组别	腕屈		腕伸		膝屈		膝伸	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
治疗组 (n=50)	27.21 ± 2.98	44.22 ± 4.53 ^a	22.14 ± 2.53	39.24 ± 4.08 ^a	27.73 ± 3.17	49.33 ± 5.21 ^a	32.27 ± 2.83	52.65 ± 5.53 ^a
对照组 (n=50)	26.57 ± 3.22	33.25 ± 3.57 ^a	21.87 ± 2.47	26.42 ± 3.47 ^a	28.18 ± 2.85	35.81 ± 3.71 ^a	33.05 ± 2.74	42.24 ± 4.47 ^a
t 值	1.031	13.499	0.540	16.925	0.746	14.947	1.400	10.352
P 值	0.154	<0.001	0.296	<0.001	0.230	<0.001	0.084	<0.001

注：与治疗前相比，^aP<0.001表 3 两组患者 FMA、BBS 评分对比 ($\bar{x} \pm s$, 分)Table 3 Comparison of FMA and BBS scores between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, score)

组别	FMA		BBS	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
治疗组 (n=50)	14.97 ± 2.42	22.37 ± 2.41 ^a	26.34 ± 3.02	45.76 ± 4.62 ^a
对照组 (n=50)	15.35 ± 3.61	19.15 ± 2.03 ^a	26.85 ± 2.83	38.63 ± 3.91 ^a
t 值	0.618	7.226	0.871	8.330
P 值	0.270	<0.001	0.194	<0.001

注：与治疗前相比，^aP<0.001表 4 两组患者 ADLs 及 WHOQOL-100 评分对比 ($\bar{x} \pm s$, 分)Table 4 Comparison of ADLs and WHOQOL-100 scores between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, score)

组别	ADLs		WHOQOL-100	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
治疗组 (n=50)	60.12 ± 5.98	74.56 ± 7.51 ^a	65.51 ± 6.83	75.84 ± 7.62 ^a
对照组 (n=50)	59.26 ± 6.19	68.74 ± 7.09 ^a	66.84 ± 6.71	72.05 ± 7.51 ^a
t 值	0.707	3.985	0.982	2.505
P 值	0.242	<0.001	0.166	0.008

注：与治疗前相比，^aP<0.001

3 讨论

脑卒中是一种急性脑血管疾病，通常是由于脑血管破裂或阻塞引起的。脑卒中可能会导致脑组织缺血、缺氧，从而引起一系列症状，如突然的面部、手臂或腿部无力或麻木、视力模糊等。同时，临床表现还有吞咽困难、语言障碍、突发昏迷或意识丧失以及肢体瘫痪或无力^[8-9]。脑卒中是全球主要的死亡原因之一，根据世界卫生组织的数据，每年约有 600 万人死于脑卒中。脑卒中的死亡率较高，尤其是在发生严重出血性脑卒中的情况下。脑卒中可以导致脑组织的损伤和功能丧失。患者可能经历运动障

碍、感觉障碍、语言障碍、认知功能下降等后遗症，这些后遗症可能导致患者丧失自理能力，需要依赖他人照料并进行康复治疗。脑卒中后遗症对患者日常生活和社交功能造成严重影响。患者可能受到身体和认知方面的限制，无法进行日常活动和从事原本的工作，对心理健康产生负面影响。脑卒中的治疗和康复过程通常需要长期并高昂的医疗费用对患者和家庭造成重大的经济负担。脑卒中患者可能面临心理和情绪问题，如抑郁、焦虑、认知障碍等，这些问题不仅给患者带来困扰，也会对家庭和社交关系产生负面影响。近年来，随着生活环境和人

口结构的变化,脑卒中的发病率随着年龄的增长而增加,且更常见于60岁以上人群,脑卒中发病引起的不同程度的运动功能障碍,如步态异常、平衡异常等,极大程度上降低了患者的生活质量^[13-14]。

随着数智技术和精准医疗的不断进步,康复机器人领域不断被拓宽,使用康复机器人辅助脑卒中患者康复治疗已经成为主流,尤其是下肢康复机器人,其个性化康复、减重步行训练可以在确保患者安全的同时提供科学有效的康复训练,极大程度提高了患者下肢功能康复的成功率^[15-16]。TMS是一种无创的方法,不需要手术或任何物理侵入,能够直接作用于脑内组织,产生短暂的神经兴奋或抑制效果。TMS通过脉冲磁场的作用,产生一个瞬时强大的磁场,穿透颅骨,到达脑内组织。磁场的变化会诱发神经元中的电流,从而改变神经元活动。TMS可以刺激特定的大脑区域,也可以用于网络级别的调控。TMS被广泛应用于神经科学研究和临床治疗:①神经科学研究。TMS可以用于研究大脑功能和连接,探究特定脑区对于感知、运动、认知等功能的贡献。②神经可塑性调控。TMS可以通过调节神经元活动,诱发或抑制大脑区域的活动,进而影响神经可塑性过程。这在康复治疗中有潜在应用,例如卒中康复、帕金森病等。③精神疾病治疗。TMS可以用于精神疾病的治疗,如抑郁症和精神分裂症。在治疗脑卒中过程中,TMS可以促进大脑神经元和突触的重组和改变,促进大脑受损区域神经元重连、修复和再生^[17-18]。同时可以模拟大脑正常活动模式,为患者的运动、感觉和认知功能恢复,建立新的神经网络。

在本研究中,治疗组在对照组采用常规康复训练联合下肢康复机器人的基础上施以TMS,结果显示,治疗组的总有效率更高。在关节活动度方面,治疗后两组患者的髋关节、膝关节活动度变化均高于治疗前,且治疗组的关节活动度变化更大,差异具有统计学意义($P<0.05$)。提示TMS结合康复机器人在下肢康复治疗中有双促进效应,康复机器人可以通

过减重步行训练纠正患者运动模式,保证髋关节、膝关节运动的准确性、协调性和流畅性,TMS通过对大脑皮层的刺激,增加了运动神经网络的可塑性,使受损的神经元重新参与到运动控制中,从而增强髋关节、膝关节的运动能力^[19-20]。在运动功能FMA评分对比中,治疗后两组评分均高于治疗前,且治疗组的评分更高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。提示TMS联合康复机器人的治疗可以增强患者对运动的感知和控制能力。TMS可以调节大脑神经元的兴奋性,提高患者对肢体运动的感知和控制,同时康复机器人可以提供准确和可重复的运动训练,帮助患者改善运动的协调性和精细度^[21-22]。在肢体平衡能力BBS评分对比中,治疗后两组评分均高于治疗前,且治疗组的评分更高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。提示TMS联合康复机器人可以实现多模态刺激,增强神经系统对肢体平衡的控制力,与此同时还可以强化感觉输入,帮助大脑更好地感知身体位置和运动状态,进一步提高平衡能力^[23-24]。在ADLs和WHOQOL-100评分对比中,治疗后两组评分均高于治疗前,且治疗组的评分更高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。提示TMS联合康复机器人可以提供更全面训练刺激,加上反复康复训练的积累促进了神经可塑性和适应性的强化,当长期适应性训练被患者心理和机体所适应,患者自信心和独立性被激发,对生活预期更加积极。

本研究认为,在下肢康复机器人的基础上施以TMS,能够发挥二者的协调功效^[15-20],具体机制包括:①神经活性调节和神经可塑性增强。下肢康复机器人通过模拟运动来激活大脑中与运动相关的区域,促进神经可塑性。TMS可以直接作用于大脑皮质,调节运动皮层的活性。二者联合可能会产生叠加效应,增强神经可塑性,加速大脑对康复训练的适应和学习。②运动控制和协调改善。下肢康复机器人提供定向、重复性的运动训练,有助于改善患者的运动控制和协调能力。TMS可以直接激活运动皮层,增强大脑对运动的控制。结合二者可能

会产生协同作用，使患者更加准确地控制下肢肌肉，改善运动协调性。③神经递质释放和神经保护作用。下肢康复机器人联合 TMS 可能通过影响神经递质的释放和神经保护作用来促进神经功能的恢复和保护。二者结合可能产生叠加效应，增强神经递质的释放和神经保护作用，有助于减轻运动功能障碍和促进康复进程。④脑-机器人接口优化。结合康复机器人联合 TMS 可能通过优化脑-机器人接口，使脑与机器人系统更好地协调和互动。TMS 可以调节大脑活性，以更好地适应康复机器人的运动要求，从而提高康复效果。⑤心理影响。康复机器人联合 TMS 可能会提高患者的康复信心和积极性，减轻焦虑和抑郁情绪，从而促进康复效果。

本研究采用随机双盲法进行分组，虽然采取一定的措施，但研究还可能会产生一定的偏倚。在未来研究过程中，将通过扩大样本量进一步降低偏倚，同时对于所有随机分配的参与者进行完整性分析，包括按照原始分组进行分析，以避免因为非随机原因导致的失去随机分组的参与者带来的偏倚。

综上所述，TMS 联合康复机器人康复治疗能够有效促进脑卒中患者下肢功能康复，能够增强髋关节、膝关节灵活度，促进身体平衡建立，进一步强化运动功能恢复，提升患者日常生活活动能力并培养积极的生活预期。

利益冲突声明： 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明： 刘翠、赵殿兰负责实验操作，研究过程的实施，拟定写作思路，设计论文框架，起草论文，论文修改，指导撰写文章并最后定稿；甄巧霞、王平、苏源、刘爱贤负责数据收集，统计学分析，绘制图表。

参考文献

- [1] 宋剑英, 李季, 李聪, 等. 羚角钩藤汤合温胆汤加减配合针灸对痰热内闭证中风偏瘫疗效及对中医症状、下肢功能和足底压力的影响[J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(2): 86-89.
- [2] ZONG X M, LI Y Y, LIU C, et al. Theta-burst transcranial magnetic stimulation promotes stroke recovery by vascular protection and neovascularization[J]. Theranostics, 2020, 10(26): 12090-12110.
- [3] 袁野, 张姗姗, 李沿江, 等. 电针针刺痉挛拮抗肌穴位对中风偏瘫患者下肢功能障碍的疗效观察[J]. 中国中医急症, 2022, 31(4): 638-640, 647.
- [4] Bai Z F, Zhang J Q, Fong K N K. Effects of transcranial magnetic stimulation in modulating cortical excitability in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. J Neuroeng Rehabil, 2022, 19(1): 24.
- [5] 杨勇, 邢英茹, 田飞, 等. 温针灸配合股直肌神经入肌点推拿点按疗法对中风偏瘫患者下肢运动功能障碍和生活质量的影响[J]. 临床医学研究与实践, 2022, 7(13): 82-86.
- [6] Radiansyah R S, Hadi D W. Repetitive transcranial magnetic stimulation in central post-stroke pain: current status and future perspective[J]. Korean J Pain, 2023, 36(4): 408-424.
- [7] 陈立霞, 李承家, 王亭亭, 等. 头针配合镜像疗法对中风后下肢功能障碍患者运动能力及生活能力的影响[J]. 上海针灸杂志, 2021, 40(3): 279-283.
- [8] HONG Y, LIU Q, PENG M N, et al. High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves functional recovery by inhibiting neurotoxic polarization of astrocytes in ischemic rats[J]. J Neuroinflammation, 2020, 17(1): 150.
- [9] 危虹, 陈水金, 何志雄. 下肢智能反馈训练系统对早期中风患者下肢运动功能的影响[J]. 按摩与康复医学, 2021, 12(6): 41-43.
- [10] 赵雅娟, 唐芷晴, 孙新亭, 等. 不同强度穿戴式下肢康复机器人训练对脑卒中后下肢功能的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2023, 29(5): 497-503.
- [11] Starosta M, Cichoń N, Saluk-Bijak J, et al. Benefits from Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Post-Stroke Rehabilitation[J]. J Clin Med, 2022, 11(8): 2149.
- [12] 曲斯伟, 朱琳, 钱龙, 等. 镜像视觉反馈训练联合下肢康复机器人对脑卒中患者下肢运动功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2022, 44(1): 30-34.
- [13] Calabrò R S, Billeri L, Manuli A, et al. Applications of transcranial magnetic stimulation in migraine: evidence from a scoping review[J]. J Integr Neurosci, 2022, 21(4): 110.
- [14] 史轶, 闻新丽, 任省民. 滋阴通络汤阿司匹林对中风患者下肢深静脉血栓形成及凝血功能的影响[J]. 血栓与止血学, 2020, 26(3): 390-391.
- [15] Horimoto Y, Sato C, Inagaki A, et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on cerebral glucose metabolism[J]. Neurol Sci, 2022, 43(3): 1879-1883.
- [16] 李希, 王秉翔, 李娜, 等. 下肢外骨骼机器人康复训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动的影响[J]. 山东大学学报(医学版), 2023, 61(3): 121-126, 133.
- [17] XING Y, ZHANG Y Q, LI C Q, et al. Repetitive Transcranial magnetic stimulation of the brain after ischemic stroke: mechanisms from animal models[J]. Cell Mol Neurobiol, 2023, 43(4): 1487-1497.
- [18] 刘勇涛, 谢丽娟, 刘晓鑫, 等. 经颅磁刺激联合温针灸对中风后肢体运动功能障碍患者肢体功能恢复的影响[J]. 西部中医药, 2023, 36(5): 120-123.
- [19] Einstein E H, Dadario N B, Khilji H, et al. Transcranial magnetic stimulation for post-operative neurorehabilitation in neuro-oncology: a review of the literature and future directions[J]. J Neurooncol, 2022, 157(3): 435-443.
- [20] 曾梅芳, 刘芬, 刘琼姿. 醒脑灵肢丸联合高频重复经颅磁刺激治疗中风恢复期气虚血瘀型运动障碍的临床效果[J]. 临床合理用药, 2023, 16(20): 55-57.
- [21] 何婧柳, 李培真, 徐晓萌. 通任调督针法联合低频重复经颅磁刺激治疗中风后睡眠障碍患者的近期随访研究[J]. 中国疗养医学, 2022, 31(4): 381-383.
- [22] Hara T, Abo M. New Treatment Strategy Using Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Post-Stroke Aphasia[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(10): 1853.
- [23] 李雨源, 程剑利, 徐慧敏, 等. 针刺通督醒神穴联合重复经颅磁刺激治疗中风后意识障碍的交互作用研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2021, 30(15): 1601-1605.
- [24] 张伟, 陈颖萍, 杨斌, 等. 健脑中风灵联合经颅磁刺激治疗瘀血阻络型缺血性卒中的临床研究[J]. 中外医疗, 2021, 40(23): 5-9.

编辑：赵敏