·论 著· DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.18.007

等速肌力训练联合 rTMS 治疗脑卒中后上肢功能障碍的康复效果及对血清 BDNF、NGF 水平的影响*

苏建康,王丛笑,薛亚峰,杨傲然,汪 杰△
首都医科大学附属北京康复医院康复诊疗中心,北京 100144

摘 要:目的 探讨等速肌力训练联合重复经颅磁刺激(rTMS)对脑卒中后上肢功能障碍患者上肢运动功能、肌力、神经电生理指标、日常生活活动能力以及脑源性神经营养因子(BDNF)、神经生长因子(NGF)水平的影响。**方法** 选取 2022 年 1 月至 2023 年 5 月该院收治的脑卒中后上肢功能障碍患者 82 例作为研究对象,根据随机数字表法分为对照组与观察组,各 41 例。对照组采用常规康复训练联合 rTMS 治疗,观察组在对照组治疗基础上联合上肢等速肌力训练。比较 2 组上肢运动功能[Fugl-Meyer 上肢运动量表(FMA-UE)评分]、等速肌力指标[峰力矩(PT)、平均功率(AP)]、神经电生理指标[运动诱发电位潜伏期(MEP 潜伏期)、中枢运动传导时间(CMCT)]、日常生活活动能力[Barthel 指数(BI)评分]以及 BDNF、NGF 水平。**结果** 治疗 4 周后,观察组 FMA-UE 评分、BI 评分高于对照组,肩屈伸 PT、AP,肘屈伸 PT、AP 高于对照组,MEP 潜伏期和 CMCT 短于对照组,血清 BDNF、NGF 水平高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 等速肌力训练联合 rTMS 可有效改善脑卒中后上肢功能障碍患者的上肢运动功能,增强肌力,促进神经功能恢复,具有一定的临床应用前景。

关键词:脑卒中; 上肢功能障碍; 等速肌力训练; 重复经颅磁刺激; 运动诱发电位; 神经营养因子
中图法分类号:R493;R743.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2026)18-2488-05

Rehabilitation efficacy of isokinetic muscle strength training combined with rTMS for post-stroke upper-limb dysfunction and its effects on serum BDNF and NGF levels*

Su Jiankang, Wang Congxiao, Xue Yafeng, Yang Aoran, Wang Jie△
Rehabilitation Diagnosis and Treatment Center, Beijing Rehabilitation Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100144, *China*

Abstract: Objective To investigate the effects of isokinetic muscle strength training combined with repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) on upper-limb motor function, muscle strength, neurophysiological parameters, activities of daily living, and serum brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and nerve growth factor (NGF) levels in patients with post-stroke upper-limb dysfunction. **Methods** A total of 82 patients with post-stroke upper-limb dysfunction admitted to the hospital from January 2022 to May 2023 were enrolled. The patients were divided into control group and observation group using a random number table, with 41 cases in each group. The control group received conventional rehabilitation training combined with rTMS, whereas the observation group additionally received upper-limb isokinetic muscle strength training. Upper-limb motor function [Fugl-Meyer Assessment of the Upper Extremity (FMA-UE) score], isokinetic muscle strength parameters [peak torque (PT) and average power (AP)], electrophysiological parameters [motor-evoked potential (MEP) latency and central motor conduction time (CMCT)], activities of daily living [Barthel Index (BI) score], and serum BDNF and NGF levels were compared between the two groups. **Results** After 4 weeks of treatment, the FMA-UE and BI scores, PT and AP during shoulder flexion and extension and elbow flexion and extension, and serum BDNF and NGF levels were higher in the observation group than those in the control group, whereas MEP latency and CMCT were shorter. All between-group differences were statistically

* **基金项目:**国家重点研发计划项目(2020YFC2004303)。

作者简介:苏建康,男,主管技师,主要从事神经、肌骨康复治疗方向的研究。 △ **通信作者**,E-mail:wangjie_1988@163.com。

中文引用格式:苏建康,王丛笑,薛亚峰,等. 等速肌力训练联合 rTMS 治疗脑卒中后上肢功能障碍的康复效果及对血清 BDNF、NGF 水平的影响[J]. 检验医学与临床,2026,23(18):2488-2492.

英文引用格式: Su J K, Wang C X, Xue Y F, et al. Rehabilitation efficacy of isokinetic muscle strength training combined with rTMS for post-stroke upper-limb dysfunction and its effects on serum BDNF and NGF levels[J]. Lab Med Clin, 2026, 23(18): 2488-2492.

significant（$P<0.05$）. **Conclusion**　Upper-limb isokinetic muscle strength training combined with rTMS effectively improves upper-limb motor function，enhances muscle strength，and promotes neurological recovery in patients with post-stroke upper-limb dysfunction，indicating its potential for clinical application.

Key words：stroke；　upper-limb dysfunction；　isokinetic muscle strength training；　repetitive transcranial magnetic stimulation；　motor-evoked potential；　neurotrophic factor

脑卒中后上肢功能障碍是康复医学领域常见的临床问题，该病严重影响患者的日常生活活动能力和生活质量[1]。常规康复训练虽可在一定程度上促进功能恢复，但对于部分患者而言，由于中枢神经损伤后神经可塑性受限及上肢运动控制的复杂性，仍难以达到理想的恢复效果，患者常遗留明显的运动功能障碍。近年来，重复经颅磁刺激（rTMS）作为一种无创神经调控技术，被广泛用于改善脑卒中后运动功能，通过调节皮层兴奋性促进神经可塑性[2]。然而，仅采用中枢刺激往往难以直接转化为有效的肢体运动功能改善，还需要与外周运动训练相结合。等速肌力训练作为一种在恒定角速度下进行的肌力训练方法，能够在整个关节活动范围内提供顺应性阻力，最大限度地激活运动单位，有效增强肌力、改善肌肉协调性，从外周层面促进运动功能的恢复[3]。血清脑源性神经营养因子（BDNF）与神经生长因子（NGF）是调控神经可塑性的关键神经营养物质，其血清水平可部分反映中枢神经修复状态。然而，目前关于等速肌力训练联合 rTMS 用于脑卒中后上肢功能障碍的研究尚不多见。基于此，本研究旨在探讨等速肌力训练联合 rTMS 应用的康复效果及对血清 BDNF、NGF 水平的影响，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　选择 2022 年 1 月至 2023 年 5 月在本院接受治疗的脑卒中后上肢功能障碍患者 82 例作为研究对象。纳入标准：（1）符合脑卒中的临床诊断标准[4]，并经头颅计算机断层扫描（CT）或磁共振成像（MRI）证实；（2）患侧上肢运动功能处于 Brunnstrom 分期[5] Ⅱ～Ⅳ期。排除标准：（1）有严重认知功能障碍或失语症，无法配合训练者；（2）合并严重心、肝、肾等重要脏器疾病；（3）有癫痫病史或颅内金属植入物等 rTMS 禁忌证；（4）合并上肢关节严重挛缩或畸形；（5）正在参加其他临床研究。根据随机数字表法将研究对象分为 2 组，每组 41 例。对照组中男 23 例，女 18 例；年龄 35～72 岁，平均（54.26±8.73）岁；病程 15 d 至 5 个月，平均（2.84±0.91）个月；左侧偏瘫 19 例，右侧偏瘫 22 例；Brunnstrom 分期：Ⅱ期 10 例，Ⅲ期 18 例，Ⅳ期 13 例。观察组中男 24 例，女 17 例；年龄 34～74 岁，平均（54.81±9.02）岁；病程 14 d 至 6 个月，平均（2.91±0.95）个月；左侧偏瘫 20 例，右侧偏瘫 21 例；Brunnstrom 分期：Ⅱ期 9 例，Ⅲ期 19 例，Ⅳ期 13 例。2 组年龄、性别、病程、偏瘫侧别及 Brunnstrom 分期比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性。本研究经本院医学伦理委员会审核批准［审批号：北康科研伦理审（2019bkky003）号］，所有研究对象或家属均签署知情同意书。

1.2　方法　对照组采用 rTMS 治疗，并同步进行常规康复训练。常规康复训练内容主要针对上肢开展：（1）维持关节活动度的被动与主动训练；（2）提升肌肉力量的抗阻训练；（3）改善神经肌肉协调性的精细动作训练；（4）模拟进食、穿衣等日常活动的功能性训练。训练时长严格控制在 45 min/次，治疗频次为 5 次/周。rTMS 治疗采用依瑞德 MagTD 系列磁场刺激仪（武汉依瑞德医疗设备新技术有限公司），配备“8”字形线圈。根据患者偏瘫侧别选择刺激部位：右侧偏瘫（左侧大脑半球损伤）患者采用高频（5 Hz）兴奋性刺激患侧（左侧）M1 区，以促进受损皮层功能激活；左侧偏瘫（右侧大脑半球损伤）患者采用高频（5 Hz）刺激患侧（右侧）M1 区。强度为 80%～90%静息运动阈值，每次 20 min，每日 1 次，每周 5 次。2 组 rTMS 治疗方案相同。

观察组在对照组治疗基础上联合上肢等速肌力训练。采用 Biodex System 4 多关节等速肌力测试训练系统（Biodex Medical Systems，美国）进行肩关节、肘关节的等速向心性肌力训练。训练参数：角速度 60°/s 和 120°/s，每组重复 10 次，组间休息 30 s，每个关节训练 3～5 组，每次 30 min，每日 1 次，每周 5 次。训练过程中根据患者耐受程度调节训练阻力和关节活动范围。2 组均连续治疗 4 周。

1.3　观察指标　（1）上肢功能与生活能力评定：于治疗前及治疗 4 周后，采用 Fugl-Meyer 上肢运动量表（FMA-UE）[6] 与 Barthel 指数（BI）[7] 对患者进行测评。前者满分 66 分，得分越高提示上肢运动控制能力越优；后者满分 100 分，得分越高，表示日常生活活动能力越好。（2）等速肌力指标：于治疗前、治疗 4 周后采用等速肌力测试训练系统对患侧肩、肘关节屈伸运动中的峰力矩（PT）及平均功率（AP）2 项参数进行测定。（3）神经电生理指标：于治疗前、治疗 4 周后采用肌电图诱发电位仪检测患侧上肢运动诱发电位（MEP）潜伏期及中枢运动传导时间（CMCT）。（4）血清神经营养因子：于治疗前、治疗 4 周后采集患者清晨空腹外周静脉血 5 mL，以 3 000 r/min 离心 10 min，离心半径 15 cm，分离血清。采用酶联免疫吸附

试验（ELISA）对血清 BDNF、NGF 水平进行检测。BDNF 检测试剂盒购自 Elabscience 公司（美国，货号：E-MSEL-H0004）；NGF 检测试剂盒购自 Elabscience 公司（美国，货号：E-EL-H1205）。所有操作均严格按照试剂盒说明书进行。所有标本均设置复孔，取 2 个复孔检测结果的均值作为最终结果。

1.4　统计学处理　采用 SPSS26.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，2 组间比较采用独立样本 t 检验，同组治疗前后比较采用配对 t 检验；计数资料以例数或百分率表示，组间比较采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结　　果

2.1　2 组治疗前后上肢功能和日常生活活动能力比较　治疗 4 周后，2 组 FMA-UE 评分、BI 评分均较治疗前提高（$P<0.05$），且观察组上述评分均高于对照组（$P<0.05$）。见表 1。

2.2　2 组治疗前后等速肌力指标比较　治疗 4 周后，2 组肩屈伸 PT、AP 及肘屈伸 PT、AP 均较治疗前提高（$P<0.05$），且观察组各项指标均高于对照组（$P<0.05$）。见表 2。

表 1　2 组治疗前后 FMA-UE 评分和 BI 评分比较（$\bar{x}\pm s$，分）

组别	n	FMA-UE 评分				BI 评分			
		治疗前	治疗 4 周后	t	P	治疗前	治疗 4 周后	t	P
对照组	41	28.46±5.31	45.83±6.25	−13.562	<0.001	42.57±7.84	65.34±8.16	−12.884	<0.001
观察组	41	28.92±5.47	52.64±6.83	−17.357	<0.001	42.16±8.03	73.68±8.95	−16.785	<0.001
t		−0.386	−4.710			0.234	−4.409		
P		0.700	<0.001			0.815	<0.001		

表 2　2 组治疗前后等速肌力指标比较（$\bar{x}\pm s$）

组别	n	肩屈伸 PT（N·m）				肩屈伸 AP（W）			
		治疗前	治疗 4 周后	t	P	治疗前	治疗 4 周后	t	P
对照组	41	24.37±4.52	35.29±5.84	−10.578	<0.001	18.64±3.71	26.73±4.58	−9.948	<0.001
观察组	41	24.61±4.63	42.56±6.37	−15.983	<0.001	18.82±3.65	32.94±5.26	−14.605	<0.001
t		−0.237	−5.387			−0.221	−5.701		
P		0.812	<0.001			0.825	<0.001		
组别	n	肘屈伸 PT（N·m）				肘屈伸 AP（W）			
		治疗前	治疗 4 周后	t	P	治疗前	治疗 4 周后	t	P
对照组	41	20.15±3.86	29.46±4.91	−10.205	<0.001	15.42±3.13	22.85±4.02	−9.750	<0.001
观察组	41	20.38±3.94	36.83±5.67	−16.439	<0.001	15.63±3.24	28.79±4.83	−15.066	<0.001
t		−0.267	−6.292			−0.298	−6.053		
P		0.790	<0.001			0.766	<0.001		

2.3　2 组治疗前后神经电生理指标比较　治疗 4 周后，2 组 MEP 潜伏期和 CMCT 均较治疗前缩短（$P<0.05$），且观察组 MEP 潜伏期和 CMCT 短于对照组（$P<0.05$）。见表 3。

2.4　2 组治疗前后血清神经营养因子水平比较　治疗 4 周后，2 组血清 BDNF 和 NGF 水平均较治疗前升高（$P<0.05$），且观察组上述指标水平高于对照组（$P<0.05$）。见表 4。

表 3　2 组治疗前后神经电生理指标比较（$\bar{x}\pm s$，ms）

组别	n	MEP 潜伏期				CMCT			
		治疗前	治疗 4 周后	t	P	治疗前	治疗 4 周后	t	P
对照组	41	23.84±2.61	21.15±2.28	4.970	<0.001	11.37±1.84	9.82±1.51	4.169	<0.001
观察组	41	23.96±2.57	18.73±2.04	10.206	<0.001	11.48±1.79	8.26±1.35	9.196	<0.001
t		−0.209	5.065			−0.274	4.931		
P		0.834	<0.001			0.785	<0.001		

表 4　2 组治疗前后血清神经营养因子水平比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	BDNF(ng/mL)				NGF(pg/mL)			
		治疗前	治疗 4 周后	t	P	治疗前	治疗 4 周后	t	P
对照组	41	6.82±1.13	8.34±1.42	−5.363	<0.001	35.46±5.27	44.83±6.51	−7.163	<0.001
观察组	41	6.75±1.08	10.61±1.68	−12.375	<0.001	35.82±5.43	53.76±7.24	−12.693	<0.001
t		0.286	−6.607			−0.304	−5.873		
P		0.775	<0.001			0.761	<0.001		

3　讨　论

脑卒中后常遗留不同程度的上肢功能障碍，上肢功能的恢复对于患者完成日常生活活动、回归社会具有重要意义[8]。然而，受脑卒中后神经网络损伤、神经可塑性改变及上肢运动控制复杂性等因素影响，传统康复训练往往难以达到理想的恢复效果。rTMS 作为一种无创神经调控技术，通过磁场作用于大脑皮层，调节皮层兴奋性，促进神经可塑性重建，能够改善运动功能[9]。研究表明，rTMS 可促进损伤区域周围皮层的功能重组，增强皮质脊髓束的传导功能，为运动功能恢复提供神经生理学基础[10]。

等速肌力训练是一种在恒定角速度下进行的肌力训练方法，能够在整个关节活动范围内提供顺应性阻力，最大限度地激活运动单位，有效增强肌力、改善肌肉协调性[11]。与传统肌力训练相比，等速肌力训练具有安全性较好、训练过程可量化及便于客观评估等特点，在骨科康复中已取得良好效果[12]。目前，关于 rTMS 联合等速肌力训练用于脑卒中后上肢功能障碍的研究报道较少。Kerimov 等[13]开展的一项随机对照试验纳入 24 例脑卒中后偏瘫患者，结果显示 4 周的等速肌力训练在改善患侧腕伸肌 PT 及等长肌力方面优于弹力带抗阻训练($P<0.05$)。潘熙哲[14]对 150 例脑梗死上肢偏瘫患者的研究也表明，等速肌力训练联合低频 rTMS 可有效缓解患者上肢肌肉痉挛，促进运动功能及日常生活活动能力提升($P<0.05$)。此外，一项针对脑卒中后偏瘫患者的随机对照研究显示，基于任务导向的等速肌力训练能够改善患者上肢及手运动功能[15]。一项 Meta 分析也证实，等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的康复具有积极作用[16]。上述研究提示，等速肌力训练作为外周康复干预手段，在中枢神经损伤后的运动功能重建中具有重要价值。rTMS 通过调节患侧大脑皮层兴奋性，促进神经可塑性改变，为运动功能恢复创造有利的中枢条件；等速肌力训练则针对性增强上肢肌群肌力，改善肌肉协调性和运动控制能力，从外周层面巩固康复效果[17-18]。基于等速肌力训练、rTMS 作用机制的互补性，本研究将二者联合应用，探讨其对脑卒中后上肢功能障碍患者的康复效果。结果显示，治疗 4 周后，观察组 FMA-UE 评分高于对照组($P<0.05$)，提示在 rTMS 联合常规康复训练的基础上增加上肢等速肌力训练，可进一步改善患者的上肢运动功能。

此外，本研究中，观察组治疗 4 周后的 BI 评分高于对照组($P<0.05$)。上肢功能与日常生活活动密切相关，如进食、穿衣、洗漱等均需要上肢的协调参与。本研究中，观察组治疗后 FMA-UE 评分和 BI 评分均较对照组提高，提示患者上肢运动功能改善的同时，日常生活活动能力也有所提升。王玲姝等[17]采用低频 rTMS 联合针刺治疗 70 例脑卒中后上肢功能障碍患者，治疗 3 周后联合组 FMA-UE 评分和改良 BI 评分均高于对照组($P<0.05$)，有效率达 97.1%，与本研究结果一致。等速肌力测试是目前评估肌力的金标准，可客观反映肌肉的功能。本研究中观察组治疗后的肩、肘关节屈伸肌群 PT 和 AP 均高于对照组($P<0.05$)，表明等速肌力训练联合 rTMS 能够有效增强脑卒中患者的上肢肌力。一方面，等速肌力训练能够提供顺应性阻力，在整个关节活动范围内最大化激活运动单位，促进肌纤维肥大和肌肉协调性改善；另一方面，rTMS 可能通过增强皮质脊髓束的兴奋性，提高神经对肌肉的支配效率，使肌力训练的效果得到更好的发挥[19-20]。PT 主要反映肌肉的最大力矩输出能力，AP 反映单位时间内的平均机械功率。其值增大提示患者上肢肌群的力量和功率输出能力有所改善[15]。在神经电生理方面，叶伟[21]研究发现低频 rTMS 联合醒脑开窍针法可缩短脑卒中患者 MEP 潜伏期($P<0.05$)，且联合组改善程度优于单纯针刺组($P<0.05$)。本研究中，观察组在治疗 4 周后的 MEP 潜伏期和 CMCT 短于对照组($P<0.05$)，说明联合治疗可以更有效地改善中枢运动传导功能。MEP 潜伏期缩短提示神经冲动从皮层到靶肌肉的传导速度加快，CMCT 缩短则反映中枢段传导通路的功能改善[22]。rTMS 可能通过促进突触可塑性、增强髓鞘形成、激活休眠的神经通路等机制，改善皮质脊髓束的传导功能。传导通路的改善为运动指令的高效传递提供了神经基础，从而使外周肌肉能够更精准、快速地执行运动指令。

BDNF 和 NGF 是神经营养因子家族中的重要成员，在神经元的存活、分化、突触可塑性及神经再生中发挥关键作用[23]。本研究中，治疗后观察组血清 BDNF 和 NGF 水平均高于对照组($P<0.05$)，提示联合治疗能够促进神经营养因子的分泌。BDNF 可促进

突触可塑性,增强长时程增强效应,是运动学习与神经康复的重要分子基础。NGF 对基底前脑胆碱能神经元具有营养支持作用,参与认知和运动功能的调节。rTMS 已被证实可提升 BDNF 等神经营养因子的水平,而运动训练同样可促进神经营养因子的分泌[24]。本研究将 rTMS 与等速肌力训练联合,发现二者可能通过中枢刺激与外周训练的协同效应,更有效地促进神经营养因子的表达。但本研究样本量较小,且未进行长期随访,无法评估治疗效果的持续性及远期功能结局。未来需开展大样本、多中心随机对照研究,延长随访时间,并增设等速肌力训练组和 rTMS 组,验证联合治疗的远期效果。

综上所述,等速肌力训练联合 rTMS 可有效改善脑卒中后上肢功能障碍患者的上肢运动功能,增强肌力,促进神经功能恢复,具有一定的临床应用前景。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 苏建康:负责文献检索、设计论文框架,起草论文;王丛笑:负责试验操作,研究过程实施;薛亚峰:负责数据收集,统计学分析,绘制图表;杨傲然:负责指导论文写作思路,指导撰写文章;汪杰:负责论文修改,指导写作并最后定稿。

参考文献

[1] 郑学敬,林时望,李嘉鑫,等. 可穿戴式振动训练系统对脑卒中后遗症期患者上肢功能障碍的疗效及神经影像机制研究[J]. 神经损伤与功能重建,2024,19(10):564-568.

[2] Safdar A,Smith M C,Byblow W D,et al. Applications of repetitive transcranial magnetic stimulation to improve upper limb motor performance after stroke:a systematic review[J]. Neurorehabil Neural Repair,2023,37(11/12):837-849.

[3] 李豪,黄臻,杨文,等. 手法淋巴引流结合等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者下肢肿胀的疗效[J]. 广东医学,2023,44(1):79-83.

[4] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国各类主要脑血管病诊断要点 2019[J]. 中华神经科杂志,2019,52(9):710-715.

[5] 程瑞君,聂方方,邢辛一. Brunnstrom 分期康复训练联合支持性心理护理在脑卒中治疗的价值分析[J]. 黔南民族医专学报,2022,35(4):282-284.

[6] 张晓雪,王睿月,樊虹玉,等. 上肢功能测试量表的汉化及其在脑卒中患者中的信效度研究[J]. 中国全科医学,2023,26(8):1022-1027.

[7] 阳玉芬,陈燕飞,刘玉珠. 新 Bobath 联合手指点穴治疗中风后痉挛性瘫痪临床疗效及对 F-M 运动功 能、BI 指数的影响[J]. 现代消化及介入诊疗,2021,26(增刊 2):532-533.

[8] 杜洪澎,李明远,高晓宁,等. 健侧颈 7 神经移位术治疗大鼠脑损伤后单侧上肢运动功能障碍的应用[J]. 滨州医学院学报,2021,44(6):422-426.

[9] Koutsomitros T,Evagorou O,Schuhmann T,et al. Advances in transcranial magnetic stimulation (TMS) and its applications in resistant depression[J]. Psychiatriki,2021,32(S1):90-98.

[10] Lin Y,Jin J,Lv R,et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation increases the brain′s drainage efficiency in a mouse model of Alzheimer′s disease[J]. Acta Neuropathol Commun,2021,9(1):102.

[11] 曾形信,郭萌,李龙. KOA 患者关节腔内玻璃酸钠灌注治疗联合等速肌力训练的临床价值研究[J]. 重庆医学,2023,52(增刊 2):110-113.

[12] 卢跃伦,蒋松鹤,黄沙沙,等. 虚拟现实技术结合等速肌力训练对前交叉韧带重建术后患者的临床疗效观察[J]. 中国骨伤,2023,36(12):1159-1164.

[13] Kerimov K,Coskun Benlidayi I,Ozdemir C,et al. The effects of upper extremity isokinetic strengthening in post-stroke hemiplegia:a randomized controlled trial[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis,2021,30(6):105729.

[14] 潘熙哲. 等速肌力训练联合低频重复经颅磁刺激对脑梗死上肢偏瘫患者上肢肌肉痉挛及运动功能的影响[J]. 反射疗法与康复医学,2024,5(4):36-39.

[15] 赵青青. 基于任务导向的等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者上肢及手运动功能的影响[D]. 唐山:华北理工大学,2023.

[16] 张浩天,张倩,朱婷,等. 等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能康复影响的 Meta 分析[J]. 中国当代医药,2021,28(14):712-714.

[17] 王玲姝,刘爽,李冠男,等. 低频重复经颅磁刺激联合针刺治疗脑卒中后上肢功能障碍的随机对照研究[J]. 中西医结合心脑血管病杂志,2023,21(4):749-751.

[18] 郭凯锋,韩佩洁,赵凤珍,等. 有氧运动联合上肢等速肌力训练改善脑卒中患者肺功能[J]. 神经损伤与功能重建,2021,16(7):416-418.

[19] 安丹蔷,季宇宣,张瀚之,等. 下肢康复训练机器人联合等速肌力训练对老年脑卒中偏瘫患者神经功能、步行能力、Lovett 肌力分级及平衡能力的影响[J]. 临床和实验医学杂志,2024,23(4):377-381.

[20] 李强,杜雪松,张梅. 低频重复经颅磁刺激联合虚拟现实技术训练治疗脑卒中偏瘫运动功能障碍的研究[J]. 中国康复,2024,39(7):387-392.

[21] 叶伟. 低频 rTMS 联合针刺治疗脑卒中后上肢运动功能障碍的临床研究[D]. 温州:温州医科大学,2022.

[22] 从洋洋,陈威,蒋留军,等. 基于上肢机器人分离运动训练对脑卒中患者的经颅磁刺激运动诱发电位及上肢功能的影响[J]. 中国康复医学杂志,2024,39(7):959-964.

[23] 海洋,马红,王莉莉,等. 体感模拟训练联合高频重复经颅磁刺激对急性脑梗死患者运动功能障碍改善的影响[J]. 中华保健医学杂志,2025,27(4):588-591.

[24] 钟燕彪,陶茜,杨健,等. rTMS 对 MEP 缺失的重度脑卒中患者上肢运动功能障碍的疗效及脑机制研究[J]. 现代仪器与医疗,2025,31(5):30-36.

(收稿日期:2025-12-19 修回日期:2026-03-28)

(编辑:廖薇薇 陈晶)