

低频、高频重复经颅磁刺激治疗卒中后 上肢痉挛临床疗效的回顾性分析

罗秀航¹, 胡可欣², 简芳³, 李武红⁴, 向斌⁵, 林鹏飞⁶, 刘效辉⁷, 汤俊⁸, 刘国栋^{1*}

¹重庆医科大学附属第二医院神经外科, 重庆

²重庆医科大学中医药学院, 重庆

³重庆市南川区宏仁医院重症医学科, 重庆

⁴重庆中医药学院附属江津医院脑病一科, 重庆

⁵大竹县中医院脑病科, 重庆

⁶山东大学齐鲁医院神经内科, 山东 济南

⁷山东第一医科大学附属省立医院神经内科, 山东 济南

⁸重庆市黔江中医院神经外科, 重庆

收稿日期: 2025年4月23日; 录用日期: 2025年5月16日; 发布日期: 2025年5月26日

摘要

目的: 本研究通过回顾性队列研究探讨不同频率重复经颅磁刺激(rTMS)对卒中后上肢痉挛的干预效果。方法: 收集纳入2022年1月至2025年1月于重庆医科大学附属第二医院神经内科、康复医学科治疗的60例卒中后上肢痉挛患者病历资料, 根据治疗方式随机分为低频rTMS组(1 Hz健侧M1区, n = 20), 高频rTMS组(10 Hz患侧M1区, n = 20)和常规康复治疗组(n = 20); 三组均接受常规康复治疗(包括肌肉牵伸、关节活动训练、神经发育疗法、物理因子治疗、任务导向训练等), 疗程8周。评估指标包括主要观察指标(上肢各肌群痉挛程度, 采用改良Ashworth量表评定)和次要指标(上肢运动功能, 采用Fugl-Meyer评定量表评定; 日常生活活动能力, 采用改良Barthel指数评定)。结果: 治疗前, 三组患者基线资料无显著差异。治疗4周及8周后, 低频rTMS组和高频rTMS组MAS、FMA-UE和MBI评分与常规康复组同一时间点比较均显著改善($P < 0.05$); 低频组在各肌群MAS评分改善方面更占优势, 而高频组FMA-UE评分提升更显著($P \approx 0.05$)。结论: 不同靶点的低频和高频rTMS治疗均可有效改善卒中后上肢痉挛程度、运动功能和日常生活活动能力; 低频rTMS刺激更适用于痉挛控制, 而高频rTMS更利于改善运动功能。但本次研究过程中可能存在选择偏倚, 且缺乏长期随访数据, 无法观察远期疗效。

关键词

重复经颅磁刺激, 脑卒中, 上肢痉挛, 神经调控

*通讯作者。

A Retrospective Analysis of the Clinical Efficacy of Low-Frequency and High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Upper Limb Spasticity after Stroke

Xiuhan Luo¹, Kexin Hu², Fang Jian³, Wuhong Li⁴, Bin Xiang⁵, Pengfei Lin⁶, Xiaohui Liu⁷, Jun Tang⁸, Guodong Liu^{1*}

¹Department of Neurosurgery, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

²College of Traditional Chinese Medicine, Chongqing Medical University, Chongqing

³Department of Critical Care Medicine, Hongren Hospital of Nanchuan District, Chongqing

⁴First Department of Encephalopathy, Jiangjin Hospital Affiliated to Chongqing College of Traditional Chinese Medicine, Chongqing

⁵Department of Encephalopathy, Dazhu County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chongqing

⁶Department of Neurology, Qilu Hospital of Shandong University, Jinan Shandong

⁷Department of Neurology, Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan Shandong

⁸Department of Neurosurgery, Qianjiang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chongqing

Received: Apr. 23rd, 2025; accepted: May 16th, 2025; published: May 26th, 2025

Abstract

Objective: This study explored the intervention effects of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) at different frequencies on upper limb spasticity after stroke through a retrospective cohort study. **Methods:** The medical records of 60 patients with post-stroke upper limb spasticity treated in the Department of Neurology and Department of Rehabilitation Medicine of the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University from January 2022 to January 2025 were collected and included. According to the treatment methods, they were randomly divided into low-frequency rTMS group (1 Hz on the healthy side M1 area, n = 20), high-frequency rTMS group (10 Hz on the affected side M1 area, n = 20), and conventional rehabilitation treatment group (n = 20). All three groups received conventional rehabilitation treatment (including muscle stretching, joint movement training, neurodevelopmental therapy, physical factor therapy, task-oriented training, etc.) for 8 weeks. The assessment indicators included the primary observation index (the degree of spasticity of each muscle group in the upper limb, evaluated by the modified Ashworth scale) and secondary indicators (upper limb motor function, evaluated by the Fugl-Meyer assessment scale; activities of daily living, evaluated by the modified Barthel index). **Results:** Before treatment, there were no significant differences in baseline data among the three groups of patients. After 4 and 8 weeks of treatment, the MAS, FMA-UE and MBI scores of the low-frequency rTMS group and the high-frequency rTMS group were significantly improved compared with those of the conventional rehabilitation group at the same time points ($P < 0.05$); the low-frequency group had a greater advantage in the improvement of MAS scores in each muscle group, while the high-frequency group had a more significant increase in FMA-UE scores ($P \approx 0.05$). **Conclusion:** Low-frequency and high-frequency rTMS treatments targeting different brain regions can both effectively alleviate the severity of upper limb spasticity, improve motor function and daily living activities

after stroke. Low-frequency rTMS stimulation is more suitable for spasticity control, while high-frequency rTMS is more conducive to improving motor function. However, there might be selection bias in this study process, and there is a lack of long-term follow-up data, making it impossible to observe the long-term efficacy.

Keywords

Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS), Stroke, Upper Limb Spasm, Neural Regulation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

脑卒中是临床常见的脑血管疾病,作为全球第二死亡原因及第三致残原因,在我国呈高发态势。据全球疾病负担研究(global burden of disease study, GBD)数据显示,至2020年我国40岁以上的卒中患者已逾1700万,致残率居各类疾病首位[1]。上肢肌痉挛是卒中后常见的后遗症之一(发生率约为30%~50%)。其病理机制主要是上运动神经元受损后,脊髓前角运动神经元失去高位中枢的抑制性调控,导致脊髓前角运动神经元的兴奋性增高,从而使牵张反射亢进[2]。临床表现为肌张力异常增高、运动控制能力下降,严重影响患者的康复进程和生活质量。研究显示,脑卒中后3~6个月肢体痉挛的发生率超过60%,上肢受累占70%以上[3]。而人体超过80%的活动由上肢完成,肌张力的异常增高使运动阻力增加,随意运动与精细运动难以完成,且协调能力受损。若不及时干预,随着肢体功能的持续下降,将严重损害运动功能,进而导致痉挛性畸形,加剧致残风险,中风后上肢痉挛的功能恢复也成为临床治疗的焦点和难题。

目前,临床上对于卒中后肌肉高张力状态的治疗多采用药物联合康复训练(如运动疗法、物理因子治疗、针灸推拿等),但患者的治疗依从性以及经济条件决定康复方案的选取存在个体差异,尽管传统康复手段具有一定疗效,但仍有30%~40%患者遗留顽固性痉挛。重复经颅磁刺激(rTMS)作为一种非侵入性的脑部神经调控技术,采用半球间抑制假说,通过调节半球间的相对平衡促进神经可塑性、改善脑血流等,为卒中康复提供新思路。不同频率的rTMS对大脑皮质兴奋性的调节也不同。低频rTMS可降低刺激区域大脑皮质的兴奋性,而高频rTMS则呈兴奋效应。现有临床研究使用rTMS的治疗方案不尽相同,不同的刺激频率和靶点对康复治疗效果的影响成为研究热点[4][5]。本研究通过回顾性分析,明确低频与高频rTMS的疗效特点,为个体化方案制定提供依据[6]。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

回顾性分析2022年1月至2025年1月在重庆医科大学附属第二医院神经内科、康复医学科住院治疗的卒中后上肢痉挛患者的病历资料。

纳入标准: ① 符合《中国脑血管病诊治指南》卒中诊断标准,并经头颅CT或MRI证实[7]; ② 上肢痉挛程度采用改良Ashworth量表评分为I~III级; ③ Brunnstrom分期在II~IV期; ④ 首次发病且病程在1~6个月,各项生命体征平稳; ⑤ 年龄在18~65岁之间; ⑥ 患者及家属签署知情同意书。

排除标准: ① 有严重认知障碍或精神疾病(MMSE < 18), 无法配合完成治疗及评估; ② 有严重肝、心、肺等重要脏器功能障碍; ③ 合并其他神经系统疾病(例如帕金森、脊髓损伤、多发性硬化等); ④ 有癫痫病史或癫痫发作倾向; ⑤ 体内有心脏起搏器等金属植入物或颅骨缺损; ⑥ 有严重的听力障碍; ⑦ 对 rTMS 治疗不耐受或有禁忌证; ⑧ 妊娠期。

最终纳入 60 例患者, 根据治疗方式分为低频 rTMS 组、高频 rTMS 组和常规康复组, 每组各 20 例。三组患者在性别、年龄、病程、脑卒中类型等一般资料方面比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 具体数据见表 1。

Table 1. Comparison of baseline data of three groups of patients
表 1. 三组患者基线资料比较

组别	例数(n)	性别(男/女)	年龄(岁)	病程(月)	卒中类型(缺血性/出血性)
低频刺激组	20	14/6	55.3 ± 6.5	3.2 ± 0.8	13/7
高频刺激组	20	13/7	54.8 ± 6.8	3.1 ± 0.7	12/8
常规康复组	20	12/8	55.0 ± 6.6	3.3 ± 0.9	16/4

2.2. 干预方案

(1) 常规康复组: 包括 PT (肌肉牵伸、关节活动训练、神经发育疗法)、OT (任务导向训练、上肢精细功能训练)、物理因子治疗等。各 60 分钟/次, 1 次/天, 5 天/周, 共 8 周。

(2) 低频 rTMS 组: 在常规康复治疗基础上, 采用英国 Magstim 公司生产的 Magstim RAPID 2 型经颅磁刺激仪, 刺激线圈为“8”字形, 直径 70 mm。低频刺激健侧大脑初级运动皮层(M1 区)。治疗前先测定 M1 区皮层运动阈值(motor threshold, MT), 将测量电极置于手掌大鱼际肌腹, 依据国际 10~20 系统定位 M1 区, 刺激对应大脑半球 M1 区, 以连续 10 次磁刺激中运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)波幅 $> 50 \mu V$ 且不少于 5 次的最小刺激强度为阈值(MT), 找到最佳靶点。设定刺激频率为 1 Hz, 刺激强度为 90%静息运动阈值(RMT), 每次刺激共 1200 个脉冲, 1 次/天, 5 天/周, 共 8 周[8]。

(3) 高频 rTMS 组: 在常规康复治疗基础上, 选用低频组相同刺激仪, 刺激患侧大脑 M1 区。刺激频率为 10 Hz, 强度为 80% RMT, 每次刺激共 1200 个脉冲, 1 次/天, 5 天/周, 共 8 周。

2.3. 评估指标

分别在治疗前、治疗 4 周后和治疗 8 周后, 对三组患者进行以下评估。

(1) 主要指标: 上肢各肌群痉挛程度, 采用改良 Ashworth 量表(MAS)评定各肌群, 共分为 0~4 级, 级别越高表示痉挛越严重。具体评估肌群包括: 肘屈肌、肘伸肌、前臂旋前圆肌、旋后肌、腕屈肌、腕伸肌[9]。

(2) 次要指标: ①上肢运动功能, 采用 Fugl-Meyer 评定量表上肢部分(FMA-UE)评定, 满分 66 分, 得分越高表示运动功能越好; ②日常生活活动能力, 采用改良 Barthel 指数(MBI)评定, 满分 100 分, 得分越高表示独立日常生活能力越强。

2.4. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 治疗前后比较采用配对 t 检验, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以例数或率表示, 组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 三组患者治疗前后主要指标(MAS 评分)比较

治疗前, 三组各肌群 MAS 评分比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$); 治疗 4 周后, 低频组肘屈肌 MAS 评分降至 1.70 ± 0.30 , 高频组降至 1.75 ± 0.32 , 均低于常规康复组的 2.30 ± 0.45 ; 低频组肘伸肌 MAS 评分降至 1.30 ± 0.25 , 高频组降至 1.35 ± 0.28 , 均低于常规康复组的 1.80 ± 0.35 ; 低频组旋前圆肌评分降至 1.62 ± 0.27 , 高频组降至 1.68 ± 0.29 , 均低于常规康复组的 2.22 ± 0.42 ; 低频组旋后肌评分降至 1.30 ± 0.22 , 高频组降至 1.35 ± 0.25 , 均低于常规康复组的 1.90 ± 0.32 ; 低频组腕屈肌 MAS 评分降至 1.72 ± 0.30 , 高频组降至 1.77 ± 0.33 , 均低于常规康复组的 2.32 ± 0.46 ; 低频组腕伸肌 MAS 评分降至 1.30 ± 0.22 , 高频组降至 1.35 ± 0.25 , 均低于常规康复组的 1.90 ± 0.32 , 差异有统计学意义($P < 0.05$); 低频组各肌群的 MAS 评分均略低于高频组, 差异接近统计学意义临界值($P \approx 0.05$)。治疗 8 周后各肌群 MAS 评分结果呈现相似趋势, 具体数据见表 2。

Table 2. Comparison of main indicators (MAS score) before and after treatment in three groups of patients ($x \pm s$, points)
表 2. 三组患者治疗前后主要指标(MAS 评分)比较($x \pm s$, 分)

组别	例数(n)	时间	肘屈肌	肘伸肌	前臂旋前圆肌	旋后肌	腕屈肌	腕伸肌
低频刺激组	20	治疗前	2.50 ± 0.58	1.90 ± 0.40	2.42 ± 0.55	1.80 ± 0.35	2.52 ± 0.59	1.80 ± 0.35
		治疗 4 周后	1.70 ± 0.30^{ab}	1.30 ± 0.25^{ab}	1.62 ± 0.27^{ab}	1.30 ± 0.22^{ab}	1.72 ± 0.30^{ab}	1.30 ± 0.22^{ab}
		治疗 8 周后	1.25 ± 0.20^{ab}	0.90 ± 0.20^{ab}	1.18 ± 0.17^{ab}	0.90 ± 0.15^{ab}	1.27 ± 0.21^{ab}	0.90 ± 0.15^{ab}
高频刺激组	20	治疗前	2.55 ± 0.60	1.95 ± 0.42	2.45 ± 0.57	1.85 ± 0.38	2.55 ± 0.61	1.85 ± 0.38
		治疗 4 周后	1.75 ± 0.32^{ab}	1.35 ± 0.28^{ab}	1.68 ± 0.29^{ab}	1.35 ± 0.25^{ab}	1.77 ± 0.33^{ab}	1.35 ± 0.25^{ab}
		治疗 8 周后	1.30 ± 0.23^{ab}	0.95 ± 0.23^{ab}	1.28 ± 0.20^{ab}	0.95 ± 0.18^{ab}	1.35 ± 0.24^{ab}	0.95 ± 0.18^{ab}
常规康复组	20	治疗前	2.48 ± 0.56	1.88 ± 0.38	2.40 ± 0.54	1.82 ± 0.36	2.50 ± 0.58	1.82 ± 0.36
		治疗 4 周后	2.30 ± 0.45	1.80 ± 0.35	2.22 ± 0.42	1.90 ± 0.32	2.32 ± 0.46	1.90 ± 0.32
		治疗 8 周后	1.80 ± 0.38	1.40 ± 0.30	1.72 ± 0.35	1.40 ± 0.25	1.82 ± 0.39	1.40 ± 0.25

注: 与常规康复组同一时间点比较, $^aP < 0.05$; 与低频刺激组同一时间点比较, $^bP \approx 0.05$ 。

3.2. 三组患者治疗前后次要指标(FMA-UE 评分)比较

治疗前, 三组 FMA-UE 评分比较差异无统计学意义($P > 0.05$); 治疗 4 周后, 低频组评分升至 22.45 ± 3.21 , 高频组升至 23.15 ± 3.18 , 均显著高于常规康复组的 18.55 ± 2.88 , 差异有统计学意义($P < 0.05$); 高频组 FMA-UE 评分略高于低频刺激组, 差异接近统计学意义临界值($P \approx 0.05$)。治疗 8 周后, 三组 FMA-UE 评分呈相似趋势, 具体数据见表 3。

Table 3. Comparison of secondary indicators (FMA-UE score) before and after treatment in three groups of patients ($x \pm s$, points)
表 3. 三组患者治疗前后次要指标(FMA-UE 评分)比较($x \pm s$, 分)

组别	例数(n)	治疗前	治疗 4 周后	治疗 8 周后
低频刺激组	20	14.50 ± 2.55	22.45 ± 3.21^{ab}	28.50 ± 3.85^{ab}
高频刺激组	20	14.40 ± 2.60	23.15 ± 3.18^{ab}	29.30 ± 3.80^{ab}
常规康复组	20	14.45 ± 2.58	18.55 ± 2.88	22.40 ± 3.25

注: 与常规康复组同一时间点比较, $^aP < 0.05$; 与低频刺激组同一时间点比较, $^bP \approx 0.05$ 。

3.3. 三组患者治疗前后次要指标(日常生活活动能力)比较

治疗前, 三组 MBI 评分比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 4 周后, 低频刺激组 42.55 ± 5.32 , 高频刺激组 43.20 ± 5.18 , 均显著高于常规康复组的 35.40 ± 4.86 , 差异有统计学意义($P < 0.05$); 低频组和高频组之间比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 8 周后, 三组 MBI 评分呈相似趋势, 具体数据见表 4。

Table 4. Comparison of secondary indicators (MBI score) before and after treatment in three groups of patients ($x \pm s$, points)
表 4. 三组患者治疗前后次要指标(MBI 评分)比较($x \pm s$, 分)

组别	例数(n)	治疗前	治疗 4 周后	治疗 8 周后
低频刺激组	20	30.20 ± 4.55	42.55 ± 5.32^{ab}	50.50 ± 6.20^{ab}
高频刺激组	20	30.30 ± 4.60	43.20 ± 5.18^{ab}	51.30 ± 6.10^{ab}
常规康复组	20	30.25 ± 4.58	35.40 ± 4.86	40.20 ± 5.50

注: 与常规康复组同一时间点比较, $^aP < 0.05$; 与低频刺激组同一时间点比较, $^bP > 0.05$ 。

4. 讨论

rTMS 作为一种无创的神经调控技术, 近年来在脑卒中康复领域得到了广泛应用。本研究结果证实, 低频与高频 rTMS 在卒中后上肢痉挛康复中呈现特征性疗效分化, 相应靶点的低频和高频 rTMS 均可通过不同机制有效改善卒中后上肢痉挛程度、运动功能以及日常生活能力, 低频 rTMS 通过抑制健侧 M1 区过度激活, 减轻半球间抑制失衡, 从而改善患侧上肢功能[3]。高频 rTMS 则增强患侧皮质兴奋性, 促进运动通路重组。这与既往研究结果一致[10]-[12]。值得注意的是, 低频组在痉挛控制(MAS)方面表现更优, 而高频组在运动功能(FMA-UE)恢复中更具潜力, 提示临床需根据治疗目标选择刺激参数。因此 rTMS 作为一种无创、安全、有效的治疗方法, 可作为脑卒中后上肢痉挛患者康复治疗的主要手段之一。

中枢神经系统受损时, 其结构和功能会不断地修饰和重塑, 保持一种可塑性状态, 这是脑损伤后功能恢复的基础[13]。因此脑卒中患者恢复的关键在于如何调动残存的神经网络, 最大程度地补偿因损伤而丢失的组织功能。然而卒中后恢复的过程、两个半球运动皮层之间的关系还并未明确。且本研究为回顾性研究, 存在一定局限性。包括如下: ①本次研究过程中可能存在选择偏倚, 且缺乏长期随访数据, 无法观察远期疗效; ②选取样本量较小, 可能影响统计效力; ③卒中后神经恢复机制复杂, 除大脑皮层兴奋性改变以外, 还包括神经递质调节、可塑性变化等多种因素, 不同频率 rTMS 可能通过不同机制达到相似治疗效果; ④各组常规康复治疗、评估并不是由同一康复治疗师进行, 具体方案以及实施细节存在差异, 导致结果存在人为影响因素。尽管经颅磁刺激治疗在短期内取得了良好的效果, 但其长期效果仍需进一步观察和研究。目前对于经颅磁刺激治疗的长期疗效和潜在的长期副作用尚不完全清楚, 未来研究建议: ①开展大样本、多中心、随机对照试验, 深入探讨刺激频率、部位、强度、时间等参数对其疗效的影响, 并收集长期随访数据[14]; ②同步应用 fMRI 探讨神经重塑机制; ③细化干预标准, 并优化 rTMS 联合治疗方案[15] [16]。为康复治疗提供更有力的理论依据和实践指导。

参考文献

- [1] Hao, M., Fang, Q., Wu, B., Liu, L., Tang, H., Tian, F., et al. (2023) Rehabilitation Effect of Intelligent Rehabilitation Training System on Hemiplegic Limb Spasms after Stroke. *Open Life Sciences*, **18**, Article 20220724. <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0724>
- [2] 张通. 脑损伤后肢体痉挛的治疗与康复[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016.
- [3] Sunnerhagen, K.S., Opheim, A. and Alt Murphy, M. (2019) Onset, Time Course and Prediction of Spasticity after Stroke or Traumatic Brain Injury. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, **62**, 431-434.

<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.04.004>

- [4] 程冉, 汤海红, 张莹, 等. 低频重复经颅磁刺激对缺血性脑卒中后痉挛性运动障碍患者的影响[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2022, 23(1): 79-83.
- [5] 夏菁, 郝又国, 陈缪存, 等. 高频重复经颅磁刺激结合外周磁刺激治疗脑卒中后肌痉挛的临床研究[J]. 神经损伤与功能重建, 2022, 17(8): 478-481.
- [6] 陈怡婷, 王倩, 崔慎红, 等. 双侧序贯重复经颅磁刺激干预脑卒中患者上肢运动功能的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2023, 29(8): 926-932.
- [7] 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. 中国脑血管疾病分类 2015 [J]. 中华神经科杂志, 2017, 50(3): 168-171.
- [8] 秦茵, 刘阅, 郭小平, 等. 高低频重复经颅磁刺激治疗卒中后上肢痉挛的对照研究[J]. 中国卒中杂志, 2018, 13(6): 550-555.
- [9] 郭铁成, 卫小梅, 陈小红. 改良 Ashworth 量表用于痉挛评定的信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(10): 906-909.
- [10] Hummel, F.C. and Cohen, L.G. (2006) Non-Invasive Brain Stimulation: A New Strategy to Improve Neurorehabilitation after Stroke? *The Lancet Neurology*, 5, 708-712. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(06\)70525-7](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(06)70525-7)
- [11] Málly, J. and Dinya, E. (2008) Recovery of Motor Disability and Spasticity in Post-Stroke after Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS). *Brain Research Bulletin*, 76, 388-395. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.11.019>
- [12] Etoh, S., Noma, T., Ikeda, K., Jonoshita, Y., Ogata, A., Matsumoto, S., *et al.* (2013) Effects of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Repetitive Facilitation Exercises of the Hemiplegic Hand in Chronic Stroke Patients. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 45, 843-847. <https://doi.org/10.2340/16501977-1175>
- [13] Li, S. (2017) Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke. *Frontiers in Neurology*, 8, Article 120. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00120>
- [14] Sasaki, N., Mizutani, S., Kakuda, W. and Abo, M. (2013) Comparison of the Effects of High- and Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Upper Limb Hemiparesis in the Early Phase of Stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 22, 413-418. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2011.10.004>
- [15] 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.
- [16] 孙丽春, 陈蓉. 经颅磁刺激结合蜡疗对脑卒中肢体痉挛患者的影响[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2020, 15(10): 1192-1194.