·论　著·

基于神经电生理技术评估重复经颅磁刺激改善卒中运动障碍的疗效

邵琳红，支建峰，徐文文，廖庆红，徐磊，何宇波，诸丹维

【摘要】**目的**　基于神经电生理技术评估重复经颅磁刺激（rTMS）改善卒中运动障碍的疗效。**方法**　本研究为前瞻性随机对照研究。收集 2022 年 1 月至 2025 年 6 月嘉善县第一人民医院收治的卒中后运动障碍患者 62 例，随机分为 rTMS 组与对照组，每组 31 例。两组均接受为期 4 周的常规康复治疗，在此基础上，两组采用不同模式的 rTMS 干预。治疗开始前及结束后评估两组以下指标：功能评估指标，包括 Fugl-Meyer 运动功能评定量表（FMA）总分、FMA 上肢部分（FMA-UE）及 FMA 下肢部分（FMA-LE）评分，改良 Ashworth 量表评分（MAS），改良 Barthel 指数（MBI）；神经电生理评估指标，包括腓总神经运动神经传导速度（MNCV）、正中神经感觉神经动作电位（SNAP）波幅、Hmax/Mmax 值及 F 波的出现率。**结果**　最终 60 例患者完成研究（每组 30 例）。治疗后，rTMS 组 FMA 总分、FMA-UE、MAS 及 MBI 评分改善程度均显著优于对照组（均 $P < 0.05$）。rTMS 组腓总神经 MNCV、正中神经 SNAP 波幅、Hmax/Mmax 比值及 F 波出现率均较治疗前显著改善（均 $P < 0.05$），且改善程度均显著优于对照组（均 $P < 0.05$）。rTMS 组 FMA 总分变化值与 F 波出现率变化值呈正相关（r=0.412，$P < 0.05$）。rTMS 组 2 例患者出现一过性轻微头痛。**结论**　在常规康复基础上联合 rTMS 可有效地改善卒中患者的运动功能、日常生活能力及肌张力，rTMS 的疗效机制可能同时涉及对皮层兴奋性的调控、对脊髓运动神经元兴奋性的抑制以及对运动传导通路近端功能的促进。

【关键词】　脑梗塞；重复经颅磁刺激；神经电生理；运动功能
DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2026.06.007
【中图分类号】　R743.34　【文献标志码】　A　　【文章编号】　1671-0800(2026)06-0611-05

Evaluation of the effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on stroke dyskinesia based on neurophysiological techniques

Shao Linhong, Zhi Jianfeng, Xu Wenwen, Liao Qinghong, Xu Lei, He Yubo, Zhu Danwei（The First People's Hospital of Jiashan,314100 Jiashan, Zhejiang,China）

【**Abstract**】**Objective**　To evaluate the efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in improving stroke dyskinesia based on neurophysiological techniques. **Methods**　This study was a prospective randomized controlled study. A total of 62 patients with post-stroke motor dysfunction admitted to the First People's Hospital of Jiashan from January 2022 to June 2025 were collected and randomly divided into rTMS group and control group, with 31 cases in each group. Both groups received conventional rehabilitation treatment for 4 weeks. On this basis, the two groups were intervened with different modes of rTMS. The following indexes were evaluated before and after treatment in the two groups: functional evaluation indexes, including Fugl Meyer motor function assessment (FMA) total score, FMA upper limb (FMA-UE) and FMA lower limb (FMA-LE) scores, modified Ashworth Scale score (MAS), and modified Barthel Index (MBI); Neurophysiological evaluation indexes, including common peroneal nerve motor nerve conduction velocity (MNCV), median nerve sensory nerve action potential (SNAP) amplitude, Hmax/mmax value and the occurrence rate of F wave. **Results**　60 patients completed the study (30 cases in each group). After treatment, the improvement of FMA total score, FMA-UE, MAS and MBI scores in rTMS group were significantly better than those in control group (all $P < 0.05$). The MNCV of common peroneal nerve, SNAP amplitude of median nerve, Hmax/mmax ratio and F wave occurrence rate in rTMS group were significantly improved compared with those before treatment (all $P < 0.05$), and the improvement degree was significantly better than that in control group (all $P < 0.05$). There was a positive correlation between the change of FMA total score and the change of F wave occurrence rate in rTMS group (r=0.412,

基金项目：　浙江省卫生健康科技计划项目（2022KY1272）；浙江省中医药科技计划项目（2026ZL0907）
作者单位：　314100 嘉善，嘉善县第一人民医院
通信作者：　支建峰，Email：15325353165@163.com

$P < 0.05$). Two patients in rTMS group had transient mild headache. **Conclusion**　rTMS combined with conventional rehabilitation can more effectively improve the motor function, activities of daily living and muscle tone of stroke patients. The mechanism of rTMS may involve the regulation of cortical excitability, the inhibition of spinal cord motor neuron excitability and the promotion of proximal motor conduction pathway function.

【key word】 Cerebral infarction; Repetitive transcranial magnetic stimulation; Neurophysiology; Motor function

[Modern Practical Medicine, 2026, 38(6): 611-615]

卒中后运动功能障碍是导致患者残疾和生活质量下降的主要原因，其中上肢精细活动障碍尤为突出[1]。重复经颅磁刺激（repetitive transcranial magnetic stimulation，rTMS）作为非侵入性脑调控技术，可通过调节皮层兴奋性与神经可塑性促进运动功能恢复，已成为卒中康复的重要手段[2]。目前 rTMS 疗效评估多依赖运动功能量表，这些量表易受评估者主观因素干扰，且对神经功能层面的微观变化敏感性不足。神经电生理技术可客观、定量评估从皮层到肌肉的整个运动传导通路功能，如运动神经传导速度（motor nerve conduction velocity，MNCV）等[3-4]。本研究拟基于神经电生理技术评估 rTMS 改善卒中运动障碍的疗效，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　样本选取　本研究为前瞻性随机对照研究。基于预实验（n=12）结果，干预 4 周后 rTMS 组与对照组 Fugl-Meyer 运动功能评定量表（Fugl-Meyer assessment，FMA）中的上肢部分（FMA-UE）评分差值为（7.40±11.50）分。设定正式研究预期效应量（*Cohen's d*）为 0.70，使用 PASS 15.0 软件，在 α=0.05（双侧）、检验效能（1−β）0.80 的条件下，计算得出每组最少需样本量 26 例，考虑 20%脱落率，最终确定每组纳入样本量 31 例，总计 62 例。

收集 2022 年 1 月至 2025 年 6 月嘉善县第一人民医院收治的卒中后运动障碍患者 62 例，纳入标准：（1）符合《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》[5] 中关于卒中的诊断标准，并经头颅 CT 或 MRI 影像学检查证实，首次发病的单侧大脑半球缺血性或出血性卒中患者，病灶位于大脑中动脉分布区域；（2）年龄 40 ～ 75 岁；（3）发病后病程为 2 周至 6 个月；（4）存在上肢运动功能障碍，FMA-UE 评分 15 ～ 50 分；（5）生命体征平稳，意识清楚，无严重认知障碍或失语，能够理解并配合完成康复评估与治疗；（6）发病前为右利手，以控制脑功能偏侧化这一混杂变量。排除标准：（1）短暂性脑缺血发作、腔隙性脑梗死或无症状性脑梗死者；（2）患侧肢体存在严重的关节挛缩、疼痛，或改良 Ashworth 痉挛分级＞ 2 级者；（3）合并严重的心、肝、肾功能不全，恶性肿瘤，或影响正常活动的骨关节疾病者；（4）存在颅内金属植入物、心脏起搏器等 rTMS 治疗禁忌证者；（5）正在使用可能显著影响神经系统兴奋性或运动功能的镇静剂、抗抑郁药、抗痉挛药物者，研究方案规定允许使用的药物除外；（6）既往有帕金森病、脊髓损伤、周围神经病变等其他重大神经系统疾病史者。本研究获得嘉善县第一人民医院伦理委员会批准（意见号：KY2021-036），所有研究对象均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

采用随机数字表法分为 rTMS 组和对照组，各 31 例。研究过程中，rTMS 组有 1 例因个人原因中途退出，对照组有 1 例因发生肺部感染退出研究。两组基线资料差异无统计学意义（P ＞ 0.05），见表 1。

1.2　方法　本研究所有患者均接受 4 周的标准常规康复治疗，5 次/周，共 20 次。在此基础上，两组采用不同模式的 rTMS 干预。所有干预措施均由同一名经过规范培训并持有相关证书的康复医师执行，治疗过程中密切观察是否出现并发症。

1.2.1　常规康复治疗　（1）运动疗法。40 min/次，包括良肢位摆放、关节活动度训练、床上活动、平衡训练、转移步行训练及上肢功能训练。（2）作业治疗。30 min/次，重点进行日常生活活动与上肢精细功能训练。（3）物理因子治疗。20 min/次，根据症状选用功能性电刺激、生物反馈、超声波或气压治疗。（4）其他支持。如标准化药物治疗、健康教育及必要时

表 1　两组患者基线资料比较（n=30）

项目	rTMS 组	对照组	t（χ^2）值	P 值
性别（男/女，例）	18/12	20/10	（0.28）	＞ 0.05
年龄（岁）	58.7±9.2	60.1±8.5	0.62	＞ 0.05
卒中类型（梗死/出血，例）	22/8	24/6	（0.37）	＞ 0.05
患侧（左/右，例）	17/13	15/15	（0.26）	＞ 0.05
病程（d）	45.60±20.30	48.90±22.10	0.59	＞ 0.05

注：rTMS 为重复经颅磁刺激

采用中医或高压氧辅助治疗。

1.2.2　rTMS 干预　(1)rTMS 组。采用武汉依瑞德 CCY-I 型经颅磁刺激仪，使用配套的“8”字形真刺激线圈。在治疗前测定每位患者的健侧半球静息运动阈值(resting motor threshold，RMT)：将线圈与头皮相切，对准健侧 M1 区，通过单脉冲 TMS 调整强度，在大鱼际肌记录到＞ 50 μV 运动诱发电位的最小强度即为 RMT，重复测定 5 次取均值。治疗时，线圈保持与头皮相切并对准 M1 区。刺激采用高低频组合模式，1.0 Hz 刺激 1 s 后，间隔 3 s，再给予 10.0 Hz 刺激 1 s，此为一个组合，连续重复 19 个组合。所有刺激强度均设置为该患者个体化 RMT 的 90%。每次治疗约 20 min，每周 5 次，持续 4 周。(2)对照组，与 rTMS 组相比，使用配套的“8”字形伪刺激线圈。线圈中心对准健侧 M1 区标记点后，将线圈平面旋转至与头皮垂直 90°角固定。设备采用与 rTMS 组完全相同的刺激参数程序运行，使患者感受到相似的声响与振动，但由于线圈垂直放置，有效磁场无法穿透颅骨，从而实现伪刺激。治疗时间、频次、疗程及操作者均与 rTMS 组一致。

1.3　观察指标　(1)功能评估指标。其中运动功能采用 FMA[6]评估，包括 FMA 总分、FMA-UE 及 FMA 下肢部分（FMA-LE）评分；肌张力采用改良 Ashworth 量表(modified ashworth scale，MAS)[7]进行评估；日常生活活动能力采用改良 Barthel 指数(modified barthel index，MBI)[8]进行评估。(2)神经电生理评估指标。所有检测均在恒温屏蔽室内完成，使用 Keypoint 六通道肌电/诱发电位仪，检测过程中确保患肢皮温＞ 32℃。①运动与感觉神经传导检测：检测患侧上肢正中神经与下肢腓总神经，记录腓总神经 MNCV，正中神经感觉神经动作电位（sensory nerve action potential，SNAP）波幅。②H 反射与 F 波检测：刺激胫神经，记录腓肠肌的 H 反射，计算 Hmax/Mmax 值。超强刺激正中神经，记录拇短展肌的 F 波，分析 F 波的出现率，评估运动传导通路近端功能及神经元的回返兴奋性。上述检测均在治疗开始前及结束后进行。

1.4　统计方法　数据采用 SPSS 26.0 软件分析，符合正态分布的计量资料以均数±标准差描述，采用 t 检验。分类变量以例数表示，采用 χ^2 检验。对于具有顺序属性的等级资料，以 $M(P_{25}, P_{75})$ 进行描述，采用 Mann-Whitney U 检验。相关性分析采用 *Pearson* 相关分析。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　功能评估指标　治疗前，两组 FMA 总分、FMA-UE、FMA-LE、MAS 及 MBI 差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)；治疗后，两组上述评分均较治疗前有显著改善(均 $P < 0.05$)，rTMS 组 FMA 总分、FMA-UE、MAS 及 MBI 评分改善程度均显著优于对照组（均 $P < 0.05$），FMA-LE 差异无统计学意义($P > 0.05$)，见表 2。

2.2　神经电生理指标比较　治疗前，两组腓总神经 MNCV、正中神经 SNAP 波幅 、Hmax/Mmax 比值及 F 波出现率差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$）；治疗后，rTMS 组上述 4 项指标较治疗前均显著改善（均 $P < 0.05$），且改善程度均显著优于对照组(均 $P < 0.05$)。对照组干预前后腓总神经 MNCV、正中神经 SNAP 波幅 、Hmax/Mmax 比值及 F 波出现率差异均无统计学意义($P > 0.05$)，见表 3。

2.3　相关性分析　FMA 治疗前后变化值(ΔFMA)与 F 波出现率治疗前后变化值（ΔF 波出现率）呈正相关(r=0.412，$P < 0.05$)。

2.4　安全性评价　治疗期间，rTMS 组有 2 例(6.67%)患者在 rTMS 治疗初期出现一过性轻微头痛，休息后自行缓解，未影响后续治疗。对照组无治疗相关不适主诉。两组均未发生癫痫、晕厥等严重不良事件。

3　讨论

rTMS 作为一种非侵入性脑调控技术，其通过调节大脑半球间抑制平衡与增强神经可塑性以促进运动功能恢复的潜力，已受到广泛关注[9-10]。既往研究虽已证实 rTMS 的临床潜力，但局限在于疗效评估主要依赖主观性较强的功能量表，难以客观、敏感地反映神经传导通路的细微变化。为此，本研究在验证 rTMS 临床疗效的同时，重点引入了多模态神经电生理技术，以客观评估其对从周围神经到脊髓运动传导通路的影响。

本研究结果显示，经过 4 周干预，rTMS 组患者上肢运动功能、整体运动功能、日常生活自理能力及肌张力的改善均显著优于对照组，这一发现与多数同类研究结论一致[11-12]，进一步证实了在常规康复基础上辅以 rTMS 是一种有效的优化策略。下肢运动功能改善在两组间差异无统计学意义（$P > 0.05$），

表 2　两组患者治疗前后功能评分比较

指标	组别	治疗前	治疗后	*t*[*Z*]值	*P* 值
FMA 总分（分）	rTMS 组	52.33±15.27	68.90±14.08	9.69	＜0.05
	对照组	50.87±14.95	58.43±15.61	4.27	＜0.05
	t 值	0.38	3.10		
	P 值	＞0.05	＜0.05		
FMA-UE（分）	rTMS 组	32.70±11.45	45.13±10.21	9.79	＜0.05
	对照组	31.23±10.88	37.47±11.32	4.87	＜0.05
	t 值	0.51	3.42		
	P 值	＞0.05	＜0.05		
FMA-LE（分）	rTMS 组	19.63±4.82	23.77±4.67	7.55	＜0.05
	对照组	19.64±5.11	20.97±5.03	2.27	＜0.05
	t 值	0.00	1.89		
	P 值	＞0.05	＞0.05		
MAS（%）	rTMS 组	2.00（1.00，3.00）	1.00（0.50，1.50）	[2.31]	＜0.05
	对照组	2.00（1.00，3.00）	1.50（1.00，2.50）	[2.05]	＜0.05
	Z 值	0.12	2.54		
	P 值	＞0.05	＜0.05		
MBI（分）	rTMS 组	45.17±12.36	62.40±13.51	11.41	＜0.05
	对照组	43.83±11.94	52.73±12.85	6.18	＜0.05
	t 值	0.43	3.25		
	P 值	＞0.05	＜0.05		

注：FMA 为 Fugl-Meyer 运动功能评定量表，MAS 为改良 Ashworth 量表，MBI 为改良 Barthel 指数

表 3　两组治疗前后神经电生理指标比较

指标	组别	治疗前	治疗后	*t*[*Z*]值	*P* 值
腓总神经 MNCV（m/s）	rTMS 组	41.23±4.56	44.87±4.12	7.17	＜0.05
	对照组	40.89±4.78	42.01±4.65	1.85	＞0.05
	t 值	0.28	2.89		
	P 值	＞0.05	＜0.05		
正中神经 SNAP 波幅（μV）	rTMS 组	15.34±5.21	18.76±4.93	5.82	＜0.05
	对照组	15.78±5.47	16.55±5.32	1.24	＞0.05
	t 值	0.32	2.44		
	P 值	＞0.05	＜0.05		
Hmax/Mmax 比值	rTMS 组	0.48±0.15	0.39±0.12	5.49	＜0.05
	对照组	0.50±0.16	0.47±0.15	1.67	＞0.05
	t 值	0.52	2.16		
	P 值	＞0.05	＜0.05		
F 波出现率（%）	rTMS 组	65.00（52.50，80.00）	78.00（68.00，88.00）	[2.27]	＜0.05
	对照组	68.00（55.00，82.50）	70.00（58.00，82.50）	[0.92]	＞0.05
	Z 值	0.35	2.26		
	P 值	＞0.05	＜0.05		

注：rTMS 为重复经颅磁刺激，MNCV 为运动神经传导速度，SNAP 为感觉神经动作电位

这可能与本研究所采用的rTMS刺激靶点为健侧M1区手部代表区，该区域主要作用于上肢功能网络有关，提示未来针对下肢功能障碍的干预可能需要探索不同的刺激靶点或参数[13]。

本研究采用单侧健侧初级运动区低频（1 Hz）与高频（10.0 Hz）组合模式，其设计兼具神经抑制与兴奋双重调控目标，旨在通过抑制健侧半球对患侧半球的过度跨胼胝体抑制，即“半球间抑制失衡”理论，同时激活健侧半球残存的未交叉皮质脊髓束投射，促进双侧运动网络的协同重塑[13-15]。因此本研究采用单侧健侧低频+高频组合模式具有初步的科学依据与临床探索价值。

神经电生理指标方面，rTMS组在治疗后表现为患侧腓总神经MNCV加快、正中神经SNAP波幅提高，提示rTMS干预可能对卒中后继发的周围神经功能状态具有积极影响。更重要的是，反映脊髓前

角运动神经元池兴奋性的Hmax/Mmax比值在rTMS组显著下降，且与肌张力临床评分的改善趋势相符；而反映运动传导通路近端兴奋性与完整性的F波出现率则显著提高。对照组在上述核心电生理指标上均未出现显著改变。这一系列电生理证据共同提示，rTMS 的疗效不仅源于对大脑皮层兴奋性的直接调控，还可能通过下行传导通路对脊髓节段运动神经元兴奋性产生抑制性调节，表现为H反射比值下降，并可能增强运动指令从中枢到周围传导的稳定性与效率，表现为 F 波出现率上升。

具体而言，Hmax/Mmax比值的下降反映了脊髓运动神经元池的兴奋性受到抑制，这与MAS评分的改善趋势高度一致，提示rTMS可能通过增强皮质脊髓束的下行抑制作用，减轻了脊髓水平的过度兴奋状态，从而缓解痉挛[16]。而 F 波出现率的提升则提示运动神经元对下行冲动的响应能力增强，反映了运动传导通路近端的兴奋性与同步性改善。进一步的相关性分析显示，ΔFMA 与ΔF 波出现率呈显著正相关（r=0.412，P < 0.05），支持“近端通路功能优化与运动恢复相关”的假说[17-18]；ΔFMA 与ΔHmax/Mmax 比值无明显相关性，可能与样本量相对有限及肌张力改善的个体异质性有关。尽管周围神经传导指标的改善有统计学意义，但其与功能恢复之间的关联尚不明确，可能与神经再生、肌肉激活模式改变等因素相关，未来需结合神经影像学或功能性电刺激等手段进一步探讨其机制。

本研究局限性主要包括样本量有限，可能影响统计效力；随访时间较短，未能评估长期疗效；仅使用一组 rTMS 参数，不同方案的差异有待比较；神经电生理评估仅在治疗前后进行，未能动态追踪变化。

综上所述，在常规康复治疗基础上联合应用针对健侧M1 区的rTMS，可有效地改善卒中恢复期患者的运动功能、日常生活能力及肌张力。神经电生理评估为此疗效提供了客观的生物学证据。rTMS的作用机制可能同时涉及对皮层兴奋性的调控、对脊髓运动神经元兴奋性的抑制，以及对运动传导通路近端功能的促进。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　邵琳红：酝酿和设计实验，实施研究，采集数据，分析/解释数据，起草文章，统计分析；支建峰、徐文文：对文章的知识性内容作批评性审阅，指导；廖庆红：对文章的知识性内容作批评性审阅，行政、技术或材料支持；徐磊、何宇波：实施研究，采集数据；诸丹维：实施研究，采集数据，分析/解释数据，统计分析。

参 考 文 献

[1] 栾伟,魏达,马超,等.侵入性迷走神经电刺激联合康复训练治疗缺血性卒中后上肢运动功能障碍的可行性、疗效与安全性研究[J].中国卒中杂志,2025,20(9):1097-1103.

[2] 王梁,朱冬燕,吉桧媛,等.重复经颅磁刺激联合分级运动想象疗法对脑卒中患者上肢运动功能的影响 [J]. 中国康复医学杂志,2025,40(4):614-618.

[3] 沈显山.局部振动在脑卒中偏瘫康复的应用及神经机制研究[D].合肥:安徽医科大学,2024.

[4] 吴俣. 偏瘫侧指部感觉刺激对脑卒中患者神经功能恢复及正中神经 F 波的影响[D].合肥:安徽医科大学,2023.

[5] 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.

[6] 陈瑞全, 吴建贤, 沈显山. 中文版 Fugl-Meyer 运动功能评定量表的最小临床意义变化值的研究[J].安徽医科大学学报,2015,50(4):519-521,522.

[7] Bohannon R W, Smith M B. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity[J]. Phys Ther, 1987, 67(2): 206-207.

[8] 黄杨,施加加,孙莹,等.改良 Barthel 指数在缺血性脑卒中评估的最小临床重要差值的研究[J].中国卫生统计,2022,39(2):215-217,221.

[9] 杨婷. 重复经颅磁刺激对脑卒中偏瘫上肢运动功能的影响及神经可塑性机制研究[D].上海:上海体育大学,2023.

[10] 韩茜茜.重复经颅磁刺激联合强制性运动疗法治疗脑卒中上肢运动功能障碍的研究[D].济南:山东中医药大学,2021.

[11] 梁天佳,龙耀斌,陆丽燕,等.本体感觉神经肌肉促进绳带训练联合重复经颅磁刺激对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的效果 [J]. 中国康复理论与实践,2023,29(3):262-268.

[12] 陶峰,王传杰,陈本梅,等.低频重复经颅磁刺激联合镜像疗法对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能及平衡能力的影响 [J]. 中国康复医学杂志,2022,37(5):611-615,622.

[13] 柯嘉洽,邹晓佩,王春燕,等.经颅直流电刺激和经颅磁刺激在脑卒中上肢运动功能恢复的应用进展 [J]. 中国神经精神疾病杂志,2021,47(1):50-55.

[14] 王璐,钟明华,高呈飞,等.基于双峰平衡恢复模型探究重复经颅磁刺激治疗脑卒中患者上肢运动功能障碍 [J]. 中华物理医学与康复杂志,2022,44(6):503-508.

[15] Chen S Y, Tsou M H, Chen K Y, et al. Impact of repetitive transcranial magnetic stimulation on cortical activity: A systematic review and meta-analysis utilizing functional near-infrared spectroscopy evaluation[J]. J NeuroEngineering Rehabil, 2024, 21(1): 108.

[16] 王培,李艳,吴玲俐.脑卒中患者 F 波、H 反射特征性变化[J].中国老年学杂志,2018,38(24):5919-5921.

[17] 郑娅.神经根磁刺激通过上行传导通路增强感觉运动皮层和脊髓损伤区的突触可塑性[D].上海:同济大学,2022.

[18] 何琳,陈意,谭惠心,等.基于中枢传导通路与姿势控制理论的神经调控诊疗技术的基本原理及临床应用 [J]. 神经病学与神经康复学杂志,2025,21(3):167-176.

收稿日期：2026-03-03

（本文编辑：钟美春）