

# 重复外周磁刺激联合康复训练应用于脑卒中患者足下垂的临床进展

翁雅伦

内蒙古医科大学 包头临床医学院, 内蒙古包头, 014000;

**摘要:** 足下垂作为最常见的脑卒中后下肢肢体功能障碍症状, 严重影响患者步态与运动功能, 降低患者生命质量。重复外周磁刺激疗法治疗脑卒中足下垂具有无创无痛, 患者依从性高等优势, 与常规康复训练联用能取得较好的疗效。本文就脑卒中足下垂及其治疗作一综述, 重点总结重复外周磁刺激疗法及康复训练在脑卒中足下垂患者中的作用机制及应用现状, 旨在为临床诊疗提供参考。

**关键词:** 重复外周磁刺激; 康复训练; 足下垂; 研究进展

DOI:10.69979/3029-2808.24.9.016

在社会经济、生活水平及饮食结构不断发展变化的今天, 人们在心脑血管意外危险因素中的暴露程度不断上升。脑卒中作为一种常见的急性脑血管疾病, 是全球第二大死因, 也是我国居民致死、致残的首因<sup>[1]</sup>。数据显示, 我国目前40岁以上人群中脑卒中患者数目接近1250万, 并以每年8.3%的速度增长<sup>[2]</sup>。而在不良生活习惯、工作生活压力、遗传、环境等多种因素的影响下, 脑卒中正呈年轻化趋势。脑卒中后最高有80%的患者可出现肢体运动障碍, 其中以足下垂最为常见, 占比达到25%左右, 将严重影响患者步态与运动功能, 降低患者生命质量。在针对足下垂的各种治疗方式中, 运动康复训练是最为常见、基础的治疗方式之一, 可增加神经可塑性, 促进患者神经功能重塑, 但其治疗周期长, 且疗效受患者治疗依从性等多种因素影响, 故在康复训练基础上采取进一步措施增强临床疗效, 缩短治疗周期十分重要。近年来, 磁刺激疗法在康复领域得到了广泛应用, 具备无痛无创、患者依从性高等多种优势, 其中重复性外周磁刺激 (Repetitive peripheral magnetic stimulation, rPMS) 在治疗脑卒中并发症方面已有较多证据支持。鉴于此, 本研究就 rPMS 与康复训练在脑卒中足下垂治疗方面的研究进行综述, 旨在整合研究现状, 明确研究进展, 为临床实践提供理论指导。

## 1 脑卒中后足下垂机制

足下垂是脑卒中后遗症中最常见的下肢肢体功能障碍症状, 主要表现为患侧明显踝关节角度异常的步态, 其发生机制主要与中枢神经损伤、肌群麻痹痉挛、制动废用等因素有关。

### 1.1 中枢神经与肌肉功能损伤

脑卒中后大脑皮层、脑干、脊髓等中枢神经系统区

域受到不可逆损伤, 神经传导路径受损, 造成上位神经元对脊髓下运动神经元的调控作用减弱甚至丧失, 引发脊髓反射活动亢进, 增强牵张反射作用, 从而导致小腿后肌群等肌肉组织张力增高与痉挛<sup>[3]</sup>。当脑卒中进展后, 患者胫骨前肌与腓骨肌等前、外侧肌群处于麻痹状态, 导致踝关节背伸受阻, 而同时腓肠肌、比目鱼肌等后侧肌群痉挛收缩, 导致足尖下垂<sup>[4]</sup>。此外, 还有研究表明当中枢神经损伤发生后, 大脑将尝试代偿性重塑神经网络或适应性改变, 但当此种重塑不完全或不正确时, 将进一步导致患者运动模式异常, 加重足下垂症状<sup>[5]</sup>。

### 1.2 生物力学因素

脑卒中患者长期卧床制动, 引发肌肉肌腱组织类型改变、水分丧失、胶原沉积等, 造成患者肌肉组织僵硬萎缩, 关节活动度进一步下降<sup>[6]</sup>。

## 2 康复治疗方法概述

除磁刺激疗法与常规运动康复训练外, 针对脑卒中足下垂患者的治疗还从药物治疗、电刺激疗法、矫形器应用及中医针灸等层面展开。西医药物治疗主要通过注射肉毒毒素来抑制乙酰胆碱释放, 阻断异常的神经反射活动<sup>[7]</sup>; 电刺激疗法是通过脉冲电流刺激神经元, 诱发该神经元主导的自主运动, 并强化机体对于自主运动的记忆来改善患者运动功能<sup>[8]</sup>; 矫正器佩戴相对简单易行, 可改变异常生物力线, 直接缓解临床症状; 中医针灸则主要通过针刺足三里、太溪、三阴交、阳陵泉等穴位, 或加用电针、艾灸来缓解下肢痿痹<sup>[9]</sup>。以上方法均有较多研究证据证实具有可行性, 可改善患者运动功能障碍, 但在治疗依从性、治疗周期、造成患者疼痛不适等方面均存在一定的局限性, 还需进一步探索行之有效的、易于患者接受的治疗方法。

### 3 rPMS 与康复训练应用于脑卒中后足下垂

#### 3.1 康复训练作用机制

目前常用的康复训练技术包括 Bobath、PNF、Rood 及 Brunnstrom 等。Bobath 的核心在于抑制异常运动模式, 引导进行正常运动。强调对于“关键点”(肩部、骨盆及膝关节)的控制, 为下肢正常运动创造良好的基础。此外, 设计反射抑制模式及合适的体位摆放抑制下肢痉挛, 诱发平衡反应, 患者从主动进行小范围的正常运动过渡到进行日常生活动作, 从而达到康复的目的<sup>[10]</sup>。PNF 也称为本体感觉神经肌肉促进疗法, 其是通过采用对抗性收缩、斜向抑制等手法来刺激肌肉收缩放松, 并重塑受损的神经系统, 建立合适的运动模式, 主要强调的是整体运动及对于感觉信息刺激的利用<sup>[11]</sup>。Rood 技术同样强调感觉刺激, 通过利触、视、听、嗅等多种感觉来刺激调控神经通路的兴奋度, 加强与中枢神经系统的联系。相较于 PNF, Rood 疗法更注重对于特定肌群或肌肉的激活<sup>[12]</sup>。Brunnstrom 则是基于脑卒中后 6 个阶段来进行的, 强调对于不同复杂程度的分级运动模式的利用。在早期通过利用各种方法引出肢体的联合反应及共同运动, 或下肢极少的随意运动, 逐渐向下肢关节共同屈曲、增加关节屈曲角度、单腿膝关节/髌关节控制、踝背屈等更精细、对协调性要求更高的动作过渡<sup>[13]</sup>。上述方法的共同机制都在于通过运动康复训练刺激患者肌肉功能恢复, 重塑受损神经环路。

#### 3.2 rPMS 作用机制

脑卒中患者神经损伤发生后的一定周期内, 大脑存在一定的神经可塑性, 运动功能障碍仍有一定程度上恢复的可能, 此时可通过药物或脑刺激技术对大脑可塑性进行调控。rPMS 技术是基于法拉第电磁感应原理, 将高强度脉冲磁场作用于肌肉或神经形成电压差, 于作用部位产生感应电流, 刺激神经元膜电位, 诱导本体感觉输入神经系统。有研究通过 MRI 观察 rPMS 对大脑皮层的调节效应, 结果显示, 在 rPMS 持续刺激手臂局部肌肉后其皮质兴奋性有明显提高, 并能在短期内维持兴奋状态<sup>[14]</sup>。另有研究采用 rPMS 持续刺激了脑卒中偏瘫患者的胫骨前肌, 也观察到了 rPMS 通过刺激目标肌肉周围感觉神经, 对中枢神经系统有兴奋作用<sup>[15]</sup>。有研究认为感觉缺陷是肌肉痉挛产生的危险因素, 因此患者在接受大量本体感觉输入后, 中枢神经系统兴奋性增加, 可在一定程度上增强患者肢体感觉功能, 对于足下垂患者而言将改善其步态及步行能力<sup>[16]</sup>。值得一提的是, 在三类感觉信号中, 除本体感觉以外的位于皮肤表面的浅感觉及复合感觉的募集将干扰感觉运动皮质的激活, 甚至对初级运动皮质的活动产生抑制作用。而 rPMS 几乎能够避

免激活机体浅表部位的感受器, 单纯产生本体感觉信号, 从而在更大程度上改善运动障碍<sup>[17]</sup>。rPMS 对于脑卒中足下垂患者脊髓反射的调节是另一项重要的作用机制。上文提到, 脊髓反射亢进,  $\alpha$  神经元过度兴奋是导致患者小腿后侧肌群痉挛的重要原因。rPMS 通过增加本体感觉输入, 反馈性调节脊髓反射, 抑制其兴奋度, 从而缓解肌肉痉挛状态, 改善足下垂症状<sup>[18]</sup>。另外, rPMS 通过对局部组织的磁刺激作用, 可改善肌肉组织密度, 改善局部循环灌注, 从而增加肌肉功能, 且不同于电刺激疗法, 磁刺激在诱导肌肉收缩时不适感更轻, 作用范围更深。rPMS 对外周神经进行刺激时, 将诱导肌肉收缩, 从而间接激活机械感受器, 改善肌群张力<sup>[19]</sup>。

#### 3.3 rPMS 与康复训练的临床应用

康复训练目前已较少单纯使用, 多作为基础疗法与 rPMS 等疗法联合应用。而 rPMS 目前在临床中的应用主要集中在脑卒中后上肢运动功能障碍的治疗中, 多数研究表明其可显著改善患者上肢肩、肘、腕屈肌痉挛状态, 并且对于症状越严重的患者疗效越好。对于足下垂等下肢运动功能障碍的患者而言, 改善踝跖屈肌的痉挛状态是恢复患者正常步态的关键之一<sup>[20]</sup>。Zschorlich<sup>[21]</sup>的研究表明, 在对 19 名脑卒中后下肢痉挛的患者进行 5 Hz、750 次的 rPMS 后, 患者的比目鱼肌反射活性有明显降低, 肌肉僵硬有显著改善, Zschorlich 认为, 对胫神经的 rPMS 刺激抑制了  $\gamma$  运动调节回路, 降低了肌梭敏感性。李树强等<sup>[22]</sup>在 18 例脑卒中足内翻患者的治疗中应用了 rPMS, 结果显示, 与单纯采用康复训练(良肢位摆放、运动疗法、Bobath 神经生理疗法)的患者相比, 采用 rPMS 的患者主动足背屈角度及外翻角度改善更为显著; 宋鹏飞等<sup>[23]</sup>在脑卒中踝跖屈肌痉挛患者的运动疗法基础上(良肢位摆放、Bobath、下肢被动活动、核心肌群控制训练等)联用了 rPMS, 并进行了表面肌电图监测, 结果显示, 联合治疗的患者除下肢功能评分(Fugl-Meyer)、踝跖屈肌张力评分(CSS)及功能性步行量表评分(FAC)有更为显著的改善外, 其踝背伸最大等长收缩时的胫前肌积分肌电值明显更高( $52.25 \pm 6.97 \mu V \cdot s$  vs  $47.01 \pm 9.02 \mu V \cdot s$ ), 差异均有统计学意义( $P$  均  $< 0.05$ )。

#### 4 小结

rPMS 疗法可通过皮质激活、脊髓反射抑制及局部组织刺激三个层面来改善脑卒中足下垂患者运动功能障碍, 尤其对于下肢肌肉痉挛的改善较为显著, 配合 Bobath 等常规康复训练疗法可进一步提高临床疗效, 改善下肢肌肉功能。但目前 rPMS 的参数设置未能统一, 还需进一步进行研究以明确和优化对于各种情况的脑卒

中足下垂患者的 rPMS 治疗方案,并统一疗效评估方式,增加客观评价指标。

### 参考文献

- [1]AHA 发布 2024 心脏病与脑卒中统计报告[J]. 中国循证心血管医学杂志,2024,16(02):184.
- [2]张帆,刘晓丽,赵晶晶,等. 河北省死因监测点居民 2014—2020 年脑卒中早死所致寿命年损失及变化趋势分析[J]. 中国公共卫生,2024,40(2):206-210.
- [3]Suputtitada A, Chatromyen S, Chen C P C, et al. Best Practice Guidelines for the Management of Patients with Post-Stroke Spasticity: A Modified Scoring Review[J]. Toxins, 2024, 16(2): 98.
- [4]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(05):559-563.
- [5]李欣然,李瑞青. 神经肌肉电刺激在脑卒中后运动障碍中的研究进展[J]. 中山大学学报(医学科学版),2024,45(2):180-189.
- [6]朱宗俊,杨文明,陈瑞全,等. 穴位注射鼠神经生长因子对脑卒中后足下垂内翻病人步行功能的影响[J]. 中西医结合心脑血管病杂志,2019,17(8):1145-1147.
- [7]崔延超,吴琼,何娟. A 型肉毒素联合针灸对脑卒中后痉挛性足下垂的疗效及对患者 ADL 评分的影响[J]. 中国中医急症,2019,28(6):1053-1055.
- [8]张微微,顾玉玲,陈文雅,等. 功能性电刺激联合针刺肌筋膜疼痛触发点治疗脑卒中后痉挛型足下垂的临床研究[J]. 卒中与神经疾病,2022,29(3):240-243.
- [9]卢燕,童心,杨春花,等. 针刺联合肌电生物反馈疗法治疗脑卒中偏瘫患者足下垂的临床研究[J]. 中国康复,2023,38(2):73-77.
- [10]Kuciel M, Rutkowski S, Szary P, et al. Effect of pnf and ndt bobath concepts in improving trunk motor control in ischemic stroke patients - a randomized pilot study[J]. Medical Rehabilitation, 2021, 25: 4-8.
- [11]卢燕,童心,杨春花,等. 针刺联合肌电生物反馈疗法治疗脑卒中偏瘫患者足下垂的临床研究[J]. 中国康复,2023,38(2):73-77.
- [12]沈娟. 穴位肌电生物反馈联合 rood 技术对脑卒中后足下垂患者平衡功能的影响[J]. 按摩与康复医学,2020,11(10):29-31.
- [13]GÜZEL Ş, KARACA U MAY E, ÖZTÜRK E A, et al. The Efficiency of Functional Electrical Stimulation and Balance-Weighted Rehabilitation Therapy in Stroke Patients with Foot-Drop: A Pilot Study[J]. Journal of Physical Medicine & Rehabilitation Sciences, 2022, 25(1).
- [14]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.
- [15]Sun T T, Zhu G Y, Zheng Y, et al. Effects of paired associative magnetic stimulation between nerve root and cortex on motor function of lower limbs after spinal cord injury: study protocol for a randomized controlled trial[J]. Neural Regeneration Research, 2022, 17(11): 2459-2464.
- [16]党永生. 本体感觉神经肌肉促进技术联合阴阳平衡透刺法治疗脑卒中后上肢痉挛性偏瘫患者的效果及其对上肢运动功能、肌肉积分肌电值的影响[J]. 中医临床研究,2022,14(16):45-48.
- [17]曲径直,申晓亮,董美燕,等. 重复外周磁刺激对前交叉韧带损伤术后患者本体感觉和平衡功能的影响[J]. 实用骨科杂志,2024,30(01):75-79.
- [18]王超,牛德旺,吴文波. 重复外周磁刺激联合康复训练对脑卒中患者上下肢痉挛、运动功能的影响[J]. 医学理论与实践,2021,34(12):2152-2153.
- [19]文锦,陈南萍. 低频 rTMS 结合外周磁刺激对脑梗死患者下肢功能障碍影响临床研究[J]. 实用中西医结合临床,2022,22(2):36-39.
- [20]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.
- [21]李树强,崔永刚,张婷,等. 高频外周磁刺激治疗 36 例脑卒中患者足内翻的疗效观察[J]. 医药论坛杂志,2019,40(6):50-52+56.
- [22]Zschorlich V R, Hillebrecht M, Tanjour T, et al. Repetitive peripheral magnetic nerve stimulation (rPMS) as adjuvant therapy reduces skeletal muscle reflex activity[J]. Frontiers in neurology, 2019, 10: 930.
- [23]宋鹏飞,马明,蔡倩,等. 重复性外周磁刺激联合运动疗法对脑卒中患者踝跖屈肌痉挛的影响. 中华物理医学与康复杂志,2017,39(11):823-826.