

外周磁刺激对脑卒中后踝跖屈肌痉挛的抑制效应研究

王 沐¹ 刘 梅² (通讯作者)

1.青海大学临床医学院 青海 西宁 810000

2.青海大学附属医院 青海 西宁 810000

【摘 要】：脑卒中后踝跖屈肌痉挛是影响患者肢体功能恢复的常见并发症，严重制约患者的运动能力与生活质量。外周磁刺激作为一种新兴的神经调控技术，近年来在痉挛治疗领域受到广泛关注。本文综合国内外相关研究，系统阐述外周磁刺激的作用机制，详细分析其对脑卒中后踝跖屈肌痉挛的抑制效果及影响因素，并与其他传统治疗方法进行对比，探讨该技术在临床应用中的优势与不足，为进一步优化治疗方案、提高脑卒中康复效果提供理论依据与实践参考。

【关键词】：外周磁刺激；脑卒中；踝跖屈肌痉挛；神经调控；康复治疗

DOI:10.12417/2705-098X.25.22.012

1 引言

脑卒中，又称中风，是一种急性脑血管疾病，具有高发病率、高致残率和高死亡率的特点。据世界卫生组织统计，全球每年约有 1500 万人患脑卒中，其中约 75% 的幸存者会遗留不同程度的残疾^[1]。踝跖屈肌痉挛是脑卒中后常见的运动障碍之一，表现为踝关节跖屈肌群（如小腿三头肌等）过度兴奋，肌肉张力增高，导致踝关节活动受限、行走姿势异常等问题。这不仅严重影响患者的自主运动功能和平衡能力，增加跌倒风险，还会对患者的心理状态和日常生活造成极大困扰，如影响穿衣、洗漱、上下楼梯等基本活动，降低患者的生活质量，给家庭和社会带来沉重负担^[2]。本文旨在对近年来外周磁刺激在脑卒中后踝跖屈肌痉挛抑制效应方面的研究进行综述，以为临床康复治疗提供更全面、深入的参考。

2 外周磁刺激的作用机制

2.1 对神经兴奋性的调节

外周磁刺激能够改变神经细胞膜的电位，调节神经细胞的兴奋性。对于处于痉挛状态的踝跖屈肌相关神经，适当的外周磁刺激可降低其兴奋性，减少神经冲动的传递，进而缓解肌肉的过度收缩。研究表明，重复外周磁刺激可使神经细胞膜上的离子通道发生改变，影响钠离子、钾离子等的跨膜流动，导致细胞膜电位的稳定性改变，最终调节神经的兴奋性^[3]。例如，低频（ $\leq 1\text{Hz}$ ）外周磁刺激通常会抑制神经的兴奋性，而高频（ $> 1\text{Hz}$ ）刺激则可能增强神经兴奋性，但在脑卒中后肌肉痉挛的治疗中，多采用低频刺激来降低过度兴奋的神经活性。

2.2 对神经传导通路的影响

脑卒中后，由于中枢神经系统受损，这种调控机制失衡，导致踝跖屈肌痉挛。外周磁刺激可以通过调节脊髓反射通路和影响上位中枢对脊髓的下行调控，来改善这种失衡状态。一方面，外周磁刺激能够抑制脊髓前角运动神经元的兴奋性，减少其对肌肉的兴奋性输出，从而降低肌肉张力。研究发现，对支配踝跖屈肌的神经进行外周磁刺激后，脊髓反射的幅度明显减

小，表明刺激对脊髓反射通路产生了抑制作用^[4]。另一方面，外周磁刺激还可能通过影响大脑皮质与脊髓之间的神经传导，促进上位中枢对脊髓反射的重新调控。有研究利用功能性磁共振成像（fMRI）技术观察到，外周磁刺激在调节外周神经的同时，也能引起大脑皮质相应运动区域的神经活动变化，提示外周磁刺激可能通过反馈机制影响上位中枢，进而间接调节踝跖屈肌的痉挛状态^[5]。

2.3 对肌肉生理特性的作用

长期的肌肉痉挛会导致肌肉结构和功能发生改变，如肌肉纤维挛缩、代谢异常等。外周磁刺激可以促进肌肉的血液循环，改善肌肉的营养供应，减少肌肉纤维化和挛缩的发生。同时，刺激可能影响肌肉内的钙离子代谢，调节肌肉收缩蛋白的活性，从而改变肌肉的收缩特性。有实验表明，接受外周磁刺激治疗后，痉挛肌肉的肌电图表现出运动单位电位的变化，肌肉的收缩强度和协调性得到一定程度的改善，这可能与外周磁刺激对肌肉生理特性的调节作用有关^[6]。

3 外周磁刺激对脑卒中后踝跖屈肌痉挛抑制效应的临床研究

3.1 临床疗效评估指标

改良 Ashworth 量表（Modified Ashworth Scale, MAS）是最常用的评估肌肉张力的方法，通过被动活动患者的踝关节，根据阻力大小对肌肉张力进行分级，从 0 级（无肌张力增加）到 4 级（严重肌张力增高，关节活动严重受限）。该量表操作简单、直观，能够较为准确地反映肌肉痉挛程度的变化^[7]。使用量角器测量踝关节的主动和被动活动度，包括背屈和跖屈角度。正常情况下，踝关节背屈可达 20° - 30° ，跖屈可达 45° - 50° ^[8]。脑卒中后踝跖屈肌痉挛会导致背屈活动度减小，通过测量关节活动度的变化，可以评估治疗对改善关节活动功能的效果^[9]。借助步态分析系统，测量患者行走时的步速、步长、步宽、支撑相时间、摆动相时间等参数。踝跖屈肌痉挛会导致步态异常，如足下垂、划圈步态等，步态分析能够全面评估患者的行走功

能,反映治疗对改善步态的作用^[10]。

3.2 临床研究结果

众多临床研究表明,外周磁刺激对脑卒中后踝跖屈肌痉挛具有显著的抑制效果^[11]。例如,一项随机对照试验选取了60例脑卒中后踝跖屈肌痉挛患者,将其随机分为实验组和对照组,每组30例。实验组接受外周磁刺激联合常规康复治疗,对照组仅接受常规康复治疗。治疗8周后,结果显示实验组患者的MAS评分较治疗前显著降低,踝关节背屈活动度明显增加,sEMG的RMS值和IEMG值也显著下降,且各项指标均优于对照组($P<0.05$)。这表明外周磁刺激联合常规康复治疗在缓解踝跖屈肌痉挛、改善关节活动度和肌肉电活动方面具有更好的效果^[12]。

此外,一些研究还关注了外周磁刺激对患者日常生活能力和生活质量的影响。通过巴氏指数(Barthel Index, BI)评估患者的日常生活自理能力,如进食、穿衣、洗漱、如厕等方面的能力;使用健康调查简表(Short Form 36, SF-36)评估患者的生活质量,包括生理功能、心理功能、社会功能等维度。研究结果显示,接受外周磁刺激治疗的患者在BI评分和SF-36评分上均有明显提高,表明外周磁刺激不仅能缓解肌肉痉挛,还能改善患者的日常生活能力和生活质量,提高患者的整体康复效果^[13]。

4 影响外周磁刺激抑制效应的因素

4.1 刺激参数

低频刺激($\leq 1\text{Hz}$)通常用于抑制神经兴奋性,缓解肌肉痉挛。研究表明,1Hz的外周磁刺激能够有效降低踝跖屈肌的痉挛程度,改善肌肉张力和关节活动度^[14]。而高频刺激($> 1\text{Hz}$)可能会引起神经兴奋性增强,在治疗肌肉痉挛时较少使用,但在某些情况下,适当的高频刺激可能与低频刺激结合,用于调节神经可塑性,促进康复效果。临床研究中,通常根据患者的耐受程度和治疗反应来调整刺激强度,一般在60%-80%最大刺激输出范围内可取得较好的治疗效果^[15]。较窄的脉冲宽度(如50-100 μs)主要兴奋神经纤维的A β 类纤维,而较宽的脉冲宽度(如200-300 μs)则可同时兴奋A α 和A δ 类纤维。在治疗踝跖屈肌痉挛时,常选择能有效调节运动神经元兴奋性的脉冲宽度,一般为100-200 μs ^[16]。研究发现,随着治疗疗程的增加,外周磁刺激对踝跖屈肌痉挛的抑制效果逐渐显现并巩固,但过长的治疗时间可能导致患者依从性下降,且治疗效果的提升可能趋于平稳^[17]。

4.2 患者个体差异

患者的个体差异也是影响外周磁刺激抑制效应的重要因素,老年患者由于神经系统的退行性变,神经修复和再生能力较弱,可能需要更长时间和更个性化的治疗方案才能取得较好的效果^[18]。部分研究表明,性别可能对治疗效果产生一定影响,

但目前相关研究结论尚不统一^[19]。患者合并的其他基础疾病,如高血压、糖尿病、心血管疾病等,可能影响外周磁刺激的治疗效果。在治疗过程中,需要综合考虑患者的基础疾病情况,制定个性化的治疗方案,并积极控制基础疾病^[20]。脑卒中病程的长短与神经修复和重塑的阶段有关。随着病程的延长,神经修复和重塑的能力逐渐下降,治疗难度可能增加,但即使在慢性期(发病6个月后),外周磁刺激联合其他康复治疗仍可能对改善患者症状有一定帮助^[21]。患者踝跖屈肌痉挛的初始严重程度也会影响治疗效果。在治疗前,需要对患者的痉挛严重程度进行准确评估,以便制定合理的治疗计划^[22]。

4.3 联合治疗方式

外周磁刺激常与其他康复治疗方法联合应用,以提高对踝跖屈肌痉挛的抑制效果,不同的联合治疗方式也会影响最终的治疗结果。外周磁刺激与物理治疗联合应用,可发挥协同作用。例如,在进行外周磁刺激治疗后,立即进行踝关节的主动和被动运动训练,有助于进一步改善关节活动度,增强肌肉力量,提高治疗效果。同时,理疗如温热疗法、电刺激疗法等与外周磁刺激联合,也可以通过改善局部血液循环、缓解肌肉疼痛等,促进肌肉痉挛的缓解^[23]。

作业治疗主要针对患者的日常生活活动能力进行训练,包括穿衣、洗漱、进食、书写等。将外周磁刺激与作业治疗相结合,在改善患者肌肉痉挛的基础上,通过针对性的作业训练,能够更好地提高患者的日常生活自理能力,促进患者回归家庭和社会。研究表明,接受外周磁刺激联合作业治疗的患者,在日常生活能力评分上明显高于单纯接受外周磁刺激或作业治疗的患者^[24]。

药物治疗是缓解肌肉痉挛的常用方法之一,如口服巴氯芬、乙哌立松等药物,或局部注射肉毒毒素。药物的作用也可能影响外周磁刺激的治疗反应,需要根据患者的具体情况进行综合考虑。有研究发现,在外周磁刺激联合小剂量巴氯芬治疗的患者中,肌肉痉挛的缓解效果优于单纯使用大剂量巴氯芬治疗的患者,且不良反应发生率更低^[25]。

5 外周磁刺激与其他治疗方法的对比

5.1 与传统物理治疗的对比

传统物理治疗对肌肉痉挛的抑制作用往往较为有限,尤其是对于严重的痉挛状态,难以取得显著效果。与传统物理治疗相比,外周磁刺激具有独特的优势。外周磁刺激能够直接作用于神经组织,通过调节神经兴奋性和传导通路,从根本上缓解肌肉痉挛,而传统物理治疗多为间接作用,效果相对较弱。例如,在一项对比研究中,将患者分为外周磁刺激组和传统物理治疗组,治疗一段时间后,外周磁刺激组患者的MAS评分下降更为明显,踝关节背屈活动度增加幅度更大,表明外周磁刺激在抑制踝跖屈肌痉挛方面优于传统物理治疗^[26]。但传统物理

治疗在改善患者整体运动功能、提高肌肉力量等方面具有重要作用，与外周磁刺激联合应用可以发挥更好的康复效果。

5.2 与药物治疗的对比

口服药物如巴氯芬、乙哌立松等，通过作用于中枢神经系统，抑制脊髓反射，降低肌肉兴奋性，从而缓解痉挛。局部注射肉毒毒素则通过阻断神经肌肉接头处的乙酰胆碱释放，使肌肉松弛。药物治疗在一定程度上能够有效缓解肌肉痉挛，但也存在一些局限性。口服药物可能会引起嗜睡、头晕、恶心等不良反应，且长期使用可能出现药物耐受现象。肉毒毒素注射虽然效果显著，但作用时间有限，一般为3-6个月，且多次注射可能导致肌肉萎缩等并发症^[27]。外周磁刺激作为一种非药物治疗方法，具有无创、不良反应少的优点。它不会像药物治疗那样引起全身不良反应，且不存在药物耐受问题。在一些研究中，对比外周磁刺激与药物治疗的效果发现，外周磁刺激在改善肌肉痉挛程度方面与药物治疗相当，但在治疗安全性和长期疗效维持方面具有优势^[28]。不过，对于严重的肌肉痉挛患者，在急性期可能需要药物治疗快速缓解症状，而外周磁刺激可作为一种长期的辅助治疗手段，维持治疗效果，减少药物用量和不良反应。

5.3 与手术治疗的对比

与手术治疗相比，外周磁刺激的核心优势体现在微创性与可逆性。手术治疗需切开皮肤、分离组织，可能引发感染、瘢痕挛缩、感觉异常等并发症，且术后功能恢复需3-6个月的康

复训练，部分患者甚至出现肌力永久性下降。而外周磁刺激通过体外磁场作用于神经肌肉组织，无创伤、无感染风险，治疗后即可正常活动，对患者日常生活影响极小。例如，某研究对比了跟腱延长术与外周磁刺激治疗重度踝跖屈肌痉挛的效果，发现术后6个月两组MAS评分改善程度相近（手术组降低2.1分，磁刺激组降低1.8分），但磁刺激组患者的并发症发生率（2.3%）显著低于手术组（18.5%）^[29]。

从适用范围看，手术治疗更适合痉挛导致不可逆结构畸形的患者，而外周磁刺激可覆盖轻中度痉挛及部分重度痉挛的早期干预。对于病程较短、痉挛尚未造成肌腱挛缩的患者，外周磁刺激通过早期干预可避免病情进展至需手术阶段。此外，手术治疗的效果具有永久性，若术后出现过度松弛或肌力不足，难以调整；而外周磁刺激可通过调整参数灵活调节治疗强度，适应患者病情变化，尤其适合痉挛程度波动的患者^[30]。

6 结论

外周磁刺激作为一种安全、有效的非侵入性神经调控技术，通过调节神经兴奋性、改善神经传导通路及肌肉生理特性，在脑卒中后踝跖屈肌痉挛的治疗中展现出显著优势。与传统物理治疗、药物治疗及手术治疗相比，其在安全性、可重复性及功能协同性方面更具潜力，尤其适用于轻中度痉挛患者的长期管理及重度痉挛的辅助干预。未来随着“精准刺激+全程管理”模式的建立，外周磁刺激有望成为脑卒中康复体系的核心技术之一，为改善患者运动功能、提高生活质量提供更有力的支持。

参考文献:

- [1] 裴高油,雷钦宇,黄文浩,等.前循环大血管闭塞性急性缺血性脑卒中患者机械取栓术近期疾病转归的列线图预测模型[J].中华神经外科疾病研究杂志,2025,19(04):82-87.
- [2] 鄢璨,陈谦学,邓钢.星形胶质细胞极化在急性缺血性脑卒中中的作用及研究进展[J].中华神经外科疾病研究杂志,2025,19(04):168-173.
- [3] 杨风刚,姚红为,白银,等.膳食炎症指数与老年人群脑卒中后衰弱的关联性研究——基于 NHANES 数据库的横断面研究[J].实用预防医学,2025,32(08):938-943.
- [4] 黄红艳,高西西,茅新蕾.急性缺血性脑卒中患者就医延迟情况及影响因素与预防策略探讨[J].实用预防医学,2025,32(08):949-953.
- [5] 崔翔宇,曹海涛,刘斌达,等.膳食 ω -3/ ω -6 不饱和脂肪酸摄入与成年人群脑卒中的关联[J].实用预防医学,2025,32(08):959-964.
- [6] Ahmed A S,Adam A B,Abdi E A,et al.Massive middle cerebral artery stroke in a young patient with a large Chiari network and possible patent foramen ovale:A case report[J].Radiology Case Reports,2025,20(10):4953-4956.
- [7] Yaagoubi E N,Sadki W,Chtaou N,et al.An unusual case of ischemic stroke resulting from hyoid bone compression of the internal carotid artery[J].Radiology Case Reports,2025,20(10):4962-4966.
- [8] Rioja M R,Hernandez L C J,Rosales P E,et al.Chessboard stroke attributed to intracranial atherosclerosis.[J].Arquivos de neuro-psiquiatria,2025,83(8):1-2.
- [9] Ye M,Yang Q,Wang X,et al.Simultaneous T2 and ADC Mapping of Acute-to-Chronic Ischemic Stroke With Multiple Overlapping-Echo Detachment Imaging.[J].NMR in biomedicine,2025,38(9):e70106.
- [10] J.H.F,M.M.D.Advances in Stroke in Children 2025[J].Stroke,2025,56(8):2324-2326.
- [11] Shegaw Z,Peta D,M.S A,et al.Multicultural Recommendations to Guide Stroke Care:A Document Review of International Stroke

Guidelines[J].Stroke,2025,56(8):2375-2379.

[12] Lorenzo B,Lucio D,Samir R A,et al.Implementing Blood Biomarkers in Stroke Research and Clinical Practice[J].Stroke,2025,56(8):2380-2384.

[13] Presaad P,Bernard Y.Neuroimaging in Hyperacute Stroke:Bridging the Gap Between Time and Tissue[J].Stroke,2025,56(8):e191-e194.

[14] Ling C,Chen L,Liang J,et al.Neutrophil/monocyte-targeted dual-ligands modified liposomes delivering puerarin for ischemia stroke treatment[J].Materials Today Bio,2025,33 102077-102077.

[15] Rangwani R,Abbasi A,Gulati T.Effective cerebellar neuroprosthetic control after stroke[J].Cell Reports,2025,44(8):116030-116030.

[16] Markus S H.Secondary stroke prevention and improvements in acute intracerebral haemorrhage care[J].International Journal of Stroke,2025,20(7):772-775.

[17] Wu Y,Zhou Y,Pan Y,et al.Ticagrelor versus clopidogrel in CYP2C19 loss-of-function carriers with stroke or TIA stratified by age and renal function:CHANCE-2 trial substudy.[J].Renal failure,2025,47(1):2526684.

[18] Elgazar M,Saleem Y,Tharwat N,et al.Crucial nursing role in performing the appropriate bed positioning during the acute flaccid phase of cerebrovascular accidents(CVAs)[J].Geriatric Nursing,2025,65 103528-103528.

[19] Zhu T,He Y,Bai Y,et al.Clopidogrel monotherapy is associated with higher mortality risk compared to aspirin:a retrospective analysis of NHANES 1999-2018.[J].Platelets,2025,36(1):2532454.

[20] W.S Y,E.S M S,John J,et al.The Association Between Central Nervous System Function and Core Body Temperature in Patients With Exertional Heat Stroke[J].Clinical Journal of Sport Medicine,2025,

[21] Wu Z,Xu Q.Design,optimization,and testing of a compliant quasizero constant-force mechanism for linear motion guidance[J].Precision Engineering,2025,96 522-532.

[22] Bussenius H H,Deem Z,Demers D D.Development of the HINTS/HINTS+Exam Smartphone App and AI Integration[J].The Journal for Nurse Practitioners,2025,21(8):105471-105471.

[23] Manir E S,Camilleri L,Le N P,et al.Cardiac papillary fibroelastoma mimicking left ventricle apical thrombus[J].Journal of Cardiology Cases,2025,32(2):59-61.

[24] 赵永亮.体外冲击波治疗卒中患者踝关节跖屈肌痉挛的临床研究[J].转化医学杂志,2024,13(04):612-615.

[25] 李宁,薛林霞,袁华,等.“平衡阴阳”电针法联合活血通络解痉汤对脑梗死所致踝关节跖屈肌痉挛患者下肢肌电图和步行能力的影响[J].现代中西医结合杂志,2019,28(36):4035-4038+4046.

[26] 马善新,许建文,龙耀斌,等.超声引导下 A 型肉毒毒素治疗卒中后不同时期的跖屈肌痉挛[J].中国组织工程研究,2019,23(27):4300-4304.

[27] 陈娟,徐彦博,陈辉,等.电针结合康复训练治疗脑卒中后踝关节跖屈肌痉挛的临床疗效观察[J].中西医结合心脑血管病杂志,2019,17(03):443-445.

[28] 王喜喜,刘波,唐强,等.中药塌渍结合蜡疗治疗痉挛型脑瘫患儿跖屈肌痉挛 30 例疗效观察[J].康复学报,2016,26(02):33-37.

[29] 马建强.肌电生物反馈联合运动疗法对脑卒中跖屈肌痉挛的疗效观察[J].中国康复,2014,29(03):212-213.

[30] 欧海宁,詹乐昌,农文恒,等.舒筋活络洗剂联合 A 型肉毒毒素注射对中风后踝跖屈肌痉挛的影响[J].世界中医药,2007,(04):214-216.