

基于表面肌电评估电针联合康复训练治疗脑卒中后足下垂临床研究

王进 梁士锋* 袁堂坤

皖南医科大学附属康复医院、安徽省皖南康复医院（芜湖市第五人民医院）

DOI:10.32629/fcmr.v8i2.20922

[摘要] 目的: 探讨基于表面肌电信号评估电针联合康复训练治疗脑卒中后足下垂的临床效果。方法: 随机抽取安徽省皖南康复医院于2024年1月—2025年12月收治的60例脑卒中后足下垂患者为研究对象, 根据治疗方式分为对照组与观察组, 每组30例, 其中对照组实施常规康复治疗, 观察组在此基础上增加电针治疗。比较两组患者治疗前后表面肌电信号特征值、简式Fugl-Meyer下肢运动功能评分、踝关节主动关节活动度及治疗疗效。结果: 治疗后, 观察组的胫骨前肌IEMG及RMS、简式Fugl-Meyer下肢运动功能评分、踝关节主动关节活动度及治疗疗效均优于对照组($P<0.05$)且观察组总体有效率高于对照组的($P<0.05$)。结论: 电针联合常规康复训练治疗能够显著改善脑卒中后足下垂患者踝关节主动关节活动角度, 从而改善下肢运动功能, 促进步态恢复, 安全可靠, 值得推广应用。

[关键词] 表面肌电检测; 电针; 脑卒中后足下垂

中图分类号: R373.3+1 文献标识码: A

Clinical Study on Electroacupuncture Combined with Rehabilitation Training for Post-Stroke Foot Drop Based on Surface Electromyography Assessment

Jin Wang Shifeng Liang* Tangkun Yuan

Wannan Medical College Affiliated Rehabilitation Hospital, Anhui Wannan Rehabilitation Hospital (Wuhu Fifth People's Hospital)

[Abstract] Objective: To explore the clinical effect of electroacupuncture combined with rehabilitation training in the treatment of post-stroke foot drop based on surface electromyography (sEMG) assessment. Methods: Sixty patients with post-stroke foot drop admitted to our hospital from January 2024 to December 2025 were randomly selected and divided into a control group and an observation group, with 30 cases in each group. The control group received conventional rehabilitation treatment, while the observation group received additional electroacupuncture therapy. The sEMG characteristic values, simplified Fugl-Meyer lower-limb motor function scores, active ankle joint range of motion, and therapeutic efficacy were compared between the two groups before and after treatment. Results: After treatment, the IEMG and RMS of the tibialis anterior muscle, simplified Fugl-Meyer lower-limb motor function scores, active ankle joint range of motion, and overall treatment efficacy in the observation group were superior to those in the control group ($P < 0.05$). The total effective rate in the observation group was also higher than that in the control group ($P<0.05$). Conclusion: Electroacupuncture combined with conventional rehabilitation training can significantly improve the active ankle joint range of motion in patients with post-stroke foot drop, thereby enhancing lower-limb motor function, promoting gait recovery. The approach is safe and reliable, and worthy of clinical application.

[Key words] Surface electromyography; Electroacupuncture; Post-stroke foot drop

脑卒中(Cerebrovascular Accident, CVA)是由脑部血液循环障碍引发的神经功能缺损综合征, 常导致持续性运动功能障碍

碍^[1]。脑卒中高居我国成人致死致残病因首位, 且发病率持续攀升。足下垂作为其主要并发症之一, 由踝背屈肌群神经支配受损

所致,表现为步态异常、跌倒风险增高及生活独立性丧失,在脑卒中存活患者中发病率达20%-25%。传统康复手段虽广泛使用,但疗效评价多依赖主观量表,缺乏客观量化指标^[2]。电针联合康复训练通过神经刺激与功能训练协同作用,为改善足背屈功能提供新思路,然而其疗效评估亟待精准化工具体系。本研究基于表面肌电信号(surface electromyography, sEMG)检测技术,通过动态捕捉胫骨前肌等肌群的生物电活动特征,定量分析电针联合康复训练对脑卒中后足下垂患者的神经肌肉功能改善效果,旨在为临床康复提供客观循证依据。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料。本研究选取了安徽省皖南康复医院于2024年1月至2025年12月期间接收的60例脑卒中后足下垂患者作为研究对象,根据治疗的方式分为对照组与观察组,每组30例,其中对照组实施常规康复治疗,观察组在此基础上增加电针治疗。对照组年龄平均(58.4±7.4)岁,其中出血性脑卒中11例,缺血性脑卒中19例;观察组年龄平均(57.9±7.9)岁,其中出血性脑卒中12例,缺血性脑卒中18例。两组患者的一般资料比较差异无统计学差异(P>0.05)。

纳入标准:①西医诊断标准参照《2024年版中国脑血管病防治指南》,经头颅CT或MRI检查后确诊为首次发病的脑卒中(包括缺血性或出血性)患者,病情在发病后的2周至6个月内^[3]。中医诊断标准参照《中医病证诊断疗效标准》中有关中医中风病证的描述,符合“中风后足痿”或“中风后筋痹”诊断,辨证属气虚血瘀证或经筋病证;②存在明确的踝关节背屈功能障碍,表现为踝关节主动背屈肌力≤3级,或在下肢步行摆动期无法完成主动踝背屈。③意识清楚,生命体征平稳,能理解并配合研究评估与治疗。排除标准:①存在认知及精神障碍等不能配合评估及治疗者;②由其他非卒中原因(如周围神经损伤、腰椎疾病、骨科畸形等)导致的足下垂;③存在电针或表面肌电检测禁忌,如局部皮肤破损、感染、对电极贴片或金属针过敏,或有严重出血倾向。

1.2 方法。两组患者均给与脑卒中后常规治疗包括控制血压、血糖、减轻脑水肿、改善循环、营养神经、预防控制并发症。

对照组: 康复训练治疗,采用神经发育疗法(如Bobath、Brunnstrom、PNF等技术),针对偏瘫侧下肢进行综合治疗。具体操作包括:通过特定牵拉手法诱导踝关节背屈;有序按摩小腿外侧肌肉;快速刷擦小腿外侧皮肤以诱发反射性足背伸;按压第2至5跖趾关节背侧及趾伸肌腱,配合轻叩与快速牵张刺激,促进反射性背伸。治疗每次30分钟,每周5次,4周为1疗程,共3个疗程。

观察组:在对照组治疗基础上加用电针治疗,患者取仰卧位,于足三里、解溪、悬钟、丘墟穴常规消毒后,采用路亚山川牌0.30mm×40mm一次性针灸针常规进针,然后采用提插捻转手法得气后,将华佗牌SDZ-II型电针治疗仪,连接于“足三里-解溪”、“悬钟-丘墟”的针柄上,予疏密波刺激,频率10-20Hz,刺激量以患者足背产生屈曲动作并能耐受为度,每次30min,每天1次,每周5次,4周为1疗程,共3个疗程。

1.3 观察指标。(1)胫前肌表面肌电信号(sEMG)检测。使用

意大利BTSFREE-EMG300无线表面肌电仪系统采集患者胫骨前肌的表面肌电信号肌电积分值(integrated electromyography, IEMG)及均方根值(root mean square, RMS)。其中IEMG代表肌肉活动的总量/耐力;RMS代表肌肉收缩的瞬时强度/力量。记录胫骨前肌收缩的最大肌电信号3次,取其平均值。(2)简式Fugl-Meyer评定量表下肢运动功能评定。采用简式Fugl-Meyer运动功能评分表(FMA)评定患者患侧下肢运动功能,总分为0~34分,分值越高,表示下肢运动功能越好。(3)踝关节主动关节活动度(AROM)测量。患者取仰卧位,屈膝足踝中立,以腓骨纵轴与第5跖骨延长线交点为轴心进行测量,正常活动范围为0-20°。其AROM与踝背屈功能呈正相关。(4)疗效评定标准。显效:治疗后主动踝背屈角度提高4°以上;有效:治疗后主动踝背屈角度提高2°~4°;无效:治疗后主动踝背屈角度小于2°。治疗总有效率=(显效+有效)例数/总例数。

1.4 统计学方法。采用SPSS 27.0软件进行数据分析,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用t检验;计数资料以率表示,组间比较采用 χ^2 检验,P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 sEMG检测比较。治疗后,观察组胫骨前肌IEMG及RMS评分均高于对照组,差异有统计学意义(P<0.05),详见表1。

表1 两组患者sEMG检测比较($\mu V \cdot s, \bar{x} \pm s$)

组别	胫骨前肌 IEMG		胫骨前肌 RMS	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组(n=30)	190.86±29.06	649.37±61.34*	16.17±0.67	28.13±1.06*
观察组(n=30)	184.18±29.03	701.82±57.82*	16.38±0.64	32.38±1.13*
t	0.8661	-3.3224	-1.2044	-14.5993
P	0.3902	0.0016	0.2336	0.000

注:与治疗前比较,*P<0.05

2.2 FMA及AROM比较。治疗后,观察组FMA及AROM均高于对照组,差异有统计学意义(P<0.05),详见表2。

表2 两组患者FMA及AROM比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	FMA		AROM	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组(n=30)	10.87±2.40	20.08±2.95*	9.07±1.78	13.88±1.59*
观察组(n=30)	10.27±2.59	26.88±3.45*	9.21±1.85	16.94±1.77*
t	-0.282	-10.721	-0.3071	-7.0318
P	0.7788	0.000	0.7598	0.0000

注:与治疗前比较,*P<0.05

2.3 治疗总有效率比较。观察组治疗总有效率为90.00%,高于对照组的66.67%,差异有统计学意义(P<0.05),详见表3。

3 讨论

足下垂是脑卒中后常见的致残性并发症,其核心病理生理学机制涉及上运动神经元损伤导致的踝关节背屈肌群与跖屈肌

群之间的神经支配失衡^[4]。这种失衡不仅表现为踝背屈主动活动度的显著下降,还常伴有腓肠肌的痉挛性协同收缩,严重损害患者的步态稳定性、步行能力及整体下肢运动功能,显著影响其日常生活活动能力和生活质量^[5]。因此,探寻能够有效改善卒中后足下垂患者神经肌肉控制、促进功能恢复的干预策略,是康复医学领域的重要课题。

表3 两组患者治疗总有效率比较 [n(%)]

组别	显效	有效	无效	总有效率
对照组 (n=30)	7	13	10	20 (66.67)
观察组 (n=30)	12	15	3	27 (90.00)
χ^2 值				4.812
P 值				0.028

本研究将表面肌电信号的客观定量指标,即胫骨前肌的积分肌电值IEMG和RMS,与常规临床评估工具简式Fugl-Meyer下肢运动功能评分和踝关节主动关节活动度相结合,系统性地评估了电针联合康复训练对卒中后足下垂的疗效。既往研究虽已证实电针或康复训练对卒中后运动功能恢复的益处,但多数研究侧重于单一疗法或使用传统量表进行评估,缺乏对特定肌肉神经肌肉控制能力的精细、客观量化^[6,7]。本研究通过sEMG直接捕捉胫骨前肌在治疗前后的电生理活动变化,为电针刺激拮抗肌运动点能否有效增强其自主收缩能力、改善踝背屈功能提供了直接的生物电证据。结果不仅证实了联合治疗在改善功能评分方面的优越性,更重要的是,通过EMG和RMS的显著提升在人体中直观揭示了电针可能通过增强患侧胫骨前肌的募集能力和放电同步性来发挥治疗作用的内在生理机制,这与先前动物实验中观察到的电针促进神经修复、抑制炎症反应的现象在机理上形成了呼应。两组治疗期间均未见明显不良反应,提示电针联合康复训练未增加安全风险。

与Smith等主要关注电针镇痛或抗炎效应的研究不同,我们的发现突出了电针在改善运动控制这一更高层次神经功能方面的潜力^[8]。具体而言,观察组在Fugl-Meyer下肢运动评分和踝关节主动关节活动度上均显著优于对照组,这提示在常规康复基础上增加电针,可能通过调节皮质脊髓束的传导或促进脑功能重组,从而更有效地促进运动模式的重建和步行能力的恢复。这一发现与近期一项关于电针调节巨噬细胞极化以减轻炎症反应的研究形成了有趣的呼应,暗示电针可能通过多靶点、多系统的整合作用共同促进卒中后神经修复与功能康复。

多项网络Meta分析已指出,结合中医外治法如电针、针刺与康复训练的综合方案,在改善卒中后肢体运动功能和日常生活活动能力方面,往往优于单一的康复训练^[9]。本研究聚焦于足下垂这一具体且影响步态的关键问题,其结论进一步细化和支撑了上述共识。特别值得注意的是,治疗期间两组均未发生明显不良反应,凸显了电针治疗的安全性,这与电针在卒中后吞咽障碍、膝关节关节炎等应用中报告的良好安全记录相符。然而,

本研究采用的sEMG评估方法本身也具有重要价值。相较于完全依赖治疗师主观判断的量表评分,sEMG提供了可重复、可量化的肌肉激活状态数据,减少了评估者间差异,使得疗效评价更为客观和精确。这种基于客观生物信号的疗效评估范式,为未来开展更高质量、多中心的随机对照试验奠定了方法学基础,有助于在更广泛的卒中患者群体中验证和优化电针治疗参数,最终形成基于循证医学的临床实践指南。

综上所述,在常规康复基础上加用电针刺刺激拮抗肌运动点,能显著优化卒中后足下垂患者的胫骨前肌神经肌肉控制,表现为表面肌电特征值改善、下肢运动功能评分提升及踝关节主动活动度增加。该联合疗法通过调节异常肌张力平衡,有效纠正踝内翻畸形并促进步态恢复,且临床安全性良好,未见明显不良反应。鉴于其显著的增效作用与操作可行性,该方案值得作为卒中后运动功能障碍的综合干预策略在临床广泛推广。未来研究应致力于标准化电针参数,并探索其与神经可塑性机制的深层关联,以期精准康复提供更强有力的循证医学证据。

[基金项目]

皖南医科大学科学研究项目(WK2023JXY137)。

[参考文献]

- [1]徐洁淼,刘剑.通脑活络利咽法针刺联合康复训练治疗卒中后吞咽障碍:随机对照试验[J].中国针灸,2025,45(4):435-441.
- [2]李雪红,赵树平,王金平,等.软瘫期给予胫前肌及腓骨长短肌电针针刺疗法预防卒中后出现足下垂、足内翻的临床研究[J].中国医药科学,2016,6(16):43-45.
- [3]中华人民共和国国家卫生健康委员会.脑血管病防治指南(2024年版)[J].磁共振成像,2025,16(1):1-8.
- [4]王文卢,唐菀龄,黄永,等.基于壮医毒虚致病理论探讨壮医药熨联合针刺治疗卒中患者痉挛性偏瘫的研究[J].中医康复,2025,2(04):24-28.
- [5]黄春莉,韩冰.针刺联合重复经颅磁刺激疗法治疗卒中后偏瘫足下垂41例临床研究[J].江苏中医药,2023,55(01):36-40.
- [6]罗梦.基于表面肌电图检测指导针刺选穴治疗中风恢复期足下垂的临床疗效观察[D].湖南中医药大学,2017.
- [7]曹宇春,祖阳,黎柏军,等.表面肌电图技术在针刺研究中的应用[J].上海中医药杂志,2022,56(10):95-98.
- [8]BulutE,EminoZ, Lu D,et al.Effect of electroacupuncture on pain after periodontal flap surgery:a randomized controlled trial[J].J Tradit Chin Med,2025,45(1):184-191.
- [9]Ziying C,Z X,F X.Seven Traditional Chinese Medicine external treatments combined with rehabilitation training on the functional recovery of limbs in patients with cerebral hemorrhage:a network Meta-analysis[J].J Tradit Chin Med.,2025;45((4)):711-719.

作者简介:

王进(1984—),男,汉族,安徽省芜湖市人,大学本科,项目负责人,副主任医师,研究方向:针灸治疗脑卒中。