

神经肌肉电刺激联合运动贴布对脑卒中后足下垂患者康复中应用价值

柯秀君, 潘巍一, 葛俊胜, 黄彩菊

【摘要】 目的:探讨神经肌肉电刺激(NMES)联合运动贴布对脑卒中后足下垂的康复效果。方法:脑卒中后足下垂患者70例随机分为2组各35例,2组均接受运动训练和姿势控制训练等常规康复训练,在此基础上,NMES组接受NMES治疗,联合组接受NMES联合运动贴布治疗,疗程均为4周。比较2组治疗前后踝关节背屈角度、足内翻角度、足下垂角度;并比较2组治疗前后10m步行能力测试(10mWT)指标、起立-行走计时测试(TUGT)指标和生理耗能指数(PCI),胫前肌、腓肠肌最大积分肌电值(iMEG)、足背屈时肢体协同收缩率(CR)及治疗后临床疗效。结果:治疗4周后,2组踝关节背屈角度、10mWT及胫前肌iMEG均较治疗前增加(均 $P<0.01$),足内翻角度、足下垂角度、TUGT时间、PCI及腓肠肌iMEG、足背屈CR均较治疗前降低(均 $P<0.01$);且联合组踝关节背屈角度、10mWT及胫前肌iMEG均高于NMES组(均 $P<0.05$),足内翻角度、足下垂角度、TUGT时间、PCI及腓肠肌iMEG、足背屈CR均低于NMES组(均 $P<0.01$)。治疗后,联合组优良率明显高于NMES组($P<0.01$)。结论:NMES联合运动贴布可改善胫前肌、腓肠肌的iMEG,降低足背屈时CR,增加踝关节活动度,减小足内翻、足下垂角度,提高患肢的步行功能,治疗脑卒中后足下垂效果显著。

【关键词】 脑卒中;足下垂;康复;神经肌肉电刺激;运动贴布

【中图分类号】 R49;R743.1 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2021.05.005

Applied value of neuromuscular electrical stimulation combined with kinesiology tape in rehabilitation of patients with foot drop after stroke Ke Xiujun, Pan Weiyi, Ge Junsheng, et al. Department of Rehabilitation, Nanao People's Hospital, Dapeng New District, Shenzhen 518121, China

【Abstract】 Objective: To investigate the rehabilitation effect of neuromuscular electrical stimulation (NMES) combined with kinesiology tape on foot drop after stroke. **Methods:** A total of 70 patients with foot drop after stroke from January 2019 to June 2020 were selected and randomly divided into two groups, with 35 cases in each group. Both groups received routine rehabilitation training, including exercise training and posture control training. Additionally, the NMES group received NMES treatment, and the combined group received NMES combined with kinesiology tape. The course of treatment was 4 weeks. The ankle range of motion, foot varus angle and foot drop angle were compared between the two groups before and after treatment. The 10 minute walking ability test (10mWT) index, the time up and go test (TUGT) index and the physiological energy consumption index (PCI) were compared between the two groups. The maximum integrated electromyography (iMEG) index of tibialis anterior muscle and gastrocnemius muscle, and the limb synergetic contraction rate (CR) during foot dorsiflexion were compared between the two groups. The clinical efficacy of the two groups was compared. **Results:** The ankle dorsiflexion angle was significantly greater, the foot varus angle and the foot drop angle were significantly smaller, the 10mWT and iMEG indexes of anterior tibial muscle were significantly higher, and the TUGT time was significantly shorter, and PCI, iMEG index of gastrocnemius muscle and CR of dorsiflexion of foot were significantly lower in the combined group than in the NMES group (all $P<0.05$). The clinical efficacy in the combined group was significantly better than in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** NMES combined with kinesiology tape can improve iMEG index of tibialis anterior muscle and gastrocnemius muscle, reduce CR during foot dorsiflexion, increase ankle joint range of motion, foot varus and foot drop angle, and improve walking function of affected limb. It has significant effect on foot drop after stroke.

【Key words】 stroke; foot drop; rehabilitation; neuromuscular electrical stimulation; kinesiology tape

收稿日期:2020-11-20

作者单位:深圳市大鹏新区南澳人民医院,深圳 518121

作者简介:柯秀君(1989-),女,主管技师,主要从事临床康复方面的研究。

足下垂是脑卒中偏瘫患者步态异常的重要因素,患者缺乏主动的踝背屈动作,呈画圈或跨步步态,增加了跌倒的风险^[1]。改善脑卒中后足下垂状态是改善患者下肢运动功能的关键,也是脑卒中康复治疗的重要

组成部分^[2]。运动贴布(肌内效贴)贴扎技术是一种非侵入性治疗手段,可提供持续性的感觉输入,改善脑卒中后肢体痉挛,有利于改善脑卒中后足下垂患者的步行功能^[3]。神经肌肉电刺激(Neuromuscular electrical stimulation, NMES)是脑卒中偏瘫患者中应用较广泛的康复治疗手段,该方法通过对肌肉进行电刺激,以改善肌肉协调性,并对中枢神经系统进行信息反馈,促进神经功能的恢复^[4]。本研究将两种康复治疗手段联合应用,以期提高脑卒中后足下垂的治疗效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择本院康复科2019年1月~2020年6月收治的脑卒中后足下垂患者70例,纳入标准:符合《中国各类主要脑血管病诊断要点2019》脑出血或脑梗死诊断标准^[5],并经影像学检测证实。首次发病,病程<3个月;年龄<75岁;单侧肢体功能障碍;病情稳定,可独立或协助下行走距离 $\geq 15\text{m}$;认知功能正常,能够积极配合康复治疗;自愿参加本研究,并签署协议书。排除标准:患肢有外伤或手术史和合并严重骨关节炎;合并颅脑创伤、肿瘤、脓肿、结核等严重疾病;既往有脑卒中史,遗留肢体功能障碍;合并心肝肺肾等重要脏器严重器质性疾病;对运动贴布过敏;同时参加其它临床研究。本研究获得医院伦理委员会批准,所有入选研究对象均知情同意,并签署协议书。70例患者按照随机数字表法分为2组,每组35例,2组年龄、性别、卒中类型、病程、偏瘫肢体侧别等基线资料均衡),具有可比性。见表1。

1.2 方法 2组均接受常规康复训练,对患侧肢体进行综合运动训练,包括关节的主动和被动运动、肌力训练、肌肉牵伸训练,并对踝关节进行坐位、卧位、站立位背屈训练;姿势控制训练,根据患肢的运动水平进行平地行走、上下楼梯和上下斜坡训练等。NMES组在常规康复训练基础上予以NMES,仪器应用Vitalstim型电刺激仪,电极分别置于胫前肌的肌腹处和腓骨小头的后下方,双向矩形波,脉冲宽度 $50\mu\text{s}$,频率为20Hz,刺激强度以引起踝关节轻度背屈、外翻,且患者能够耐受为宜,每次20min,1次/d,每周治疗6d,周日休息,共治疗4周。联合组在常规康复训练基础上给

予NMES联合运动贴布治疗,NMES治疗同NMES组,运动贴布治疗:患者仰卧于治疗床上,首先裁剪一个 $5\text{cm}\times 20\text{cm}$ 的“1”型贴布(运动贴布材料为浙江嘉兴美森医用材料有限公司生产),患足充分背屈,贴布一端先贴于小腿外侧上1/3区域,之后沿小腿外侧缘以中等拉力向足侧拉伸,将另一端贴于足背中部,每周贴扎6次,每日更换贴布,周日停1次,共治疗4周。

1.3 评定标准 ①踝关节活动度:治疗前后应用普通量角器测定踝关节主动背屈角度、足内翻角度、足下垂角度,踝关节背屈角度越大,足内翻角度、足下垂角度越小表示患者恢复情况越好^[6]。②10m步行能力测试(10m walking test, 10mWT):测试在安静、笔直的医院走廊里进行,在地面划定15m的距离,并于第3m和第13m处做标记,让患者从起点出发,在走廊里步行15m,记录从第3m至第13m时所用时间,共测量3次取平均值,每2次之间休息5min,计算患者步行速度,步速越快表示患者的步行能力越好^[6]。③起立-行走计时测试(time up and go test, TUGT):患者坐在一个有扶手的椅子上,距离椅子前面3m处地面做一明显标记,嘱患者听到口令后立即起身、站稳,以最快速度向前走过标记处,之后返回原处,坐回到椅子上,记录患者自发出口令至坐回椅子所需时间,测试前先让患者练习2次,使其熟悉、理解测试过程,每位患者测定3次,两次之间休息5min,取3次均值,以评估患者的移动能力和跌倒风险^[7]。④生理耗能指数(physiological energy consumption index, PCI)测定 首先让患者静坐5min后测得心率为安静时心率,之后嘱患者以可能的最快速度步行3min,测定步速和步行后的心率,步速即每min步行的距离, $\text{PCI} = (\text{步行后心率} - \text{安静心率}) / \text{步速}$ ^[8]。⑤表面肌电图检测:应用MYO3型表面肌电分析仪,患者取仰卧位,屈髋屈膝,将踝关节固定于屈曲 90° 中立位,电极置于胫前肌、腓肠肌的肌腹区位置,嘱患者尽量放松,使肌电信号保持基线区域(上下浮动 $< 10\mu\text{V}$),嘱患者尽力背伸或跖屈踝关节,并保持10s,取5s时的肌电值,背伸、跖屈位置各做3次,取平均值,记录胫前肌、腓肠肌最大积分肌电值(integral electromyography signal, iMEG),计算足背屈时肢体协同收缩率(co-contraction ratios CR), $\text{CR} =$

表1 2组基线资料比较

组别	n	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	卒中类型(例)		偏瘫肢体位置(例)	
		男	女			脑出血	脑梗死	左侧	右侧
NMES组	35	21	14	59.3 \pm 10.5	38.2 \pm 6.8	16	19	11	24
联合组	35	23	12	58.8 \pm 9.9	37.5 \pm 6.6	18	17	13	22

[腓肠肌 iMEG/(胫前肌 iMEG+腓肠肌 iMEG)] \times 100%。⑥临床疗效:治疗结束后参照 Garceau 标准评价疗效^[9]:优,无足跟内收、内翻畸形;良,踝关节功能良好,轻微足跟内收、内翻畸形;可,轻度跛行,可见足跟内收、内翻畸形;差,跛行,足跟内翻、内收畸形。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 23.0 软件分析统计数据,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间均数比较应用独立样本 t 检验和秩和检验,组内均数比较应用配对 t 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组踝关节背屈角度、足内翻角度、足下垂角度比较 治疗4周后,2组踝关节背屈角度均较治疗前增大(均 $P<0.01$),足内翻角度、足下垂角度均较治疗前减小(均 $P<0.01$);且联合组踝关节背屈角度大于 NMES 组($P<0.05$),足内翻角度、足下垂角度小于 NMES 组($P<0.01$)。见表2。

表2 2组治疗前后踝关节背屈角度、足内翻角度、足下垂角度比较 $^{\circ}, \bar{x}\pm s$

组别	时间	踝关节背屈	足内翻	足下垂
NMES组 ($n=35$)	治疗前	5.07 \pm 0.36	26.05 \pm 3.63	31.40 \pm 4.33
	治疗后	12.27 \pm 2.86 ^a	22.68 \pm 3.14 ^a	28.54 \pm 3.92 ^a
联合组 ($n=35$)	治疗前	5.01 \pm 0.34	26.14 \pm 3.75	31.48 \pm 4.52
	治疗后	13.89 \pm 2.92 ^{ab}	20.09 \pm 2.84 ^{ab}	25.39 \pm 3.48 ^{ab}

与治疗前比较,^a $P<0.01$;与 NMES 组比较,^b $P<0.01$

2.2 2组10mWT、TUGT时间、PCI比较 治疗4周后,2组10mWT均较治疗前增加(均 $P<0.01$),TUGT时间、PCI均较治疗前减少(均 $P<0.01$),且联合组10mWT高于 NMES 组($P<0.05$),TUGT时间、PCI低于 NMES 组($P<0.01$)。见表3。

表3 2组治疗前后10mWT、TUGT时间、PCI比较 $\bar{x}\pm s$

组别	时间	10mWT(m/min)	TUGT(s)	PCI
NMES组 ($n=35$)	治疗前	0.51 \pm 0.18	31.25 \pm 2.73	0.78 \pm 0.29
	治疗后	0.71 \pm 0.24 ^a	22.02 \pm 2.32 ^a	0.51 \pm 0.21 ^a
联合组 ($n=35$)	治疗前	0.49 \pm 0.17	31.37 \pm 2.78	0.79 \pm 0.30
	治疗后	0.85 \pm 0.26 ^{ab}	19.43 \pm 1.96 ^{ab}	0.40 \pm 0.17 ^{ab}

与治疗前比较,^a $P<0.01$;与 NMES 组比较,^b $P<0.01$

2.3 2组表面肌电图检查情况比较 治疗4周后,2组胫前肌 iMEG 均较治疗前增加(均 $P<0.01$),腓肠肌 iMEG、足背屈 CR 均较治疗前降低(均 $P<0.01$);且联合组胫前肌 iMEG 高于 NMES 组($P<0.01$),腓肠肌 iMEG、足背屈 CR 低于 NMES 组($P<0.01$)。见表4。

2.4 2组临床疗效比较 治疗后,联合组临床疗效达优13例,良12例,可9例,差1例;NMES组分别为6、11、14及4例,联合组优良率明显高于 NMES 组(71.4%、48.6%, $P<0.01$)。

表4 2组治疗前后胫前肌 iMEG、腓肠肌 iMEG、足背屈 CR 比较 $\bar{x}\pm s$

组别	时间	胫前肌 iMEG (mV·s)	腓肠肌 iMEG (mV·s)	足背屈 CR (%)
NMES组 ($n=35$)	治疗前	33.68 \pm 3.05	38.78 \pm 3.07	51.77 \pm 4.04
	治疗后	36.77 \pm 3.22 ^a	36.37 \pm 2.89 ^a	46.67 \pm 3.01 ^a
联合组 ($n=35$)	治疗前	33.49 \pm 3.13	38.92 \pm 3.15	52.30 \pm 3.83
	治疗后	39.72 \pm 3.45 ^{ab}	33.88 \pm 2.64 ^{ab}	42.78 \pm 3.16 ^{ab}

与治疗前比较,^a $P<0.01$,与 NMES 组比较,^b $P<0.01$

3 讨论

足下垂是影响脑卒中后偏瘫患者运动功能的重要因素,中枢神经功能受损所致下肢痉挛、协调性差和姿势异常是其形成的重要原因^[10]。人类的脊髓中存在抑制性和兴奋性调节中枢,这两个调节中枢互相协调、互相拮抗共同完成肢体的运动,并且完成这一动作的主动肌和拮抗剂为同一反射弧调节和控制^[11]。脑卒中患者皮质功能受损,不能对脊髓低级运动中枢进行有效控制,低级中枢发生无抑制的兴奋,导致背伸肌张力异常增高,而足背伸肌肌力降低,踝关节屈、伸的肌力不平衡,小腿三头肌处于痉挛状态,并抵消背屈肌的收缩力,导致足下垂的发生^[12]。脑卒中后足下垂患者下肢处于痉挛性背伸状态,协调主动肌和拮抗剂的张力,抑制踝关节痉挛是康复治疗的主要目的,促进胫前肌收缩,加强背屈运动,建立正常的运动模式是脑卒中足下垂康复治疗的关键。

研究表明,筋膜与肌肉的收缩、肢体运动存在密切关系,较差的筋膜环境会限制肌梭的运动,从而降低肌肉收缩功能。紊乱的筋膜排列会限制肌梭缩短,影响与之相关纤维的协同激活,肌肉的收缩功能下降。脑卒中患者偏瘫肢体长期不能运动,造成筋膜排列紊乱,还可促进透明质酸酶的大量分泌,并形成复杂的聚合物链,使筋膜的弹性和适应性大大降低^[13]。NMES 是脑卒中后偏瘫康复的常用方法,这种治疗方法通过输出低频电刺激使胫前肌兴奋,从而促进足背屈能力的恢复,改善患肢运动功能^[14-15]。但 NMES 不能有效改善肌肉收缩时的筋膜环境,难以从根本上提高足下垂患者的运动功能。

本研究将 NMES 与运动贴布联合起来应用于脑卒中足下垂的治疗,发现治疗后联合组10mWT高于 NMES 组,TUGT时间、PCI低于 NMES 组,临床疗效优于 NMES 组,提示 NMES 联合运动贴布治疗可有效改善患者步行功能,降低患者的运动消耗,较 NMES 提高了疗效。表面肌电图是卒中后偏瘫患者常用的检查方法,iMEG 可客观反应肌肉肌肉力量和运动冲动的传导速度,CR 反应了拮抗肌在协同主动

收缩中的比例,这个比例的降低提示拮抗肌张力的降低^[16]。本研究发现治疗后联合组胫前肌 iMEG 高于 NMES 组,腓肠肌 iMEG、足背屈 CR 低于 NMES 组,踝关节活动度、足内翻角度、足下垂角度改善情况均优于 NMES 组,表明 NMES 联合运动贴布增加了胫前肌(主动肌)的兴奋性,降低了腓肠肌(拮抗肌)的兴奋性,并降低了足背屈时 CR,从而增加踝关节背屈角度,减小足内翻和足下垂角度,有利于患肢步行能力的提高。

运动贴布贴扎技术是一种非侵入性康复治疗手段,多年来在运动损伤的康复中广泛应用^[17],近年来运动贴布也逐渐应用于在神经康复领域,已有临床研究发现运动贴布可改善脑卒中后偏瘫患者平衡能力和步行速度^[18]。Koseoglu 等^[19]的研究发现于胫前肌应用运动贴布可调节肌纤维张力,促进肌肉收缩,提高患者的运动能力;另有国外学者的研究发现运动贴布可干预筋膜层的排列,降低肌梭的运动屏障,改善肌肉收缩的生理环境^[20]。脑卒中患者多存在本体感觉障碍,并由此导致姿势控制、关节位置的动态控制能力减退,运动和平衡能力下降,进而影响了步态的控制和步行能力的改善。运动贴布可提高患者的平衡能力,并增加更多的感觉输入,有利于患者通过感觉刺激运动,并可有效改善踝关节的位置觉,位置觉的改善可激活踝本体感觉的上传,引起高级中枢神经系统对外周刺激的感知和注意,从而有利于患者维持正确的关节位置,提高运动中的稳定性,改善脑卒中后足下垂患者的运动功能^[21]。

综上所述,NMES 联合运动贴布可改善胫前肌、腓肠肌的 iMEG,降低足背屈时 CR,增加踝关节活动度,减小足内翻、足下垂角度,提高患肢的步行功能,治疗脑卒中后足下垂效果显著。为脑卒中后足下垂的康复治疗探索一个新的有效方案,值得临床借鉴。

【参考文献】

- [1] 李伟利,仝林,章闻捷.基于镜像神经理论的动作观察疗法对脑卒中后足下垂患者的疗效研究[J].中国康复医学杂志,2019,34(5):569-572.
- [2] 解二康,李策,陆蓉蓉,等.骨盆减重康复机器人训练对脑卒中后偏瘫患者下肢功能的影响[J].中国康复,2020,35(8):404-408.
- [3] 盛逸澜,冉军,胡国炯,等.肌内效贴改善脑卒中后足下垂患者步行功能的即时疗效观察[J].中国运动医学杂志,2019,38(9):802-805.
- [4] 盛治进,刘九玉,常春,等.神经肌肉电刺激和经皮神经电刺激对脑卒中患者偏瘫肩痛及上肢运动功能康复影响的对比研究[J].中国康复医学杂志,2020,35(5):604-607.
- [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] Jeon HJ, Hwang BY. Effect of bilateral lower limb strengthening exercise on balance and walking in hemiparetic patients after stroke; a randomized controlled trial[J]. J Phys Ther Sci, 2018, 30(2): 277-281.
- [7] Quinn G, Comber L, Galvin R, et al. The ability of clinical balance measures to identify falls risk in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Rehabil, 2018, 32(5): 581-582.
- [8] 杨婷,林强,程凯,等.功能性电刺激结合快速步行训练对脑卒中偏瘫患者功能的影响[J].中国康复,2017,32(6):451-454.
- [9] Gareceau GJ, Palmer RM. Transfer of the anterior tibial tendon for recurrent club foot: a long-term follow-up[J]. J Bone Joint Surg, 1967, 49(2): 207-332.
- [10] 李奎,李鑫,吴丹丽,等.电子助行仪对脑卒中患者平衡和步行能力的影响[J].中国康复,2019,34(12):619-622.
- [11] 廖琳丹,刁尧,王姝,等. EGCG 上调神经细胞自噬相关蛋白 Beclin-1 表达改善脊髓损伤后大鼠运动功能[J].解剖科学进展,2019,25(2): 180-185.
- [12] 杜鑫,刘迪生,米尔艾合麦提江·吾拉木,等.针灸在中风偏瘫后足下垂患者中的应用及对表面肌电图的影响[J].世界中医药,2018,13(11):2851-2854.
- [13] Klingler W, Velders M, Hoppe K, et al. Clinical relevance of fascial tissue and dysfunctions[J]. Curr Pain Headache Rep, 2014, 18(8): 1-7.
- [14] Yang YR, Mi PL, Huang SF, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on gait performance in chronic stroke with inadequate ankle control: A randomized controlled trial [J]. PLoS One, 2018, 13(12): e0208609.
- [15] Xu Q, Guo F, Salem HMA, et al. Effects of mirror therapy combined with neuromuscular electrical stimulation on motor recovery of lower limbs and walking ability of patients with stroke: a randomized controlled study[J]. Clin Rehabil, 2017, 31(12): 1583-1591.
- [16] 戴璐璐,章茜,饶高峰.踝足矫形器辅助本体感觉训练对脑卒中后偏瘫患者运动功能及表面肌电图的影响[J].中国康复,2019,34(6):287-290.
- [17] 王智勇,王刚,邢贞通,等.肌内效贴对膝关节军事训练伤治疗作用的观察[J].解放军医学院学报,2020,41(5):481-484.
- [18] 郑增宾,马明,赵祥虎,等.悬吊运动疗法结合肌内效贴对脑卒中偏瘫患者平衡和步行功能的效果[J].中国康复理论与实践,2019,25(5): 564-569.
- [19] Koseoglu BF, Dogan A, Tatli HU, et al. Can kinesio tape be used as an ankle training method in the rehabilitation of the stroke patients [J]. Complementary Therapies in Clinical Practice, 2017, 27(4): 46-51.
- [20] E Silva DCCM, de Andrade Alexandre DJ, Silva JG, et al. Immediate effect of myofascial release on range of motion, pain and biceps and rectus femoris muscle activity after total knee replacement [J]. J Bodyw Mov Ther, 2018, 22(4): 930-936.
- [21] Liang ZM, Sha W. Application of proprioception training in rehabilitation of stroke-induced lower extremity motor dysfunction [J]. Nursing Practice & Research, 2018, 15(4): 151-153.