

肌电诱发神经肌肉电刺激对脑梗死偏瘫患者肌肉表面肌电图及步态时空参数的影响观察

刘宏生,海中桦,张 瑞

郑州大学第一附属医院,河南 郑州 450052

【摘要】 目的 探讨肌电诱发联合神经肌肉电刺激(NMES)对脑梗死偏瘫患者肌肉表面肌电图及步态时空参数的影响。**方法** 选取 2020 年 10 月至 2022 年 10 月我院收治的脑梗死偏瘫患者 270 例,根据随机数表法分为肌电诱发组与 NMES 组各 135 例。检测并分析两组患侧肌肉表面肌电值、粗大运动功能量表(GMFM)评分、日常生活活动能力指数(BI)及步态时空参数水平变化。**结果** 治疗 6 周后,肌电诱发组肱二头肌、胫骨前肌、腓肠肌表面肌电值、GMFM 和 BI 评分显著高于 NMES 组($P < 0.05$);两组步态周期、双足支撑时间、步宽显著降低($P < 0.05$),步频、步速、步长、步幅、患侧支撑时间、健侧支撑时间显著增大($P < 0.05$),肌电诱发组步态周期、双足支撑时间、步宽显著低于 NMES 组($P < 0.05$),患侧支撑时间、步频、步速、步长、步幅显著大于 NMES 组($P < 0.05$)。**结论** 肌电诱发 NMES 治疗可显著改善脑梗死偏瘫患者步态,促进神经功能恢复,提高患者生活质量。

【关键词】 肌电诱发神经肌肉电刺激;偏瘫;步态时空参数;肌肉表面肌电图

【中图分类号】 R748

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2024)04-0111-04

Observation on the effects of myoelectricity-induced neuromuscular electrical stimulation on muscle surface electromyography and gait spatiotemporal parameters in patients with hemiplegia due to cerebral infarction LIU Hong-sheng, HAI Zhong-ye, ZHANG Rui *The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China*

【Corresponding author】 ZHANG Rui

【Abstract】 Objective To explore the effects of myoelectricity-induced neuromuscular electrical stimulation (NMES) on muscle surface electromyography (sEMG) and gait spatiotemporal parameters in patients with cerebral infarction and hemiplegia. **Methods** A total of 270 patients with cerebral infarction and hemiplegia admitted to our hospital were enrolled between October 2020 and October 2022. The patients were divided into a myoelectricity-induced NMES group and a NMES group by using random number table method, 135 in each group. The changes in sEMG, gross motor function scale (GMFM) scores, daily living activity index (BI), and gait spatiotemporal parameters of the two groups were detected and analyzed. **Results** After 6 weeks of treatment, sEMG values of tibialis anterior muscle, biceps and gastrocnemius in the myoelectricity-induced group were significantly greater than those in the NMES group ($P < 0.05$). The scores of GMFM and BI in the myoelectricity-induced group were significantly higher than those in the NMES group ($P < 0.05$). After 6 weeks of treatment, gait cycle, feet support time and stride width were significantly decreased in both groups ($P < 0.05$), while stride frequency, walking speed, step length, stride length, support time of affected side and healthy side were significantly increased ($P < 0.05$). The gait cycle, feet support time and stride width in the myoelectricity-induced group were significantly lower than those in the NMES group ($P < 0.05$), while support time of affected side, stride frequency, walking speed, step length and stride length were significantly higher ($P < 0.05$). **Conclusions** The myoelectricity-induced NMES can significantly improve the gait of patients with cerebral infarction and hemiplegia, promote the recovery of neurological function, and improve the quality of life of the patients.

【Key words】 Myoelectricity-induced neuromuscular electrical stimulation; Hemiplegia; Gait spatiotemporal parameter; Muscle surface electromyography

脑梗死是由动脉粥样硬化、血管斑块不稳等原

因引起的脑组织局部供血不足导致的脑组织缺血

- C 及载脂蛋白 B 水平的关系[J]. 中风与神经疾病杂志, 2018, 35 (4): 317-319.
- [19] 王根强, 龙登毅, 贝宁, 等. 尤瑞克林联合阿司匹林治疗急性脑梗死效果及安全性[J]. 青岛大学学报(医学版), 2018, 54(4): 389-392.
- [20] 姚青刚, 陆锋, 张梅, 等. 氢溴酸樟柳碱联合丁苯酞治疗进展性脑梗死改善微循环疗效及神经功能影响的研究[J]. 河北医科大学学报, 2020, 41(4): 459-462.
- [21] 郑莹莹, 刘占军, 马利军, 等. 急性脑梗死患者 PBMC 中 TRAM、TLR4、IRF-3 mRNA 水平与 NIHSS 评分关系及预测预后的价值[J]. 医学分子生物学杂志, 2022, 19(2): 145-150.
- [22] 王银浩, 李惠敏, 宋晓慧. 阿替普酶联合尤瑞克林治疗对急性脑梗死患者氧化应激状态及血液流变学的影响[J]. 海南医学, 2024, 35(2): 190-193.
- [23] 马宁, 陈会生. 尤瑞克林对急性脑梗死大鼠神经保护作用研究[J]. 临床军医杂志, 2018, 46(4): 383-386.
- [24] 侯园园, 梁志刚, 孙旭文. 丁苯酞对缺血性脑卒中的保护机制及治疗研究进展[J]. 医学综述, 2018, 24(19): 3841-3846.
- (收稿日期: 2023-11-14; 修回日期: 2024-02-10)
- (本文编辑: 林 赞)

性坏死和软化现象,致残率可达 75%^[1]。脑梗死患者通常病情较为复杂、基础疾病较多,极易发生偏瘫、认知障碍等并发症,对患者的生活质量产生较大影响,因此临床通常在脑梗死偏瘫患者康复训练中采用神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation, NMES)改善其肌肉功能^[2]。NMES 通过低频电流对特定肌肉群的刺激诱发肌肉运动、帮助肌肉收缩,以达到减轻疼痛、促进血液循环和增加肌肉营养的目的^[3]。近年来研究表明,在 NMES 基础上联合肌电生物反馈技术可进一步增强治疗效果^[4]。肌电诱发联合 NMES 可接受患者未受损肌肉主动收缩时所产生的电信号放大并输出至功能受损侧肌肉,刺激收缩运动,使患者的训练从被动转为主动,激活中枢神经系统中新突触的形成,促使未受损皮质神经元的重建,加速患者肌肉功能的恢复^[5]。为探究肌电诱发联合 NMES 的治疗效果,本研究选取 270 例患者对比分析其治疗前后肌肉表面肌电图及步态时空参数的变化,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 10 月至 2022 年 10 月我院收治的脑梗死偏瘫患者 270 例,纳入标准:①符合脑梗死诊断标准,并伴有单侧偏瘫^[6];②可正常沟通;③年龄 ≥ 18 岁;④患者及其家属签署知情同意书。排除标准:①无法配合研究者;②合并其他严重运动功能障碍者;③合并严重肺部功能障碍者。采用随机数表法分为肌电诱发组与 NMES 组各 135 例,肌电诱发组男:女=69:66,年龄 39~75 岁 $[(60.67\pm 3.32)$ 岁],左侧偏瘫 73 例,右侧偏瘫 62 例;NMES 组男:女=65:70,年龄 42~74 岁 $[(59.70\pm 3.29)$ 岁],左侧偏瘫 77 例,右侧偏瘫 58 例。两组一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。本研究经医院伦理委员会审批通过。

1.2 方法 两组患者均进行予营养神经、抗血小板聚集药物治疗等常规治疗和平衡能力、下肢负重能力、运动耐力训练,持续治疗 6 周。NMES 组:采用 Chattanooga 2532118-INT 四通路理疗仪对患者进行 NMES 治疗。电极置于屈肘肌表面,刺激频率 50 Hz,刺激电流 20~30 mA,20 分钟/次,1 次/天,持续治疗 6 周。肌电诱发组:采用丹麦 Danmeter Am800 神经网络重建仪对患者进行肌电诱发联合 NMES 治疗。治疗电极置于患侧屈肘肌表面,检测电极置于健侧屈肘肌表面。嘱患者进行关节屈伸

动作,刺激频率 50 Hz,脉宽 200 μ s,刺激电流 20~30 mA,自动模式,20 分钟/次,1 次/天,持续治疗 6 周。

1.3 观察指标 ①表面肌电值:于治疗前和治疗 6 周后使用 Am800 型神经网络重建仪检测患者患侧腓肠肌、胫骨前肌、肱二头肌表面肌电值。②运动功能评估:于治疗前和治疗 6 周后使用粗大运动能量表(gross motor function measure, GMFM)^[7]对患者运动功能进行评估。该量表共 88 个条目,包括原始反射、翻身、爬、跪、坐位、站立、走、跑、跳五个功能区的评定,采用 4 级评分法。得分总百分比:(5 个功能区得分/各功能区总分之和)/5 $\times 100\%$ 。得分总百分比越高表示患者运动能力越强。③日常生活活动能力:于治疗前和治疗 6 周后使用日常生活活动能力指数(BI)^[8]对患者日常生活活动能力进行评估。该量表共包含十项内容,采用 4 级评分法(0、5、10、15 分),总分越高说明生活活动能力越强。④步态时空运动学参数:于治疗前和治疗 6 周后采用 DC-G-200 三维步态与运动分析系统分析患者步态时空参数。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 21.0 统计学软件对数据进行分析。满足正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差表示,组间差异采用两样本独立 t 检验,组内差异采用配对样本 t 检验;非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间采用非参数 Mann-Whitney U 检验;计数资料以例数(%)表示,比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组表面肌电值比较 两组治疗前表面肌电值差异无统计学意义($P>0.05$),治疗后肌电诱发组胫骨前肌、肱二头肌、腓肠肌表面肌电值显著高于 NMES 组($P<0.05$)。见表 1。

2.2 两组 GMFM、BI 评分比较 两组治疗前 GMFM 和 BI 评分差异无统计学意义($P>0.05$),治疗后两组 GMFM、BI 评分均显著升高,且肌电诱发组评分显著高于 NMES 组($P<0.05$)。见表 2。

2.3 两组步态时间运动学参数比较 两组治疗前步态时间运动学参数水平差异无统计学意义($P>0.05$);治疗后两组步态周期、双足支撑时间显著降低,患侧、健侧支撑时间显著增大($P<0.05$),且肌电诱发组步态周期、双足支撑时间显著低于 NMES 组,患侧支撑时间显著大于 NMES 组($P<0.05$)。见表 3。

2.4 两组步态空间运动学参数比较 两组治疗前步态空间运动学参数比较差异无统计学意义($P>0.05$);治疗后两组步速、步长、步频、步幅显著增

【基金项目】河南省医学科技攻关计划项目(编号: LHGJ202203049)

【通讯作者】张 瑞

大,步宽显著减小($P<0.05$),且肌电诱发组步宽显著低于 NMES 组,步频、步速、步幅、步长显著高于 NMES 组($P<0.05$)。见表 4。

表 1 两组表面肌电值比较

组别	胫骨前肌(mVs)		肱二头肌(μ Vs)		腓肠肌(mVs)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
肌电诱发组	0.39±0.13	1.14±0.25 [*]	82.65±12.47	161.02±15.94 [*]	0.23±0.06	0.67±0.20 [*]
NMES 组	0.38±0.11	0.98±0.29 [*]	83.71±10.93	149.84±17.14 [*]	0.22±0.06	0.59±0.17 [*]
<i>t</i>	0.682	4.855	0.743	5.550	1.369	3.541
<i>P</i>	0.496	<0.001	0.458	<0.001	0.172	0.001

* 与治疗前比较, $P<0.05$

表 2 两组 GMFM、BI 评分比较

组别	GMFM(%)		BI(分)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
肌电诱发组	77.47±5.03	80.14±4.77 [*]	37.80±10.13	50.14±7.05 [*]
NMES 组	76.59±4.81	78.28±4.39 [*]	36.99±10.49	47.28±6.61 [*]
<i>t</i>	1.469	3.334	0.645	3.439
<i>P</i>	0.143	0.001	0.519	0.001

* 与治疗前比较, $P<0.05$

表 3 步态时间运动学参数比较(s)

组别	步态周期		双足支撑时间		患侧支撑时间		健侧支撑时间	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
肌电诱发组	1.32±0.15	1.13±0.19 [*]	0.72±0.13	0.41±0.10 [*]	0.26±0.08	0.35±0.06 [*]	0.34±0.08	0.37±0.11 [*]
NMES 组	1.34±0.12	1.19±0.16 [*]	0.73±0.09	0.49±0.12 [*]	0.25±0.07	0.32±0.08 [*]	0.35±0.10	0.38±0.12 [*]
<i>t</i>	1.210	2.807	0.735	5.951	1.093	3.486	0.907	0.714
<i>P</i>	0.228	0.005	0.463	<0.001	0.275	0.001	0.365	0.476

* 与治疗前比较, $P<0.05$

表 4 两组步态空间运动学参数比较

项目		肌电诱发组	NMES 组	<i>t</i>	<i>P</i>
步频(次/min)	治疗前	50.45±10.57	51.46±10.18	0.800	0.425
	治疗后	57.71±10.16 [*]	54.43±10.22 [*]	2.645	0.009
步速(m/s)	治疗前	0.57±0.14	0.59±0.11	1.305	0.193
	治疗后	0.77±0.16 [*]	0.71±0.17 [*]	2.986	0.003
步宽(m)	治疗前	0.27±0.05	0.28±0.06	1.488	0.138
	治疗后	0.20±0.04 [*]	0.22±0.05 [*]	3.629	<0.001
步长(m)	治疗前	0.37±0.10	0.36±0.09	0.864	0.389
	治疗后	0.47±0.08 [*]	0.43±0.07 [*]	4.372	<0.001
步幅(m)	治疗前	0.47±0.14	0.46±0.12	0.63	0.529
	治疗后	0.51±0.10 [*]	0.48±0.07 [*]	2.856	0.005

* 与治疗前比较, $P<0.05$

3 讨论

脑梗死患者常伴有神经功能受损、运动障碍、平衡能力降低等现象,严重者可能出现偏瘫,需通过康复训练和治疗促进患者神经功能运动重塑^[9]。NMES 可以改善神经缺损、激活神经传导、诱导肌肉

收缩,是临床常用的治疗手段,但其对肌肉周围的筋膜环境改善效果不佳,可能限制患者神经功能恢复程度^[10]。偏瘫早期,大脑损坏部位部分神经细胞仍可产生神经冲动,但不足以引起相应肌肉的运动,而 NMES 联合肌电诱发可通过反复的主动诱发

运动在体外建立运动神经反馈回路,一定程度上替代患者体内感受器的接收与传导功能,使相关信号得以返回感觉中枢建立新的反馈系统,使无法自主运动的肌肉完成整个感觉运动生物反馈过程,避免残存神经细胞因缺少神经冲动刺激而凋亡^[11]。

本研究结果显示,肌电诱发组患者经 NMES 联合肌电诱发治疗后胫骨前肌、肱二头肌、腓肠肌 sEMG 值显著升高,提示肌电诱发的引入强化了患者肌肉的活动。脑梗死偏瘫患者由于中枢神经系统受损,对下位脊髓前角运动神经元的传导减弱,导致患者患侧关键肌肌力下降^[12]。肌电图可将肌肉组织活动时产生的生物电放大并转换为电压进行量化,可用于检测肌肉功能恢复状况^[13]。胫骨前肌位于小腿内侧可影响踝关节运动,腓肠肌位于小腿后侧可影响跖屈运动,肱二头肌位于上臂前侧可影响屈肩、屈肘运动,胫骨前肌、腓肠肌、肱二头肌表面肌电值的增大说明肌电诱发对于主动肌肌力的提升、拮抗肌痉挛的抑制效果更佳^[14]。除此之外,本研究结果还表明肌电诱发组患者步态改善效果优于 NMES 组。脑梗死偏瘫患者的步行转移及步态问题是影响其日常生活独立性的主要原因之一,典型的偏瘫步态表现为足下垂、足内翻、患肢无法顺利摆离地面^[15,16]。步态障碍的发生主要由肌力减退、痉挛状态、异常的协同激活等综合因素所致,诱导皮肤或肌肉的本体感受器产生感觉信息并促进患侧肢体的使用可显著改善患者步态^[17]。本研究中患者经肌电诱发联合 NMES 治疗后,双足支撑时间、步行周期显著缩短,说明肌电诱发可显著提高患侧肢体肌肉控制能力、提高患者平衡能力;步长、步频、步速、步幅的增大和步宽的减小也说明患者的负重能力、步行的稳定性和平衡性都得到了显著改善。肌肉反复的自主运动和可视化肌电信号的使用可使运动皮质神经元兴奋,有利于神经元的发育、分化以及树突的重建^[18]。本研究肌电诱发组患者 GMFM 和 BI 评分的显著提高也证实了肌电诱发 NMES 促进运动功能恢复的良好效果。

综上,肌电诱发 NMES 可以更好地激活患侧肌肉,促进自主运动,利用中枢神经的可塑性,促进大脑功能的重组。但本研究存在病例数较少等不足,后续仍需更多大样本量研究进行佐证。

【参考文献】

[1] Lin YY, Guo SJ, Quan H, et al. Donepezil improves gait performance in patients with an acute cerebral infarction: a prospective observational cohort study[J]. *Curr Neurovasc Res*,

- 2020, 17(3):304-311.
- [2] 徐雪迪,徐雪梅,陈和木,等. 神经肌肉电刺激联合 Rood 技术对脑卒中软瘫期患者上肢功能的影响[J]. *安徽医学*, 2022, 43(9):995-998.
- [3] Hong J, Jung T, Kim A, et al. Effects of position-triggered electrical stimulation on poststroke hemiparetic shoulder subluxation[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021, 57(5):677-684.
- [4] 肖波,蒋文彬,王君璐,等. 诱发肌电在脑瘫患儿选择性脊神经后根离断术中的应用进展[J]. *临床小儿外科杂志*, 2022, 21(10):901-906.
- [5] Vicente M, Samuel B, Marisa O, et al. Electrophysiology of Sensory and Motor Nerve Root Fibers in Selective Dorsal Rhizotomies[J]. *Pediatr Neurosurg*, 2020, 55(1):17-25.
- [6] 彭斌,吴波. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. *中华神经科杂志*, 2018, 51(9):666-682.
- [7] 史惟,廖元贵,杨红,等. 粗大运动功能测试量表与 Peabody 粗大运动发育量表在脑性瘫痪康复疗效评估中的应用[J]. *中国康复理论与实践*, 2004, 10(7):423-424.
- [8] 邱晓玲,高源. 针灸结合药透治疗对脑卒中偏瘫患者 BI 指数及患者肢体肌力的情况分析[J]. *贵州医药*, 2020, 44(1):97-99.
- [9] 李雪飞,王伟伟,汪道静,等. 等速肌力训练康复对脑卒中偏瘫病人步行能力及免疫功能的影响[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2021, 19(17):2998-3001.
- [10] 杨晓龙,曲斯伟,孙丽,等. 运动贴布联合神经肌肉电刺激对脑卒中后亚急性期足下垂患者步行障碍的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(5):560-565.
- [11] 于靖,赵沂敏. 肌电诱发神经肌肉电刺激改善脑卒中患者偏瘫下肢运动功能的 I 临床研究[J]. *北京医学*, 2010, 32(10):805-806.
- [12] 朱琳,席艳玲,黄海霞,等. 机器人辅助训练对脑卒中患者上肢屈肌痉挛的疗效观察及表面肌电图分析[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(8):954-958.
- [13] Roy SH, Cheng MS, Chang SS, et al. A combined sEMG and accelerometer system for monitoring functional activity in stroke[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2009, 17(6):585-594.
- [14] 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挛型足下垂的临床研究[J]. *卒中与神经疾病*, 2022, 29(3):240-243.
- [15] 王亚因,张通,杜雪晶,等. 脑卒中偏瘫患者步态参数与平衡功能的关系[J]. *中国康复理论与实践*, 2022, 28(1):38-43.
- [16] 姜天伟,田梦,刘彦彬,等. 本体感觉神经肌肉促进疗法躯干训练结合神经肌肉电刺激对脑卒中患者平衡功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(8):986-989.
- [17] Choi W, Han DH, Kim J, et al. Whole-body vibration combined with treadmill training improves walking performance in post-stroke patients: a randomized controlled trial[J]. *Med Sci Monit*, 2017, 23(1):4918-4925.
- [18] 钟连超,魏鸿瞻,董心,等. 步态适应性训练在脑卒中康复中应用的研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2021, 27(1):54-59.

(收稿日期:2023-10-18;修回日期:2024-01-15)

(本文编辑:彭羽)