

孙龙胤, 王维. 红外偏振光联合神经肌肉电刺激对缺血性脑卒中患者疗效及血清 NT-3、BDNF、NGF 水平的影响[J]. 中南医学科学杂志, 2025, 53(6): 1113-1116.

DOI:10.15972/j.cnki.43-1509/r.2025.06.043

· 临床医学 ·

## 红外偏振光联合神经肌肉电刺激对缺血性脑卒中患者疗效及血清 NT-3、BDNF、NGF 水平的影响

孙龙胤, 王维

锦州医科大学附属第一医院康复科, 辽宁锦州 121001

**[摘要]** 目的 探究红外偏振光联合神经肌肉电刺激(NMES)对缺血性脑卒中(IS)患者疗效及血清神经生长因子-3(NT-3)、脑源性神经营养因子(BDNF)及神经生长因子(NGF)的影响。方法 选取 IS 患者 100 例,随机均分为对照组(NMES 治疗)和研究组(NMES+红外偏振光治疗),每组 50 例。比较两组神经功能[美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分、中国卒中量表(CSS)评分]、运动功能[上肢动作研究量表(ARAT)、下肢 Fugl-Meyer 量表(FMA)、肌肉骨骼功能量表(SMFA)、Berg 平衡量表(BBS)]、血流动力学指标[动态阻抗(DR)、脑平均血流量(CBF)、血流速度(MBF)]、生活质量[改良 Barthel 指数(MBI)、卒中专用生活质量量表(SS-QOL)]及血清 NT-3、BDNF 及 NGF 水平。结果 与治疗前比较,治疗后两组 NIHSS 评分、CSS 评分、SMFA 评分、DR 均降低,上肢 ARAT 评分、下肢 FMA 评分、BBS 评分、CMBI 评分、SS-QOL 评分、BF、MBF、NT-3、BDNF、NGF 水平均升高;且研究组变化较对照组更为显著( $P<0.05$ )。结论 红外偏振光联合 NMES 治疗 IS 可明显改善患者神经功能、运动功能及血流动力学指标,提高血清神经营养因子水平,提升患者生活质量。

**[关键词]** 缺血性脑卒中; 红外偏振光; 神经肌肉电刺激; 神经营养因子

**[中图分类号]** R743.3

**[文献标识码]** A

### Effects of infrared polarized light combined with neuromuscular electrical stimulation on efficacy and serum NT-3, BDNF, NGF levels in patients with ischemic stroke

SUN Longyin, WANG Wei

Department of Rehabilitation, The First Affiliated Hospital of Jinzhou Medical University, Jinzhou 121001, Liaoning, China

**[ABSTRACT]** **Aim** To explore the effects of infrared polarized light combined with neuromuscular electrical stimulation (NMES) on the therapeutic efficacy and serum levels of neurotrophin-3 (NT-3), brain-derived neurotrophic factor (BDNF), and nerve growth factor (NGF) in patients with ischemic stroke (IS). **Methods** A total of 100 IS patients were selected and randomly and equally divided into a control group (receiving NMES therapy) and a study group (receiving NMES plus infrared polarized light therapy), with 50 patients in each group. Neurological function (national institutes of health stroke scale (NIHSS), China stroke scale (CSS) scores), motor function (action research arm test (ARAT) score for upper limbs, Fugl-Meyer assessment (FMA) score for lower limbs, short musculoskeletal function assessment (SMFA) score, Berg balance scale (BBS) score), hemodynamic parameters (dynamic resistance (DR), blood flow (BF), mean blood flow (MBF)), quality of life (modified barthel index (MBI), stroke-specific quality of life scale (SS-QOL) score), and serum levels of NT-3, BDNF, and NGF were compared between the two groups.

**Results** Compared with the levels before treatment, after treatment, both groups showed decreased NIHSS scores, CSS scores, SMFA scores, and DR, while upper limb ARAT scores, lower limb FMA scores, BBS scores, MBI scores, SS-QOL scores, BF, MBF, and serum levels of NT-3, BDNF, and NGF increased. These changes were more significant in the study group compared to the control group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Infrared polarized light combined with NMES as a way for treating IS can significantly improve patients' neurological function, motor function, and hemodynamic parameters, increase serum neurotrophic factor levels, and enhance patients' quality of life.

**[KEY WORDS]** ischemic stroke; infrared polarized light; neuromuscular electrical stimulation; neurotrophic factor

**[收稿日期]** 2025-01-24

**[修回日期]** 2025-09-28

**[作者简介]** 孙龙胤,副主任医师,研究方向为眩晕及神经系统疾病所致神经功能损伤的康复治疗,E-mail 为 sunlongyin1985@163.com。通信作者王维,硕士,主任医师,硕士研究生导师,研究方向为骨与关节疾病、脑卒中、面瘫及带状疱疹的康复治疗,E-mail 为 dubutianxia315@163.com。

缺血性脑卒中(ischaemic stroke, IS)是中国中老年人常见病,发病急,致残率高,严重影响患者生活质量。血栓形成是IS的主要病因,临床上常以药物溶栓、手术介入等进行治疗,虽可有效改善患者凝血功能和血流动力学,但不良反应大,且其效果会随着时间推移而降低。神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation, NMES)作为安全有效的物理疗法,可通过刺激神经肌肉改善卒中患者局部循环与运动功能<sup>[1]</sup>,并可能调节如脑源性神经营养因子(brain-derived neurotrophic factor, BDNF)等神经营养因子表达。红外偏振光疗法具有镇痛、抗炎和促进微循环的作用,已用于软组织损伤康复<sup>[2]</sup>。然而,红外偏振光联合NMES在IS康复中的协同作用及其对神经营养因子如神经营养因子-3(neurotrophin-3, NT-3)、BDNF与神经生长因子(nerve growth factor, NGF)的影响尚不明确。本研究旨在分析该联合方案对IS患者神经功能、运动功能及血清NT-3、BDNF、NGF水平的影响,为临床康复治疗提供参考,现报道如下。

## 1 资料和方法

### 1.1 一般资料

选取2023年1月—2024年12月本院收治的100例IS患者,按随机数字表法均分为对照组与研究组,各50例。对照组男29例,女21例,年龄(68.32±4.15)岁,合并高血压15例、糖尿病12例,病程(3.02±0.56)天。研究组男33例,女17例,年龄(68.40±4.28)岁,合并高血压17例、糖尿病15例,病程(3.13±0.51)天。两组以上资料比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。纳入标准:①符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》<sup>[3]</sup>相关诊断标准;②意识清楚,可配合完成研究;③患者或家属知情同意并签署同意书;④均为首次发病,入组前未接受溶栓等针对性治疗;⑤无治疗相关禁忌证。排除标准:①继发性脑出血;②肢体功能障碍或手术史;③严重器官功能不全、血液系统疾病、精神疾病、急慢性感染、免疫性疾病或恶性肿瘤;④处于急性发作期或病情持续进展;⑤既往有脑血管疾病史。本研究经本院伦理委员会审核通过(20221021)。

### 1.2 治疗方法

两组患者取仰卧位,采用KT-90A型神经肌肉电刺激仪(北京御健康复医疗仪器有限公司)进行治疗。将电极置于受损神经近端与远端,频率35 Hz,

脉宽200  $\mu$ s,通电10 s,断电50 s间歇模式,每次治疗30 min,每日1~2次,每周5天,连续治疗12周。研究组联合H4型红外偏振光治疗仪(珠海黑马医学仪器有限公司)进行干预。患者取平卧位,波长810 nm,输出功率300 mW,光斑直径约1 cm,光源距皮肤约1 cm,照射患侧肢体近端大肌群。每个治疗点照射3~5 min,单次总治疗时长<20 min,隔日1次,以10~15次为1个疗程,间歇1周,共治疗12周。

### 1.3 观察指标

于治疗前及治疗12周后,分别对以下指标进行测评。①脑血流动力学指标:采用LOGIQ E10s超声诊断仪(韩国通用电气超声有限公司)检测动态阻抗(dynamic resistance, DR)、脑平均血流量(cerebral blood flow, CBF)与血流速度(myocardial blood flow, MBF)。②血清神经营养因子水平:采集患者空腹静脉血5 mL,经3 000 r/min离心10 min后取血清,采用ELISA试剂盒(深圳市爱康试剂有限公司)检测NT-3、BDNF及NGF水平。③神经功能评估:由专业医护人员指导患者完成各项量表测评,包括美国国立卫生研究院卒中量表(national institute of health stroke scale, NIHSS)<sup>[4]</sup>与中国卒中量表(China stroke scale, CSS)<sup>[5]</sup>评估神经功能缺损程度,NIHSS评分总分42分,分值越高越严重;CSS评分包含8个维度,总分45分,分值越高表示神经功能缺损越严重。④运动功能评估<sup>[6]</sup>:采用上肢动作研究量表(action research arm test, ARAT)、下肢Fugl-Meyer量表(Fugl-Meyer assessment for lower extremity, FMA)、肌肉骨骼功能量表(short musculoskeletal function assessment, SMFA)及Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)评估肢体运动与平衡功能;ARAT总分57分,分数越低功能障碍越严重;FMA总分34分,分数越低功能障碍越严重;SMFA总分100分,分数越低功能越好;BBS评分总分56分,分数越高平衡越好。⑤生活质量评估<sup>[7]</sup>:改良Barthel指数(modified Barthel index, MBI)与卒中专用生活质量量表(stroke-specific quality of life scale, SS-QOL)评估日常生活活动能力及生活质量,总分100分,分数越高生活质量越好。

### 1.4 统计学分析

采用SPSS 25.0统计学软件分析数据。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用 $t$ 检验;计数资料以例(%)表示,采用 $\chi^2$ 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组神经功能比较

治疗前,两组 NIHSS 评分、CSS 评分比较差异无显著性( $P>0.05$ )。与治疗前比较,治疗后两组 NIHSS 评分、CSS 评分均降低,且研究组低于对照组( $P<0.05$ ;表 1)。

表 1 两组神经功能比较 分

指标	对照组		研究组	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
NIHSS	13.63±2.61	8.35±1.21 <sup>a</sup>	13.44±2.28	6.70±1.14 <sup>ab</sup>
CSS	8.44±1.02	6.53±0.89 <sup>a</sup>	8.31±1.15	5.76±1.03 <sup>ab</sup>

注:a 为  $P<0.05$ ,与同组治疗前比较;b 为  $P<0.05$ ,与对照组治疗后比较。

### 2.2 两组运动功能比较

治疗前,两组各运动功能评分比较差异无显著性( $P>0.05$ )。与治疗前比较,治疗后两组上肢 ARAT 评分、下肢 FMA 评分、BBS 评分均升高,SMFA 评分降低;且研究组变化较对照组更为显著( $P<0.05$ ;表 2)。

表 2 两组运动功能比较 分

指标	对照组		研究组	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
上肢 ARAT	23.20±2.37	30.18±2.54 <sup>a</sup>	22.88±2.30	34.75±2.21 <sup>ab</sup>
下肢 FMA	14.23±2.77	18.04±2.36 <sup>a</sup>	14.50±2.81	21.72±2.30 <sup>ab</sup>
SMFA	70.92±3.18	52.28±3.33 <sup>a</sup>	70.66±3.57	38.18±3.56 <sup>ab</sup>
BBS	11.28±2.39	26.25±2.78 <sup>a</sup>	10.99±2.07	40.54±3.95 <sup>ab</sup>

注:a 为  $P<0.05$ ,与同组治疗前比较;b 为  $P<0.05$ ,与对照组治疗后比较。

### 2.3 两组脑血流动力学指标比较

治疗前,两组 DR、CBF、MBF 比较差异无显著性( $P>0.05$ )。与治疗前比较,治疗后两组 DR 降低,CBF、MBF 升高,且研究组各指标变化较对照组更显著( $P<0.05$ ;表 3)。

表 3 两组脑血流动力学指标比较

指标	对照组		研究组	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
DR/(kPa·s/m)	42.26±3.68	36.25±3.18 <sup>a</sup>	42.56±3.55	32.20±3.76 <sup>ab</sup>
CBF/(cm <sup>3</sup> /s)	6.68±0.94	7.77±1.25 <sup>a</sup>	6.73±1.05	10.15±1.36 <sup>ab</sup>
MBF/(cm/s)	11.17±1.38	15.20±1.33 <sup>a</sup>	11.46±1.55	17.98±1.26 <sup>ab</sup>

注:a 为  $P<0.05$ ,与同组治疗前比较;b 为  $P<0.05$ ,与对照组治疗后比较。

### 2.4 两组血清神经营养因子水平比较

治疗前,两组血清 NT-3、BDNF 及 NGF 水平比较差异无显著性( $P>0.05$ )。与治疗前比较,治疗后两组血清 NT-3、BDNF 及 NGF 水平升高,且研究组高于对照组( $P<0.05$ ;表 4)。

表 4 两组血清神经营养因子水平比较  $\mu\text{g/L}$

指标	对照组		研究组	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
NT-3	7.21±1.10	9.69±1.25 <sup>a</sup>	7.14±1.38	11.53±1.08 <sup>ab</sup>
BDNF	3.55±0.51	7.01±1.23 <sup>a</sup>	3.62±0.43	8.85±1.38 <sup>ab</sup>
NGF	110.58±10.14	125.64±10.45 <sup>a</sup>	112.20±10.39	147.64±11.57 <sup>ab</sup>

注:a 为  $P<0.05$ ,与同组治疗前比较;b 为  $P<0.05$ ,与对照组治疗后比较。

### 2.5 两组生活自理能力及生活质量比较

治疗前,两组 MBI 评分、SS-QOL 评分比较差异无显著性( $P>0.05$ )。与治疗前比较,治疗后两组 MBI、SS-QOL 评分升高,且研究组高于对照组( $P<0.05$ ;表 5)。

表 5 两组生活自理能力及生活质量比较 分

指标	对照组		研究组	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
MBI	35.23±3.86	55.14±3.14 <sup>a</sup>	34.90±3.69	67.34±3.76 <sup>ab</sup>
SS-QOL	92.47±8.11	129.83±12.37 <sup>a</sup>	93.05±7.80	153.52±18.23 <sup>ab</sup>

注:a 为  $P<0.05$ ,与同组治疗前比较;b 为  $P<0.05$ ,与对照组治疗后比较。

## 3 讨论

IS 的传统治疗主要包括药物溶栓、抗血小板聚集、改善微循环以及康复训练等,虽然这些方法在临床中广泛应用,但仍存在一定的局限性。近年来研究证实,NMES 对于脑卒中后偏瘫、吞咽障碍、肌肉痉挛等的改善效果显著<sup>[8]</sup>。红外偏振光治疗利用其深部穿透特性,可有效改善局部微循环,减轻炎症反应,两者协同应用可有效改善 IS 患者病情。

本研究发现,治疗 12 周后与治疗前比较,治疗后两组 NIHSS 评分、CSS 评分均降低,且研究组低于对照组;同时,与治疗前比较,治疗后两组上肢 ARAT 评分、下肢 FMA 评分、BBS 评分均升高,SMFA 评分降低;且研究组变化较对照组更为显著,提示红外偏振光联合神经肌肉电刺激治疗更有助于改善 IS 患者的神经功能和运动功能。Xiang 等<sup>[9]</sup>研究认为,神经肌肉电刺激可促进卫星细胞成肌分

化,从而缓解与 IS 有关的肌肉疏松症和运动功能障碍;Tang 等<sup>[10]</sup> 研究显示,NMES 的短期调节显著增强了对侧大脑半球和患侧上肢的皮质-肌肉相互作用,促进皮质-肌肉-皮质功能网络间相互作用,从而改善卒中患者运动功能。陈俊英等<sup>[11]</sup> 研究结果证实,红外偏振光能有效改善卒中患者的上肢运动功能,减少患者痛苦,这些研究均印证了本研究结果。神经肌肉电刺激通过低频电流直接作用于靶肌肉及其支配神经,不仅能够预防肌肉萎缩、增强肌力,更能促进中枢神经系统重塑。而红外偏振光特定波长的光波能够穿透深层组织,引起血管扩张,增加局部血流量,为受损神经组织提供更充分的氧供。

本研究发现,与治疗前比较,治疗后两组 DR 降低,CBF、MBF 升高,且研究组各指标变化较对照组更显著,提示红外偏振光联合神经肌肉电刺激治疗对于 IS 患者血流动力学的改善效果更佳。研究认为,神经肌肉电刺激通过低频电流激活瘫痪肌肉的运动单位,不仅增强肌肉收缩能力,还通过传入神经反馈促进大脑感觉运动皮层的可塑性变化,增强肌肉泵效应,从而降低血栓形成风险<sup>[12]</sup>。红外偏振光的加入则通过其独特的光生物调节作用,直接改善脑微循环。近红外光(600 ~ 1 600 nm)能够穿透皮肤和血管,促进血管内皮细胞一氧化氮(nitric oxide, NO)释放,降低血管阻力,从而增加缺血半暗带的血流灌注<sup>[13]</sup>,改善血流动力学。

本研究发现,与治疗前比较,治疗后两组血清 NT-3、BDNF 及 NGF 水平升高,且研究组高于对照组。BDNF 作为突触可塑性的关键调控因子,其表达增加可能与运动功能改善直接相关,NGF 则更多参与感觉神经元的存活和轴突再生,而 NT-3 对脊髓运动神经元的保护作用尤为突出。研究表明<sup>[14]</sup>,电刺激能够显著增加运动皮层和脊髓中 BDNF 的 mRNA 表达,其机制可能与神经元去极化后钙离子内流增加激活钙调蛋白依赖性蛋白激酶等转录调控通路有关。红外偏振光的加入则能够穿透组织直达细胞线粒体,提高 ATP 的合成效率,改善神经元的蛋白合成和轴突生长<sup>[15]</sup>。同时,红外偏振光已被证实可以下调促炎性细胞因子的表达,减轻神经炎症对神经营养因子合成的抑制作用。两种治疗方式的联合有助于改善 IS 患者神经修复微环境,提升神经元修复效果。

本研究发现,与治疗前比较,治疗后两组 MBI、SS-QOL 评分升高,且研究组高于对照组。红外偏振光联合神经肌肉电刺激使 IS 促使患者神经功能、运动功能、血液循环及神经营养因子均得到显著改善,从而使 IS 患者治疗后生活自理能力和生活质量。

综上所述,红外偏振光联合神经肌肉电刺激治疗缺血性脑卒中可明显改 IS 患者神经功能、运动功能及血流动力学指标,提高血清神经营养因子水平,提升患者生活质量。

#### [参考文献]

- [1] BAŞARAN P Ö, BÜYÜKŞİRECI D E. Comparison of low-level laser therapy versus neuromuscular electrical nerve stimulation at hemiplegic shoulder pain and upper extremity functions[J]. *Lasers Med Sci*, 2025, 40(1): 42.
- [2] 苏毅, 王怀泽, 王超, 等. 八髎穴齐刺联合红外偏振光治疗急性非特异性下腰痛临床研究[J]. *针灸临床杂志*, 2024, 40(6): 21-26.
- [3] 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.
- [4] KWAH LK, DIONG J. National institutes of health stroke scale (NIHSS)[J]. *J Physiother*, 2014, 60(1): 61.
- [5] 陶子荣. 我国脑卒中患者临床神经功能缺损评分标准信度、效度及敏感度的评价[J]. *第二军医大学学报*, 2009, 30(3): 3.
- [6] 闫梦婉, 吴敏, 贾姝娟, 等. 指部徒手感觉刺激联合健康教育对卒中偏瘫患者肢体功能的影响[J]. *中华保健医学杂志*, 2023, 25(2): 218-220.
- [7] 林夏妃, 吴海霞, 史静琴, 等. 呼吸肌训练经皮质-膈肌通路对缺血性脑卒中患者的作用机制分析[J]. *卒中与神经疾病*, 2022, 29(5): 442-447.
- [8] NISHIKAWA Y, WATANABE K, KAWADE S, et al. The effect of a portable electrical muscle stimulation on brain-derived neurotrophic factor in elderly people: three case studies[J]. *Gerontol Geriatr Med*, 2021, 7(1): 23337214211040319.
- [9] XIANG X, HUANG L, LUO W, et al. Neuromuscular electrical stimulation alleviates stroke-related sarcopenia by promoting satellite cells myogenic differentiation via AMPK-ULK1-autophagy axis[J]. *J Orthop Translat*, 2025, 52(1): 249-264.
- [10] TANG J, XI X, WANG T, et al. Evaluation of the impacts of neuromuscular electrical stimulation based on cortico-muscular-cortical functional network[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2025, 265: 108735.
- [11] 陈俊英. 中频结合红外偏振光治疗脑卒中后肩手综合征患者的疗效观察[J]. *医学理论与实践*, 2018, 31(17): 2669-2671.
- [12] CHOI Y, LEE S, KIM M, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation with gastrocnemius strengthening on foot morphology in stroke patients: a randomized controlled trial[J]. *Healthcare (Basel)*, 2024, 12(7): 777.
- [13] 杨君君. 红外偏振光联合氟桂利嗪治疗偏头痛的疗效及对脑血流、血管活性因子的影响[J]. *中国激光医学杂志*, 2020, 29(4): 219-224.
- [14] NISHIKAWA Y, SAKAGUCHI H, KAWADE S, et al. Electrical muscle stimulation in young adults: effect of muscle volume on brain-derived neurotrophic factor levels[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2023, 123(2): 361-366.
- [15] 刘华波, 赵彩红. 红外偏振光照射星状神经节治疗颈源性头痛的疗效观察[J]. *浙江临床医学*, 2023, 25(6): 854-855.

(此文编辑 朱雯霞)