

## 论著·临床研究

本体感觉神经肌肉促进技术联合功能性电刺激踏板治疗对  
脑卒中患者上肢功能的影响\*

杨文裕, 李 哲

(郑州大学第五附属医院康复医学科/河南省康复临床医学研究中心, 河南 郑州 450052)

**[摘要]** 目的 观察本体感觉神经肌肉促进(PNF)技术联合功能性电刺激踏板(FES-cycling)治疗对脑卒中患者上肢功能的影响。方法 选取 2021 年 5 月至 2022 年 5 月在该院康复科收治的 60 例脑卒中患者作为研究对象,采用随机数字表法分为 PNF 组(A 组)、FES-cycling 组(B 组)和 PNF+FES-cycling 组(C 组),每组 20 例,共持续治疗 4 周。对 3 组患者治疗前后、随访时(治疗结束后 2 周)上肢肌张力[改良 Ashworth 分级(MAS)]及运动功能[Fugl-Meyer 运动功能评定量表(FMA)]、日常生活活动能力[ADL,改良 Barthel 指数(MBI)]进行评定。结果 3 组患者治疗后、随访时 MAS 评分均较治疗前降低,且 C 组患者均低于 A、B 组, FMA、MBI 评分均较治疗前提高,且 C 组患者均高于 A、B 组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。结论 PNF 技术联合 FES-cycling 治疗可显著改善脑卒中患者上肢痉挛情况,提高肢体运动功能及 ADL。

**[关键词]** 本体感觉神经肌肉促进技术; 功能性电刺激踏板; 脑卒中; 上肢功能

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2023.04.007 中图法分类号:R493

文章编号:1009-5519(2023)04-0568-04

文献标识码:A

Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation technology combined with functional electrical  
stimulation treadmill on upper limb function in stroke patients\*

YANG Wenyu, LI Zhe

(Department of Rehabilitation Medicine, the Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University/  
Henan Rehabilitation Clinical Medical Research Center, Zhengzhou, Henan 450052, China)

**[Abstract]** **Objective** To observe the effect of proprioceptive neuromuscular promotion (PNF) technology combined with functional electrical stimulation treadmill (FES-cycling) on upper limb function in stroke patients. **Methods** A total of 60 stroke patients receiving treatment in the Rehabilitation Department of this hospital were selected and divided into PNF group (group A), FES-cycling group (group B) and PNF combined with FES-cycling group (group C) according to random number table method, with 20 cases in each group. The patients were treated for four weeks. The muscle tone, motor function and activities of daily living (ADL) of the upper limbs of the three groups were evaluated before treatment, after treatment and during follow-up. **Results** After treatment and at follow-up, the scores of modified Ashworth scale (MAS) in the three groups was significantly lower than those before treatment, and those in group C were significantly lower than those in group A and B, with statistical significance ( $P < 0.05$ ). The scores of Fugl-Meyer motor function rating scale (FMA) and Modified Barbi index (MBI) in the three groups were significantly higher than those before treatment, and the scores of FMA and MBI in the group C were significantly higher than those in the group A and group B, with statistical significance ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** PNF combined with FES-cycling can significantly improve the spasticity of the upper limb in stroke patients and improve the limb motor function and ADL.

**[Key words]** Proprioceptive neuromuscular facilitation technology; Functional electric stimulation treadmill; Stroke; Limb function

脑卒中发病率逐年上升,遗留功能障碍者也越来越多。脑卒中偏瘫后遗留的上肢功能障碍严重影响

\* 基金项目:河南省医学科技攻关计划省部共建项目(SBGJ202002092)。

作者简介:杨文裕(1989—),硕士研究生,医师,主要从事神经康复方面的研究。

了患者的日常生活活动能力(ADL)<sup>[1]</sup>及生活质量。因此,脑卒中偏瘫后上肢功能的恢复显得尤为重要。本体感觉神经肌肉促进(PNF)技术通过刺激本体感受器,诱导神经肌肉系统反应,促进肢体功能恢复<sup>[2]</sup>。功能性电刺激(FES)属于低频神经肌肉电刺激,用预先设定的电刺激刺激支配肌肉的神经,模拟正常肌肉主动收缩模式恢复肌群功能,提高肢体活动能力。功能性电刺激踏车(FES-cycling)是将智能循环踏车系统与 FES 结合,按照一定顺序不断交替、反复刺激屈伸肌群以协助患侧肢体完成踏车运动。有研究表明,PNF 技术可改善脑卒中患者的上肢痉挛及运动功能<sup>[3]</sup>;FES-cycling 可提高早期脑卒中患者上肢主动运动功能和 ADL<sup>[4]</sup>。与单一训练比较,多种康复治疗

方法相结合能更有效地改善脑卒中患者上肢功能<sup>[5]</sup>。因此,本研究将 PNF 技术与 FES-cycling 联合,观察了脑卒中患者上肢功能的改善情况,旨在为康复治疗提供新思路。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

**1.1.1 一般资料** 选取 2021 年 5 月至 2022 年 5 月本院康复科收治的 60 例脑卒中偏瘫患者作为研究对象,采用随机数字表法分为 PNF 组(A 组)、FES-cycling 组(B 组)和 PNF+FES-cycling 组(C 组),每组 20 例。3 组患者一般资料比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性。见表 1。本研究获本院医学伦理委员会审批(伦理审查编号:KY2020014)。

表 1 3 组患者一般资料比较

组别	n	性别(n)		年龄 ( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	病程 ( $\bar{x}\pm s$ ,d)	脑卒中类型(n)		偏瘫侧(n)	
		男	女			脑梗死	脑出血	左侧	右侧
A 组	20	11	9	61.20±6.20	51.35±15.01	10	10	12	8
B 组	20	10	10	61.25±5.33	49.65±16.48	11	9	14	6
C 组	20	9	11	62.70±4.91	50.50±21.28	11	9	11	9

**1.1.2 纳入与排除标准** 纳入标准:(1)符合脑卒中诊断标准<sup>[6]</sup>,同时经影像学检查证实存在一侧大脑半球器质性损害;(2)首次发作脑血管病,均出现偏瘫症状;(3)病情稳定,病程在 3 个月内;(4)可配合完成训练任务;(5)患侧上肢屈伸肌群肌张力评定在改良 Ashworth 分级(MAS)2 级及以下;(6)签署本研究知情同意书。排除标准:(1)偏瘫侧上肢存在周围神经损伤、皮肤破损或骨折;(2)生命体征不平稳。

## 1.2 方法

**1.2.1 治疗方法** 3 组患者入院后均接受常规治疗,包括药物和康复治疗。药物治疗为根据患者病情应用营养神经、降压、降糖、促进脑代谢、活血化瘀等药物,整个治疗过程中未应用对肌张力产生影响的药物;康复治疗为根据患者肢体功能情况使用手功能训练、文体训练、平衡功能训练、关节活动训练等,配合理疗,如中频、低频等。每天锻炼总时长不低于 4 h,每周 6 次,持续锻炼 4 周。A 组患者在接受常规治疗基础上同时给予 PNF 技术治疗。整个治疗过程均由 1 名熟练掌握 PNF 技术的治疗师治疗。根据患者具体功能情况,灵活运用徒手接触、言语刺激、牵拉推挤、扩散和增强、阻力、体位、视觉引导、节律及运动模式等基本技巧与手法,每次 40 min,每天 1 次,每周 6 次,持续治疗 4 周。B 组患者在接受常规治疗基础上同时给予 FES-cycling 治疗(RT-300, Restorative Therapies/美国, SLSA),患者取端坐位,两手放在上

肢踏板上(可用绷带协助固定),将 6 组共 12 个 3 cm×3 cm 标准表面电极分别置于患侧上肢的肱三头肌(1 组电极片)、肱二头肌(1 组电极片)、冈上肌和三角肌(1 组电极片)、菱形肌和前锯肌(1 组电极片)、腕伸肌(1 组电极片)、腕屈肌(1 组电极片),程序设置为交替刺激屈伸肌群,诱发肢体产生运动。FES 频率设置为 25 Hz,脉宽设置为 0.25 ms<sup>[7]</sup>,最大耐受刺激为 20~30 mA,在患者无不适感、出现肉眼可见肌肉收缩及诱发正确肢体运动前提下调整刺激强度。将 FES 与智能循环运动同步进行,包括被动、助动、主动 3 种运动模式,根据患侧上肢运动功能情况进行调节,每次 30 min,每天 1 次,每周 6 次,持续治疗 4 周。C 组患者在接受常规治疗基础上同时给予 PNF 技术和 FES-cycling 治疗,持续治疗 4 周。

**1.2.2 观察指标** 康复评定师在治疗前后、随访时(治疗结束后 2 周)对 3 组患者肌张力、上肢运动功能和 ADL 进行评定。(1)肱二头肌肌张力:MAS。1<sup>+</sup>级计 1.5 分,其余分数与等级相对应,等级越高分数越高<sup>[8]</sup>。(2)上肢运动功能:Fugl-Meyer 运动功能评定量表(FMA)的上肢部分,最高为 66 分,得分越高提示上肢运动功能越好<sup>[9]</sup>。(3)ADL:改良 Barthel 指数(MBI)。总分为 100 分,得分越高提示 ADL 越强<sup>[7]</sup>。

**1.3 统计学处理** 应用 SPSS21.0 统计软件进行数据分析。计量资料以  $\bar{x}\pm s$  表示,所有数据均符合正态分布且方差齐,3 组间比较采用方差分析,两两比较

采用  $t$  检验。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 3 组患者不同时间点 MAS 评分比较** 3 组患者治疗前 MAS 评分比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 3 组患者治疗后、随访时 MAS 评分均低于治疗前, 且 C 组患者且均低于 A、B 组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 3 组患者不同时间点 MAS 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	$n$	治疗前	治疗后	随访时
A 组	20	1.28 ± 0.34	0.78 ± 0.55 <sup>a</sup>	0.65 ± 0.49 <sup>a</sup>
B 组	20	1.25 ± 0.34	0.80 ± 0.59 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.55 <sup>a</sup>
C 组	20	1.28 ± 0.34	0.40 ± 0.50 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.44 <sup>a</sup>
$F$	—	0.035	3.479	5.889
$P$	—	0.965	0.043	0.010

注: —表示无此项; 与同组治疗前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

**2.2 3 组患者不同时间点 FMA 评分比较** 3 组患者治疗前 FMA 评分比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 3 组患者治疗后、随访时 FMA 评分均高于治疗前, 且 C 组患者均高于 A、B 组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 3 3 组患者不同时间点 FMA 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	$n$	治疗前	治疗后	随访时
A 组	20	17.15 ± 4.93	30.05 ± 8.41 <sup>a</sup>	31.40 ± 7.84 <sup>a</sup>
B 组	20	17.80 ± 6.25	35.50 ± 9.75 <sup>a</sup>	38.45 ± 9.58 <sup>a</sup>
C 组	20	17.70 ± 4.76	47.65 ± 1.95 <sup>a</sup>	51.45 ± 9.32 <sup>a</sup>
$F$	—	0.085	20.152	25.847
$P$	—	0.918	<0.001	<0.001

注: —表示无此项; 与同组治疗前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

**2.3 3 组患者不同时间点 MBI 评分比较** 3 组患者治疗前 MBI 评分比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 3 组患者治疗后、随访时 MBI 评分均高于治疗前, 且 C 组患者均高于 A、B 组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 4。

表 4 3 组患者不同时间点 MBI 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	$n$	治疗前	治疗后	随访时
A 组	20	32.95 ± 9.26	52.25 ± 9.38 <sup>a</sup>	56.50 ± 9.43 <sup>a</sup>
B 组	20	32.15 ± 9.93	51.95 ± 9.67 <sup>a</sup>	54.40 ± 9.60 <sup>a</sup>
C 组	20	32.10 ± 5.41	58.50 ± 7.12 <sup>a</sup>	63.75 ± 6.46 <sup>a</sup>
$F$	—	0.064	3.534	6.480
$P$	—	0.938	0.036	0.003

注: —表示无此项; 与同组治疗前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

## 3 讨 论

脑卒中后上肢功能障碍严重影响患者日常生活, 降低生活质量。经常规康复后大部分患者仍遗留上

肢功能障碍。因此, 脑卒中后上肢功能恢复一直是康复医生高度关注的问题。近年来, 多项研究表明, PNF 技术与其他治疗方法结合比单一治疗方法能更有效地改善脑卒中后上肢功能, 如 PNF 联合经颅磁刺激技术<sup>[5]</sup>、PNF 技术的拉伸训练联合 Bobath 握手训练<sup>[10]</sup>等。本研究将 PNF 技术与 FES-cycling 结合, 观察了脑卒中偏瘫患者治疗后、随访时上肢功能恢复情况, 旨在为脑卒中偏瘫后上肢功能康复提供一种新的治疗方案。

PNF 技术是 KABAT 在 20 世纪 40 年代创立的以发育和神经生理学原理为理论基础的一种康复治疗技术。PNF 技术强调整体运动, 其特征是躯干和肢体的螺旋和对角线运动模式, 同时通过视觉及言语刺激引导运动模式, 帮助患者获得有效的运动功能。有研究表明, PNF 技术对角线运动模式可在皮质适应和皮质组织中发挥有益作用, 可兴奋运动皮质, 从而促进肢体运动功能恢复<sup>[11]</sup>。雷新华<sup>[3]</sup>研究表明, PNF 技术可有效治疗脑卒中后上肢痉挛性偏瘫, 改善上肢运动功能, 提高 ADL。何艳霞等<sup>[12]</sup>发现, PNF 技术肩胛骨强化训练可提高脑卒中早期偏瘫患者上肢功能及 ADL。

FES 在改善脑卒中偏瘫上肢运动功能方面具有确切疗效<sup>[13]</sup>。FES 直接作用于支配肌肉的神经, 促进肌纤维由 II 型转变为 I 型, 增强关节和肌肉信息传入, 提升肌肉力量, 改善关节活动度, 诱发患肢产生主动运动。此外, 有研究表明, FES 可增加组织血流量, 改善血液循环, 上调梗死侧成纤维生长因子、表皮生长因子、脑源性神经营养因子等水平, 促进梗死侧室管膜下前体细胞及神经干细胞增殖, 参与神经重塑<sup>[14]</sup>。FES-cycling 治疗可引发双侧大脑半球间的交互反应, 增强患侧上肢活动<sup>[15]</sup>, 另外还刺激外周感觉神经, 向上传导刺激大脑皮质感觉区, 唤醒未被使用的突触及神经通路<sup>[16]</sup>, 改善肢体运动功能。同时 FES 还可在脊髓和皮质水平促进神经功能重组, 配合患者主观参与及视觉反馈, 神经功能重组的作用会被强化, 不仅能激发患者潜力, 提高康复治疗积极性, 还能增强患者自信心, 更好地促进上肢功能的恢复。

PNF 技术和 FES-cycling 治疗分别通过刺激外周感受器及神经, 配合视觉或语言刺激, 促进大脑皮质兴奋, 从而改善肢体运动功能。本研究将 PNF 技术联合 FES-cycling 治疗用于脑卒中后上肢功能恢复的研究, 结果显示, 3 组患者治疗后 MAS 评分均较治疗前降低, 且 C 组患者均明显低于 A、B 组, FMA、MBI 评分均较治疗前升高, 且 C 组患者均明显高于 A、B 组, 说明 2 种治疗方法相结合在降低肌张力、改善运动功能及提高 ADL 方面均优于单一治疗方法。

本研究同时进行了随访,结果显示,3 组患者随访时肌张力、运动功能及 ADL 均较治疗后有一定程度的改善,且联合治疗患者随访时改善效果均较单一治疗患者明显。PNF 技术和 FES-cycling 均为无创治疗技术,安全性高,本研究 3 组患者均顺利完成整个治疗过程,患者接受程度较高。

综上所述,对脑卒中偏瘫患者实施 PNF 技术联合 FES-cycling 治疗可有效提高上肢运动功能及 ADL,改善肌张力,适合临床推广应用。本研究不足之处在于样本量偏小,且仅进行了短期随访研究,长期疗效尚有待于进一步研究。

## 参考文献

- [1] ERAIFEJ J, CLARK W, FRANCE B, et al. Effectiveness of upper limb functional electrical stimulation after stroke for the improvement of activities of daily living and motor function: A systematic review and meta-analysis [J]. *Syst Rev*, 2017, 6(1): 40.
- [2] 石杰,袁爱红,杨骏,等. 针刺结合本体感觉神经肌肉促进技术治疗脑卒中后上肢痉挛性偏瘫疗效观察[J]. *安徽中医药大学学报*, 2019, 38(3): 58-61.
- [3] 雷新华. 本体感觉神经肌肉促进技术对脑卒中后上肢痉挛性偏瘫的疗效探讨[J]. *中国社区医师*, 2021, 37(26): 22-23.
- [4] 申利坊,闫莹莹,杨文裕. 功能性电刺激恢复性治疗踏板对脑卒中早期患者上肢运动功能的影响[J]. *河南医学研究*, 2018, 27(6): 990-992.
- [5] 李杰,李海燕,林祖琛,等. 本体感觉神经肌肉促进技术结合重复性经颅磁刺激治疗改善脑卒中偏瘫患者上肢功能的短期疗效[J]. *江苏医药*, 2022, 48(2): 161-164.
- [6] 中华神经病学学会. 各类脑血管病疾病诊断要点 [J]. *中华神经科杂志*, 1996, 29(6): 379-380.
- [7] BAUER P, KREWER C, GOLASEWSKI S, et al. Functional electrical stimulation-assisted active cycling-therapeutic effects in patients with hemiparesis from 7 days to 6 months after stroke: A randomized controlled pilot study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2015, 96(2): 188-196.
- [8] 鲍赛荣,廖迪,张其明,等. 放散式体外冲击波对脑卒中患者下肢痉挛及三维步态参数的效果研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(12): 1423-1430.
- [9] 汤惠芳. 运动想象联合系统化康复训练对脑卒中患者运动功能及心理状态的影响[J]. *贵州医药*, 2019, 43(11): 1748-1750.
- [10] 欧非,苏东升. PNF 拉伸训练联合 Bobath 握手训练对脑卒中偏瘫患者神经功能及上肢运动功能的影响[J]. *临床与病理杂志*, 2022, 42(1): 103-109.
- [11] SMEDES F, GIACOMETTI DA SILVA L. Motor learning with the PNF concept, an alternative to constrained induced movement therapy in a patient after a stroke: A case report[J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2019, 23(3): 622-627.
- [12] 何艳霞,齐成涛. PNF 技术肩胛模式强化训练对早期脑卒中偏瘫患者上肢功能的疗效研究[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2019, 19(73): 65-67.
- [13] ALON G, LEVITT A F, MCCARTHY P A. Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: A pilot study[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2007, 21(3): 207-215.
- [14] 向云,王维,杨万章,等. 功能性电刺激促进脑梗死大鼠肢体功能恢复的神经再生机制[J]. *中国康复医学杂志*, 2013, 28(6): 533-537.
- [15] UTLEY A, SUGDEN D. Interlimb coupling in children with hemiplegic cerebral palsy during reaching and grasping at speed[J]. *Dev Med Child Neurol*, 1998, 40(6): 396-404.
- [16] BARSÌ G I, POPOVIC D B, TARKKA I M, et al. Cortical excitability changes following grasping exercise augmented with electrical stimulation[J]. *Exp Brain Res*, 2008, 191(1): 57-66.

(收稿日期:2022-08-09 修回日期:2022-12-11)