

任务导向的功能性电刺激疗法在脑外伤患者手和上肢功能恢复中的应用

石岩

中国中医科学院望京医院, 北京 100102

摘要 : 目的: 探究以任务为导向的功能性电刺激疗法对于提升脑损伤患者手部与上肢运动功能以及日常生活自理能力的效果。方法: 将符合标准的脑外伤偏瘫患者随机分配至三组: 常规康复组、FES治疗组和TFES治疗组, 每组30例。常规康复组仅接受标准治疗, FES组在标准治疗上加FES, TFES组则加TFES, 参数和电极与FES组相同。治疗持续3个月, 共86例完成研究, 包括对照组29例、FES组28例和TFES组29例。治疗前、治疗1个月及3个月时, 使用FMA量表评估上肢功能, 量角器测量腕背伸和手指伸展, MBI和FIM评估日常生活能力。结果: 治疗前, 三组患者在FMA、MBI、FIM评分和ROM方面无显著差异 ($P>0.05$)。治疗1个月和3个月后, FES和TFES组的FMA和ROM显著优于对照组 ($P<0.05$), 且TFES组的FMA评分优于FES组 ($P<0.05$)。治疗3个月后, TFES组的MBI和FIM评分显著高于FES组 ($P<0.05$)。结论: 以任务为核心的功能性电刺激技术有助于促进脑损伤患者上肢运动功能的恢复, 并提升其日常生活自理能力。

关键词 : 脑外伤; 功能性电刺激; 任务导向治疗; 上肢功能; 手功能

Task-Oriented Functional Electrical Stimulation Therapy for Hand and Upper Extremity Functional Recovery in Traumatic Brain Injury Patients

Shi Yan

Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Science, Beijing 100102

Abstract : Objective: To investigate the effect of task-oriented functional electrical stimulation therapy on improving hand and upper limb motor function and daily life self-care ability in patients with brain injury. Methods: Patients with hemiplegia who met the criteria for traumatic brain injury were randomly assigned to three groups: the conventional rehabilitation group, the FES treatment group and the TFES treatment group, with 30 cases in each group. The conventional rehabilitation group received only standard treatment, the FES group added FES to standard treatment, and the TFES group added TFES with the same parameters and electrodes as the FES group. The treatment lasted for 3 months and a total of 86 cases completed the study, including 29 cases in the control group, 28 cases in the FES group and 29 cases in the TFES group. Upper extremity function was assessed using the FMA scale, wrist dorsal extension and finger extension were measured by a protractor, and daily living ability was assessed by MBI and FIM before treatment, at 1 month and 3 months of treatment. Results: Before treatment, there was no significant difference between the three groups in terms of FMA, MBI, FIM scores and ROM ($P>0.05$). After 1 and 3 months of treatment, FMA and ROM were significantly better in the FES and TFES groups than in the control group ($P<0.05$), and FMA scores were better in the TFES group than in the FES group ($P<0.05$). After 3 months of treatment, MBI and FIM scores were significantly better in the TFES group than in the FES group ($P<0.05$). Conclusion: The task-focused functional electrical stimulation technique helps to promote the rehabilitation of upper limb motor function and enhance the self-care ability of daily life in patients with brain injury.

Keywords : traumatic brain injury; functional electrical stimulation; task-oriented therapy; upper extremity function; hand function

在经历脑外伤之后, 患者常常会遇到手部功能受损的问题, 这一问题不仅普遍存在, 而且在康复过程中往往特别难以克服。功能性电刺激 (Functional Electrical Stimulation, FES) 技术通过向未受损伤的外周运动神经传递电流, 以刺激瘫痪肌肉的收缩, 从而促进功能性运动的进行^[1]。尽管脑卒中患者的手功能恢复方法常见, 但脑外伤手功能训练的研究较少。国际研究表明, 结合任务导向和功能性电刺激 (TFES) 的疗法初步显示出成效, 尽管存在样本量小和缺乏随机对照试验的问题。

一、资料和方法

(一) 一般资料

①患者有清晰的脑部受伤历史，并且通过计算机断层扫描(CT)或磁共振成像(MRI)的检查结果，导致患者出现偏瘫症状；②年龄需介于15至70周岁之间；③患者患侧手腕和手指的伸展肌肉力量未能达到3级，尽管如此，患者仍能主动执行抓握动作，或至少部分完成该动作；④患者的认知功能应该保持大致正常，或者存在轻微的认知功能损害；⑤患者的病情应保持稳定，且病程应介于1至6个月之间。

①排除那些患有严重并发症，包括但不限于脊髓损伤或器官损害的患者；②应将同时存在偏瘫侧上肢骨折或周围神经损伤的患者从研究或治疗对象中排除；③如果患者的认知障碍非常严重，以至于他们无法理解或参与治疗过程，那么这类患者将不适合参与治疗或研究；④患者如果出现手部屈肌腱的严重挛缩或屈肌痉挛，且根据改良 Ashworth 量表的评估结果为3级或更高级别，他们将不符合本研究的纳入标准。

在2022年7月至2023年12月的期间，在我院康复中心精心筛选了90名符合入选条件的脑损伤患者，进行了一项为期一年半的前瞻性随机对照临床试验。这些患者通过随机数字表法被均匀分配到三个不同的治疗组别：TFES组、FES组以及对照组，每组各有30名患者。至研究结束时，研究中共有86名患者顺利地完成了所有研究步骤。研究人员对这三组患者在性别、年龄、病程等基本临床信息上进行了统计学上的对比分析，发现各组之间在这些基本特征上没有统计学上的显著差异(P值大于0.05)，表明这些组别在基线特征上是可比的。具体数据见表1。

表1关于3组患者资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	平均病程(个月, $\bar{x} \pm s$)
		男	女		
对照组	29	18	11	35.69 ± 8.86	3.35 ± 1.92
FES组	28	19	9	38.00 ± 7.83	3.61 ± 1.79
TFES组	29	19	10	34.52 ± 6.17	3.42 ± 2.15

(二) 方法

所有参与研究的患者均接受了常规的康复治疗程序。在对照组中，患者仅接受这些标准康复措施。相比之下，FES组和TFES组在遵循标准康复治疗的同时，还额外接受了不同的功能性电刺激(FES)治疗。具体来说，FES组由物理治疗师实施传统的FES治疗，而TFES组则是在作业治疗师的指导下，接受了以任务为导向的FES治疗。FES组患者不进行主动运动，而TFES组患者在电刺激下参与功能性训练。三组均进行了为期3个月的治疗^[2]。

1. 标准康复治疗方案：针对脑外伤引起的偏瘫，实施了一系列标准的康复治疗方法，包括神经发育技术、关节拉伸、ADL技能训练、矫形器具使用和中医治疗等。作业治疗每周六天，每天

一小时，重点在于降低手部肌肉张力、增强手腕和手指伸展能力，以及提升ADL功能。

2. TFES治疗使用国产MyoNet-BOW肌电生物反馈设备，结合目标导向的功能性训练，如握杯饮水、取食水果、拾取小球等。患者在治疗中主动控制抓握动作，治疗后接受电刺激以促进手腕和手指伸展。电极定位在桡侧腕长伸肌、指总伸肌和拇长展肌。参数包括频率30赫兹、脉宽300微秒、梯形波，刺激时间为3秒，休息间隔5至10秒，刺激强度0至90毫安，每日一次，每次30分钟。

3. 标准化的功能性电刺激(FES)治疗：在参数设定和电极定位方面，与TFES组保持同步，即治疗持续时间为3秒，随后是5秒的休息周期^[3]。

(三) 疗效的评定

在研究的三个不同时间点——治疗前、治疗进行至1个月时和3个月时，研究人员对三组患者的运动功能进行了Fugl-Meyer评定量表的评估，以评价他们的上肢和手部功能。此外，使用量角器对患者的腕背伸和手指关节的主动活动度(Range of Motion, ROM)进行了测量。此外，研究还采用了改良Barthel指数和功能独立性测评来评估患者在日常生活活动中的能力水平。

(四) 统计学分析

所有数据以均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)的形式呈现。对于符合正态分布的数据，采用双因素Post Hoc(LSD)方法进行重复测量的方差分析，以比较不同时间点的组间差异，并在相同时间点进行单因素方差分析；针对那些不符合正态分布的数据，本研究采用了Kruskal-Wallis H秩和检验来进行组间比较，而对于两组之间的比较，则应用了Mann-Whitney U非参数检验。统计学上，当P值小于0.05时，认为组间差异具有统计学意义。

二、结果

(一) 上肢运动功能FMA评分

在接受治疗1个月和3个月后，三组患者的FMA评分相较于治疗前均有显著提升，并且治疗3个月后的评分优于治疗1个月后的评分，这一差异在统计学上具有显著性(P<0.01)。在治疗1个月和3个月后，FES组和TFES组的FMA评分均高于对照组，且TFES组的评分又高于FES组，这些差异同样达到了统计学上的显著性(P<0.05)。具体的评分详情见表2。

(二) 关节活动度

在组内比较中，三组患者的腕背伸ROM、拇指伸展ROM和2-5指伸展ROM在治疗1个月和3个月后有显著改善(P<0.01)，且治疗3个月后的改善幅度大于治疗1个月(P<0.01)。在组间比较中，FES组和TFES组的腕背伸ROM在治疗1个月和3个月均优于对照组(P<0.05)，且TFES组在治疗3个月后的改善优于FES组(P<0.01)。拇指伸展ROM在各组间无显著差异(P>0.05)，而TFES组在治疗3个月后的2-5指伸展ROM优于对照组(P<0.05)。具体结果见表2。

(三) ADL 能力评分

在组内比较中, 各组在接受治疗1个月和3个月后, MBI和FIM评分均较治疗前有所提高, 且治疗3个月后的评分又优于治疗1个月后的评分, 这一变化在统计学上具有显著性 ($P < 0.01$)。在组间比较方面, 仅在治疗3个月后, TFES组的MBI和FIM评分高于对照组和FES组, 这一差异在统计学上显著 ($P < 0.05$)^[6]。具体的评分变化情况详见表2。

表2 比较三组患者治疗前后各评估指标的变化 (均值 ± 标准差)

组别	例数	指标	治疗前	一个月后	三个月后	
对照组	29	FMA	20.14 ± 5.9	24.45 ± 5.5 ^a	26.31 ± 7.7 ^{ab}	
		ROM (°)	腕关节 背身	2.07 ± 6.2	4.00 ± 6.1 ^a	10.10 ± 5.0 ^{ab}
			拇指伸展	-29.00 ± 16.0	-26.31 ± 16.4 ^a	-24.45 ± 15.3 ^a
			2~5指平 均伸展	-57.01 ± 19.4	-50.24 ± 17.4 ^a	-46.59 ± 15.1 ^{ab}
		MBI (分)	50.76 ± 12.6	56.76 ± 15.8 ^a	59.76 ± 18.7 ^{ab}	
		FIM (分)	65.97 ± 13.1	70.38 ± 15.0 ^a	74.34 ± 20.8 ^{ab}	
TFES组	29	FMA	20.79 ± 5.0	29.79 ± 8.6 ^{abc}	31.86 ± 11 ^{abde}	
		ROM (°)	腕关节 背身	2.49 ± 6.2	7.34 ± 7.7 ^{ac}	18.97 ± 9.3 ^{abcd}
			拇指伸展	-29.79 ± 15.2	-22.28 ± 14.2 ^a	-20.55 ± 12.1 ^{ab}
			2~5指平 均伸展	-55.45 ± 18.5	-43.10 ± 19.0 ^a	-37.38 ± 15.7 ^{abc}
		MBI (分)	51.38 ± 9.8	59.07 ± 19.7 ^a	66.14 ± 23.6 ^{abce}	
		FIM (分)	66.86 ± 13.3	74.90 ± 18.8 ^a	82.38 ± 25.7 ^{abdf}	
FES组	28	FMA	21.16 ± 4.9	27.27 ± 6.8 ^{ac}	29.18 ± 9.0 ^{abc}	
		ROM (°)	腕关节 背身	3.11 ± 5.8	7.43 ± 4.4 ^{ac}	14.86 ± 7.1 ^{abd}
			拇指伸展	-28.16 ± 14.0	-22.93 ± 13.8 ^a	-21.25 ± 15.2 ^{ab}
			2~5指平 均伸展	-57.54 ± 16.2	-48.11 ± 17.6 ^a	-42.57 ± 14.6 ^{ab}
		MBI (分)	49.57 ± 8.4	56.46 ± 12.8 ^a	60.43 ± 20.2 ^{ab}	
		FIM (分)	64.86 ± 15.3	71.11 ± 18.2 ^a	75.68 ± 23.4 ^{ab}	

注: 与组内治疗前相比, a表示P值小于0.01, 差异极显著; 与组内治疗1个月相比, b表示P值小于0.01, 差异极显著; 与对照组同时间点相比, c表示P值小于0.05, 差异显著, d表示P值小于0.01, 差异极显著; 与FES组同时间点相比, e表示P值小于0.05, 差异显著, f表示P值小于0.01, 差异极显著。

三、讨论

(一) FES疗法及其在脑损伤患者中的应用

本研究发现, FES治疗在FMA评分和腕关节伸展ROM上优于常规治疗 ($P < 0.01$), 但在ADL能力改善上未显著 ($P > 0.05$)。FES参数包括: 频率30赫兹, 脉宽300微秒, 电流15至20毫安, 波升/波降时间3秒, 以优化治疗效果。

(二) 任务导向训练及其作用机制

任务导向治疗目前已经在脑卒中、脑外伤、脊髓损伤等患者的上肢功能、步行能力、平衡功能、坐站转移等多个领域的研究和训练中得到了广泛应用。基于其有效性, 这种治疗方法被众多脑卒中康复指南推荐为标准治疗手段^[6-9]。

(三) TFES治疗的作用及可能机制

最新的研究显示, 任务导向功能性电刺激 (TFES) 在促进脑卒中患者运动功能恢复方面, 相较于单独的FES治疗或仅任务导向治疗, 展现了更为显著的成效。本项研究进一步验证了TFES在增强脑损伤患者上肢功能、改善腕关节活动范围以及提升日常生活活动 (ADL) 能力方面的卓越优势。TFES效果更佳, 可能是因为它结合了任务导向治疗和FES治疗的优点, 并产生协同效应, 通过重复、主动和任务导向性的活动促进大脑可塑性, 改善关节和肌肉信息传递, 提升肌肉收缩能力, 此外, 同步进行电刺激与功能性活动能够有效提升患者的参与热情, 进而增强治疗的整体成效^[10]。

参考文献:

- [1] 吕晓, 陈汉波, 丁丽娟, 等. 经颅直流电刺激同步肢体功能性电刺激对脑外伤患者运动功能和平衡功能的影响 [J]. 康复学报, 2022, 32(01): 10-17.
- [2] 熊琪. 基于多模态评估的中枢联合外周神经电刺激调控慢性意识障碍患者临床疗效研究 [D]. 南昌大学, 2023. DOI: 10.27232/d.cnki.gnchu.2023.000018.
- [3] 孙伟铭, 郭淑月, 王晓晓, 等. 正中神经电刺激的基础研究与临床应用进展 [J]. 华西医学, 2023, 38(05): 753-757.
- [4] 李敏. 经皮穴位电刺激联合气压泵对脑外伤病人下肢深静脉血栓形成的影响 [J]. 全科护理, 2022, 20(31): 4408-4410.
- [5] 车轶, 蒋遥, 林荔青, 等. 电针辅助高压氧在脑外伤后昏迷病人中的应用 [J]. 安徽医药, 2022, 26(10): 2077-2081.
- [6] 贾子善, 吕佩源, 闫彦宁. 脑卒中康复. 石家庄: 河北科技出版社. 2006: 308-317.
- [7] Btes B, Choi JY, Duncan PW, et al. Veterans Affairs/Department of Defense clinical practice guideline for the management of adult stroke rehabilitation care: executive summary. Stroke, 2005, 36: 2049-2056.
- [8] 张通. 中国脑卒中康复治疗指南 (2011 完全版). 中国康复理论与实践, 2012, 18: 301-318.
- [9] Page SJ Intensity versus task-specificity after stroke: how important is intensity. Am J Phys Med Rehabil, 2003, 82: 730.
- [10] 燕铁斌. 低频电刺激临床应用及研究新思路. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33: 401402.