

基于行走模式的单关节与双关节功能性电刺激对脑卒中患者下肢功能及脑部弥散张量成像的影响

徐奕鹏^a, 侯甜^a, 曲源^b, 张虹^a, 李金贤^a

【摘要】 目的:探讨采用基于行走模式的单关节与双关节功能性电刺激(FES)对脑卒中恢复期患者下肢功能其脑部弥散张量成像(DTI)的影响。**方法:**纳入2021年3月~2022年3月在新疆维吾尔自治区人民医院就诊的脑卒中患者84例,按肌群刺激方式随机分为诱发踝、膝双关节活动肌群的双关节组及仅诱发踝关节肌群活动的单关节组,每组42例。双关节组患者接受基于正常行走模式的FES治疗仪的四通道治疗模式,单关节组患者接受同一FES治疗仪的双通道治疗模式共3周。评估2组患者治疗1周、2周及3周后下肢运动功能、平衡功能、步行功能以及日常生活活动能力的变化;同时比较2组患者治疗3周后DTI相关指标变化。**结果:**治疗1周、2周、3周后,2组患者Fugl-Meyer运动评定量表(FMA)、脑卒中患者姿势评定量表(PASS)、Berg平衡量表(BBS)及改良Barthel指数(MBI)评分均较治疗前升高(均 $P<0.05$);治疗后各时间点双关节组患者上述评分高于单关节组(均 $P<0.05$);治疗2周、3周后双关节组患者Holden步行功能分级高于单关节组患者(均 $P<0.05$);治疗3周后,2组患者各向异性分数比值(rFA)较治疗前均升高、各向异性分数不对称性(FAasy)较治疗前均降低,且双关节组患者rFA高于单关节组、FAasy低于单关节组(均 $P<0.05$)。**结论:**基于正常行走模式的双关节FES对脑卒中患者的运动功能、平衡功能、行走功能及日常生活活动能力的改善优于单关节FES;DTI提示多通道FES较单关节FES更有利于患者脑组织病灶恢复,对于提高脑卒中患者康复治疗水平具有临床意义。

【关键词】 功能性电刺激;脑卒中;下肢运动功能;弥散张量成像

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2023.11.005

Effects of single-joint stimulation and double-joint stimulation based on walking pattern on lower limb function and brain DTI changes in convalescent patients with cerebral apoplexy Xu Yipeng, Hou Tian, Qu Yuan, et al. Department of Rehabilitation Medicine, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumchi 830000, China

【Abstract】 Objective: To investigate the effects of walking pattern-based single-joint stimulation versus double-joint stimulation on lower limb function and changes in brain diffusion tensor imaging (DTI) in convalescent patients with cerebral apoplexy. **Methods:** A total of 84 patients with stroke diagnosed in our hospital from March 2021 to March 2022 were randomly divided into multi-channel group ($n=42$) and double-channel group ($n=42$). The patients in the multi-channel group received the four-channel treatment mode of the FES therapeutic instrument, and those in the dual-channel group received the dual-channel treatment mode of the same FES therapeutic instrument. The lower limb motor function (FMA score), balance function (PASS score, BBS score, BBA score), walking function (Holden walking function grade) and activities of daily living (MBI score) were compared between the two groups after treatment for 1 week, 2 weeks and 3 weeks. The changes in related indexes (FA, rFA, RAasy) of magnetic resonance DTI were compared between the two groups at 3rd week after treatment. **Results:** After treatment for 1 week, 2 weeks and 3 weeks, the FMA score, PASS score, BBS score, BBA score and MBI score in the two groups were significantly higher than those before treatment, and there were significant differences between the two groups at each time point after treatment, especially in the multi-channel group ($P<0.05$). At 2nd and 3rd week after treatment, the improvement of Holden's walking function in the multi-channel group was better than that in the dual-channel group ($P<0.05$). At 3rd week of treatment, the rFA in the two groups was significantly higher than that before treatment, and the FAasy was significantly lower than that before treatment, and there were significant differences in all indexes between the two groups. The changes of rFA and FAasy were more significant in the multi-channel group than in the dual-channel group ($P<0.05$). **Conclusion:** Multi-channel FES based on normal walking mode is

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2022D01C113);新疆维吾尔自治区人民医院院内项目(20190311)

收稿日期:2023-03-02

作者单位:新疆维吾尔自治区人民医院 a. 康复医学科, b. 影像中心, 乌鲁木齐 830000

作者简介:徐奕鹏(1981-),男,副主任医师,主要从事中枢神经系统损伤康复方面的研究。

通讯作者:李金贤,1513500733@qq.com

cantly higher than that before treatment, and the FAasy was significantly lower than that before treatment, and there were significant differences in all indexes between the two groups. The changes of rFA and FAasy were more significant in the multi-channel group than in the dual-channel group ($P<0.05$). **Conclusion:** Multi-channel FES based on normal walking mode is

more effective than dual-channel FES for stroke patients, and can significantly improve motor function, balance, walking function and activities of daily living. In addition, DTI suggested that multi-channel FES is more beneficial to the recovery of brain tissue lesions, which is significant to improve the rehabilitation treatment and prognosis of stroke patients.

【Key words】 functional electrical stimulation; stroke; lower limb motor function; diffusion tensor imaging

脑卒中是中老年人的常见病和多发病,是老年人致残的主要原因之一。行走能力障碍是脑卒中患者最常见的运动障碍,直接影响患者的自理能力和生活质量^[1-2]。因此,最大程度地恢复患者的行走能力是脑卒中后康复治疗的首要目标之一^[3]。功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES)能显著改善脑卒中患者偏瘫肢体的功能,提高行走能力,降低致残率^[4]。但现有 FES 多以单通道或双通道刺激为主,只能刺激 1 组或 2 组肌群,产生单一关节、单一方向的活动,虽然可以纠正足下垂、改善步态,但不符合人体的正常行走模式;且以往临床研究只重视其治疗效果功能评价,较少结合核磁共振技术,如弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)等观察其是否影响脑组织重建中的纤维传导,缺乏客观评价^[5]。基于正常行走模式的多通道 FES 治疗仪是基于正常人体的行走时序,采用双关节、非同步的刺激方式刺激多组肌群,使运动障碍的下肢产生行走的动作,该刺激模式符合功能性活动的要求,能更好地改善其运动功能,但其在脑卒中患者康复治疗中的研究尚少。基于此,本研究旨在探究采用基于行走模式的单关节与双关节 FES 对脑卒中患者下肢功能及脑 DTI 变化的影响,为脑卒中患者下肢功能康复方法提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 3 月~2022 年 3 月在新疆维吾尔自治区人民医院就诊的脑卒中患者 84 例。纳入标准:首次发病,年龄在 40~80 岁;符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》、《中国脑出血诊治指南(2019)》中关于缺血性脑卒中及脑出血的诊断和分类标准^[6-7],影像学资料齐全;存在单侧肢体偏瘫,患侧下肢 Brunnstrom 分期为 I 期、II 期、IV 期,因 III 期

是痉挛期,V、VI 期分离运动已充分,不适宜行功能性电刺激治疗^[8]。病程 2 周~6 个月,处于恢复期。排除标准:处于进展性的脑卒中患者;合并蛛网膜下腔出血者;病灶位于脑干或小脑者;简易精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)评分<10 分,存在重度认知功能障碍者;合并感染性疾病者;合并心、肺、肝、肾等基础疾病者;合并颅脑外伤或恶性肿瘤。本次研究通过我院伦理委员会审核批准(KY2019120611),所有患者均签署知情同意书。采用随机数字表法将患者分为基于行走模式的多通道 FES 双关节(踝、膝关节)刺激组(以下简称双关节组)及双通道 FES 单关节(踝关节)刺激组(以下简称单关节组),每组 42 例。2 组患者的一般资料比较差异无统计学意义,具有可比性,见表 1。

1.2 方法 2 组患者均进行药物支持治疗及常规康复训练,包括肌力训练、步行训练、运动平衡训练及日常生活活动能力训练,30min/次,1 次/日,5 次/周。在此基础上进行采用基于正常行走模式设计的多通道 FES 治疗仪进行 FES 治疗。多通道 FES 治疗仪由中山大学孙逸仙纪念医院康复科研制(专利号:200920159565.9;20062005887.0),具有 4 个输出通道,分别刺激膝关节和踝关节。患侧下肢 Brunnstrom 分期为 I 期、II 期的患者一般都不能独立行走,患者均取健侧卧、患侧下肢悬吊的体位。患侧下肢 Brunnstrom 分期 IV 期患者在治疗师指导下根据刺激时序进行模拟正常人行走训练。双关节组患者接受 FES 治疗仪的四通道治疗模式,通过模拟正常人行走时肌肉收缩的时序依次刺激患侧的股外侧肌、胫骨前肌、腓肠肌和股二头肌,完成一次简单步行周期重要肌肉收缩过程;单关节组患者接受同一 FES 治疗仪的双通道治疗模式,依次刺激患侧的胫骨前肌、腓骨长短肌

表 1 2 组患者一般资料比较

组别	n	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别(例)		体重指数 (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	Brunnstrom 分期(例)		
			男	女			I	II	IV
双关节组	42	60.16±6.52	24	18	22.17±1.76	26.21±3.49	9	31	2
单关节组	42	61.00±5.03	22	20	22.38±1.57	25.47±3.00	11	28	3
组别	n	脑卒中类型(例)		吸烟史(例)		饮酒史(例)		合并症(例)	
		出血性	梗死性	有	无	有	无	高血压	糖尿病
双关节组	42	17	25	32	10	29	13	9	22
单关节组	42	19	23	28	14	31	11	10	19

两组肌群。刺激电极置于各肌群的肌肉运动点上,运动点采用外周神经电刺激仪定位,刺激患侧股外侧肌、胫骨前肌、腓肠肌及股二头肌4组肌群的肌腹,选取肌肉收缩最强点标记为运动点。股外侧肌和股二头肌的肌群运动点上用6cm×9cm电极纵行对置;腓肠肌的运动点上用4cm×4cm电极纵行对置;胫前肌运动点上用4cm×4cm电极横行并置。电极参数设置为:双向对称方波,频率30Hz,脉宽200us,电流强度在患者能耐受的强度内以能够引起功能动作为宜。各通道刺激时序按照步态周期时序设计。步行周期5s,通电/断电时间比为5s/5s,30min/次,1次/d,5次/周,共治疗3周。

1.3 评定标准 分别于治疗前、治疗后1周、2周、3周后由1名康复医师对患者的下肢运动功能、平衡功能、步行功能及日常生活活动能力进行康复评定。评定医师不参加治疗,且不知道试验分组情况。每例患者的评定一般在1~2日内完成。①应用Fugl-Meyer运动评定量表下肢部分(Fugl-Meyer motor assessment of lower limb, FMA-L)进行下肢功能评定,包括17项,每项0~2分,总分0~34分,得分越高提示下肢运动功能越好^[9]。②采用脑卒中患者姿势评定量表(postural assessment scale for stroke patients, PASS)、Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)评估患者的平衡功能。PASS用于评估脑卒中恢复期或病情较重患者的卧-坐位姿势控制能力,共12项,每项0~3分,总分0~36分;BBS用于评定病情较轻或站立位患者的平衡能力,共14项,每项0~4分,总分0~56分;③应用Holden步行功能分级评定患者步行功能,分为0~5级,分级越高表明患者步行能力越好^[10]。④应用改良Barthel指数(modified Barthel index, MBI)评定患者日常生活活动能力,包括进食、洗澡、穿衣、大便控制、小便控制、用厕、床椅转移、平地行走、上下楼梯10项,总分正常0~100分。评分>60分为生活基本自理;评分40~60分为中度功能障碍,日常部分活动需要帮助;评分20~40分为重度功能障碍,日常大部分活动需依赖他人;评分<20分为完全残疾,生活完全依赖他人帮助^[11]。⑤采用弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)评估患者脑组织损伤,分别于治疗前、治疗3周后对所有患者进行核磁共

振检查。由同一技术人员进行图像采集,重建部分各向异性(fractional anisotropy, FA)图。在FA图上,手动在病灶最大层面画出感兴趣区(region of interests, ROI)得到相应FA值。以同样方法测量健侧镜像区的FA值作为对照。当病灶为单侧半球多发病灶时,取其中最大的病灶进行测量。相对各向异性分数(relative fractional anisotropy, rFA)=病灶侧FA/对侧FA, rFA越低提示患者脑卒中造成的脑组织损伤越严重;各向异性分数不对称性值(fractional anisotropy asymmetry, FAasy)=(对侧FA-病灶侧FA)/(对侧FA+病灶侧FA), FAasy越高提示患者脑卒中造成的脑组织损伤越严重^[12]。

1.4 统计学方法 采用SPSS 23.0软件进行数据分析,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,数据符合正态分布且具有方差齐性,组内比较采用重复测量方差分析进行比较,组间比较应用独立样本 t 检验;计数资料采用 n (%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者治疗前后各时间点FMA-L评分比较 治疗前,2组患者FMA-L评分比较差异无统计学意义。治疗1周、2周、3周后,2组患者FMA-L评分均较治疗前显著升高(均 $P<0.05$),且双关节组患者FMA-L评分均高于单关节组(均 $P<0.05$)。见表2。

表2 2组治疗前后各时间点FMA-L评分比较 分, $\bar{x} \pm s$

组别	n	治疗前	治疗1周	治疗2周	治疗3周
双关节组	42	12.38±2.15	14.81±1.25 ^{ab}	17.23±1.82 ^{ab}	20.40±3.12 ^{ab}
单关节组	42	13.26±2.14	13.93±1.63 ^a	16.02±2.14 ^a	17.93±3.11 ^a

与治疗前比较,^a $P<0.05$;与单关节组比较,^b $P<0.05$

2.2 2组患者治疗前后各时间点PASS、BBS评分比较 治疗前,2组患者PASS、BBS评分比较差异无统计学意义。治疗1周后2组患者PASS、BBS评分较治疗前升高(均 $P<0.05$),双关节组患者BBS评分高于单关节组($P<0.05$)。治疗2周、3周后,双关节组患者PASS、BBS评分均高于单关节组(均 $P<0.05$)。在治疗1周、2周、3周后2组患者PASS、BBS评分均高于治疗前(均 $P<0.05$)。见表3。

2.3 2组患者治疗前后各时间点Holden步行功能分

表3 2组治疗前后各时间点PASS、BBS评分比较

分, $\bar{x} \pm s$

组别	n	PASS				BBS			
		治疗前	治疗1周	治疗2周	治疗3周	治疗前	治疗1周	治疗2周	治疗3周
双关节组	42	27.11±3.15	28.64±2.60 ^a	31.73±2.08 ^{ab}	33.38±2.46 ^{ab}	29.11±5.12	33.38±3.16 ^{ab}	39.66±3.94 ^{ab}	45.02±3.33 ^{ab}
单关节组	42	27.26±3.10	28.24±2.55 ^a	30.19±2.24 ^a	31.28±2.87 ^a	28.95±6.02	33.04±3.25 ^a	37.50±3.98 ^a	41.47±2.88 ^a

与治疗前比较,^a $P<0.05$;与单关节组比较,^b $P<0.05$

级比较 治疗前及治疗1周后,2组患者 Holden 步行功能分级比例无统计学差异。治疗2周、3周后双关节组患者 Holden 步行功能分级高于单关节组患者(均 $P<0.05$),且均高于治疗前(均 $P<0.05$)。见表4。

2.4 2组患者治疗前后各时间点 MBI 评分比较 治疗前,2组患者 MBI 评分比较差异无统计学意义。治疗1周、2周、3周后,2组患者 MBI 评分均较治疗前升高(均 $P<0.05$),双关节组患者 MBI 评分高于单关节组(均 $P<0.05$)。见表5。

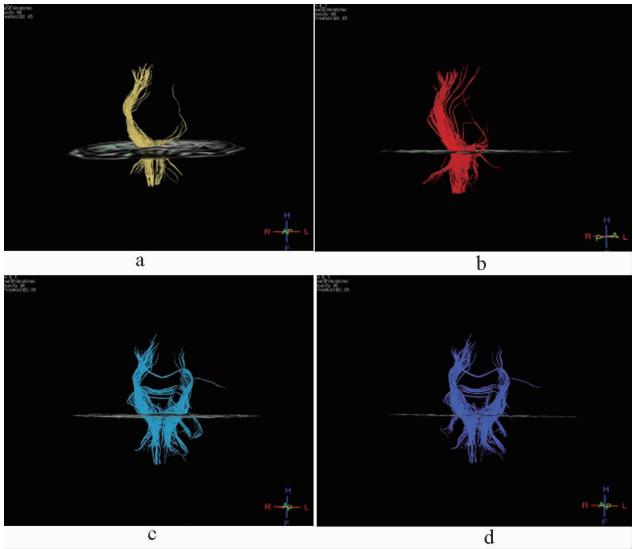
表5 2组治疗前后各时间点 MBI 评分比较 分, $\bar{x} \pm s$					
组别	<i>n</i>	治疗前	治疗1周	治疗2周	治疗3周
双关节组	42	30.64±4.82	41.09±4.60 ^{ab}	56.16±4.17 ^{ab}	69.53±5.03 ^{ab}
单关节组	42	31.54±4.48	38.07±3.85 ^a	52.19±5.02 ^a	65.27±4.67 ^a

与治疗前比较,^a $P<0.05$;与单关节组比较,^b $P<0.05$

2.5 2组患者治疗前、治疗3周后 DTI 及 FA、rFA、FAasy 比较 治疗前,2组患者患侧脑白质纤维束疏松,部分或完全断裂,纤维束密度较健侧低,治疗第3周后2组患者患侧脑白质纤维束有所增加。见图1a~d。治疗前,2组患者病灶侧 FA 值、rFA、FAasy 比较差异无统计学意义。治疗3周后,2组患者病灶侧 FA 值、rFA 均较治疗前升高(均 $P<0.05$),FAasy 较治疗前降低($P<0.05$),双关节组患者病灶侧 FA 值、rFA 高于单关节组(均 $P<0.05$),FAasy 低于单关节组($P<0.05$)。见表6。

3 讨论

行走能力丧失是脑卒中患者最常见的功能障碍之一,严重影响患者的日常生活活动能力和生活质量^[13]。目前,国内外用于治疗中枢神经损伤后下肢瘫痪的电刺激治疗仪,只能刺激1组或2组肌群,产生单一方向、单一关节的活动。如纠正脑卒中后足下垂的单通道电刺激只能产生踝关节的动作,这与正常行走



a. 双关节组治疗前;b. 双关节组治疗后;
c. 单关节组治疗前;d. 单关节组治疗后

图1a~d 2组患者治疗前及治疗3周后 DTI 示意图

时需要多个关节、多组肌群协调参与的运动模式不相符^[14]。基于正常行走模式的多通道 FES 刺激是通过预先设定的程序来刺激1组或多组肌肉模拟正常自主运动,以达到改善被刺激肌肉或肌群功能的目的^[15]。

临床研究发现 FES 通过低频电刺激诱导神经肌肉活动达到改善肢体功能的目的^[16]。但是,国内关于多通道 FES 双关节刺激对脑卒中患者的早期下肢运动功能疗效的研究尚少。

临床中评价脑卒中患者运动功能的指标众多,包括用于评价上肢、下肢运动功能的 FMA 评分,评价患者平衡功能的 PASS、BBS 评分,评价患者行走功能的 Holden 步行功能分级以及评价患者日常生活活动能力的 MBI 评分等。这些指标具有良好的信效度和敏感性^[17-20]。以往研究发现,在慢性期脑卒中患者的康复训练中联合运用多通道 FES 可更加明显提高患者下肢运动功能、行走功能及平衡功能^[21]。在本研究中,

表4 2组治疗前后各时间点 Holden 步行功能分级比较 例(%)											
Holden 步行功能分级	<i>n</i>	双关节组(<i>n</i> =42)					单关节组(<i>n</i> =42)				
		0级	1级	2级	3级	4级	0级	1级	2级	3级	4级
治疗前	42	9(21.43)	31(73.81)	2(4.76)	0	0	11(26.19)	28(66.67)	3(7.14)	0	0
治疗1周	42	3(7.14)	12(28.57)	13(30.95)	11(26.19)	3(7.14)	7(16.67)	15(35.71)	13(30.95)	6(14.29)	1(2.38)
治疗2周	42	0	5(11.90)	11(26.19)	17(40.48)	9(21.43)	1(2.38)	14(33.33)	11(26.19)	14(33.33)	2(4.76)
治疗3周	42	0	4(9.52)	5(11.90)	12(28.57)	19(45.24)	1(2.38)	12(28.57)	9(21.43)	16(38.10)	4(9.52)

表6 2组患者治疗前后病灶侧 FA 值、rFA、FAasy 比较 $\bar{x} \pm s$							
组别	<i>n</i>	病灶侧 FA 值		rFA (%)		FAasy (%)	
		治疗前	治疗3周	治疗前	治疗3周	治疗前	治疗3周
双关节组	42	0.38±0.13	0.45±0.20 ^{ab}	39.78±2.19	52.43±3.27 ^{ab}	39.17±3.45	18.32±3.29 ^{ab}
单关节组	42	0.37±0.14	0.42±0.17 ^a	39.91±2.65	50.01±2.49 ^a	38.78±3.03	20.21±1.93 ^a

与治疗前比较,^a $P<0.05$;与单关节组比较,^b $P<0.05$

双关节组患者 FMA、PASS、BBS、MBI 评分在治疗后均增加, Holden 步行功能分级提高, 组间比较也发现除了 PASS 评分在治疗 1 周后无显著差异, 而治疗 2 周、3 周后有显著性差异外, 双关节组 FMA、BBS、MBI 评分在治疗 1 周、2 周及第 3 周均显著高于单关节组患者。这说明基于正常行走模式的多通道 FES 双关节刺激能快速、有效地改善脑卒中患者早期下肢运动功能, 其效能优于双通道 FES 治疗。分析其原因, 一方面由于多通道 FES 的双关节刺激治疗通过模拟正常肌群收缩的先后次序及时间, 序贯刺激多组肌群带动患者被动进行协调活动, 即使患者在康复初期无法自主进行多部位协调运动, 也可在双关节刺激下达到功能性活动的效果, 实现以被动牵引主动行为的瘫痪肢体康复, 进而有效提升患者下肢 FMA 评分^[22]。另一方面, 双关节刺激可能通过神经通路传导刺激低位运动神经元及高位运动皮层的重塑, 以外周神经刺激激活中枢神经活性的方式改善瘫痪肢体的运动功能和平衡功能。伴随着患者运动功能显著改善和能够进行的康复训练强度逐渐增加, 患者日常生活自理能力也会显著改善, 形成肌肉力量——运动——功能恢复的正向循环。

DTI 是近年来在常规磁共振和弥散加权成像基础上发展起来的成像及后处理技术, 可对大脑白质纤维束的三维几何结构进行分析, 是唯一可在活体显示脑白质纤维束的无创成像技术, 为揭示卒中后白质纤维束动态重塑的过程提供了有效手段^[23-24]。以往研究通过 DTI 技术分析亚急性腔隙性脑梗死患者, 发现 DTI 可以详细、精确地定位病灶, 并能够清晰显示病灶的大小^[25]。此外, DTI 技术还能通过参数的变化评价轴突的髓鞘形成、破坏、脱失和恢复, 判断卒中后运动皮层下纤维束的损害对功能重组和病人预后的影响^[26]。本研究治疗 3 周后 2 组患者病灶侧 FA 值、rFA 均升高, FA_{asy} 均降低, 双关节组患者病灶侧 FA 值、rFA 均高于单关节组, FA_{asy} 低于单关节组, 说明该治疗方法更有利于患者脑组织病灶的吸收、恢复。原因可能在于, 一方面由于多通道 FES 的双关节刺激在直接刺激外周运动神经的同时, 更好地改善了中枢神经的可塑性; 另一方面, 通过对外周神经及肌肉群的刺激, 随着患者运动功能的逐渐恢复, 患者全身循环系统及血流灌注水平可能得到一定改善, 也有利于脑血流再灌注及脑组织的部分恢复。此外, 双关节刺激通过一定时序刺激多组肌群模拟正常步行动作, 促使患肢进行更加复杂、精细、协调性的运动训练, 在一定程度上提高了皮层下纤维束重组的效率, 更有利于受损纤维束的修复。但 DTI 检测主要用于客观评价脑内病灶变

化情况及患者疗效, 对于具体双关节刺激加快脑卒中病灶恢复的机制仍有待进一步探究。

综上所述, 本研究发现基于正常行走模式的多通道 FES 双关节刺激对于脑卒中患者治疗效果优于单关节刺激法, 能显著改善患者运动功能、平衡功能、行走功能及日常生活活动能力。此外, DTI 检查提示多通道 FES 更有利于患者脑内病灶恢复, 对于提高脑卒中患者康复治疗水平及预后具有临床意义。

【参考文献】

- [1] Cao M, Li B, Rong J, et al. Sex differences in global disability-adjusted life years due to ischemic stroke: findings from global burden of diseases study 2019[J]. Sci Rep. 2022;12(1):6235-6235.
- [2] McEwan P, Bennett H, Khunti K, et al. Assessing the cost-effectiveness of sodium-glucose cotransporter-2 inhibitors in type 2 diabetes mellitus: A comprehensive economic evaluation using clinical trial and real-world evidence[J]. Diabetes Obes Metab. 2020;22(12):2364-2374.
- [3] 宋梅思, 窦祖林, 李娜, 等. 双重任务训练对脑卒中后共济失调患者的平衡及步行能力的影响[J]. 中国康复, 2021, 36(09): 515-519.
- [4] 魏新春, 周云, 吴建贤, 等. 多通道功能性电刺激在临床康复中的应用及研究进展[J]. 中国康复, 2019, 34(06): 333-336.
- [5] 付雨桐, 姚黎清. 应用 DTI 探讨脑卒中后运动与皮质脊髓束的关系[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(08): 1766-1772.
- [6] 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.
- [7] 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. 中国脑出血诊治指南(2019)[J]. 中华神经科杂志, 2019, 52(12): 994-1005.
- [8] 陈丹凤, 燕铁斌, 黎冠东, 等. 功能性电刺激对脑卒中早期患者下肢运动功能及磁共振弥散张量成像的影响[J]. 中华医学杂志. 2014, 94(37): 2886-2892.
- [9] 李坤彬, 吴志远, 吴艳芝, 等. 下肢康复机器人训练对缺血性脑卒中患者脑功能重建影响的初步观察[J]. 中风与神经疾病杂志, 2019, 05: 420-424.
- [10] 王凯, 张寻, 朱路文. 本体感觉训练对脑卒中后偏瘫患者肢体功能及平衡能力的影响[J]. 反射疗法与康复医学, 2021, 2(16): 102-104, 137.
- [11] 张萍, 杨宇. 脑卒中患者平衡功能评定和康复训练研究进展[J]. 中国康复, 2016, 31(6): 469-472.
- [12] 谢运娟, 廖传艺, 高强. 弥散张量成像在脑卒中患者运动功能预后评估中的研究进展[J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25(5): 546-549.
- [13] 谭志梅, 姜文文, 燕铁斌, 等. 基于正常行走模式的功能性电刺激对脑卒中恢复期患者行走功能的影响[J]. 中华医学杂志. 2016, 96(29): 2342-2346.
- [14] 刘加鹏, 王卫宁, 梁思捷, 等. 多通道功能性电刺激踏车训练对脑卒中患者步行功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(02):

- 182-185.
- [15] Zhao Q, Jia G, Jia L, et al. Effects of Electromyography Bridge on Upper Limb Motor Functions in Stroke Participants: An Exploratory Randomized Controlled Trial[J]. *Brain Sci.* 2022;12(7):870.
- [16] Mijic M, Jung A, Schoser B, et al. Use of peripheral electrical stimulation on healthy individual and patients after stroke and its effects on the somatosensory evoked potentials[J]. A systematic review. *Front Neurol.* 2022, 18(13):1036891.
- [17] Ueda K, Umemoto Y, Kamiyo YI, et al. Effects of Combination of Functional Electric Stimulation and Robotic Leg Movement Using Dynamic Tilt Table on Walking Characteristics in Post-Stroke Patients with Spastic Hemiplegia: A Randomized Crossover-Controlled Trial[J]. *J Clin Med.* 2022;11(23):6911-6911.
- [18] Qian JG, Rong K, Qian Z, et al. Effects of a multichannel dynamic functional electrical stimulation system on hemiplegic gait and muscle forces[J]. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(11):3541-3544.
- [19] Campanini I, Bò MC, Salsi F, et al. Physical therapy interventions for the correction of equinus foot deformity in post-stroke patients with triceps spasticity: A scoping review[J]. *Front Neurol.* 2022;28(13):1026850.
- [20] Austin O, Tina J, Susan M, et al. Spatial Mapping of Structural and Connectional Imaging Data for the Developing Human Brain with Diffusion Tensor Imaging[J]. *Methods.* 2015,6(73): 27 - 37.
- [21] Hong JS, Kim JM, Kim HS. Correlation between ambulatory function and clinical factors in hemiplegic patients with intact single lateral corticospinal tract: A pilot study[J]. *Medicine (Baltimore)* 2016; 95(31): e4360.
- [22] Kumar P, Prasad M, Das A, et al. Utility of Transcranial Magnetic Stimulation and Diffusion Tensor Imaging for Prediction of Upper-Limb Motor Recovery in Acute Ischemic Stroke Patients[J]. *Ann Indian Acad Neurol.* 2022;25(1):54-59.
- [23] Hubertus V, Meyer L, Roelfs L, et al. In vivo imaging in experimental spinal cord injury - Techniques and trends[J]. *Brain Spine.* 2021;29(2):100859.
- [24] 俞婷婷,尹震宇,张冰,等. 轻度认知功能障碍合并腔隙性梗死患者脑白质完整性磁共振扩散张量成像研究[J]. *中南大学学报(医学版)*,2019,44(07):805-812.
- [25] 刘静纯,张雪君. 脑梗死运动功能康复的结构和功能 MRI 评估[J]. *国际医学放射学杂志*,2020,43(06):669-672.
- [26] Koch P, Schulz R, Hummel FC. Structural connectivity analyses in motor recovery research after stroke. *Ann Clin Transl Neurol* [J]. 2016;3(3):233-244.

· 外刊拾粹 ·

卒中后睡眠—觉醒障碍与不良结局

睡眠不足和睡眠—觉醒障碍(SWDs)被认为是导致脑卒中等脑部疾病的危险因素。然而,既往没有研究探索过多发 SWDs 对后续心脑血管事件(CCEs)的影响。从两个卒中中心招募 18 至 85 岁患有缺血性脑卒中或短暂性脑缺血发作的受试者。采用呼吸描记图评估睡眠呼吸紊乱(SDB),采用失眠严重指数量表(ISI)评估失眠,采用国际不安腿综合征(RLS)研究小组严重程度评分和自我估测的 1 个月和 3 个月睡眠时间评估 RLS。睡眠负荷指数(SBI)是通过将这四者结合起来计算得出的。主要终点是由任何原因导致的死亡、脑卒中、短暂性脑缺血发作(TIA)、非致命性心肌梗死、因心衰计划外住院或因不稳定心绞痛导致紧急血运重建的计划外住院。数据来自 437 名确诊为缺血性脑卒中的患者,其中 70 人在随访期间至少有一次 CCE。与未发生 CCE 的患者相比,发生 CCE 的患者平均 SBI 显著较高($P=0.0003$),在校正年龄、性别、入院时 NIHSS 评分($P=0.0056$)和排除 TIA($P=0.0024$)后,差异仍具有统计学意义。作为单一组成部分,只有睡眠时间($P=0.0147$)是 CCEs 的显著预测因子,与较短的睡眠时间相比,脑卒中患者更多地报告睡眠时间较长。结论:这项针对缺血性脑卒中患者的研究发现,有睡眠呼吸紊乱的卒中患者发生后续心脑血管事件的风险增加。

(诸斌 译,贾晋瑄 潘文秀 王继先审)

Duss S, et al. Multiple Sleep-Wake Disturbances after Stroke Predict an Increased Risk of Cardio-Cerebrovascular Events or Death: A Prospective Cohort Study. *Euro J Neurol.* 2023 Jun;30(6):1696-1705.

中文翻译 由 WHO 康复培训与研究合作中心(武汉)组织
本期由上海交通大学医学院附属瑞金医院 谢青教授主译编