

## 双靶点经颅直流电刺激治疗头面部带状疱疹后神经痛的临床研究 \*

高鑫 黄运健 倪兵 卢光 朱宏伟 杜涛<sup>△</sup>

(首都医科大学宣武医院功能神经外科, 北京 100053)

**摘要 目的:** 探究双靶点经颅直流电刺激 (transcranial direct current stimulation, tDCS) 治疗头面部带状疱疹后神经痛 (craniofacial postherpetic neuralgia, C-PHN) 的疗效。**方法:** 选取 2024 年 2 月至 2024 年 5 月在首都医科大学宣武医院就诊的 C-PHN 病人 40 例, 采用计算机随机数字生成方式均分为治疗组和对照组, 治疗组采用初级运动皮质 (primary motor cortex, M1) 和前额叶背外侧部 (dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC) 双靶点 tDCS 交替刺激, 对照组采用假刺激, 两组均刺激 10 天。分别采用视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS)、汉密尔顿抑郁量表 (Hamilton depression scale, HAMD) 和匹兹堡睡眠质量指数 (Pittsburgh sleep quality index, PSQI) 评估刺激前后的变化值, 评价两组病人疼痛、抑郁和睡眠的改善情况, 分析影响疼痛变化的相关因素。**结果:** 从第 6 次刺激后, 治疗组 VAS 评分改善情况开始显著优于对照组 ( $P < 0.05$ )。在第 10 次刺激后即刻和刺激后 1 个月, 治疗组 VAS 评分、HAMD 评分和 PSQI 评分的改善情况均显著优于对照组 ( $P < 0.05$ )。病程  $\leq 2$  个月是影响病人疗效的保护因素 ( $OR = 30.881, P = 0.047$ )。**结论:** M1 和 DLPFC 双靶点 tDCS 是治疗 C-PHN 的有效方法, 病程  $\leq 2$  个月者治疗效果更佳。

**关键词** 头面部带状疱疹后神经痛; 经颅直流电刺激; 运动皮质; 前额叶背外侧部

### Dual-target transcranial direct current stimulation for treating craniofacial postherpetic neuralgia \*

GAO Xin, HUANG Yun-jian, NI Bing, LU Guang, ZHU Hong-wei, DU Tao<sup>△</sup>

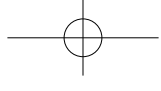
(Department of Functional Neurosurgery, Xuanwu Hospital Capital Medical University, Beijing 100053, China)

**Abstract Objective:** To investigate the efficacy of dual-target transcranial direct current stimulation (tDCS) for treating craniofacial postherpetic neuralgia (C-PHN). **Methods:** Forty C-PHN patients from February 2024 to May 2024 treated in Xuanwu Hospital Capital Medical University were selected and randomly divided into the treated group and the control group in a 1:1 ratio. The treated group received alternating stimulation of the primary motor cortex (M1) and dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) using dual-target tDCS, while the control group received sham stimulation. Both groups underwent 10 days of stimulation. Changed visual analogue scale (VAS), Hamilton depression scale (HAMD), and Pittsburgh sleep quality index (PSQI) scores before and after stimulation were used to evaluate the improvement of pain, depression, and sleep. Factors influencing pain changes were analyzed. **Results:** Starting from the 6<sup>th</sup> stimulation, the improvement of VAS scores in the treated group became significantly better than in the control group ( $P < 0.05$ ). After the 10<sup>th</sup> stimulation, both immediately and one month later, the treated group showed significantly greater improvements in VAS, HAMD, and PSQI scores compared with the control group ( $P < 0.05$ ). A pain duration of  $\leq 2$  months was identified as a protective factor for treatment efficacy ( $OR = 30.881, P = 0.047$ ). **Conclusion:** Dual-target tDCS of M1 and DLPFC is an effective treatment for C-PHN, with better outcomes for patients with a pain duration of  $\leq 2$  months.

**Keywords** craniofacial postherpetic neuralgia; transcranial direct current stimulation; motor cortex; dorsolateral prefrontal cortex

\* 基金项目: 国家重点研发计划 (2022YFC3602203); 国家自然科学基金联合基金项目 (U20A20391)

<sup>△</sup> 通信作者 杜涛 dtneuro1991@foxmail.com



带状疱疹后神经痛 (postherpetic neuralgia, PHN) 指带状疱疹皮疹愈合后持续 1 个月及以上的疼痛, 由潜伏于神经节的水痘-带状疱疹病毒再次感染后引起神经炎症、变性、坏死而导致, 疼痛甚至可持续存在数月甚至数年<sup>[1]</sup>。有 2.5%~20% 的带状疱疹累及头面部, 造成头面部带状疱疹后神经痛 (cranio-facial postherpetic neuralgia, C-PHN)<sup>[2]</sup>, 表现为单侧三叉神经或枕神经感觉支配区的持续性或反复发作性疼痛, 呈灼烧样、电击样、刀割样或针刺样疼痛, 严重影响病人生活质量。PHN 的治疗方式除基础药物治疗外, 神经射频 (如射频热凝、脉冲射频)、神经调控 (如脊髓电刺激、周围神经电刺激) 可有效缓解疼痛, 减少疼痛慢性化发展。然而, 相较于躯干 PHN, 由于 C-PHN 解剖位置的特殊性, 治疗选择相对有限, 迫切需要探索有效的镇痛技术。

经颅直流电刺激 (transcranial direct current stimulation, tDCS) 是一种用于治疗神经、精神类疾病的无创神经调控技术, 具有操作简易、不良反应少、便于携带、可居家使用等优点。tDCS 刺激初级运动皮质 (primary motor cortex, M1) 可有效改善不同类型的慢性疼痛<sup>[3]</sup>。有研究显示刺激 M1 区对头面部疼痛的疗效明显优于其他部位的疼痛<sup>[4,5]</sup>。tDCS 刺激前额叶背外侧部 (dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC) 对抑郁症具有显著疗效, 已被《经颅直流电刺激治疗常见神经精神疾病的临床应用专家共识》推荐为 A 级临床证据<sup>[6]</sup>。由于 PHN 病人常伴有显著的抑郁状态, 联合刺激 M1 和 DLPFC 有望在改善 C-PHN 病人的疼痛和抑郁状态方面发挥重要作用。基于以上研究进展, 本研究首次采用 M1 和 DLPFC 的双靶点 tDCS 治疗 C-PHN, 通过随机对照研究观察该刺激模式对 C-PHN 病人疼痛、抑郁和生活质量的改善作用。

## 方 法

### 1. 一般资料

本研究通过首都医科大学宣武医院医学伦理委员会审核 (伦理批号 [2024]138 号-002), 治疗前均签署知情同意书。选取 2024 年 2 月至 2024 年 5 月首都医科大学宣武医院带状疱疹后疼痛专科门诊就诊的 C-PHN 病人 40 例, 采用计算机随机数字生成方式随机分为治疗组 (20 例) 和对照组 (20 例), 治疗组采用初级运动皮质 (M1) 和前额叶背外侧部 (DLPFC) 双靶点 tDCS 交替刺激, 对照组采用假刺激, 两组均刺激 10 天。两组在刺激前均使用规范药物

稳定治疗至少 1 周, 药物治疗包括钙通道调节剂 (加巴喷丁或普瑞巴林)、抗抑郁药 (度洛西汀或文拉法辛), 伴有痛觉超敏者同时使用利多卡因贴剂, 在刺激期和随访期保持稳定药物治疗。

### 2. 样本量计算

根据前期预实验研究结果, 治疗组治疗后视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分减少值为  $2.8 \pm 1.9$ , 对照组治疗后 VAS 评分减少值为  $1.1 \pm 1.6$ , 采用 PASS 15.0 进行样本量计算, 设定检验标准 ( $\alpha$ ) 为双侧 0.05, 检验效能 ( $1-\beta$ ) 为 0.8, 两组的样本量之比为 1:1, 计算得出两组样本量为各 18 例, 考虑 10% 的失访情况, 最终每组至少纳入 20 例。

纳入标准: ①年龄 18~80 岁; ②符合 C-PHN 的临床表现: 带状疱疹后出现的疱疹区头面部疼痛, 且疼痛性质符合 PHN 的表现形式; ③ VAS 评分  $\geq 4$ ; ④治疗前均接受规范药物稳定治疗至少 1 周。

排除标准: ①未控制的神经系统疾病 (如脑肿瘤、颅内高压、癫痫、三叉神经痛等); ②由于语言受限或认识功能障碍无法完成调查问卷; ③酒精或药物滥用; ④ tDCS 的禁忌证 (如颅骨缺损、脑内有植入金属设备); ⑤无法完成随访; ⑥研究者认为不适合纳入研究的情况。

### 3. 方法

治疗组: 在连续 10 个工作日内, 分别以 M1 和 DLPFC 为靶点进行交叉刺激 (每日刺激 1 个靶点, 次日交换为另一个靶点, 每个靶点共刺激 5 次), 每次持续 20 分钟, 刺激强度为 2 mA。

对照组: 电极放置在与治疗组相同的位置, 刺激 30 秒后关闭电流, 使受试者感受到最初的瘙痒感, 但在剩余的刺激期间没有电流。

刺激电极的放置方法: 使用经颅直流电刺激仪 (苏州修普诺斯, XPNS208-B) 连接盐水浸泡的海绵电极 ( $35 \text{ cm}^2$ )。刺激 M1 区时, 将阳极置于 10-20 脑电图系统中的健侧 C3 或 C4 区; 刺激 DLPFC 区时, 将阳极置于左侧 F3 区。两者的阴极都置于对侧的眶上区, 若眶上区因疼痛无法放置电极, 则将阴极置于对侧颞部非疼痛区域。

### 4. 观察指标

采用 VAS 评分评估病人的疼痛程度, 0 为无痛, 10 为剧烈疼痛。

采用汉密尔顿抑郁量表 (Hamilton depression scale, HAMD) 评估病人的抑郁程度, 包括抑郁情绪、负罪感、自杀倾向等 24 个条目。总分  $< 8$  分为正常; 总分在 8~20 分代表可能有抑郁症; 总分在 21~35 分代表肯定有抑郁症; 总分  $> 35$  分代表严重抑郁症。

采用匹兹堡睡眠质量指数 (Pittsburgh sleep quality index, PSQI) 评估病人的睡眠质量, 量表由 19 个自评和 5 个他评条目构成, 总分范围为 0~21, 得分越高, 表示睡眠质量越差。

在刺激前 1 天 (T0) 进行病人的一般资料收集和所有量表评估, 在第 1~9 次刺激后即刻 (T1~T9) 使用 VAS 评分评估疼痛程度, 在第 10 次刺激后即刻 (T10)、第 10 次刺激后 1 个月 (T11) 进行所有量表评估。所有评分变化值为刺激后评分与 T0 评分的差值 (Tn-T0)。记录刺激期间和刺激后出现的不良反应。

5. 统计学分析

采用 SPSS 25.0 统计学软件对数据进行处理, 其中计量资料用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm SD$ ) 表示, 计数资料用百分比表示。如果满足正态分布和方差齐性, 组间比较使用独立样本 *t* 检验, 组内比较采用配对 *t* 检验。如果不满足正态分布或方差齐性, 组间采用 Mann-Whitney U 检验。对于计数资料, 根据样本量大小选择 Pearson 卡方检验、矫正卡方或 Fisher 确切概率法。为了分析影响疼痛的相关因素, 将以 T10 的 VAS 评分作为评判指标, 采用 Logistics 回归分析判断影响病人疗效的临床因素。 *P* < 0.05 为差异具有统计学意义。

结 果

1. 两组病人一般资料比较

本研究共纳入 40 例病人, 其中治疗组 20 例,

对照组 20 例。两组病人的年龄、性别、病程、受累神经、基线 VAS、HAMD 和 PSQI 评分等一般资料比较差异均无统计学意义 (见表 1)。

2. 两组病人 VAS 评分比较

与 T0 相比, 两组病人在干预后的 VAS 评分均有下降趋势。其中治疗组在第 6 次刺激后 (T6) 的 VAS 评分变化值与对照组出现显著差异 (*P* < 0.05)。在刺激后 1 个月, 两组病人的疼痛均较 T0 减轻, 治疗组的疗效显著优于对照组 (见图 1)。在疼痛病程 3 个月内的病人中, 治疗组的 VAS 评分变化值 ( $-4.2 \pm 1.3$ ) 与对照组 ( $-1.6 \pm 1.0$ ) 同样有显著差异 (*P* < 0.01)。

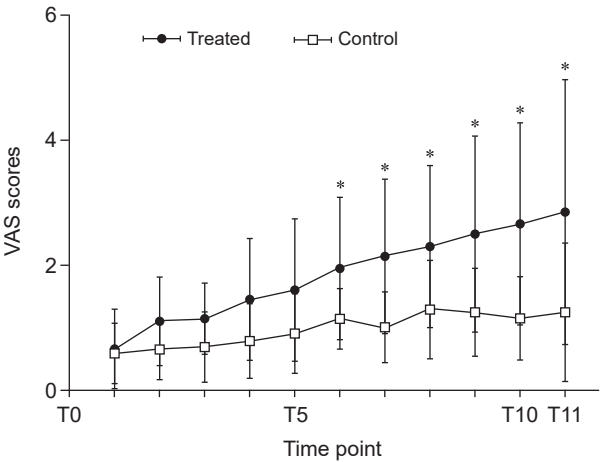
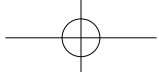


图 1 两组病人 VAS 评分比较  
\**P* < 0.05, 与对照组相比  
Fig. 1 Comparison of changed VAS scores between two groups  
\**P* < 0.05, compared with Control group.

表 1 两组病人的基线特征  
Table1 Baseline characteristics of two groups

基本信息 Basic information	治疗组 Treated group (n = 20)	对照组 Control group (n = 20)	P 值 P value
年龄 (岁) Age (Years)	68.2 ± 7.3	64.8 ± 11.4	0.268
性别 (男/女) Gender (Male/Female)	10/10	11/9	0.752
病程 (天) Duration (Months)	5.0 ± 7.2	4.7 ± 5.8	0.885
受累神经 Involved nerve			
V1	17	13	0.144
V2	6	6	1
V3	1	3	0.598
ON	4	7	0.288
VAS	6.5 ± 1.4	6.1 ± 1.2	0.395
HAMD	16.1 ± 4.6	15.9 ± 3.4	0.878
PSQI	13.4 ± 3.8	12.7 ± 3.8	0.564
痛觉超敏 Allodynia	12	11	0.749
感觉减退 Hypaesthesia	5	7	0.490

V1-3 代表三叉神经第 1~3 支; ON 为枕神经



3. 两组病人抑郁和睡眠情况比较

在第10次刺激后 (T10) 和刺激后1个月 (T11), 治疗组的 HAMD 评分和 PSQI 评分均显著低于对照组 ( $P < 0.05$ , 见表2), 治疗组的抑郁情况和睡眠情况较对照组有明显改善。

4. 影响疼痛的相关因素分析

影响病人疗效的 Logistic 回归分析结果显示 (见表3): 年龄、性别、痛觉超敏、感觉减退、V1 支受累情况、基线 VAS 和 HAMD 评分对病人疗效均

无影响 ( $P < 0.05$ ); 除了干预方式对病人疗效有显著影响外, 病程对病人疗效有显著的影响 ( $P < 0.05$ ), 病程  $\leq 2$  个月是影响病人疗效的保护因素 ( $OR = 30.881, 95\% CI: 1.048-910.185, P = 0.047$ )。

5. 不良反应

治疗组有4例在刺激后出现轻微的头皮刺痛、灼热感或瘙痒, 在刺激后3天内上述不适感均消退, 有2例在刺激后出现短暂头晕, 刺激结束后2小时内头晕均消失。所有病人均未出现严重不良反应。

表2 两组病人 HAMD 评分和 PSQI 评分比较  
Table 2 Comparison of HAMD and PSQI scores between two groups

时间点 Time	HAMD		PSQI	
	治疗组 Treated ( <i>n</i> = 20)	对照组 Control ( <i>n</i> = 20)	治疗组 Treated ( <i>n</i> = 20)	对照组 Control ( <i>n</i> = 20)
T10	-4.0 ± 1.8*	-0.8 ± 1.5	-4.0 ± 1.8*	-0.4 ± 1.1
T11	-4.4 ± 2.2*	-1.4 ± 1.8	-4.5 ± 2.7*	-1.4 ± 2.6

\* $P < 0.05$ , 与对照组相比; \* $P < 0.05$ , compared with Control group.

表3 疗效影响因素的 Logistic 回归分析  
Table 3 Logistic regression analysis of influencing factors on efficacy

影响因素 Influence factor	例数 <i>n</i>	比值比 (95% 置信区间) <i>OR</i> (95% <i>CI</i> )	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
年龄 (岁) Age (Years)			
≤ 66	19	4.401 (0.193-100.485)	0.353
> 66	21		
性别 Gender			
男 Male	21	8.131 (0.401-164.987)	0.172
女 Female	19		
病程 (月) Duration (Months)			
≤ 2	21	30.881 (1.048-910.185)	0.047
> 2	19		
痛觉超敏 Allodynia			
无 No	17	1.531 (0.126-18.661)	0.739
有 Yes	23		
感觉减退 Hypaesthesia			
无 No	28	2.733 (0.227-32.903)	0.428
有 Yes	12		
V1 支受累 V1 involved			
无 No	10	1.064 (0.079-14.397)	0.963
有 Yes	30		
基线 VAS 评分 Baseline VAS scores			
≤ 6	23	14.518 (0.575-366.714)	0.104
> 6	17		
基线 HAMD 评分 Baseline HAMD scores			
≤ 17	25	2.855 (0.299-27.297)	0.363
> 17	15		
干预组 Intervention group			
治疗组 Treated group	20	36.379 (1.860-711.512)	0.018
对照组 Control group	20		





## 讨 论

PHN 是带状疱疹最常见的并发症,病毒可通过感觉神经纤维扩散,甚至侵入脊髓和脑干,造成神经元炎症反应、异位放电以及外周和中枢敏化。许多 PHN 病人通过基础药物治疗,疼痛仍无法得到满意控制,常需神经介入技术和神经调控技术联合治疗。然而,头面部 PHN (C-PHN) 的治疗存在特殊挑战:首先,脊髓电刺激对躯干 PHN 可获得肯定疗效<sup>[7]</sup>,但对于 C-PHN 则很难在疼痛皮节植入刺激电极;其次,胸神经节毁损治疗躯干 PHN 效果显著<sup>[8]</sup>,而三叉神经半月节毁损治疗 C-PHN 易遗留痛性麻木,增加治疗难度。因此,C-PHN 的治疗选择相对有限,开发治疗 C-PHN 的有效神经调控技术势在必行。

脑部神经调控技术是治疗神经病理性疼痛的重要方法之一,包括有创(运动皮质电刺激、脑深部电刺激等)和无创(tDCS、重复经颅直流电刺激等)两大类<sup>[9]</sup>。多项研究显示,脑部神经调控对头面部和三叉神经源性疼痛的疗效肯定<sup>[4,5]</sup>,Nguyen 等<sup>[10]</sup>在系统性回顾中提出脑部神经调控对三叉神经源性疼痛的有效率可达 75%,显著优于幻肢痛、脊髓损伤后疼痛等。基于此,本研究选取 C-PHN 病人作为治疗对象,评估 tDCS 对疼痛、抑郁和睡眠质量的改善作用。

tDCS 相比其他脑部神经调控技术,具有无创、可重复、不良反应少、治疗技术门槛低、可居家治疗等优势,在疼痛研究和治疗领域获得了显著成果<sup>[11]</sup>。M1 区是 tDCS 调控疼痛的常用靶点,研究显示,刺激 M1 区可以激活大脑内的内源性镇痛系统,包括中脑导水管周围灰质和延髓网状结构,释放内源性阿片类药物(如内啡肽和脑啡肽),从而抑制疼痛传导<sup>[12,13]</sup>;增加皮质活动的兴奋性,通过皮质-皮质通路影响到感觉皮质的活动,改变对痛觉的处理和感知<sup>[14,15]</sup>;减少双侧的前额叶扣带回、岛叶以及外侧前额叶皮质区域的局部脑血流量,这些脑区都参与疼痛的加工<sup>[13]</sup>。

除了 M1 区外,DLPFC 也是 tDCS 研究中另一个常用的靶点,该脑区在情绪和认知调节中起重要作用,最常用于治疗抑郁症。刺激左侧 DLPFC 可增强抑郁病人的皮质神经活动,影响多种神经递质系统(如多巴胺、去甲肾上腺素和血清素),这些递质在调节情绪和认知中起关键作用<sup>[16]</sup>。神经病理性疼痛常与抑郁间存在复杂的相互作用,两者常常伴随并互相促进,形成恶性循环<sup>[17]</sup>。在本研究 40 例病人的基线 HAMD 量表评估中,有 34 例(85%)

可能患有抑郁症,有 3 例(7.5%)可确诊抑郁症。研究证实抗抑郁药物治疗对改善 PHN 疼痛症状,减少疼痛慢性化发展具有显著作用<sup>[18]</sup>。

本研究采用随机对照研究设计,首次使用 M1 和 DLPFC 双靶点刺激治疗 C-PHN 病人,结果显示治疗组病人的疼痛、抑郁和睡眠状况均较对照组有显著改善,并且可以减少疼痛慢性化的发生。本研究设置假刺激组的目的是排除安慰剂效应对研究结果产生的影响,发现在安慰剂组中病人的疼痛评分也同样降低,这可能是由于部分早期的 PHN 经过药物治疗具有一定自愈倾向。本研究中的疗效影响因素分析显示,除了干预方式对疼痛会产生显著影响外,疼痛病程短( $\leq 2$  个月)也是预示治疗有效的重要因素,这与其他研究报道相一致。长时间的疼痛会导致中枢和外周神经系统发生结构和功能发生可塑性改变,伴随着慢性神经炎症和免疫反应;慢性疼痛同时会破坏大脑边缘系统,导致精神功能障碍,加剧疼痛感受,这些因素都会导致疼痛难以得到有效控制。因此对于 PHN 的治疗应强调早期、联合治疗,避免疼痛慢性化。

tDCS 治疗和经颅磁刺激一样,需要多次刺激后才能引起大脑皮质的可塑性改变,产生明显的镇痛作用。在本研究中病人接受第 6 次刺激后治疗组开始与对照组发生显著差异,刺激 1 个月后镇痛效果仍然显著。由于慢性疼痛需要持续的管理和治疗,长期 tDCS 治疗可帮助维持症状改善,减少复发风险。国外已有居家 tDCS 设备的报道,居家治疗赋予病人更多自主性和灵活性,减少频繁就医的需要,节省时间和费用,减轻心理压力,改善生活质量,因此居家 tDCS 值得在国内推广使用<sup>[19]</sup>。

本研究的不足之处:随访时间相对较短,只证明了经过 10 次刺激后的短期疗效,国外有文献报道经过连续 10 次刺激后,间断给予巩固刺激治疗可以获得持续性效果;此外,本研究由于样本量限制而未设置单靶点刺激组,无法得知双靶点刺激是否比传统的单靶点刺激疗效更佳<sup>[20]</sup>。

综上所述,M1 和 DLPFC 双靶点 tDCS 可有效改善 C-PHN 的疼痛、抑郁和睡眠质量,该技术安全性高、操作简便,在临床治疗中具有普及和推广的价值。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

## 参 考 文 献

[1] 于生元,万有,万琪,等.带状疱疹后神经痛诊疗中国

- 专家共识 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2016, 22(3):161-167.
- [2] John AR, Canaday DH. Herpes zoster in the older adult[J]. Infect Dis Clin North Am, 2017, 31(4):811-826.
- [3] Wischnewski M, Alekseichuk I, Opitz A. Neurocognitive, physiological, and biophysical effects of transcranial alternating current stimulation[J]. Trends Cogn Sci, 2023, 27(2):189-205.
- [4] Hamani C, Fonoff ET, Parravano DC, *et al.* Motor cortex stimulation for chronic neuropathic pain: results of a double-blind randomized study[J]. Brain, 2021, 144(10):2994-3004.
- [5] Lefaucheur JP, Drouot X, Menard-Lefaucheur I, *et al.* Neurogenic pain relief by repetitive transcranial magnetic cortical stimulation depends on the origin and the site of pain[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2004, 75(4):612-616.
- [6] 唐睿, 宋洪文, 孔卓, 等. 经颅直流电刺激治疗常见神经精神疾病的临床应用专家共识 [J]. 中华精神科杂志, 2022, 55(5):327-382.
- [7] 胡慧敏, 王晓越, 张媛婧, 等. 短时程脊髓电刺激预防老年带状疱疹后神经痛的临床研究 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2024, 30(1):46-51.
- [8] Luo C, Yang B, Yang LQ, *et al.* Computed tomography-guided percutaneous coblation of the thoracic nerve root for treatment of postherpetic neuralgia[J]. Pain Physician, 2020, 23(5):E487-E496.
- [9] Knotkova H, Hamani C, Sivanesan E, *et al.* Neuromodulation for chronic pain[J]. Lancet, 2021, 397(10289):2111-2124.
- [10] Nguyen J, Nizard J, Keravel Y, *et al.* Invasive brain stimulation for the treatment of neuropathic pain[J]. Nat Rev Neurol, 2011, 7(12):699-709.
- [11] Wen YR, Shi J, Hu ZY, *et al.* Is transcranial direct current stimulation beneficial for treating pain, depression, and anxiety symptoms in patients with chronic pain? A systematic review and meta-analysis[J]. Front Mol Neurosci, 2022, 15:1056966.
- [12] Tavares DRB, Okazaki JEF, Santana MVDA, *et al.* Motor cortex transcranial direct current stimulation effects on knee osteoarthritis pain in elderly subjects with dysfunctional descending pain inhibitory system: a randomized controlled trial[J]. Brain Stimul, 2021, 14(3):477-487.
- [13] Meeker TJ, Keaser ML, Khan SA, *et al.* Non-invasive motor cortex neuromodulation reduces secondary hyperalgesia and enhances activation of the descending pain modulatory network[J]. Front Neurosci, 2019, 13:467.
- [14] Dossantos MF, Ferreira N, Toback RL, *et al.* Potential mechanisms supporting the value of motor cortex stimulation to treat chronic pain syndromes[J]. Front Neurosci, 2016, 10:18.
- [15] Caumo W, Deitos A, Carvalho S, *et al.* Motor cortex excitability and BDNF levels in chronic musculoskeletal pain according to structural pathology[J]. Front Hum Neurosci, 2016, 10:357.
- [16] Idlett-Ali SL, Salazar CA, Bell MS, *et al.* Neuromodulation for treatment-resistant depression: functional network targets contributing to antidepressive outcomes[J]. Front Hum Neurosci, 2023, 17:1125074.
- [17] 王英, 岳广欣, 梁媛, 等. 慢性疼痛与抑郁症的共同病理机制 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2023, 29(5):366-370.
- [18] Zhao C, Zhang T, Zhu Q, *et al.* PROCESS trial: effect of duloxetine premedication for postherpetic neuralgia within 72 h of herpes zoster reactivation: a randomized controlled trial[J]. Clin Infect Dis, 2023, 78(4):880-888.
- [19] Serrano PV, Zortea M, Alves RL, *et al.* The effect of home-based transcranial direct current stimulation in cognitive performance in fibromyalgia: a randomized, double-blind sham-controlled trial[J]. Front Hum Neurosci, 2022, 16:992742.
- [20] Attal N, Poindessous-Jazat F, De Chauvigny E, *et al.* Repetitive transcranial magnetic stimulation for neuropathic pain: a randomized multicentre sham-controlled trial[J]. Brain, 2021, 144(11):3328-3339.

《中国疼痛医学杂志》编辑部

地址: 北京市海淀区学院路38号, 北京大学医学部

联系电话: 010-82801712; 010-82801705

电子邮箱: pain1712@126.com

杂志官网: <http://casp.ijournals.cn> 在线投稿

微信公众平台号: 中国疼痛医学杂志 (cjpm1712)

