

经颅直流电刺激联合任务导向性训练对脑卒中后步态障碍患者 步态相关功能的影响

万晴晴^{1,2}, 陈和木^{1*}

¹ 安徽医科大学第一附属医院 安徽合肥

² 合肥经济技术开发区芙蓉社区卫生服务中心 安徽合肥

【摘要】目的 探究经颅直流电刺激（transcranial direct current stimulation, tDCS）联合任务导向性训练对脑卒中后步态障碍患者步态相关功能的影响。**方法** 选取 2024 年 11 月至 2025 年 4 月收治的 80 例脑卒中后步态障碍患者，随机分为 2 组，各 40 例。对照组采用假刺激联合任务导向性训练，观察组采用真刺激联合任务导向性训练。治疗前后分别评估两组患者的步行效率、步行功能、平衡功能及足底压力分布情况。**结果** 治疗 4 周后，观察组步行效率、步行功能评分、平衡功能评分均显著高于对照组，且足底压力对称指数更接近 0.5，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。**结论** 经颅直流电刺激联合任务导向性训练可有效改善脑卒中后步态障碍患者的步态相关功能，提高步行效率及平衡能力，优化足底压力分布。

【关键词】 经颅直流电刺激；任务导向性训练；脑卒中；步态障碍；步行效率；平衡功能

【收稿日期】 2025 年 7 月 18 日

【出刊日期】 2025 年 8 月 28 日

【DOI】 10.12208/j.ijcr.20250375

The effect of transcranial direct current stimulation combined with task oriented training on gait related functions in patients with post-stroke gait disorders

Qingqing Wan^{1,2}, Hemu Chen^{1*}

¹The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, Anhui

²Furong Community Health Service Center, Hefei Economic and Technological Development Zone, Hefei, Anhui

【Abstract】Objective To investigate the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with task oriented training on gait related functions in patients with post-stroke gait disorders. **Methods** 80 patients with post-stroke gait disorders admitted from November 2024 to April 2025 were randomly divided into two groups, with 40 patients in each group. The control group received sham stimulation combined with task oriented training, while the observation group received real stimulation combined with task oriented training. Evaluate the walking efficiency, walking function, balance function, and plantar pressure distribution of the two groups of patients before and after treatment. **Results** After 4 weeks of treatment, the walking efficiency, walking function score, and balance function score of the observation group were significantly higher than those of the control group, and the plantar pressure symmetry index was closer to 0.5, with statistically significant differences ($P < 0.05$). **Conclusion** Transcranial direct current stimulation combined with task oriented training can effectively improve gait related functions, enhance walking efficiency and balance ability, and optimize plantar pressure distribution in patients with post-stroke gait disorders.

【Keywords】 Transcranial direct current stimulation; Task oriented training; Stroke; Gait disorders; Walking efficiency; Balance function

脑卒中作为一种高致残率的神经系统疾病，其导致的步态障碍严重影响患者的日常生活活动能力及生

活质量^[1]。据统计，约 80% 的脑卒中患者在发病后会呈现不同程度的步态异常，表现为步行速度减慢、步长缩

*通讯作者：陈和木

短、步态不对称等, 这些异常不仅限制了患者的活动范围, 还增加了跌倒风险, 进一步加剧了患者的心理负担和社会隔离感^[2]。近年来, 随着神经调控技术的发展, 经颅直流电刺激作为一种非侵入性脑刺激技术, 因其安全性高、操作简便、副作用小等优点, 逐渐被应用于脑卒中后运动功能的康复治疗中^[3]。任务导向性训练则是一种基于任务特异性原则的康复训练方法, 它强调通过模拟日常生活活动中的具体任务, 激发患者的运动学习潜能, 提高运动控制的精确性和协调性^[4]。本研究旨在探讨经颅直流电刺激联合任务导向性训练对脑卒中后步态障碍患者步态相关功能的影响, 以期为临床康复治疗提供新的理论依据和实践指导。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2024 年 11 月至 2025 年 4 月在我院康复医学科接受治疗的 80 例脑卒中后步态障碍患者作为研究对象。将符合纳入标准的患者随机分为观察组和对照组, 各 40 例。观察组中, 男性 22 例, 女性 18 例; 年龄 42~74 岁, 平均 (58.36 ± 7.25) 岁; 病程 1~6 个月, 平均 (3.12 ± 0.25) 个月。对照组中, 男性 20 例, 女性 20 例; 年龄 40~75 岁, 平均 (57.89 ± 7.52) 岁; 病程 1~5 个月, 平均 (3.05 ± 0.28) 个月。两组一般资料比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性。

纳入标准: 符合脑卒中的诊断标准^[5], 并经头颅 CT 或 MRI 证实; 存在步态障碍; 签署知情同意书, 自愿参与本研究。

排除标准: 存在精神障碍或认知功能障碍, 无法配合治疗及评估; 存在其他可能导致步态障碍的疾病, 如帕金森病、多发性硬化等; 对经颅直流电刺激过敏或无法耐受。

1.2 方法

对照组: 假刺激联合任务导向性训练

(1) 假刺激: 使用 DC-Stimulator Plus 经颅直流电刺激设备(德国 euroCon 公司), 电极片尺寸为 $5\text{cm} \times 7\text{cm}$ 。将阳极置于患侧运动皮层区(根据国际 10-20 系统确定 C3 或 C4 点), 阴极置于对侧肩部。刺激开始 30 秒内电流逐渐降至 0mA, 并维持此状态至每次刺激结束, 每次刺激持续 20 分钟, 每周进行 5 次, 共治疗 4 周。

(2) 任务导向性训练: 根据患者的具体情况制定个性化的训练方案, 包括以下四个部分:

①平地步行训练: 从慢速步行开始, 逐渐增加步行速度和距离, 每次训练 10 分钟;

②上下楼梯训练: 根据患者的能力选择合适的楼

梯高度, 从扶栏上下楼梯逐渐过渡到独立上下楼梯, 每次训练 10 分钟;

③跨越障碍物训练: 设置高度为 5~15cm、不同宽度的障碍物, 让患者依次跨越, 每次训练 10 分钟;

④功能性步态训练: 如绕桩行走、往返行走等, 每次训练 10 分钟。

每次总训练时间为 40 分钟, 每周进行 5 次, 共治疗 4 周。

观察组: 真刺激联合任务导向性训练

(1) 真刺激: 使用与对照组相同的设备, 电极位置也相同。电流强度设置为 2mA, 每次刺激持续 20 分钟, 每周进行 5 次, 共治疗 4 周。

(2) 任务导向性训练: 与对照组相同, 包括平地步行训练、上下楼梯训练、跨越障碍物训练和功能性步态训练, 每次总训练时间为 40 分钟, 每周进行 5 次, 共治疗 4 周。

1.3 观察指标

(1) 步行效能评估: 借助意大利 Cosmed 公司生产的 K4b²便携式心肺功能测试仪, 对患者耗氧量(VO_2)予以测定, 同时运用意大利 Microgate 公司出品的 Optogait 步态分析系统, 记录患者步行速率。将 VO_2 与步行速率之比 ($\text{ml}/(\text{kg} \cdot \text{m})$) 作为衡量步行效能的指标。于治疗前及治疗 4 周后, 各进行 3 次测量, 取其平均值作为最终测定结果。步行效能越低, 说明能量利用效率越高, 步行效率越高。

(2) 步行机能评定: 采用 Fugl-Meyer 评估量表下肢部分(FMA-L)开展评估, 该量表涵盖 17 项评估内容, 总分 34 分, 得分愈高, 步行机能愈佳。由 2 位拥有 5 年以上资历的治疗师独立评定, 取均值作最终结果, 治疗前后各评定 1 次。平衡机能评定: 运用 Berg 平衡量表(BBS), 含 14 项内容, 总分 56 分, 得分越高平衡机能越优, 评定方式同 FMA-L。

(3) 足底压力剖析: 用杭州医学科技所制足底压力板测量, 其尺寸 $447\text{mm} \times 20\text{mm}$, 压阻式传感器分布密度 4 个/ cm^2 。在安静、光线充足区域, 受试者脱鞋袜, 双手自然垂放, 目视前方 2m 等高标记, 稳定站立测量, 每次 10s, 测 3 次取均值。提取双足足底压力百分比等数据, 用对称指数(SI)评估左右差异, 计算方式同前, 治疗前后各测 1 次取均值。

1.4 统计学方法

运用 SPSS 23.0 统计软件统计数据, 随后针对计量资料($\bar{x} \pm s$)用 t 检验, 对计数资料(%)用 χ^2 检验, 当结果 $P < 0.05$, 则有统计学差异。

2 结果

2.1 步行效率比较

治疗 4 周后步行效率比较结果显示：观察组干预前步行效能为 $0.32 \pm 0.05 \text{ ml/(kg} \cdot \text{m)}$ ，干预后降至 $0.25 \pm 0.04 \text{ ml/(kg} \cdot \text{m)}$ ；对照组干预前为 $0.31 \pm 0.06 \text{ ml/(kg} \cdot \text{m)}$ ，干预后为 $0.29 \pm 0.05 \text{ ml/(kg} \cdot \text{m)}$ 。两组干预前差

异无统计学意义 ($P > 0.05$)，干预后观察组步行效能低于对照组 ($t = 4.127$, $P < 0.05$)，表明观察组步行效率提升更显著。

2.2 步行功能及平衡功能比较

表 1 显示，治疗 4 周后，观察组 FMA-L 评分和 BBS 评分均高于对照组 ($P < 0.05$)。

表 1 两组步行功能及平衡功能比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	FMA-L 评分		BBS 评分	
		干预前	干预后	干预前	干预后
观察组	40	12.35±2.14	22.48±3.41	28.42±3.38	39.82±5.11
对照组	40	12.12±2.08	18.72±2.83	28.14±3.25	35.67±4.86
t	-	0.535	5.737	0.387	4.273
P	-	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

2.3 足底压力对称指数比较

治疗 4 周后，两组足底压力对称指数 (SI) 比较显示：观察组干预前 SI 为 0.62 ± 0.07 ，干预后改善至 0.53 ± 0.06 ；对照组干预前 SI 为 0.61 ± 0.08 ，干预后为 0.58 ± 0.07 。干预前两组 SI 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，干预后观察组 SI 更接近理想值 0.5，且与对照组相比差异具有统计学意义 ($t = 3.042$, $P < 0.05$)，表明观察组足底压力分布优化效果更显著。

可有效改善脑卒中后步态障碍患者的步态相关功能，提高步行效率及平衡能力，优化足底压力分布，宜推广。

参考文献

[1] 冉龙飞,郭军辉,栾玲芹,等.经颅直流电刺激联合认知-运动双任务训练对脑卒中后认知障碍患者记忆和执行功能的影响[J].天津医药,2025,53(06):624-628.

[2] 段秋霞.经颅直流电刺激联合任务导向性训练对脑卒中后偏瘫患者肢体功能及NIHSS评分的影响[J].湖北科技学院学报(医学版),2020,34(04):329-331.

[3] 朱冬燕.重复经颅磁刺激联合任务导向性训练对脑卒中患者下肢功能的影响[D].江苏省:南通大学,2023.

[4] 陈晨,孟兆祥,杨康,等.智能镜像手套任务导向性训练联合低频重复经颅磁刺激对脑卒中患者手功能效果的随机对照试验[J].中国康复理论与实践,2024,30(07):831-838.

[5] 金明滢,王俊华,刘飞,等.经颅直流电刺激结合 Walker View 步行训练系统对早期脑卒中患者步行功能的影响[J].湖北医药学院学报,2020,39(03):244-248.

[6] 宋梦涵.经颅直流电刺激对脑卒中患者认知功能及脑白质纤维完整性的影响[D].山东省:青岛大学,2023.

[7] 王潇珺,王哈妮,俞红,等.高精度经颅直流电刺激联合上肢机器人对缺血性脑卒中上肢功能的效果[J].中国康复理论与实践,2025,31(02):218-224.

3 讨论

脑卒中后步态障碍的形成机制复杂多样，涉及神经肌肉控制、肌肉力量、关节活动度、平衡能力等多个方面^[6]。传统的康复治疗方法，如物理治疗、作业治疗等，虽能在一定程度上改善患者的运动功能，但对于步态障碍的恢复效果有限。经颅直流电刺激作为一种非侵入性脑刺激技术，通过在头皮上施加微弱的直流电，可以调节大脑皮层的兴奋性^[7]。任务导向性训练则是一种基于任务特异性原则的康复训练方法，在任务导向性训练中，患者需要在特定的任务环境中进行反复练习，通过试错和反馈机制不断调整和优化运动策略，从而提高运动控制的效率和准确性。本研究采用双盲设计，将患者随机分为观察组和对照组，分别接受真刺激联合任务导向性训练和假刺激联合任务导向性训练。

本研究结果显示，治疗 4 周后，观察组步行效率，步行功能评分、平衡功能评分均显著高于对照组，且足底压力对称指数更接近 0.5，差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。这些结果表明，经颅直流电刺激联合任务导向性训练可以有效地改善脑卒中后步态障碍患者的步态相关功能。

综上所述，经颅直流电刺激联合任务导向性训练

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS