



• 康复研究 •

(扫描二维码查看原文)

高频重复经颅磁刺激联合任务导向性训练对脑卒中后偏瘫患者上肢运动功能康复效果的影响

赵琴，费世早，方芬，曹克勇

【摘要】 背景 30%的脑卒中患者遗留偏瘫，严重影响其正常生活，因此促进患者肢体功能康复十分重要。重复经颅磁刺激（rTMS）作为一种新型无创技术逐渐应用于各类神经系统疾病的治疗，目前临床针对高频 rTMS 联合任务导向性训练在脑卒中后偏瘫患者中应用效果的研究较少。**目的** 探讨高频 rTMS 联合任务导向性训练对脑卒中后偏瘫患者上肢运动功能康复效果的影响。**方法** 选取华东师范大学附属芜湖医院康复医学科 2016 年 8 月至 2020 年 8 月收治的脑卒中后偏瘫患者 87 例为研究对象，根据康复治疗方案不同分为对照组 42 例和研究组 45 例。患者入院后均予以脑卒中二级预防药物治疗及物理疗法，对照组患者采用任务导向性训练，研究组患者在对照组基础上联合高频 rTMS 治疗，均连续治疗 6 周，随访 1 年。比较两组患者治疗前、治疗后 6 周及出院后 3、6、12 个月简化 Fugl-Meyer 运动功能评分法 - 上肢部分（FMA-UE）、Wolf 运动功能测试（WMFT）、改良 Barthel 指数（MBI）量表评分。**结果** 时间与治疗方法在 FMA-UE、WMFT、MBI 量表评分上存在交互作用 ($P < 0.05$)；时间、治疗方法在 FMA-UE、WMFT、MBI 量表评分上主效应均显著 ($P < 0.05$)。研究组患者治疗后 6 周及出院后 3、6、12 个月 FMA-UE、WMFT、MBI 量表评分高于对照组 ($P < 0.05$)。两组患者治疗后 6 周及出院后 3、6、12 个月 FMA-UE、WMFT、MBI 量表评分分别高于本组治疗前 ($P < 0.05$)。**结论** 高频 rTMS 联合任务导向性训练能够有效提高脑卒中后偏瘫患者的功能性训练效果，促进上肢运动功能恢复，进而提高患者的日常生活能力。

【关键词】 卒中；偏瘫；重复经颅磁刺激；任务导向性训练；运动功能

【中图分类号】 R 743 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.280

赵琴，费世早，方芬，等. 高频重复经颅磁刺激联合任务导向性训练对脑卒中后偏瘫患者上肢运动功能康复效果的影响 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2022, 30 (1) : 113-116, 123. [www.syxnf.net]

ZHAO Q, FEI S Z, FANG F, et al. Impact on rehabilitation effect of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation combined with task-oriented training on upper limb motor function in patients with hemiplegia after stroke [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30 (1) : 113-116, 123.

Impact on Rehabilitation Effect of High-frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Combined with Task-oriented Training on Upper Limb Motor Function in Patients with Hemiplegia after Stroke ZHAO Qin, FEI Shizao, FANG Fen, CAO Keyong

Department of Rehabilitation Medicine, Wuhu Hospital Affiliated to East China Normal University, Wuhu 241000, China

Corresponding author: ZHAO Qin, E-mail: 864554012@qq.com

[Abstract] **Background** Thirty percent of stroke patients have hemiplegia, which obviously affect the daily life of patients. Therefore, it is very important to promote the limb function rehabilitation. Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS), as a new non-invasive technique, is gradually applied to the treatment of various nervous system diseases. At present, there is little clinical research on the application effect of high-frequency rTMS combined with task-oriented training in patients with hemiplegia after stroke. **Objective** To explore the impact on rehabilitation effect of high-frequency rTMS combined with task-oriented training on upper limb motor function in patients with hemiplegia after stroke. **Methods** A total of 87 patients with hemiplegia after stroke admitted to the Department of Rehabilitation Medicine in Wuhu Hospital Affiliated to East China Normal University from August 2016 to August 2020 were selected, and they were divided into control group (42 cases) and study group (45 cases) according to different rehabilitation program. After admission, patients were given drugs and physical therapy, and patients in control group were given task-oriented training, patients in study group were given high-frequency rTMS based on control group, both groups were continually treated for 6 weeks, and followed up for 1 year. Scores of Fugl-meyer Assessment of Upper

Extremity (FMA-UE) , Wolf Motor Function Test (WMFT) , modified Barthel Index (MBI) Scale before treatment, at 6 weeks after treatment and at 3, 6, 12 months after discharge were compared between the two groups. **Results** There was an interaction between time and treatment methods on scores of FMA-UE, WMFT, MBI Scale ($P < 0.05$) ; time and treatment methods had significant main effects on scores of FMA-UE, WMFT and MBI Scale ($P < 0.05$) . Scores of FMA-UE, WMFT and MBI Scale at 6 weeks after treatment and at 3, 6, 12 months after discharge of study group were higher than those of control group ($P < 0.05$) . In the two groups, scores of FMA-UE, WMFT and MBI Scale at 6 weeks after treatment and at 3, 6, 12 months after discharge were higher than those before treatment, respectively ($P < 0.05$) . **Conclusion** High-frequency rTMS combined with task-oriented training can significantly promote functional training effect of patients with hemiplegia after stroke, promote upper limb motor function recovery, and then improve the ability of daily living of patients.

[Key words] Stroke; Hemiplegia; Repetitive transcranial magnetic stimulation; Task-oriented training; Motor function

脑卒中是目前导致患者残疾的主要病因之一，据报道，约 30% 的脑卒中患者出现偏瘫，主要表现为上肢运动功能障碍、动作笨拙，明显影响患者的日常生活^[1]，给家庭与社会带来巨大的经济负担。因此，促进脑卒中后偏瘫患者肢体功能康复对改善其日常生活质量十分重要。近年随着康复医学技术的发展，重复经颅磁刺激（repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS）作为一种新型无创技术逐渐应用于各类神经系统疾病的治疗，其高频模式可通过增强大脑皮质的兴奋性而促进患者上肢运动功能恢复^[2]。任务导向性训练是针对患者的上肢运动功能进行重复性训练，进而达到重组大脑功能的目的^[3]。目前临床针对高频 rTMS 联合任务导向性训练在脑卒中后偏瘫患者中应用效果的研究较少。基于此，本研究旨在探讨高频 rTMS 联合任务导向性训练对脑卒中后偏瘫患者上肢运动功能康复效果的影响，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取华东师范大学附属芜湖医院康复医学科 2016 年 8 月至 2020 年 8 月收治的脑卒中后偏瘫患者 87 例为研究对象。纳入标准：（1）首次发病；（2）符合《各类脑血管疾病诊断要点》^[4] 中的脑卒中后偏瘫诊断标准，并经颅脑 CT、MRI 检查确诊；（3）病情稳定，意识清楚，简易精神状态检查量表（Mini-mental State Examination, MMSE）评分 ≥ 24 分。排除标准：（1）合并重要器官功能障碍者；（2）合并晚期恶性肿瘤者；（3）严重精神障碍，无法顺利配合康复治疗者；（4）病程 > 1 年者；（5）合并癫痫、帕金森病等神经系统疾病者；（6）经改良 Ashworth 痉挛评定量表评定上肢肌痉挛程度 > 3 级者；（7）体内有金属置入物者。根据康复治疗方案不同将所有患者分为研究组 45 例和对照组 42 例。两组患者性别、年龄、病程、偏瘫位置、脑卒中类型比较，差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，见表 1。本研究经华东师范大学附属芜湖医院医学伦理委员会批准，患者及家属对本研究知情并签署知情同意书。

1.2 治疗方法 患者入院后均予以脑卒中二级预防药物治疗及物理疗法，其中物理疗法主要包括 Rood 及 Bobath 技术，以体位转换性训练、抗肢体痉挛练习和舒适体位的摆放训练等为主，在此基础上，对照组患者采用任务导向性训练，主要内容包括上肢力量控制性训练、练习肢体深浅感觉、单独使用患侧手或在健侧手辅助下练习磨砂板、伸够移动物品、套弹簧圈等，同时练习洗漱、穿衣、进食、缓慢步行等日常

表 1 两组患者一般资料比较
Table 1 Comparison of general information between the two groups

组别	例数	性别 (男/女)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程 ($\bar{x} \pm s$, 月)	偏瘫位置(例)		脑卒中类型(例)	
					左侧	右侧	缺血性 脑卒中	出血性 脑卒中
对照组	42	22/20	59.9 \pm 7.9	5.5 \pm 2.9	26	16	24	18
研究组	45	26/19	62.3 \pm 8.3	5.2 \pm 3.0	25	20	30	15
χ^2 (t) 值		0.256	1.393 ^a	0.439 ^a	0.361		0.837	
P 值		0.613	0.167	0.662	0.548		0.360	

注：^a 表示 t 值

生活自理能力。患者均在康复治疗师的引导下以正常的运动模式完成上述动作练习，康复训练的原则是以健侧的最小代偿和患侧的最大独立为准，训练时间为 40 min/d，每周训练 6 d，连续治疗 6 周。研究组患者在对照组基础上联合高频 rTMS 治疗，即应用经颅磁刺激机器（武汉依瑞德医疗设备有限公司生产，型号：YRD CCY-I）进行治疗，同时配备长约 165 mm 的“8”字形线圈，治疗期间患者取半卧位，保持舒适体位后尽量减少头部活动，而后调节刺激频率为 10 Hz；取患侧前额叶背外侧皮质处进行 rTMS，并于 F3 点处放置线圈，保持患者头皮表面与线圈中点处贴合确切，在 10 Hz 的刺激频率下刺激 5 s，强度大小为 80% 静息运动阈值，每次刺激间隔 25 s，治疗频率为 1 次/d，20 min/ 次，共 2 000 个脉冲，每周治疗 5 d，连续治疗 6 周。患者出院后均采用电话形式随访 1 年，并叮嘱患者按时复诊。

1.3 观察指标 （1）采用简化 Fugl-Meyer 运动功能评分法 - 上肢部分（Fugl-meyer Assessment of Upper Extremity, FMA-UE）^[5] 评估两组患者治疗前、治疗后 6 周及出院后 3、6、12 个月上肢运动功能，量表内容包括上肢反射活动、屈伸肌共同运动、分离运动、正常反射活动共 33 个条目，每个条目均采用 3 级评分法（0~2 分），分值越高表明患者上肢运动功能越好。（2）采用 Wolf 运动功能测试（Wolf Motor Function Test, WMFT）^[3] 评估两组患者治疗前、治疗后 6 周及出院后 3、6、12 个月上肢功能性训练情况，测试内容包括 9 个功能性条目和 6 个上肢运动任务条目，均采用 6 级评分法（0~5 分），分值越高表明患者功能性训练效果越好。（3）采用改良 Barthel 指数（modified Barthel Index, MBI）量表^[6] 评估两组患者治疗前、治疗后 6 周及出院后 3、6、12 个月日常生活能力，量表内容包括进食、洗澡、个人卫生、穿衣、大便控制、

小便控制、如厕、转移、行走、轮椅操作、上下楼梯，总分为100分，分数越高表明患者日常生活能力越好。

1.4 统计学方法 应用SPSS 26.0统计学软件进行数据处理。计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，组间比较采用成组t检验，重复测量数据采用双因素重复测量方差分析，组内不同时间点比较采用单因素方差分析，组内两两比较采用LSD-t检验，组间两两比较采用成组t检验；计数资料以相对数表示，组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 FMA-UE评分 时间与治疗方法在FMA-UE评分上存在交互作用($P < 0.05$)；时间、治疗方法在FMA-UE评分上主效应均显著($P < 0.05$)。研究组患者治疗后6周及出院后3、6、12个月FMA-UE评分高于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者治疗后6周及出院后3、6、12个月FMA-UE评分分别高于本组治疗前，差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表2。

表2 两组患者治疗前、治疗后6周及出院后3、6、12个月FMA-UE评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 2 Comparison of FMA-UE score before treatment, at 6 weeks after treatment and at 3, 6, 12 months after discharge between the two groups

组别	例数	治疗前	治疗后6周	出院后3个月	出院后6个月	出院后12个月
对照组	42	33.59 ± 7.09	39.05 ± 6.98 ^a	44.29 ± 7.85 ^b	46.03 ± 8.12 ^b	49.16 ± 9.03 ^b
研究组	45	32.97 ± 6.27	45.97 ± 7.04 ^{ab}	52.36 ± 8.29 ^{ab}	55.39 ± 9.13 ^{ab}	59.34 ± 10.34 ^{ab}
F值			$F_{\text{交互}} = 28.313$, $F_{\text{时间}} = 72.147$, $F_{\text{组间}} = 66.141$			
P值			$P_{\text{交互}} < 0.001$, $P_{\text{时间}} < 0.001$, $P_{\text{组间}} < 0.001$			

注：^a 表示与对照组比较， $P < 0.05$ ；^b 表示与本组治疗前比较， $P < 0.05$

2.2 WMFT评分 时间与治疗方法在WMFT评分上存在交互作用($P < 0.05$)；时间、治疗方法在WMFT评分上主效应均显著($P < 0.05$)。研究组患者治疗后6周及出院后3、6、12个月WMFT评分高于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者治疗后6周及出院后3、6、12个月WMFT评分分别高于本组治疗前，差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表3。

表3 两组患者治疗前、治疗后6周及出院后3、6、12个月WMFT评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 3 Comparison of WMFT score before treatment, at 6 weeks after treatment and at 3, 6, 12 months after discharge between the two groups

组别	例数	治疗前	治疗后6周	出院后3个月	出院后6个月	出院后12个月
对照组	42	41.59 ± 8.97	48.63 ± 7.81 ^b	52.36 ± 12.13 ^b	56.39 ± 10.34 ^b	60.10 ± 10.34 ^b
研究组	45	40.65 ± 8.63	55.36 ± 11.36 ^{ab}	59.36 ± 13.06 ^{ab}	62.36 ± 11.36 ^{ab}	68.31 ± 11.97 ^{ab}
F值			$F_{\text{交互}} = 30.234$, $F_{\text{时间}} = 69.031$, $F_{\text{组间}} = 61.206$			
P值			$P_{\text{交互}} < 0.001$, $P_{\text{时间}} < 0.001$, $P_{\text{组间}} < 0.001$			

注：^a 表示与对照组比较， $P < 0.05$ ；^b 表示与本组治疗前比较， $P < 0.05$

2.3 MBI量表评分 时间与治疗方法在MBI量表评分上存在交互作用($P < 0.05$)；时间、治疗方法在MBI量表评分上主效应均显著($P < 0.05$)。研究组患者治疗后6周及出院后3、

6、12个月MBI量表评分高于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者治疗后6周及出院后3、6、12个月MBI量表评分分别高于本组治疗前，差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表4。

表4 两组患者治疗前、治疗后6周及出院后3、6、12个月MBI量表评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 4 Comparison of MBI Scale score before treatment, at 6 weeks after treatment and at 3, 6, 12 months after discharge between the two groups

组别	例数	治疗前	治疗后6周	出院后3个月	出院后6个月	出院后12个月
对照组	42	41.59 ± 8.09	48.49 ± 7.14 ^b	55.31 ± 6.13 ^b	59.31 ± 9.82 ^b	64.33 ± 9.82 ^b
研究组	45	39.87 ± 7.95	53.54 ± 7.69 ^{ab}	60.39 ± 8.31 ^{ab}	67.63 ± 10.31 ^{ab}	78.39 ± 11.63 ^{ab}
F值			$F_{\text{交互}} = 37.536$, $F_{\text{时间}} = 70.216$, $F_{\text{组间}} = 60.234$			
P值			$P_{\text{交互}} < 0.001$, $P_{\text{时间}} < 0.001$, $P_{\text{组间}} < 0.001$			

注：^a 表示与对照组比较， $P < 0.05$ ；^b 表示与本组治疗前比较， $P < 0.05$

3 讨论

近年随着我国人口老龄化进程加剧，脑卒中发病率逐年增加，已成为严重威胁我国中老年人群身体健康的重要疾病^[7-8]。尽管目前我国脑卒中的介入、溶栓治疗水平明显提高，但仍超过70%的脑卒中患者遗留不同程度的功能障碍，严重影响其日常生活^[9]。目前临床常推荐康复治疗来尽量恢复脑卒中后偏瘫患者的运动功能^[3]。从脑卒中后偏瘫患者整体康复进程来看，患者上肢功能康复较下肢困难，不仅耗时长、花费大，且治疗效果有限，因此临床常将下肢功能恢复作为康复的重点，而忽略了上肢功能的恢复，进而影响了治疗效果。有报道显示，30%~66%的脑卒中后偏瘫患者发病后6个月仍存在上肢功能障碍，其中60%的患者表现为手部感觉或运动障碍^[10]。

脑卒中后偏瘫的发病机制是以双侧大脑半球间的竞争和习惯性废用为主。近年随着神经功能可塑性理念的提出，脑卒中后偏瘫患者的康复治疗越来越重要^[11]。任务导向性训练包括运动功能、预见性调节肢体动作、认知功能、运动准备的训练及运动策略的选择等，该训练重视患者与周围环境间的感知，选择其日常生活中常用的动作进行重复性训练，以最经济、有效的方式促进患者肢体功能恢复，提高其日常生活能力^[12]。本研究结果显示，对照组患者治疗后6周FMA-UP、WMFT、MBI量表评分分别高于本组治疗前，与王月丽等^[9]研究结果类似，但该研究并未对出院患者进行随访，而本研究对出院患者进行了为期1年的随访，结果显示，对照组患者出院后3、6、12个月FMA-UP、WMFT、MBI量表评分分别高于本组治疗前，表明任务导向性训练能够从多方面提高脑卒中后偏瘫患者功能性训练效果，促进上肢运动功能恢复，进而提高其日常生活能力。

rTMS是近年逐渐发展起来的一种电生理技术，能够持续调节患者大脑皮质的兴奋性，目前已广泛应用于各类神经系统疾病的治疗，并取得了明显效果。李益民等^[13]研究表明，高频rTMS能够改善精神分裂症患者的阴性症状及精神症状，

且安全性较高。另有研究表明，采用高频 rTMS 治疗脑卒中患者可明显改善其上肢握力、运动及认知感觉功能，其效果优于常规康复治疗^[14-15]。不同频率 rTMS 对大脑皮质的调节作用存在差异，低频 rTMS 指刺激频率<1 Hz，可抑制患侧大脑半球的兴奋性，降低患侧大脑半球经胼胝体的抑制作用，继而间接增强患侧大脑皮质的兴奋性。而频率≥1 Hz 为高频 rTMS，可直接增强患侧大脑半球兴奋性，进而促进肢体功能康复。本研究结果显示，研究组患者治疗后 6 周及出院后 3、6、12 个月 FMA-UP、WMFT、MBI 量表评分高于对照组，表明高频 rTMS 联合任务导向性训练可有效提高脑卒中后偏瘫患者的功能性训练效果，促进上肢运动功能恢复，进而提高其日常生活能力，分析原因可能为：（1）高频 rTMS 能够有效促进脑卒中后偏瘫患者大脑皮质和皮质下神经元发生可塑性改变，结合功能性运动训练可较好地修复患者受损的神经元，继而提高患侧运动功能^[16]；（2）高频 rTMS 除可增强大脑皮质的兴奋性外，还可刺激躯体感觉皮质区域，降低患者触觉阈值，提高辨别能力，进而促进上肢感觉功能恢复^[17]；（3）高频 rTMS 能够促进脑代谢，加快脑血流速度，抑制细胞程序性凋亡，提高神经递质的传导速度^[18-21]，进而增强肢体感觉功能。

综上所述，高频 rTMS 联合任务导向性训练能够有效提高脑卒中后偏瘫患者的功能性训练效果，促进上肢运动功能恢复，进而提高患者的日常生活能力。但本研究为单中心研究，且纳入样本量有限、观察指标较少，且未对比分析其远期疗效，今后还需进行大样本量、多中心研究进一步证实本结论。

作者贡献：赵琴进行文章的构思与设计，撰写、修订论文，负责文章的质量控制及审校，并对文章整体负责、监督管理；费世早进行研究的实施与可行性分析；方芬进行数据收集、整理、分析；曹克勇进行结果分析与解释。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 黄格朗, 唐夏林, 黄燕. 1Hz 低频重复经颅磁刺激对脑卒中后偏瘫上肢痉挛及运动功能作用的 meta 分析 [J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33 (6) : 701-705, 709.DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.06.016.
- [2] 尹明宇, 罗婧, 胡昔权, 等. 高频重复经颅磁刺激对脑卒中后认知功能障碍的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33 (7) : 763-769.DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.07.003.
- [3] YIN M Y, LUO J, HU X Q, et al. Effects of high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on post-stroke cognitive impairment [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2018, 33 (7) : 763-769.DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.07.003.
- [4] 王宏斌, 龙华, 袁华, 等. 低频重复经颅磁刺激联合以任务为导向作业疗法对脑卒中患者上肢运动功能的康复作用 [J]. 中国现代神经疾病杂志, 2017, 17 (4) : 254-260.DOI: 10.3969/j.issn.1672-6731.2017.04.004.
- [5] WANG H B, LONG H, YUAN H, et al. Effect of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation combining task-oriented training on upper limb motor function recovery after stroke [J]. Chinese Journal of Contemporary Neurology and Neurosurgery, 2017, 17 (4) : 254-260.DOI: 10.3969/j.issn.1672-6731.2017.04.004.
- [6] [4] 各类脑血管疾病诊断要点 [J]. 中华神经科杂志, 1996 (6) : 60-61.
- [7] 廖瑶, 卢洁, 赵祥虎. Enlax (日常生活作业智能训练系统) 结合任务导向性训练对脑卒中偏瘫患者上肢功能和日常生活能力的影响 [J]. 按摩与康复医学, 2018, 9 (17) : 7-9.DOI: 10.19787/j.issn.1008-1879.2018.17.004.
- [8] 邹先桃, 黄学平, 陈奇刚, 等. 电针对脑卒中后偏瘫患者上肢运动功能影响的研究 [J]. 时珍国医国药, 2018, 29 (12) : 2948-2950.DOI: 10.3969/j.issn.1008-0805.2018.12.043.
- [9] 孙长城, 王春方, 丁晓晶, 等. 上肢康复机器人辅助训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33 (10) : 1162-1167.DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.10.006.
- [10] SUN C C, WANG C F, DING X J, et al. Effects of assistant training of upper-limb rehabilitation robot on upper-limb motor function of hemiplegic stroke patients [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2018, 33 (10) : 1162-1167.DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.10.006.
- [11] 谢仁明, 李燕如, 雷达. 超低频与高频重复经颅磁刺激治疗脑卒中后血管源性帕金森综合征 [J]. 中南大学学报(医学版), 2015, 40 (4) : 351-355.DOI: 10.11817/j.issn.1672-7347.2015.04.002.
- [12] XIE R M, LI Y R, LEI D. Treatment of vascular Parkinson's syndrome after stroke by ultra-low frequency and high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation [J]. Journal of Central South University (Medical Science), 2015, 40 (4) : 351-355. DOI: 10.11817/j.issn.1672-7347.2015.04.002.
- [13] 王月丽, 曾明, 姚云海, 等. 振动结合上肢任务导向性训练对脑卒中后偏瘫患者上肢运动功能的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33 (4) : 447-450.DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.04.015.
- [14] 梁天佳, 龙耀斌, 周开斌, 等. 谐振治疗对脑卒中偏瘫上肢痉挛和运动功能的影响 [J]. 实用医学杂志, 2017, 33 (10) : 1628-1630.DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2017.10.026.
- [15] 陶峰, 朱洁, 杨雷, 等. 镜像疗法对亚急性期脑卒中偏瘫患者日常生活活动能力和上肢运动功能的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34 (7) : 841-843.DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2019.07.018.
- [16] TIMMERMANS A A, SPOOREN A I F, KINGMA H, et al. Influence of task-oriented training content on skilled arm-hand performance in stroke: a systematic review [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2010, 24 (9) : 858-870.DOI: 10.1177/1545968310368963.
- [17] 李益民, 吕华, 刘其香, 等. 高频重复经颅磁刺激治疗精神分裂症强迫症状对照研究 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2017, 43 (1) : 39-42.DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2017.01.009.
- [18] 张帆, 邹淑怡. 高频重复经颅磁刺激对脑卒中恢复期患者认知功能的影响 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2019, 22 (22) : 2479-2485.DOI: 10.12083/SYSJ.2019.22.404.
- [19] ZHANG F, ZOU S Y. Effects of high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on cognitive function in stroke patients in convalescent stage [J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2019, 22 (22) : 2479-2485.DOI: 10.12083/SYSJ.2019.22.404.

(下转第 123 页)



• 康复研究 •

(扫描二维码查看原文)

心肺运动试验指导下四肢联动训练治疗脑卒中后非特异性腰痛的效果研究

章金蓉¹, 包凤岐², 费惠慧¹, 潘洁¹, 陈兰¹, 何俊¹

【摘要】背景 脑卒中后非特异性腰背痛(NLBP)发病率较高,极大影响患者功能恢复和生活质量;当前脑卒中后NLBP的治疗手段单一,以口服镇痛类药物为主,长期服用不良反应明显。脑卒中后NLBP与肢体平衡和运动障碍密切相关,而心肺运动试验(CPET)指导下四肢联动训练正是改善肢体平衡和运动障碍的有效方法。**目的** 探讨CPET指导下四肢联动训练治疗脑卒中后NLBP的效果。**方法** 选取2019年10月至2020年12月在常州市德安医院康复中心就诊的脑卒中后NLBP患者60例,采用随机数字表法分为对照组30例、观察组30例。对照组有2例患者、观察组有1例患者中途自行退出本研究,最终纳入患者57例,其中对照组28例、观察组29例。对照组给予常规康复训练,观察组在常规康复训练基础上增加CPET指导下四肢联动训练,持续训练6周。比较两组患者训练前后视觉模拟评分法(VAS)评分、两侧腹直肌与腰段腰段竖脊肌平均功率频率(MPF)、Berg平衡量表(BBS)评分、Fugl-Meyer运动功能评定量表(FMAS)评分以及步态参数。**结果** 训练后两组患者静息、步行状态下VAS评分分别低于本组训练前,且观察组患者静息、步行状态下VAS评分低于对照组($P < 0.05$)。训练后两组患者患侧及健侧腹直肌、腰段竖脊肌MPF分别高于本组训练前,且观察组患者患侧及健侧腹直肌、腰段竖脊肌MPF高于对照组($P < 0.05$)。训练后两组患者BBS及FMAS上肢部分、下肢部分评分分别高于本组训练前,且观察组患者FMAS上肢部分、下肢部分评分高于对照组($P < 0.05$)。训练后两组患者步幅、步频、步速、健侧摆动相/患侧摆动相分别高于本组训练前,步长偏差、健侧支撑相/患侧支撑相分别低于本组训练前,且观察组患者步幅、步频、步速、健侧摆动相/患侧摆动相高于对照组,步长偏差、健侧支撑相/患侧支撑相低于对照组($P < 0.05$)。**结论** 在常规康复训练基础上增加CPET指导下四肢联动训练,能有效缓解脑卒中后NLBP患者的腰背痛,这可能与CPET指导下四肢联动训练更有助于改善患者上肢、下肢运动功能以及步态对称性,从而减少躯干代偿、减轻腰背部肌群疲劳有关。

【关键词】 卒中; 非特异性腰痛; 四肢联动训练; 心肺运动试验**【中图分类号】** R 743 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.013

章金蓉, 包凤岐, 费惠慧, 等. 心肺运动试验指导下四肢联动训练治疗脑卒中后非特异性腰痛的效果研究 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2022, 30(1): 117-123. [www.syxnf.net]

ZHANG J R, BAO F Q, FEI H H, et al. Effect of limb linkage training under the guidance of cardiopulmonary exercise test on nonspecific low back pain after stroke [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30(1): 117-123.

Effect of Limb Linkage Training under the Guidance of Cardiopulmonary Exercise Test on Nonspecific Low Back Pain after Stroke ZHANG Jinrong¹, BAO Fengqi², FEI Huihui¹, PAN Jie¹, CHEN Lan¹, HE Jun¹

1. Department of Rehabilitation, Changzhou Dean Hospital, Changzhou 213000, China

2. Department of Hospital Infection-control, Changzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Changzhou 213000, China

Corresponding author: BAO Fengqi, E-mail: freedom315@126.com

[Abstract] **Background** The incidence of nonspecific low back pain (NLBP) after stroke is high, which greatly affects patients' functional recovery and quality of life. Moreover, the current treatment of NLBP after stroke is single, mainly oral analgesics, and long-term adverse reactions are obvious. After stroke, NLBP is closely related to limb balance and movement disorder, and limb linkage training guided by cardiopulmonary exercise test (CPET) is an effective method to improve limb balance and movement disorder. **Objective** To investigate the effect of limb linkage training guided by CPET on NLBP after stroke. **Methods** A total of 60 patients with NLBP after stroke who were admitted to Rehabilitation Center of Changzhou Dean Hospital

基金项目: 常州市卫计委青年人才科技项目 (QN201827)

1.213000 江苏省常州市德安医院康复科 2.213000 江苏省常州市中医医院院感科

通信作者: 包凤岐, E-mail: freedom315@126.com

from October 2019 to December 2020 were selected and divided into control group ($n=30$) and observation group ($n=30$) by random number table method. Two patients of control group and 1 patient of observation group exited during the study. Eventually there were 57 patients included in the study (28 patients in the control group, 29 patients in the observation group). The control group was given routine rehabilitation training, and the observation group was given limb linkage training guided by CPET on the basis of routine rehabilitation training. The training lasted for 6 weeks. Visual Analogue Scale (VAS) scores, mean power frequency (MPF) of bilateral rectus abdominis and lumbar erector spine muscles, Berg Balance Scale (BBS) scores, Fugl-Meyer Assessment Scale (FMAS) scores and gait parameters were compared between the two groups before and after training. **Results**

After training, VAS scores in resting and walking state in the two groups were lower than those before training, respectively, and VAS scores in resting and walking state in the observation group were lower than those in the control group ($P < 0.05$). After training, the MPF of bilateral rectus abdominis and lumbar erector spine muscles of patients in the two groups were higher than those before training, respectively, and the MPF of bilateral rectus abdominis and lumbar erector spine muscles of patients in the observation group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). After training, the BBS, FMAS upper limb and lower limb scores of patients in the two groups were higher than before training, respectively, and FMAS upper limb and lower limb scores of patients in the observation group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). After training, stride length, stride frequency, step speed, healthy side swing phase/affected side swing phase in the two groups were higher than those before training, step length deviation, healthy side stance phase/affected stance phase were lower than those before training, respectively, and stride length, stride frequency, step speed and healthy side swing phase/affected side swing phase of the observation group were higher than those of the control group, step length deviation, healthy side stance phase/affected side stance phase were lower than those of the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** The addition of limb linkage training guided by CPET on the basis of routine rehabilitation training can effectively relieve low back pain in patients with NLBP after stroke, which may be related to the fact that limb linkage training guided by CPET can improve the motor function of upper and lower limbs and gait symmetry, thus reduce trunk compensation and lumbar muscle group fatigue.

【Key words】 Stroke; Nonspecific low back pain; Limb linkage training; Cardiopulmonary exercise test

非特异性腰背痛 (nonspecific low back pain, NLBP) 是脑卒中后慢性疼痛的重要类型, 以腰背部、腰骶部疼痛为主要临床特征, 不仅严重影响患者的生存质量, 而且可能诱发运动恐惧, 出现废用综合征, 导致残疾^[1-2]。目前, 脑卒中后NLBP仍以非甾体抗炎药、麻醉类镇静剂等药物治疗为主, 长期使用这类药物可诱发免疫系统疾病、消化系统疾病以及脏器功能损伤。目前认为, NLBP的发生是由脑卒中后的平衡功能异常、偏瘫步态、上下肢运动不协调、躯干肌力减退等多种功能障碍综合导致。因此, 改善患者相关功能障碍是治疗NLBP的关键。而在脑卒中患者平衡功能、上下肢运动功能、躯干控制等常规训练中, 需要治疗师采取一对一的方式开展, 康复效率相对较低。四肢联动是利用脑卒中患者健侧肢体带动患侧肢体运动, 以提高运动协调性、体能为目的的一种训练方法, 具有简便、易行、经济、有效等特点。既往研究显示, 四肢联动训练可提高脑卒中患者平衡功能、步行能力以及促进下肢肌肉的激活与协调性^[3-4], 这些治疗作用与脑卒中后NLBP的发病机制有着共通点, 推测四肢联动训练可能使脑卒中后NLBP患者获益。心肺运动试验 (cardiopulmonary exercise test, CPET) 是在不同负荷下评估个体心肺适能的一种方法, 其可为康复训练提供准确的运动负荷, 使训练更精准、高效^[5-6]。本研究旨在探讨CPET指导下四肢联动训练治疗脑卒中后NLBP的效果, 为脑卒中后NLBP患者的治疗提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取2019年10月至2020年12月在常州市德安医院康复中心就诊的脑卒中后NLBP患者60例进行随机

本研究创新点:

(1) 非特异性腰背痛在脑卒中患者中较为常见, 但临床对其诊治重视不足, 以使用镇痛类药物干预为主。本文提出了改善脑卒中后非特异性腰背痛患者的有效康复方法, 为此类患者功能康复提供了新的策略; (2) 本研究在心肺运动试验指导下开展四肢联动训练, 可精准化、个体化确定患者的训练负荷, 在保证安全的情况下充分发挥患者的心肺潜能, 从而促进康复进程, 节约医疗资源, 值得借鉴。

对照研究, 脑卒中诊断符合《各类脑血管疾病诊断要点》^[7]中的诊断标准, NLBP诊断符合《中国急/慢性非特异性腰背痛诊疗专家共识》^[8]中的诊断标准。采用随机数字表法将患者分为对照组、观察组, 每组30例。本研究经常州市德安医院医学伦理委员会审核与批准 (编号: DA201905)。

1.2 纳入、排除与剔除标准 纳入标准: (1) 年龄40~70岁, 单侧偏瘫; (2) 腰背痛持续12周及以上; (3) 生命体征平稳, 耐受CPET; (4) 除腰背痛外无明显的其他类型疼痛; (5) 简易精神状态检查量表 (Mini-Mental State Examination, MMSE) 评分>24分, Fugl-Meyer运动功能评定量表 (Fugl-Meyer Assessment Scale, FMAS) 评分≥50分; (6) 患者及家属对本研究知情同意, 并签署研究知情同意书。排除标准: (1) 合并严重的脏器功能不全、恶性肿瘤、结核病、恶性高血压及其他重大疾病者; (2) 脑卒中前伴有慢性腰痛者, 或

有腰椎间盘突出、脊柱骨折、严重关节炎、骨性椎管狭窄、强直性脊柱炎等影响肌肉骨骼系统的疾病者；（3）伴有意识不清、视听障碍、言语障碍、智能障碍、中重度抑郁/焦虑、偏侧忽略、偏盲者；（4）近1个月内使用了非甾体抗炎药及镇痛镇静类、肌肉松弛、抗抑郁/焦虑等药物或其他非药物方法治疗腰痛者。剔除标准：（1）中途自行或因病情变化等因素而退出研究的患者；（2）依从性差，未完成既定运动计划者；（3）研究期间接受了其他课题研究，可能影响结果评定者。

1.3 方法 对照组给予常规康复治疗，主要包括平衡功能训练、桥式训练、躯干稳定性训练、日常活动训练等，训练1次/d，60 min/次，6次/周，持续训练6周。观察组在常规康复治疗基础上增加CPET指导下四肢联动训练。两组患者训练初始，对腰背痛严重并影响训练开展的患者给予适量非甾体抗炎药治疗，但用药不超过1周。

1.3.1 CPET 患者佩戴好呼吸气体分析面罩以及血压监测袖套，坐于四肢联动训练座椅上，调节合适的手柄长度、座椅与踏脚之间的距离。根据患者个体情况选择初始运动阻力，而后每2 min增加1~2档阻力，运动速度≥70踏/min，直至达到最大运动负荷（检测到患者摄氧量已不再增加）后停止，或者出现以下情况后停止，即：检测到患者心率已经超过年龄预测心率的85%，或者患者主观疲劳程度评分（Borg评分量表评分）>16分，或者血压出现异常。

1.3.2 四肢联动训练 （1）患者训练之前采用心肺功能测试系统进行CPET，根据每例患者评估获得的最大运动负荷来开展四肢联动训练。整个训练期间每隔2周测试1次，以便及时增加训练强度，提高训练效率。（2）患者取直立坐位，根据患者情况调整合适的座椅前后距离、手柄长度等。由康复治疗师指导患者采用健侧上肢推动扶手、健侧下肢踩踏分别带动患侧上肢、患侧下肢进行四肢屈曲、伸展训练，训练期间患者尽可能保持躯干平衡。（3）在康复治疗师保护下进行身体摇摆训练，在安全范围内让患者做身体左右旋转的动作，以激活腰背肌群，增强躯干稳定性与控制能力。（4）患侧上下肢肌力达到3级以上患者，由患侧上下肢运动带动健侧上下肢训练。训练时患侧下肢做最大程度的膝关节屈曲与伸展动作、踝背屈动作，以增加髋关节、膝关节以及踝关节的活动范围与能力。躯干根据训练节奏做相应的摇摆动作，以增强核心肌力与躯干控制能力。上述训练负荷设定为CPET最大运动负荷。每次四肢联动训练时，前10 min在较小强度下进行热身训练，患者适应后调至目标训练强度训练40 min，最后10 min渐渐下调训练强度，直到停止训练。训练过程中密切注意患者体征变化与劳累程度。四肢联动训练1次/d，60 min/次，6次/周，持续训练6周。两组患者分别在训练前、训练6周后评估或测量相关指标。

1.4 观察指标 （1）一般资料。记录两组患者性别、年龄、病程（包括脑卒中及NLBP病程）、脑卒中类型（缺血性脑卒中、出血性脑卒中）、偏瘫侧别（左侧、右侧）、MMSE评分。（2）比较两组患者训练前后静息、步行状态下腰痛程度。应用视觉模拟评分法（Visual Analogue Scale, VAS）评估患者腰痛程度，让患者在静息状态（直立坐位）、步行状态下标出尺规

上能代表自身腰痛程度的位置，0分表示无痛，10分表示最剧烈的疼痛，评分越高表示腰痛越剧烈、越严重。（3）比较两组患者训练前后步行状态下肌肉电信号。采用表面肌电图测试患者步行状态下腹直肌、腰段竖脊肌电信号。电极片分别放置在患者两侧腹直肌（脐上方3 cm左右旁开3 cm）、两侧腰段竖脊肌（第三腰椎左右旁开3 cm）位置。患者以日常步态行走10个步态周期，在行走过程中记录腹直肌、腰段竖脊肌平均功率频率（mean power frequency, MPF）。在10个步态周期中每块肌肉可获得10个MPF，取10个MPF的平均值。（4）比较两组患者训练前后平衡功能。采用Berg平衡量表（Berg Balance Scale, BBS）进行评估，该量表共有14个条目，每个条目评分为0~4分，得分范围为0~56分，得分越高提示躯干平衡能力越佳。（5）比较两组患者训练前后运动功能。采用FMAS进行评估。此量表分为上肢部分和下肢部分，其中上肢部分共有33个评估项目，总分0~66分；下肢部分共有17个评估项目，总分0~34分。得分越高表明患者上肢/下肢运动功能障碍越轻。（6）比较两组患者训练前后步态参数。采用三维步态分析系统对患者偏瘫步态进行分析，记录时空参数（步幅、步频、步速）与步态对称参数（步长偏差、健侧摆动相/患侧摆动相、健侧支撑相/患侧支撑相）。

1.5 统计学方法 采用SPSS 23.0统计学软件进行数据处理。符合正态分布或近似正态分布的计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，组间比较采用两独立样本t检验，组内比较采用配对t检验；不符合正态分布的计量资料以M（QR）表示，组间比较采用非参数检验；计数资料以相对数表示，组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较 对照组有2例患者、观察组有1例患者中途自行退出本研究，最终纳入患者57例，其中对照组28例，观察组29例。两组患者性别、年龄、病程、脑卒中类型、偏瘫侧别、MMSE评分比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），见表1。

2.2 两组患者训练前后静息、步行状态下VAS评分比较 训练前两组患者静息、步行状态下VAS评分比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；训练后两组患者静息、步行状态下VAS评分分别低于本组训练前，且观察组患者静息、步行状态下VAS评分低于对照组，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表2。

2.3 两组患者训练前后步行状态下两侧腹直肌、腰段竖脊肌MPF比较 训练前两组患者患侧及健侧腹直肌、腰段竖脊肌MPF比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；训练后两组患者患侧及健侧腹直肌、腰段竖脊肌MPF分别高于本组训练前，且观察组患者患侧及健侧腹直肌、腰段竖脊肌MPF高于对照组，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表3。

2.4 两组患者训练前后BBS、FMAS评分比较 训练前两组患者BBS、FMAS上肢部分、下肢部分评分比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。训练后两组患者BBS、FMAS上肢部分、下肢部分评分分别高于本组训练前，且观察组患者FMAS上肢部分、下肢部分评分高于对照组，差异有统计学意义（ P

<0.05)。训练后两组患者BBS评分比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表4。

2.5 两组患者训练前后步态参数比较 训练前两组患者步幅、步频、步速、步长偏差、健侧摆动相/患侧摆动相、健侧支撑相/患侧支撑相比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。训练后两组患者步幅、步频、步速、健侧摆动相/患侧摆动相分别高于本组训练前,步长偏差、健侧支撑相/患侧支撑相分别低于本组训练前,且观察组患者步幅、步频、步速、健侧摆动相/患侧摆动相高于对照组,步长偏差、健侧支撑相/患侧支撑相低于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表5。

3 讨论

慢性疼痛是脑卒中患者常见的后遗症,发生率可达70%^[9],其中包括肩痛、中枢神经痛、痉挛性疼痛等^[10]。相比于上述疼痛,脑卒中后NLBP常被忽视,导致大部分患者未获得及时诊断及有效治疗。尽管我国已有慢性腰痛的相关诊疗专家共识,但共识中推荐的非药物干预方法主要针对无明显功能障碍的人群^[8]。脑卒中患者发生NLBP的原因较为复杂、特殊,主要是脑卒中后患者存在不同程度的平衡功能异常、偏瘫步态、上下肢运动不协调、躯干肌力减退、关节活动受限、本体感觉障碍等,迫使患者采取偏离正常躯干对线的代偿姿势或代偿体位来完

表1 对照组与观察组患者一般资料比较
Table 1 Comparison of general data between control group and observation group

组别	例数	性别 (男/女)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程 ($\bar{x} \pm s$, 月)		脑卒中类型(例)		偏瘫侧别(例)		MMSE 评分 ($\bar{x} \pm s$, 分)
				脑卒中	NLBP	缺血性 脑卒中	出血性 脑卒中	左侧	右侧	
对照组	28	12/16	64.2 ± 4.0	28.5 ± 10.4	14.4 ± 4.7	22	6	15	13	28.5 ± 1.3
观察组	29	10/19	63.7 ± 5.6	30.6 ± 8.3	13.4 ± 5.1	20	9	13	16	28.2 ± 1.6
t (χ^2) 值		0.422 ^a	0.331	0.848	0.742	0.678 ^a		0.436 ^a	0.807	
P 值		0.516	0.742	0.400	0.461	0.410		0.509	0.424	

注: ^a表示 χ^2 值; NLBP= 非特异性腰背痛, MMSE= 简易精神状态检查量表

表2 对照组与观察组患者训练前后静息、步行状态下VAS评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 2 Comparison of VAS scores in resting and walking state between control group and observation group before and after training

组别	例数	静息状态下 VAS 评分				步行状态下 VAS 评分			
		训练前	训练后	t 配对值	P 值	训练前	训练后	t 配对值	P 值
对照组	28	5.53 ± 0.82	3.38 ± 0.59	18.540	< 0.001	6.71 ± 1.54	4.40 ± 1.27	6.196	< 0.001
观察组	29	5.35 ± 0.94	2.54 ± 0.61	19.002	< 0.001	6.59 ± 1.49	3.33 ± 1.62	8.386	< 0.001
t 值		0.769	5.282			0.299	2.871		
P 值		0.445	< 0.001			0.766	0.007		

注: VAS= 视觉模拟评分法

表3 对照组与观察组患者训练前后步行状态下两侧腹直肌、腰段竖脊肌MPF比较 [M (QR), Hz]

Table 3 Comparison of MPF of bilateral rectus abdominis muscle and erector spine muscle between control group and observation group before and after training

组别	例数	腹直肌患侧				腹直肌健侧				腰段竖脊肌患侧				腰段竖脊肌健侧			
		训练前	训练后	u 值	P 值	训练前	训练后	u 值	P 值	训练前	训练后	u 值	P 值	训练前	训练后	u 值	P 值
对照组	28	52 (22)	73 (33)	6.023	< 0.001	60 (40)	72 (34)	5.361	< 0.001	63 (36)	70 (29)	4.016	0.007	50 (54)	64 (43)	4.936	< 0.001
观察组	29	56 (30)	86 (26)	8.112	< 0.001	57 (35)	82 (29)	6.405	< 0.001	61 (44)	82 (34)	7.307	< 0.001	47 (47)	74 (34)	12.005	< 0.001
u 值		0.384	3.421			0.512	3.283			0.301	2.903			0.403	2.340		
P 值		0.682	0.004			0.803	0.005			0.554	0.009			0.416	0.021		

表4 对照组与观察组患者训练前后BBS、FMAS评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 4 Comparison of BBS and Fugl-Meyer Assessment Scale scores between control group and observation group before and after training

组别	例数	BBS 评分				FMAS 上肢部分评分				FMAS 下肢部分评分			
		训练前	训练后	t 配对值	P 值	训练前	训练后	t 配对值	P 值	训练前	训练后	t 配对值	P 值
对照组	28	28.3 ± 7.2	39.2 ± 10.5	5.236	< 0.001	42.2 ± 9.2	48.2 ± 13.3	2.605	0.015	18.7 ± 4.4	26.7 ± 6.6	5.150	< 0.001
观察组	29	29.0 ± 8.5	35.7 ± 12.0	3.171	0.004	40.5 ± 8.6	55.7 ± 11.8	5.558	< 0.001	20.7 ± 5.0	32.4 ± 7.9	7.535	< 0.001
t 值		0.350	1.146			0.725	2.252			1.640	2.998		
P 值		0.728	0.257			0.471	0.028			0.107	0.004		

注: BBS=Berg 平衡量表, FMAS=Fugl-Meyer 运动功能评定量表

表 5 对照组与观察组患者训练前后步态参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 5 Comparison of gait parameters between control group and observation group before and after training

组别	例数	步幅 (cm)				步频 (步/min)				步速 (cm/s)			
		训练前	训练后	$t_{配对}$ 值	P 值	训练前	训练后	$t_{配对}$ 值	P 值	训练前	训练后	$t_{配对}$ 值	P 值
对照组	28	51 ± 7	58 ± 10	3.173	0.004	44 ± 10	56 ± 14	3.457	0.002	35 ± 9	44 ± 12	2.854	0.008
观察组	29	53 ± 6	65 ± 11	6.471	< 0.001	43 ± 9	67 ± 15	9.675	< 0.001	34 ± 10	52 ± 13	8.492	< 0.001
t 值		0.817	2.356			0.428	2.867			0.483	2.457		
P 值		0.418	0.022			0.671	0.006			0.631	0.017		
组别	步长偏差 (cm)				健侧摆动相 / 患侧摆动相				健侧支撑相 / 患侧支撑相				
	训练前	训练后	$t_{配对}$ 值	P 值	训练前	训练后	$t_{配对}$ 值	P 值	训练前	训练后	$t_{配对}$ 值	P 值	
对照组	8.46 ± 3.11	5.49 ± 1.96	3.693	0.001	0.73 ± 0.14	0.84 ± 0.10	3.517	0.002	1.19 ± 0.15	1.12 ± 0.10	2.310	0.015	
观察组	9.27 ± 3.87	4.02 ± 1.46	6.492	< 0.001	0.70 ± 0.16	0.91 ± 0.07	6.549	< 0.001	1.20 ± 0.17	1.06 ± 0.08	4.187	< 0.001	
t 值	0.869	3.219			0.752	3.071			0.235	2.506			
P 值	0.389	0.002			0.455	0.003			0.815	0.015			

成静坐、站立、行走等日常活动，长此以往导致腰背肌力量失衡而引发疼痛^[11-12]。因此，对于脑卒中后 NLBP 患者，除了需要及时有效缓解腰部疼痛症状外，还需要尽可能减轻身体的各项功能障碍。

本研究结果显示，训练 6 周后，观察组患者静息、步行状态下 VAS 评分低于对照组。这一结果初步表明，在常规康复训练基础上增加四肢联动训练，可明显减轻脑卒中患者静息与步行状态下腰痛程度。四肢联动训练时核心肌群会发生收缩反应，能有效激活腰背部稳定肌群，同时牵伸躯干中失用或萎缩的肌群，增加肌肉活化率，增强躯干核心稳定性，提升腰背肌张力，改善两侧腰背肌失衡状况^[13-14]，从而有效缓解腰背痛。此外，四肢联动训练能促进脑卒中患者腰骶组织血流，加快血液以及腰部肌肉中乳酸的代谢，从而有助于减轻腰背痛。

既往研究显示，步行等功能性活动可加重腰痛患者的疼痛程度^[15]。为此，本研究采用表面肌电图测试患者步行过程中腹直肌、腰段腰段竖脊肌活动状态，以明确 CPET 指导下四肢联动训练改善脑卒中后 NLBP 患者腰痛的效果。表面肌电图是目前评估人体肌肉活动反应的一种有效手段，具有客观性、无创性以及实时性等特点。MPF 属于表面肌电频域分析指标之一，可在频率维度上反映动作电位传导速度以及肌肉疲劳情况^[16]。腹直肌、腰段竖脊肌属于腰背部浅层肌肉，能协助躯干完成较大幅度的动作，同时，在深层稳定肌功能限制情况下，可通过过度活动来代偿深层稳定肌功能，进而确保步行等功能性活动时腰椎的稳定性，但过度代偿会导致肌肉疲劳而引发肌肉酸痛。本研究结果显示，两组患者训练后两侧腹直肌、腰段竖脊肌 MPF 分别高于本组训练前，观察组患者训练后两侧腹直肌、腰段竖脊肌 MPF 高于对照组。这一结果表明，CPET 指导下四肢联动训练可明显降低脑卒中后 NLBP 患者步行时两侧腹直肌与腰段腰段竖脊肌疲劳程度，从而减轻患者步行时腰背部肌肉酸痛。

本研究结果还显示，观察组患者训练 6 周后 FMAS 上肢、下肢部分评分以及步态参数优于对照组，与荣积峰等^[17]研究结果基本一致。既往研究显示，脑卒中偏瘫患者进行上下肢活动时（无论是健侧，还是患侧），会不同程度地利用躯干

前屈、侧旋、重心偏移等动作来代偿肢体功能障碍，从而导致躯干肌劳损^[18]。有研究证实，偏瘫步态的改善可有效降低脑卒中患者腰背肌张力，提升行走时的稳定性、协调性，避免或减轻腰背肌代偿性使用^[19-20]。因此，四肢联动训练改善脑卒中后 NLBP 患者步行腰痛可能与其有助于改善患者上肢、下肢运动功能以及步态参数，从而减少躯干代偿性使用、降低躯干肌疲劳有关。

CPET 指导下四肢联动训练具有以下优势：（1）CPET 可为四肢联动训练方案提供准确化、个体化的训练负荷，从而能充分发挥患者的训练潜能^[21]，同时在整个训练过程中定期进行心肺功能测试，可及时、准确地调整训练强度，从而提高训练效果，并确保训练的安全性。（2）四肢联动训练可以同时训练患者的拮抗肌以及主动肌，从而提高躯干肌群训练效率。（3）四肢联动训练时患者双足、双手放于联动踏板与扶手上进行运动，通过四肢触觉、四肢压觉以及各个关节活动等多维度刺激本体感受器，促进本体感觉输入，从而加快上下肢运动功能、躯干肌群协调能力与控制能力的改善。（4）四肢联动训练有助于提升患者心肺功能，增强体能，还可缓解患者心理压力与负性情绪，从而提高训练依从性。

本研究初步显示，在常规康复训练基础上增加 CPET 指导下四肢联动训练，能有效缓解脑卒中后 NLBP 患者的腰背痛，这可能与 CPET 指导下四肢联动训练更有助于改善患者上肢、下肢运动功能以及步态对称性，从而减少躯干代偿、减轻腰背部肌群疲劳有关。在后续的研究中，将通过扩大样本量、增加表面肌电图时域分析以及采取多中心研究等来进一步明确 CPET 指导下四肢联动训练治疗脑卒中后 NLBP 的临床效果。

作者贡献：章金蓉、包凤岐进行文章的构思与设计，研究的实施与可行性分析，撰写、修订论文；章金蓉、费惠慧、潘洁、陈兰进行资料收集、整理；何俊进行统计学处理；章金蓉负责文章的质量控制及审校；包凤岐对文章整体负责，监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] TROCOLI T O, BOTELHO R V. Prevalence of anxiety, depression

- and kinesiophobia in patients with low back pain and their association with the symptoms of low back spinal pain [J]. Rev Bras Reumatol Engl Ed, 2016, 56 (4) : 330–336.DOI: 10.1016/j.rbre.2016.02.010.
- [2] DELPONT B, BLANC C, OSSEBY G V, et al.Pain after stroke: review [J]. Rev Neurol: Paris, 2018, 174 (10) : 671–674. DOI: 10.1016/j.neurol.2017.11.011.
- [3] 李岩, 傅建明, 李辉, 等. 四肢联动训练对脑卒中患者平衡及运动功能的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34 (1) : 78–80.DOI: 10.3969/j.issn.1001–1242.2019.01.017.
- LI Y, FU J M, LI H, et al.Effect of limb linkage training on balance and motor function in stroke patients [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2019, 34 (1) : 78–80.DOI: 10.3969/j.issn.1001–1242.2019.01.017.
- [4] 高崇, 章礼勤, 刘淑晨, 等. 四肢联动训练增进脑卒中偏瘫患者下肢肌肉激活及协调性 [J]. 中国运动医学杂志, 2020, 39 (5) : 363–367.DOI: 10.16038/j.1000–6710.2020.05.006.
- GAO C, ZHANG L Q, LIU S C, et al.A study on improvement of hemiplegic stroke patients' lower limb muscle activation and coordination by training of limbs linkage [J]. Chinese Journal of Sports Medicine, 2020, 39 (5) : 363–367.DOI: 10.16038/j.1000–6710.2020.05.006.
- [5] 陈伟, 范秋季. 心肺运动试验在心肺康复中的应用现状及展望 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2019, 27 (11) : 1–5.DOI: 10.3969/j.issn.1008–5971.2019.11.001.
- CHEN W, FAN Q J.Application and Prospection of Cardiopulmonary Exercise Testing in Cardiopulmonary Rehabilitation [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2019, 27 (11) : 1–5.DOI: 10.3969/j.issn.1008–5971.2019.11.001.
- [6] 郭鑫垚, 张权宇, 张剑, 等. 心肺运动试验在不稳定性心绞痛与心肌梗死患者心脏康复中应用特点 [J]. 临床军医杂志, 2020, 48 (11) : 1278–1281. DOI: 10.16680/j.1671–3826.2020.11.06.
- GUO X Y, ZHANG Q Y, ZHANG J, et al.Characteristics of cardiopulmonary exercise testing in cardiac rehabilitation of patients with unstable angina and myocardial infarction [J]. Clinical Journal of Medical Officers, 2020, 48 (11) : 1278–1281.DOI: 10.16680/j.1671–3826.2020.11.06.
- [7] 中华神经科学会. 各类脑血管疾病诊断要点 [J]. 中华神经科杂志, 1996, 29 (6) : 60–61.
- Chinese Society of Neurology.Main points of diagnosis of various cerebrovascular diseases [J]. Chinese Journal of Neurology, 1996, 29 (6) : 60–61.
- [8] 中国康复医学会脊柱脊髓专业委员会专家组. 中国急 / 慢性非特异性腰背痛诊疗专家共识 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26 (12) : 1134–1138.DOI: 10.3969/j.issn.1004–406X.2016.12.16.
- Chinese Association of Rehabilitation Spinal Professional Committee Expert Group.Expert consensus on acute/chronic nonspecific low back pain in China [J]. Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26 (12) : 1134–1138.DOI: 10.3969/j.issn.1004–406X.2016.12.16.
- [9] PLECASH A R, CHEBINI A, IP A, et al.Updates in the treatment of post-stroke pain [J]. Curr Neurol Neurosci Rep, 2019, 19 (11) : 86.DOI: 10.1007/s11910–019–1003–2.
- [10] 吴康顺, 于卫华, 戈倩, 等. 活动性疼痛评估在脑卒中偏瘫肩痛患者疼痛管理中的应用效果研究 [J]. 中国全科医学, 2020, 23 (33) : 4241–4246.DOI: 10.12114/j.issn.1007–9572.2020.00.448.
- WU K S, YU W H, GE Q, et al.Dynamic pain assessment in pain management of hemiplegic shoulder pain among stroke patients [J]. Chinese General Practice, 2020, 23 (33) : 4241–4246. DOI:10.12114/j.issn.1007–9572.2020.00.448.
- [11] TSIGKANOS C, GASKELL L, SMIRNIOTOU A, et al.Static and dynamic balance deficiencies in chronic low back pain [J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2016, 29 (4) : 887–893.DOI: 10.3233/BMR–160721.
- [12] SADLER S, SPINK M, CHUTER V.Gluteus Medius muscle activity during gait in people with and without chronic nonspecific low back pain: a case control study [J]. Gait Posture, 2021, 83: 15–19.DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.10.003.
- [13] 段云欣, 杨傲然, 王寒明, 等. 镜像疗法联合四肢联动训练治疗脑卒中后偏瘫的临床疗效及其对患者下肢功能、日常生活活动能力的影响研究 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2021, 29 (10) : 91–95.DOI: 10.12114/j.issn.1008–5971.2021.00.190.
- DUAN Y X, YANG A R, WANG H M, et al.Clinical effect of mirror image therapy combined with limb linkage training on hemiplegia after stroke and its effect on lower limb function and activities of daily living [J]. Practica Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2021, 29 (10) : 91–95.DOI: 10.12114/j.issn.1008–5971.2021.00.190.
- [14] VAN CRIEKINGE T, TRUIJEN S, VERBRUGGEN C, et al.The effect of trunk training on muscle thickness and muscle activity: a systematic review [J]. Disabil Rehabil, 2019, 41 (15) : 1751–1759.DOI: 10.1080/09638288.2018.1445785.
- [15] LIMA M, FERREIRA A S, REIS F J J, et al.Chronic low back pain and back muscle activity during functional tasks [J]. Gait Posture, 2018, 61: 250–256.DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.01.021.
- [16] 马静, 刘功聚, 王健. 肌肉疲劳的阵列式表面肌电特征研究与展望 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40 (4) : 318–320.DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254–1424.2018.04.020.
- MA J, LIU G J, WANG J.Research and prospect of array surface emulsion characteristics of muscle fatigue [J]. Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2018, 40 (4) : 318–320. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254–1424.2018.04.020.
- [17] 荣积峰, 吴毅, 路微波, 等. 四肢联动对脑卒中偏瘫患者平衡功能和步行能力的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30 (10) : 1063–1065.DOI: 10.3969/j.issn.1001–1242.2015.10.022.
- RONG J F, WU Y, LU W B, et al.Effect of limb linkage on balance function and walking ability in stroke patients with hemiplegia [J]. Chinese Journal of Rehabilitation

- Medicine, 2015, 30 (10) : 1063–1065.DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2015.10.022.
- [18] 张潇雅, 郑海清, 陈曦, 等. 基于表面肌电技术对卒中患者上肢运动时躯干肌用力疲劳程度的研究 [J]. 中国卒中杂志, 2020, 15 (9) : 960–966.DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2020.09.007.
ZHANG X Y, ZHENG H Q, CHEN X, et al.Surface electromyography-based analysis of exertion fatigue degree of trunk muscles during upper extremity movement in poststroke patients[J]. Chinese Journal of Stroke, 2020, 15 (9) : 960–966.DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2020.09.007.
- [19] 彭梦思, 庄飘萍, 周建文, 等. 偏瘫步态对脑卒中患者腰背肌表面肌电的影响 [J]. 海南医学, 2016, 27 (1) : 123–124. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2016.01.044.
PENG M S, ZHUANG P P, ZHOU J W, et al.Effect of hemiplegic gait on surface electromyography of lumbar and dorsal muscles in stroke patients [J]. Hainan Medical Journal, 2016, 27 (1) : 123–124.DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2016.01.044.
- [20] 周建文, 庄飘萍, 彭梦思, 等. 表面肌电分析偏瘫

患者步态训练对腰背肌的影响 [J]. 中国康复, 2016, 31 (3) : 228.DOI: 10.3870/zgkf.2016.03.027.
ZHOU J W, ZHUANG P P, PENG M S, et al.The effect of gait training on lumbar and dorsal muscles in hemiplegia patients was analyzed by surface methods of electricity [J]. Chinese Journal of Rehabilitation, 2016, 31 (3) : 228.DOI: 10.3870/zgkf.2016.03.027.

- [21] 钱贞, 李瑾, 高民, 等. 四肢联动在脑卒中患者心肺适能评估中运用的可行性 [J]. 临床与病理杂志, 2017, 37 (11) : 2445–2451.DOI: 10.3978/j.issn.2095-6959.2017.11.026.
QIAN Z, LI J, GAO M, et al.Feasibility analysis of application of limbs linkage equipment in cardiorespiratory fitness assessment of stroke patients [J]. International Journal of Pathology and Clinical Medicine, 2017, 37 (11) : 2445–2451.DOI: 10.3978/j.issn.2095-6959.2017.11.026.

(收稿日期: 2021-08-14; 修回日期: 2021-12-15)

(本文编辑: 张浩)

(上接第 116 页)

- [15] 梁绮婷, 钟燕桃, 施晓耕, 等. 高频重复经颅磁刺激对脑卒中患者上肢运动及感觉功能的影响 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2018, 20 (11) : 1187–1190.DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2018.11.016.
LIANG Q T, ZHONG Y T, SHI X G, et al.Effect of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on motor and sensory function of upper limbs in ischemic stroke patients [J]. Chinese Journal of Geriatric Heart Brain and Vessel Diseases, 2018, 20 (11) : 1187–1190.DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2018.11.016.
- [16] 李雪静, 周星楠, 许将. 行为学疗法联合重复经颅磁刺激对脑卒中后单侧空间忽略患者的影响研究 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2021, 29 (1) : 31–35.DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2021.01.007.
LI X J, ZHOU X N, XU J.Impact of behavioral therapy combined with repetitive transcranial magnetic stimulation on patients with unilateral spatial neglect after stroke [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2021, 29 (1) : 31–35.DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2021.01.007.
- [17] 魏莲, 李妮. 不同频率重复经颅磁刺激治疗脑干损伤致昏迷患者的促醒效果及安全性研究 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2020, 28 (6) : 79–84.DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.06.015.
WEI L, LI N.Wake-promoting effect and safety of different frequencies of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with coma caused by brainstem injury [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2020, 28 (6) : 79–84.DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.06.015.

- [18] KINDRED J H, WONSETLER E C, CHARALAMBOUS C C, et al.Individualized responses to ipsilesional high-frequency and contralateral low-frequency rTMS in chronic stroke: a pilot study to support the individualization of neuromodulation for rehabilitation [J]. Front Hum Neurosci, 2020, 14: 578127.DOI: 10.3389/fnhum.2020.578127.
- [19] 魏莲, 李妮. 不同频率重复经颅磁刺激治疗脑干损伤致昏迷患者的促醒效果及安全性研究 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2020, 28 (6) : 79–84.DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.06.015.
WEI L, LI N.Wake-promoting effect and safety of different frequencies of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with coma caused by brainstem injury [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2020, 28 (6) : 79–84.DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.06.015.
- [20] SASAKI N, ABO M, HARA T, et al.High-frequency rTMS on leg motor area in the early phase of stroke [J]. Acta Neurol Belg, 2017, 117 (1) : 189–194.DOI: 10.1007/s13760-016-0687-1.
- [21] 吴冰洁, 郭记宏, 岳嵩, 等. 高频重复经颅磁刺激对脑梗死患者运动功能的影响 [J]. 中国全科医学, 2014 (23) : 2751–2753, 2760.DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2014.23.023.
WU B J, GUO J H, YUE W, et al.Effects of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function in patients with cerebral infarction [J]. Chinese General Practice, 2014 (23) : 2751–2753, 2760.DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2014.23.023.

(收稿日期: 2021-08-06; 修回日期: 2021-11-11)

(本文编辑: 李越娜)