·临床研究·

# 联合治疗对老年脑卒中偏瘫患者手功能障碍及大脑皮质功能的影响

冯雅娟*,贾晓沛,宋晓彤,高歌
(邯郸市第一医院康复医学科,河北 邯郸 056004)

【摘 要】 **目的** 研究低频重复经颅磁刺激(rTMS)与对侧控制功能性电刺激(CCFES)在促进老年脑卒中偏瘫患者手功能障碍恢复中的作用及对大脑皮质功能的影响。**方法** 将2024年1月至2025年1月邯郸市第一医院收治的150例老年脑卒中偏瘫手功能障碍患者作为研究对象,根据康复治疗方法,将其分为CCFES组(CCFES+常规康复训练)及联合组(CCFES+rTMS+常规康复训练),分别在治疗前后,由专人采用Wolf运动功能评价量表(WMFT)评估其患侧上肢功能,简化Fugl-Meyer评定(FMA)评价患侧手运动功能,改良Ashworth分级(MAS)评定量表评估患侧腕关节痉挛程度,测量患者腕关节自主活动度(AROM),改良Barthel指数(BI)评估患者日常生活活动能力,同时通过磁刺激仪检测患者患侧及健侧大脑静息动作阈值(RMT)、动作诱发电位(MEP)皮质潜伏期、MEP波幅及其对应半球间不对称性(IHA)指数。采用SPSS 26.0软件进行数据分析。根据数据类型,组间比较分别采用$t$检验及$\chi^2$检验。**结果** 治疗后,两组患者WMFT、FMA量表得分、BI指数,腕关节背伸、掌区、桡偏及尺偏方向的AROM较同组治疗前上升,且联合组以上指标水平均高于CCFES组,差异均有统计学意义(均$P<0.05$);治疗后,两组患者腕关节痉挛程度MAS量表得分较同组治疗前下降,且联合组MAS量表得分低于CCFES组,差异均有统计学意义(均$P<0.05$);治疗后,两组患者患侧RME、$IHA_{RMT}$、MEP皮质潜伏期、$IHA_{潜伏期}$、以及$IHA_{波幅}$水平均较同组治疗前下降,且联合组以上指标均低于CCFES组,差异均有统计学意义(均$P<0.05$);治疗后,两组患者健侧RME及患侧MEP波幅均较同组治疗前上升,且联合组健侧RME及患侧MEP波幅高于CCFES组,差异均有统计学意义(均$P<0.05$)。**结论** CCFES联合rTMS能进一步提高老年脑卒中后偏瘫患者手功能恢复,改善卒中双侧大脑半球间不平衡状态,且治疗安全性高,在临床中具有良好应用价值。

【关键词】 老年人;脑卒中;偏瘫;低频重复经颅磁刺激;对侧控制功能性电刺激;手功能障碍;脑皮质功能
【中图分类号】 R493;R592 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2026.08.122

# Effects of combination therapy on hand dysfunction and cerebral cortical function in elderly hemiplegic stroke patients

Feng Yajuan*, Jia Xiaopei, Song Xiaotong, Gao Ge
(Department of Rehabilitation Medicine, Handan First Hospital, Handan 056004, Hebei Province, China)

【**Abstract**】 **Objective** To investigate the effects of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) and contralaterally controlled functional electrical stimulation (CCFES) on promoting the recovery of hand dysfunction and the influence on cerebral cortical function in elderly hemiplegic stroke patients. **Methods** A total of 150 elderly hemiplegic stroke patients with hand dysfunction admitted to Handan First Hospital from January 2024 to January 2025 were enrolled as study subjects. According to the rehabilitation treatment methods, they were divided into a CCFES group (CCFES + conventional rehabilitation training) and a combination group (CCFES+rTMS+conventional rehabilitation training). Before and after treatment, Wolf motor function test (WMFT) was used for evaluation of upper limb function of the affected side, and simplified Fugl-Meyer assessment (FMA) for evaluation of motor function of the affected side, and modified ashworth scale (MAS) for degree of wrist spasm on the affected side. The wrist active range of motion (AROM) was measured, and modified Barthel index (BI) was employed to assess the daily living ability of patients. Meanwhile, a magnetic stimulator was used to measure the resting motor threshold (RMT), motor evoked potential (MEP) cortical latency, MEP amplitude, and corresponding interhemispheric asymmetry (IHA) index in both the affected and healthy hemispheres. SPSS 26.0 was used for statistical analysis. Comparisons between the two groups was performed using $t$ test or $\chi^2$ test depending on data type. **Results** After treatment, the WMFT score, FMA score, BI, and AROM in wrist dorsiflexion, palmar flexion, radial deviation, and ulnar deviation in both

**收稿日期**: 2025-08-12; **接受日期**: 2025-10-31
**基金项目**: 河北省医学科学研究课题(20240396)
**通信作者**: 冯雅娟, E-mail: fengyajuan598@163.com

groups increased compared with those before treatment in the same group, and the above indicators in the combination group were higher than those in the CCFES group, with statistically significant differences (all $P<0.05$). After treatment, the wrist spasm degree MAS score in both groups decreased compared with that before treatment, and the MAS score in the combination group was lower than that in the CCFES group, with statistically significant differences (all $P<0.05$). After treatment, the RME, IHARMT, MEP cortical latency, IHA latency and IHA amplitude levels of the affected side in both groups decreased compared with those before treatment in the same group, and the above indicators in the combination group were lower than those in the CCFES group, with statistically significant differences (all $P<0.05$). After treatment, the RME of the healthy side and MEP amplitude of the affected side in both groups increased compared with those before treatment in the same group, and the RME of the healthy side and the MEP amplitude of the affected side in the combination group were higher than those in the CCFES group, with statistically significant differences (all $P<0.05$). **Conclusion** CCFES combined with rTMS can further enhance the recovery of hand function in elderly hemiplegic stroke patients, and improve the imbalance between bilateral cerebral hemispheres after stroke, and it has high therapeutic safety and good clinical application value.

**【Key words】** aged; stroke; hemiplegia; low-frequency repeat transcranial magnetic stimulation; contralaterally controlled functional electrical stimulation; hand dysfunction; cerebral cortex function

*This work was supported by Medical Science Research Program of Hebei Province* (20240396).

*Corresponding author*: *Feng Yajuan*, *E-mail*: *fengyajuan598@163.com*

手能完成抓握、操作、感知等复杂工作,单侧手部功能即占全身功能的27%,良好的手部功能是保障日常生活、工作及社交的重要基础。脑卒中后偏瘫患者的手功能恢复一直是脑卒中康复难题之一[1]。对侧控制型功能性电刺激(contralaterally controlled functional electric stimulation, CCFES)是一种创新型神经肌肉电刺激法(neuromuscular electrical stimulation, NMES),与传统NMES不同的是,CCFES以健侧功能性动作的肌电信号控制患侧功能障碍肌肉的电刺激强度,可使患侧达到与健侧相似的功能动作,进而增强患者主观意识,促进脑功能重建[2]。已有研究表明,CCFES可有效改善脑卒中偏瘫患者肘部及手功能[3]。但脑卒中偏瘫患者的手功能恢复难度大且缓慢,单一的康复技术在手功能障碍恢复中的价值可能有限,有指南推荐在脑卒中偏瘫手功能障碍者中联合应用不同的治疗手段,但目前联合治疗方式及其临床疗效鲜有报道。卒中导致的大脑半球平衡被打破是造成脑卒中偏瘫、影响偏瘫肢体恢复的主要原因[4,5]。而重复经颅磁刺激(repeat transcranial magnetic stimulation, rTMS)根据法拉第电磁感应原理,可改变大脑皮层膜电位,诱导神经可塑性改变,低频与高频rTMS分别能抑制及增加大脑皮层兴奋性,促进双侧大脑半球平衡恢复[6]。基于此,本研究对CCFES联合低频rTMS在改善脑卒中偏瘫患者手部功能中的价值进行探讨,并通过经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)检测患者患侧大脑静息运动阈值(rest motor threshold, RMT)、运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)波幅及潜伏期,用于定量衡量联合治疗在改善患者患侧大脑皮质兴奋性与半球平衡状态中的作用,旨在为脑卒中偏瘫患者手功能恢复提供更多的康复参考方案,报道如下。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

本研究采用随机双盲对照临床试验,将2024年1月至2025年1月邯郸市第一医院收治的150例老年脑卒中偏瘫手功能障碍患者作为研究对象。本研究经邯郸市第一医院伦理委员会批准(伦理批号:20241174),参与者知情且同意。研究符合《赫尔辛基宣言》。

纳入标准:年龄60~80岁;符合中华医学会神经病学会脑血管病学制定的脑卒中诊断标准[7];首次脑卒中发病;参与研究距卒中发病1~3个月;单侧病灶,一侧肢体瘫痪;偏瘫侧手功能Brunnstrom分期Ⅱ~Ⅳ期;意识清楚,能理解并配合相关治疗。排除标准:进展性脑卒中;发病前有其他原因所致的手部运动功能障碍;重要器官功能严重障碍或合并恶性肿瘤;体内植入心脏起搏器等金属植入物。

### 1.2 方法

1.2.1 样本量计算 本研究以患者经干预后患手简化Fugl-Meyer(Fugl-Meyer as-sessment, FMA)[8]得分为主要结局指标,采用两样本均数比较所需样本含量计算公式:$n = 2 \times [(Z_\alpha + Z_\beta)^2 \times \sigma^2] / \delta^2$,其中$n$为各组最少样本量含量,$Z_\alpha$为为显著性水平,$Z_\beta$为对应检验效能,检验水准$\alpha$取0.05,检验效能$1-\beta$取0.9,查表得$Z_\alpha$为1.96,$Z_\beta$为1.28,$\sigma$为合并标准差,$\delta$为预期均数差值,预实验中得出$\sigma = 5.73$,$\delta = 3.28$,计算出$n = 64$,考虑到10%~20%脱落,每组

样本量为 75,共纳入 150 例患者作为研究对象。

1.2.2 分组及盲法 采用随机数字表法,将受试对象随机分为 CCFES 组和联合治疗组,每组患者 75 例。本研究采用双盲法,所有填有随机数及分组情况的卡片同时装进不透光的信封内,受试者与观察者均不知情分组情况,且盲法原则贯穿整个研究,包括随机数字生成、受试者分组、检测指标记录与统计学分析。

1.2.3 干预方式 CCFES 组患者仅接受 CCFES 治疗,联合组患者联合 CCFES 与低频 rTMS 治疗,且两组均进行常规康复训练,连续干预 4 周后,由专人评估干预疗效。(1)CCFES 治疗。治疗仪器为伟思医疗瑞翼 S4 生物刺激反馈仪,输出波形为方形,电流频率 60 Hz,脉宽 200 μs。将 A、B、C、D 通道所连接电极分别置于健侧与患侧的肱三头肌及腕背伸肌运动点。首次治疗时,嘱咐患者根据指令在健侧分别完成不同程度的伸肘及伸腕动作,并记录其对应肌电值。调节仪器电流强度,使患侧达到与健侧相同幅度的伸肘、伸腕运动,测试完成后,仪器会根据通道记录数据自动计算出患侧完成健侧所作出的不同幅度伸肘、伸腕动作时所需的刺激电流强度。完成预先设置后进入训练模块,训练时,患者集中注意力,注视患侧肘关节与腕关节,根据设备提示音交替进行训练与放松。每次刺激时长 6 s,休息 10 s,每次 25 min,每周训练 6 次。(2)低频 rTMS。治疗仪器为南京磁刺激仪(Magneuro 60 型),对患者健侧大脑半球初级运动皮质区(M1)进行低频 rTMS,刺激线圈为 9 cm 标准圆形线圈,最大强度为 1.5 T,刺激强度为 90% RMT。RMT 测定时,患者取安静坐位,将电极片置于健侧拇短展肌肌腹处,“8”字形刺激线圈重点对准健侧 M1 区,线圈中点平面与颅骨表面相切,连续进行 10 次刺激有 5 次以上能检出大于 50μV 波幅的动作诱发电位最小刺激强度即为该半球的 RMT。磁刺激频率为 1 Hz,每个序列10 个脉冲,序列间隔时间为 2 s,总脉冲数为 1 200个,每次治疗 20 min,每天 1 次,每周治疗 6 次。

1.2.4 常规康复训练 所有患者同时在康复科医师指导下进行常规康复训练,训练内容包括良肢位摆放训练、平衡训练、关节活动度训练、牵伸训练,以强化患侧肌力及关节活动度,每天训练 1 次,每次 30 min,每周连续训练 5 次。

1.2.5 不良事件记录 两组治疗相关不良反应均较少,最常见的不良反应为治疗处皮肤局部轻微刺痛、瘙痒,但以上不适感持续时间短,且在停止治疗后均会自动消失,无需特殊处理。

1.2.6 观察指标 (1)采用 Wolf 运动功能评价量表(Wolf motorfunction test, WMFT)[7]评估患者上肢功能,量表共包含 15 个动作,所有动作均由同一位经过专业培训的康复科医师现场打分,各动作得分 0~5分,量表总得分 0~75 分,得分越高,手功能越好。(2)采用 FMA[9]评价患者患手运动功能,测试内容包含 7 个项目,各项得分 0~2 分,共 14 分,得分越高,手功能越好。(3)采用改良 Ashworth 分级(modified Ashworth scale, MAS)评定量表[10]评估患侧腕关节痉挛程度,分为 0、1、1.5、2、3、4 共 6 个等级,等级越低,痉挛程度越低。(4)采用通用量角器分别测量患者患侧腕关节主动运动时背伸、掌屈、桡偏及尺偏四个方向的腕关节主动活动度(active range of motion, AROM)。(5)采用改良 Barthel 指数(Barthel index, BI)[11]评估患者日常生活活动能力。(6)采用南京伟思 Magneuro 磁刺激仪,检测大脑两侧 RMT、MEP 皮质潜伏期及 MEP 波幅,分别计算其对应半球间不对称性(inter-hemispheric asymmetry, IHA)指数,$IHA_{RMT}$ 指数=(患侧 RMT-健侧 RMT)/(患侧 RMT+健侧 RMT),$IHA_{RMT}$ 指数越接近 0 表示趋向正常化(对称);检测健侧与患侧 MEP 皮质潜伏期,计算 $IHA_{潜伏期}$=(患侧 MEP 潜伏期-健侧 MEP 潜伏期)/(患侧 MEP 潜伏期+健侧 MEP 潜伏期),$IHA_{潜伏期}$ 值越接近 0 表示趋向正常化(对称);检测健侧与患侧 MEP 波幅,计算 $IHA_{波幅}$=(患侧 MEP 波幅-健侧 MEP 波幅)/(患侧 MEP 波幅+健侧 MEP 波幅),$IHA_{波幅}$ 越接近 0 表示趋向正常化(对称)。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用 $t$ 检验;计数资料用例数(百分率)表示,采用 $\chi^2$ 检验。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结 果

### 2.1 两组患者一般资料

联合组 75 例患者中有 2 例因治疗花费及来院路程遥远中途放弃治疗,CCFES 组中有 1 例因自觉疗效未达到预期自动退出,联合组剩余患者 73 例,CCFES 组剩余患者 74 例完成相关治疗。两组患者性别、年龄、偏瘫侧、病程及 Brunnstrom 偏瘫手功能分级等资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$;表 1)。

**表1 两组患者一般资料比较**

Table 1 Comparison of general data between two groups

| Item | Combination group ($n$=73) | CCFES group ($n$=74) | $\chi^2/t$ | $P$ value |
|---|---|---|---|---|
| Gender[$n$(%)] | | | 0.167 | 0.682 |
| Male | 48(65.75) | 51(68.92) | | |
| Female | 25(34.25) | 23(31.08) | | |
| Age(years, $\bar{x}\pm s$) | 63.95±2.79 | 64.79±3.05 | 1.742 | 0.084 |
| Type of stroke[$n$(%)] | | | 0.055 | 0.815 |
| Cerebral infarction | 46(63.01) | 48(64.86) | | |
| Cerebral hemorrhage | 27(36.99) | 26(35.14) | | |
| Hemiplegic side[$n$(%)] | | | 0.822 | 0.365 |
| Left | 33(45.21) | 28(37.84) | | |
| Right | 40(54.79) | 46(62.16) | | |
| Hypertension[$n$(%)] | 61(83.56) | 61(82.43) | 0.033 | 0.855 |
| Diabetes mellitus[$n$(%)] | 40(54.79) | 44(59.46) | 0.327 | 0.568 |
| Hyperlipidemia[$n$(%)] | 28(38.36) | 33(44.59) | 0.589 | 0.443 |
| Disease course(months, $\bar{x}\pm s$) | 2.69±0.37 | 2.74±0.45 | 0.735 | 0.463 |
| Hand Brunnstrom grading [$n$(%)] | | | 0.414 | 0.813 |
| Ⅱ | 19(26.03) | 16(21.62) | | |
| Ⅲ | 30(41.09) | 33(44.60) | | |
| Ⅳ | 24(32.88) | 25(33.78) | | |

CCFES: contralaterally controlled functional electric stimulation.

### 2.2 两组患者治疗前后手功能及日常生活活动能力

治疗前,两组患者 WMFT、FMA 量表得分及 BI 指数比较,差异均无统计学意义($P$>0.05);治疗后,两组患者 WMFT、FMA 量表得分及 BI 指数均较同组治疗前上升,且联合组 WMFT、FMA 量表得分以及 BI 指数均明显高于 CCFES 组,差异均有统计学意义($P$<0.05;表2)。

### 2.3 两组患者治疗前后腕关节痉挛程度及腕关节活动度

治疗前,两组患者腕关节痉挛程度及腕关节活动度比较,差异均无统计学意义($P$>0.05);治疗后,两组患者腕关节痉挛程度 MAS 量表得分较同组治疗前下降,腕关节背伸、掌区、桡偏以及尺偏方向的 AROM 较同组治疗前上升,且联合组 MAS 量表得分低于 CCFES 组,腕关节背伸、掌区、桡偏以及尺偏方向的 AROM 高于 CCFES 组,差异均有统计学意义($P$<0.05;表3)。

### 2.4 两组患者脑皮质功能

治疗前,两组患者脑皮质功能比较,差异均无统计学意义($P$>0.05)。治疗后,两组患者患侧 RME、$IHA_{RMT}$、MEP 皮质潜伏期、$IHA_{潜伏期}$、以及 $IHA_{波幅}$水平均较同组治疗前下降,健侧 RME 及患侧 MEP 波幅均较同组治疗前上升;且联合组患侧 RME、$IHA_{RMT}$、MEP 皮质潜伏期、$IHA_{潜伏期}$ 以及 $IHA_{波幅}$水平均低于 CCFES 组,健侧 RME 及患侧 MEP波幅高于 CCFES 组,差异均有统计学意义($P$<0.05;表4)。

## 3 讨 论

手部运动精细复杂,涉及的中枢皮层面积大,在发生脑损伤后更易受累,且偏瘫侧上肢易产生习惯性废用,加上手运动灵活性要求高,故手功能障碍发生率高且恢复难度大。本研究结果发现 CCFES 组的老年脑卒中偏瘫手功能障碍患者经康复治疗干预后,其上肢运动功能 WMFT 量表得分、手运动功能 FMA 量表得分以及患侧腕关节主动运动时背伸、掌屈、桡偏及尺偏四个方向的 AROM 均较同组治疗前明显上升。以上研究结果提示 CCFES 能有效改善老年脑卒中偏瘫患者上肢及手功能,提高腕关节主动活动度。同时,经 CCFES 干预后,患者患侧腕关节痉挛程度降低,患者 BI 指数提高,提示 CCFES 还能有效缓解患侧腕关节痉挛,改善患者日常生活活动能力。与刘学琼等[12]研究结果相似。分析其原因如下。CCFES 不仅具备 NMES 的优势,能将超运动阈值强度的电流直接作用于对应肌肉,激活肌肉内运动神经分支,引发靶肌肉节律性收缩,提高肌肉质量与功能,同时促进神经元细胞兴奋与传导功能恢复,实现缓解肌肉痉挛,增强肌肉力量,加强关节活动性等功效[13]。且 CCFES 能通过健侧功能性运动时目标肌群所产生的肌电信号,控制患侧功能性障碍肌肉的电刺激强度,使患侧与健侧同步运动,进而激活支配该患侧肢体的运动神经元,进一步促进脑功能重建与肢体恢复[14]。

**表2 两组患者治疗前后手功能及日常生活活动能力比较**

Table 2 Comparison of hand function and activities of daily living before and after treatment between two groups (points, $\bar{x}\pm s$)

| Group | $n$ | Before treatment | | | After treatment | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | WMFT | FMA | BI | WMFT | FMA | BI |
| Combination | 73 | 5.63±1.62 | 15.39±2.79 | 45.64±12.06 | 33.15±3.68* | 35.45±3.87* | 86.13±22.65* |
| CCFES | 74 | 5.74±1.55 | 15.09±2.95 | 46.03±11.74 | 20.68±3.98* | 27.23±4.08* | 80.33±23.51* |
| $t$ | | 0.421 | 0.633 | 0.199 | 19.717 | 12.529 | 1.523 |
| $P$ value | | 0.675 | 0.528 | 0.843 | <0.001 | <0.001 | 0.130 |

CCFES: contralaterally controlled functional electric stimulation; WMFT: Wolf motorfunction test; BI: Barthel index. Compared with the same group before treatment, *$P$<0.05.

**表 3 两组患者治疗前后腕关节痉挛程度及腕关节活动度比较**

Table 3 Comparison of degree of wrist joint spasm and wrist range of motion before and after treatment between two groups ($\bar{x}\pm s$)

| Group | $n$ | Before treatment | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MAS(points) | Wrist dorsiflexion AROM | Wrist palmar flexion AROM | Wrist radial deviation AROM | Wrist ulnar deviation AROM |
| Combination | 73 | 1.59±0.35 | 6.13°±1.19° | 43.66°±12.46° | 5.19°±1.63° | 13.98°±2.63° |
| CCFES | 74 | 1.61±0.32 | 6.11°±1.27° | 44.02°±13.07° | 5.22°±1.73° | 14.05°±3.33° |
| $t$ | | 0.362 | 0.098 | 0.171 | 0.108 | 0.141 |
| $P$ value | | 0.718 | 0.912 | 0.865 | 0.914 | 0.888 |
| Group | $n$ | After treatment | | | | |
| | | MAS (points) | Wrist dorsiflexion AROM | Wrist palmar flexion AROM | Wrist radial deviation AROM | Wrist ulnar deviation AROM |
| Combination | 73 | 0.74±0.17* | 17.89°±2.87°* | 53.46°±14.37°* | 9.25°±1.84°* | 20.23°±3.49°* |
| CCFES | 74 | 0.89±0.23* | 13.26±3.05°* | 48.76°±14.11°* | 7.63°±1.96°* | 16.39°±3.99°* |
| $t$ | | 4.492 | 9.476 | 2.001 | 5.165 | 6.207 |
| $P$ value | | <0.001 | <0.001 | 0.047 | <0.001 | <0.001 |

CCFES: contralaterally controlled functional electric stimulation; MAS: modified Ashworth scale; AROM: active range of motion. Compared with the same group before treatment, * $P$<0.05.

**表 4 两组患者脑皮质功能比较**

Table 4 Comparison of cerebral cortical function between two groups ($\bar{x}\pm s$)

| Group | $n$ | Before treatment | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | RME of the affected side(%) | RME of the healthy side(%) | $IHA_{RMT}$ | MEP cortical latency of the affected side(ms) | $IHA_{latency}$ | MEP amplitude of the affected side(mv) | $IHA_{amplitude\,4}$ |
| Combination | 73 | 80.13±13.67 | 42.33±11.74 | 0.31±0.11 | 26.83±4.65 | 0.20±0.03 | 0.45±0.13 | 0.33±0.09 |
| CCFES | 74 | 79.94±12.85 | 42.35±12.05 | 0.33±0.12 | 26.96±5.39 | 0.19±0.04 | 0.44±0.12 | 0.32±0.08 |
| $t$ | | 0.073 | 0.010 | 1.053 | 0.156 | 1.713 | 0.485 | 0.712 |
| $P$ value | | 0.942 | 0.992 | 0.294 | 0.876 | 0.089 | 0.629 | 0.478 |
| Group | $n$ | After treatment | | | | | | |
| | | RME of the affected side(%) | RME of the healthy side(%) | $IHA_{RMT}$ | MEP cortical latency of the affected side(ms) | $IHA_{latency}$ | MEP amplitude of the affected side(mv) | $IHA_{amplitude\,4}$ |
| Combination | 73 | 71.01±12.39* | 46.58±10.89* | 0.21±0.06* | 22.33±2.98* | 0.02±0.02* | 0.63±0.13* | 0.18±0.04* |
| CCFES | 74 | 76.05±11.85* | 42.39±11.66 | 0.29±0.07* | 24.49±3.11* | 0.14±0.02* | 0.54±0.11* | 0.24±0.05* |
| $t$ | | 2.521 | 2.251 | 7.435 | 4.326 | 36.372 | 4.533 | 8.027 |
| $P$ value | | 0.013 | 0.026 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |

CCFES: contralaterally controlled functional electric stimulation; RME: rest motor threshold; IHA: inter-hemispheric asymmetry; MEP: motor evoked potential. Compared with the same group before treatment, * $P$<0.05.

根据刺激频率的不同,rTMS 可分为高频与低频刺激,其中高频刺激能增加皮层兴奋性,低频刺激能抑制皮层兴奋性。由于高频 rTMS 可能触发癫痫发作,其临床应用价值有限,而低频 rTMS 风险低、耐受性好,是一种无创无损、无副作用的神经调控疗法,在临床上的应用较多[15]。卒中病灶侧的脑半球功能及相关连接受损,皮质兴奋性下降,健侧大脑皮层兴奋性代偿性增强,左右大脑半球平衡被打破,是造成脑卒中后偏瘫的主要原因[16-18]。同时,以上改变也会严重阻碍运动信号的传递与接受,影响病灶侧受损部位的脑神经修复。低频 rTMS 刺激健侧大脑半球 M1 区可降低健侧大脑半球皮层兴奋性,促进两个大脑半球兴奋性动态平衡的恢复。本研究利用 TMS 技术检测证实,两组患者经干预后,其健侧大脑半球的 MEP 提高,同时,患侧 RME、$IHA_{RMT}$、MEP 皮质潜伏期、$IHA_{潜伏期}$ 以及 $IHA_{波幅}$ 水平均较同组治疗前下降,提示两组双侧大脑半球间不对称性趋向正常化。此外,联合组经治疗后,患侧 RME、$IHA_{RMT}$、MEP 皮质潜伏期、$IHA_{潜伏期}$ 以及 $IHA_{波幅}$ 水平均低于 CCFES 组,健侧 RME 及患侧 MEP 波幅高于 CCFES 组,提示联合干预效果更好。这与 CCFES 属于外周干预,可将功能强化训练反馈至中枢,促进神经再支配,提高患侧大脑皮层兴奋性,而低频 rTMS 属于中枢干预,能降低健侧大脑半球皮层兴奋性,两者相辅相成,共同促进双侧大脑半球间不对称性趋向正常化,提高患者最终治疗效果相关。

此外,本研究结果发现,联合 CCFES 与低频 rTMS 治疗的老年脑卒中后偏瘫患者经治疗后,

其WMFT、FMA量表得分、BI指数以及腕关节背伸、掌区、桡偏以及尺偏方向的AROM高于CCFES组,腕关节痉挛程度MAS量表得分低于CCFES组,提示联合治疗能进一步改善老年脑卒中后偏瘫患者手功能。

综上,CCFES联合低频rTMS能进一步提高老年脑卒中后偏瘫患者手功能恢复,改善卒中侧大脑皮质兴奋性与半球间不平衡状态,且治疗安全性高,在临床中具有良好应用价值。但受限于研究条件,本研究所纳入的样本量较小,未能设置低频rtTMS治疗组,且患者均来源于同一所医院,所得结论可能存在一定的偏倚,存在一定的缺陷。后续可针对以上不足改善研究方案。

**【参考文献】**


[1] Abdelhakiem NM, Mustafa Saleh MS, Shabana MMA, *et al*. Effectiveness of a high-intensity laser for improving hemiplegic shoulder dysfunction: a randomized controlled trial[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 7346. DOI: 10.1038/s41598-024-57453-9.

[2] Knutson JS, Fu MJ, Cunningham DA, *et al*. Contralaterally controlled functional electrical stimulation video game therapy for hand rehabilitation after stroke: a randomized controlled trial[J]. Disabil Rehabil, 2024, 46(19): 4466-4475. DOI: 10.1080/09638288.2023.2278174.

[3] Zhang Y, Zhang X, Cheng C, *et al*. Mirror therapy combined with contralaterally controlled functional electrical stimulation for the upper limb motor function after stroke: a randomized controlled trial[J]. Disabil Rehabil, 2024, 46(12): 2528-2534. DOI: 10.1080/09638288.2023.2225878.

[4] Stanley Chen KH, Jacinta Kuo YC, Cheng CY, *et al*. Interactive effect between transcranial focused ultrasound and transcranial magnetic stimulation on human motor cortex[J]. Clin Neurophysiol, 2024, 167: 92-105. DOI: 10.1016/j.clinph.2024.09.001.

[5] 李杰, 李海燕, 林祖琛, 等. 本体感觉神经肌肉促进术联合重复经颅磁刺激对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的影响[J]. 江苏医药, 2025, 51(2): 134-137. DOI: 10.19460/j.cnki.0253-3685.2025.02.007.

[6] 张丹, 张彦, 苏文冕, 等. 高压氧联合不同频率重复经颅磁刺激在治疗老年缺血性脑卒中后认知功能障碍中的效果[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2025, 24(7): 537-541. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2025.07.117.

[7] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组急性缺血性脑卒中. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2010[J]. 中国全科医学, 2011, 14(35): 4013-4017. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2011.35.004.

[8] Okamura R, Nakashima A, Moriuchi T, *et al*. Effects of a virtual reality-based mirror therapy system on upper extremity rehabilitation after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Front Neurol, 2024, 14: 1298291. DOI: 10.3389/fneur.2023.1298291.

[9] Chen J, Or CK, Chen T. Effectiveness of using virtual reality-supported exercise therapy for upper extremity motor rehabilitation in patients with stroke: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Med Internet Res, 2022, 24(6): e24111. DOI: 10.2196/24111.

[10] Lee J, Yang SN. Effectiveness of extracorporeal shock wave therapy after botulinum toxin injection for post-stroke upper extremity spasticity: a randomized controlled study[J]. Toxins (Basel), 2024, 16(4): 197. DOI: 10.3390/toxins16040197.

[11] Mahmoodkhani M, Aminmansour B, Shafiei M, *et al*. Citicoline on the Barthel index: severe and moderate brain injury[J]. Indian J Pharmacol, 2023, 55(4): 223-228. DOI: 10.4103/ijp.ijp_570_21.

[12] 刘学琼, 刘祚燕, 黄能, 等. 中医穴位推拿联合对侧控制型功能性电刺激疗法对脑卒中后上肢功能障碍患者运动功能恢复情况的影响研究[J]. 中国医药, 2025, 20(2): 265-269. DOI: 10.3760/j.issn.1673-4777.2025.02.022.

[13] 张敏杰, 孟兆祥, 金星, 等. 对侧控制型功能性电刺激及其联合疗法在偏瘫康复中的研究进展[J]. 实用临床医药杂志, 2024, 28(2): 114-118, 123. DOI: 10.7619/jcmp.20232555.

[14] Loh MS, Kuan YC, Wu CW, *et al*. Upper extremity contralaterally controlled functional electrical stimulation *versus* neuromuscular electrical stimulation in post-stroke individuals: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2022, 36(7): 472-482. DOI: 10.1177/15459683221092647.

[15] Cui C, Li C, Long T, *et al*. Unsupervised machine learning revealed that repeat transcranial magnetic stimulation is more suitable for stroke patients with statin[J]. Neurol Ther, 2024, 13(3): 857-868. DOI: 10.1007/s40120-024-00615-8.

[16] John TD, Walters MC, Rangarajan HG, *et al*. Incremental eligibility criteria for the BMT CTN 1507 haploidentical trial for children with sickle cell disease[J]. Blood Adv, 2024, 8(23): 6055-6063. DOI: 10.1182/bloodadvances.2024014078.

[17] Li Y, Liu B, Zhao T, *et al*. Comparative study of extracellular vesicles derived from mesenchymal stem cells and brain endothelial cells attenuating blood-brain barrier permeability *via* regulating Caveolin-1-dependent ZO-1 and Claudin-5 endocytosis in acute ischemic stroke[J]. J Nanobiotechnology, 2023, 21(1): 70. DOI: 10.1186/s12951-023-01828-z.

[18] Wang M, Zhang L, Novak SW, *et al*. Morphological diversification and functional maturation of human astrocytes in glia-enriched cortical organoid transplanted in mouse brain[J]. Nat Biotechnol, 2025, 43(1): 52-62. DOI: 10.1038/s41587-024-02157-8.


(编辑: 温玲玲)