

# 川平法联合悬吊训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能及核心稳定性的效果评价

姬得文<sup>1,2</sup>, 周鑫<sup>2</sup>, 李新通<sup>2</sup>, 刘亚丽<sup>2</sup>, 张永祥<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>青岛大学青岛医学院, 山东 青岛

<sup>2</sup>青岛市市立医院康复医学科, 山东 青岛

<sup>3</sup>青岛大学附属医院康复医学科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年4月26日; 录用日期: 2026年5月21日; 发布日期: 2026年5月28日

## 摘要

目的: 本研究旨在探讨常规康复训练基础上, 联合川平法(RFE)与悬吊训练(SET)对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的改善效应, 旨在优化临床干预策略, 为患者的功能恢复提供循证医学依据。方法: 选取本院住院期脑卒中患者60例, 均符合Brunstrom分期  $\geq$  III期、卒中后3周~6个月纳入标准。采用随机数字表法分为四组: 常规康复组(A组)、RFE联合组(B组)、SET联合组(C组)及SET + RFE联合组(D组)。各组均接受为期4周的针对性干预。分别采用Fugl-Meyer下肢运动功能评分(FMA-LE)、步行功能分级(FAC)、Berg平衡量表(BBS)及Sheikh躯干控制评分进行评估。结果: 组内对比显示, 各组干预后各项指标较干预前均有显著改善(A组 $P < 0.05$ ; B、C、D组 $P < 0.01$ )。组间分析显示, B组与C组的FMA-LE评分显著优于A组( $P < 0.05$ ), 而D组FMA-LE评分改善程度非常显著优于A组( $P < 0.01$ )。在平衡功能方面, D组BBS评分显著优于B组与C组( $P < 0.05$ ); 各组FAC及Sheikh评分结果亦显示, D组综合表现最优。结论: 在常规康复训练基础上, 单独应用SET或RFE均能有效改善脑卒中偏瘫患者的下肢运动功能与核心稳定性; SET联合RFE的综合干预模式具有协同增效作用, 其临床疗效显著优于单一疗法, 是促进脑卒中偏瘫患者运动功能恢复的优选方案。

## 关键词

脑卒中偏瘫, 川平法, 悬吊训练, 下肢运动功能, 核心稳定性

## Evaluation of the Effect of Combined Sling Exercise Training with Kawahira Method on Lower Extremity Motor Function and Core Stability in Patients with Hemiplegia after Stroke

\*通讯作者。

文章引用: 姬得文, 周鑫, 李新通, 刘亚丽, 张永祥. 川平法联合悬吊训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能及核心稳定性的效果评价[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 2974-2983. DOI: 10.12677/acm.2026.1652111

Dewen Ji<sup>1,2</sup>, Xin Zhou<sup>2</sup>, Xintong Li<sup>2</sup>, Yali Liu<sup>2</sup>, Yongxiang Zhang<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Qingdao Medical College, Qingdao University, Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Department of Rehabilitation Medicine, Qingdao Municipal Hospital, Qingdao Shandong

<sup>3</sup>Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: April 26, 2026; accepted: May 21, 2026; published: May 28, 2026

## Abstract

**Objective:** This study aimed to investigate the effects of Kawahara Method (RFE) combined with Sling Exercise Training (SET) on lower extremity motor function in stroke patients with hemiplegia on the basis of conventional rehabilitation training, so as to optimize clinical intervention strategies and provide evidence-based references for functional recovery. **Methods:** Sixty hospitalized stroke patients meeting the inclusion criteria of Brunnstrom stage  $\geq$ III and 3 weeks to 6 months after stroke were enrolled. They were randomly divided into four groups using a random number table: conventional rehabilitation group (Group A), conventional rehabilitation + RFE group (Group B), conventional rehabilitation + SET group (Group C), and conventional rehabilitation + SET + RFE group (Group D). All groups received corresponding interventions for 4 weeks. Outcomes were evaluated by Fugl-Meyer Assessment of Lower Extremity (FMA-LE), Functional Ambulation Category (FAC), Berg Balance Scale (BBS), and Sheikh Trunk Control Test. **Results:** Intragroup comparison showed that all indexes were significantly improved after intervention in each group (Group A,  $P < 0.05$ ; Groups B, C, D,  $P < 0.01$ ). Intergroup analysis revealed that FMA-LE scores in Groups B and C were significantly higher than those in Group A ( $P < 0.05$ ), and FMA-LE score in Group D was much more significantly higher than that in Group A ( $P < 0.01$ ). For balance function, BBS score in Group D was significantly better than that in Groups B and C ( $P < 0.05$ ). FAC and Sheikh scores also confirmed the best comprehensive performance in Group D. **Conclusion:** On the basis of conventional rehabilitation, either SET or RFE alone can effectively improve lower extremity motor function and core stability in stroke patients with hemiplegia. The combined intervention of SET and RFE shows a significant synergistic effect with better clinical efficacy than single therapy, which is a preferred strategy to promote motor function recovery in stroke patients with hemiplegia.

## Keywords

Hemiplegia after Stroke, Kawahara Method, Sling Exercise Training, Lower Extremity Motor Function, Core Stability

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

《“健康中国 2030”规划纲要》与脑卒中“百万减残工程”指出，脑卒中康复属于慢性病综合防控与功能改善核心任务，我国持续推进早期、规范、精准的脑卒中康复服务体系建设[1][2]。脑卒中具有高发病率、高致残率、高复发率与高疾病负担特征，是我国成年人肢体残疾与运动功能障碍的首要病因[1]。偏瘫后下肢运动控制、平衡与步行能力受损，严重限制患者独立生活与社会回归，给家庭和

社会带来沉重负担。临床与循证证据一致表明,规范、早期、强化的康复干预是降低致残率、改善功能结局的关键路径[2] [3]。当前常规康复训练以改善肌力、关节活动度训练、基础平衡与步态训练为主,虽能达到一定临床康复功能改善,但对中枢神经重塑、核心稳定激活、分离运动重建与异常模式纠正的靶向性不足,难以满足患者对步行效率、姿势控制与生活质量的更高需求,也与高质量康复的政策要求存在差距[4]。因此,探索协同增效、机制互补的综合康复方案,已成为脑卒中康复领域的研究热点与临床刚需。

核心稳定性是维持姿势控制、传递力线、保障下肢高效运动的基础,脑卒中后核心肌群激活延迟、躯干控制下降与本体感觉异常,直接导致平衡减退、步态不稳与耗能增加[5]。多项 Meta 分析与临床研究证实,强化核心稳定训练可显著提升 Berg 平衡量表(BBS)、步行功能分级(FAC)及躯干控制评分,为下肢功能恢复提供稳定力学平台[3] [5]。悬吊训练(Sling Exercise Therapy, SET)以不稳定支撑面与闭链运动为特征,能够精准激活深层稳定肌群,修正代偿模式,提高神经肌肉控制效率,在改善脑卒中患者核心稳定性、平衡与步行功能方面已获得广泛证据支持[6]。

川平法(反复促通疗法, Repetitive Facilitative Exercise, RFE)是以高频、精准、任务导向的反复促通为核心的神经康复技术,通过感觉输入与运动输出的闭环强化,促进皮质脊髓通路重塑与分离运动再现,在缓解痉挛、提高运动控制质量、改善下肢功能方面优势突出[7] [8]。近年临床研究显示,RFE 联合常规康复可显著提升 Fugl-Meyer 下肢运动功能评分(FMA-LE)、平衡能力与步行能力,已成为脑卒中偏瘫康复的重要技术选择[9]。

从机制互补性看,川平法侧重运动模式重建与神经通路强化,悬吊训练侧重核心稳定与躯干控制,二者联用可形成“神经促通 + 核心支撑 + 运动输出”的完整康复链条,理论上具备显著协同效应[10]。现有研究多集中于单一疗法或二元组合,而将常规康复、川平法与悬吊训练进行四组平行对照、系统比较单一与联合干预效果的高质量研究仍相对不足,尤其缺乏对下肢运动、平衡、步行及躯干控制多维指标的同步验证,难以支撑临床方案优化[11]。

立足健康中国建设与脑卒中减残政策导向,针对上述临床需求与研究空白,本研究以脑卒中恢复期偏瘫患者为对象,在常规康复基础上分别叠加 SET、RFE 及二者联合干预,以 FMA-LE、FAC、BBS、Sheikh 躯干控制评分为主要结局指标,客观评价不同方案的疗效差异,明确联合方案的增效价值,旨在为临床优化脑卒中偏瘫下肢康复策略、落实国家康复服务要求提供高质量循证依据。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 一般资料

选取 2024 年 7 月~2025 年 1 月在本院康复医学科住院治疗的脑卒中偏瘫患者 60 例,均符合脑卒中诊断标准,经 CT 或 MRI 确诊。纳入标准:① 经头颅 CT 或 MRI 确诊为缺血性/出血性脑卒中,符合 2019 年发布的《中国各类主要脑血管病诊断要点》的脑卒中诊断指南;② 病程 3 周~6 个月,年龄 30~75 岁,血压控制良好,病情稳定;③ 偏瘫侧下肢 Brunnstrom 分期  $\geq$  III 期,下肢肌力  $\geq$  2 级;④ 生命体征稳定,意识清楚,可配合完成康复训练;⑤ 所有患者均自愿参加本试验并同意签署知情同意书;排除标准:① 合并患有严重的心、肺、肾等重要器官功能不全、衰竭和感染等;② 存在严重的语言功能障碍、视听觉障碍、注意力障碍、感觉障碍等;③ 患有严重的精神疾病;④ 患侧下肢存在严重痉挛、疼痛或关节挛缩;⑤ 存在肢体病损如:截肢等;⑥ 无法坚持完成全部干预及评估者。采用随机数字表法将 60 例患者分为 4 组,每组 15 例。四组患者在性别、年龄、身高、体重、偏瘫侧别等一般资料比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性(详见表 1)。

**Table 1.** Comparison of baseline characteristics among the four enrolled subject groups  
**表 1.** 入选 4 组受试者一般资料情况比较

| 组别       | 例数 | 性别(例) |   | 年龄<br>(岁, $\bar{x} \pm s$ ) | 身高<br>(cm, $\bar{x} \pm s$ ) | 体重<br>(kg, $\bar{x} \pm s$ ) | 偏瘫侧别  |   |
|----------|----|-------|---|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|---|
|          |    | 男     | 女 |                             |                              |                              | 左     | 右 |
| A 组      | 15 | 13    | 2 | 60.13 ± 12.89               | 170.27 ± 6.64                | 74.40 ± 12.75                | 6     | 9 |
| B 组      | 15 | 13    | 2 | 60.80 ± 9.37                | 172.27 ± 5.50                | 74.80 ± 8.14                 | 9     | 6 |
| C 组      | 15 | 8     | 7 | 60.20 ± 11.96               | 169.00 ± 7.14                | 68.40 ± 10.95                | 8     | 7 |
| D 组      | 15 | 12    | 3 | 61.53 ± 10.47               | 172.60 ± 4.58                | 71.60 ± 4.79                 | 9     | 6 |
| <i>P</i> |    | 0.096 |   | 0.985                       | 0.322                        | 0.247                        | 0.658 |   |

## 2.2. 方法

所有患者均接受神经内科基础药物治疗及常规护理。

**A 组(常规康复组):** 给予常规康复训练, 包括各关节活动度训练、肌力训练、平衡训练、转移训练、协调训练等, 30 min/次, 每日 2 次, 每周 5 次, 共计 4 周; 根据患者 Brunstrom 分期、肌力等级(MMT)及耐受度调整强度分级: III 期采用中低强度(RPE4-5 分), 重点抑制痉挛, 建立分离运动; IV~VI 期采用中高强度(RPE 5~6 分), 重点强化肌力, 提高速度与耐力。进阶标准: 当患者连续 2 次训练达标(动作流畅、抗阻自如、无疲劳加重), 安排进阶。具体训练方案如下:

### (1) 准备与痉挛抑制(5 分钟)

训练项目: 关节松动术, 每个关节 5~8 次, 动作缓慢、柔和, 进阶标准为关节活动度较训练前提升 10%, 肌肉紧张感消除。

### (2) 上肢分离运动与肌力强化(8 分钟)

① 坐位推球训练, 15 次/组, 共 2 组, 组间休息 30 秒。进阶标准: 能独立推动球体, 手臂不出现屈曲代偿;

② 上肢伸肌弹力带抗阻, 12~15 次/组, 共 2 组, 弹力带等级逐级增加。进阶标准: 完成全范围抗阻动作, 无疼痛;

③ 手腕抓握弹力球控制训练, 20 次/组, 共 2 组。进阶标准: 腕部稳定性增加, 抓握力提升。

### (3) 下肢负重与平衡训练(7 分钟)

① 患侧单腿负重训练, 30 秒/次, 共 3 次。进阶标准: 独立单腿站立 30 秒;

② 重心转移训练, 15 次/组, 共 2 组。进阶标准: 患侧负重达体重 50% 以上, 重心转移平稳无晃动;

③ 坐-站转换训练, 12 次/组, 共 2 组。进阶标准: 1 分钟内完成 10 次标准转换动作。

### (4) 协调与精细动作训练(5 分钟)

① 捡豆子训练, 1 分钟计时, 共 2 轮。进阶标准: 捡豆子速度与数量较上次训练提升 10%;

② 手指对指练习, 30 秒/次, 共 3 次。进阶标准: 动作连贯, 无卡顿, 速度快且准确。

### (5) 放松与整理(5 分钟)

① 静态牵伸, 每个动作保持 30 秒, 重复 2 次。注意事项: 力度轻柔, 以微痛为限, 禁止暴力牵拉;

② 良肢位摆放, 2 分钟。注意事项: 保持血液循环通畅。

**B 组(常规康复 + RFE 组):** 在常规康复训练基础上增加川平法(反复促通疗法, RFE)训练, 按照川平法标准操作流程, 对患侧下肢进行反复、节律性、任务导向性的促通训练, 强化分离运动, 抑制痉挛, 促

进运动模式正常化。具体方法：① 进行目标肢体的刺激；② 在相关口令下有意识的运动目标肢体；③ 通过牵张反射和触摸等方法指导患者进行下肢伸张训练在治疗过程中，治疗师将给予患者口头指令，如“屈/伸”或“1、2”；④ 实施川平法的7种特定下肢运动模式；⑤ 每例患者治疗时都先从肢体近端开始，逐步过渡到肢体远端，缓慢增加运动难度。在训练过程中要指导患者集中注意力于下肢运动，尽可能避免非目标肌肉的强烈收缩。常规康复训练：30 min/次，每日1次；RFE：30 min/次，每日1次，每周5次，共计4周。

C组(常规康复 + SET组)：在常规康复训练基础上增加悬吊训练(SET)，主要训练动作包括：分离动作训练、仰卧位臀部上抬训练、侧卧位臀部上抬训练、俯卧位支撑训练；根据患者身体状况和运动功能选择相应的训练动作与难度。常规康复训练：30 min/次，每日1次；SET：30 min/次，每日1次，每周5次，共计4周。

D组(常规康复 + SET + RFE组)：在常规康复训练基础上，同时给予悬吊训练与川平法训练，常规康复训练：30 min/次，每日1次；SET：15 min/次，每日1次，RFE：15 min/次，每日1次，每周5次，共计4周。

### 2.3. 观察指标

于干预前及干预4周后分别对四组患者进行以下指标评估：

① Fugl-Meyer 下肢运动功能评分(FMA-LE)：满分34分，得分越高表示下肢运动功能越强；② 步行功能分级(FAC)：共0~5级，等级越高表示步行能力越强；③ Berg平衡量表(BBS)：满分56分，得分越高表示平衡功能越好；④ Sheikh 躯干控制能力评分：满分40分，得分越高表示躯干控制与核心稳定性越好。

### 2.4. 统计学方法

采用SPSS 27.0统计学分析；

计量资料：符合正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示，组内比较采用配对t检验，组间比较数据先做Levene方差齐性检验，针对方差齐的数据进行单因素方差分析(ANOVA)，若方差不齐则进行Welch's ANOVA检验。

不符合正态分布以M(P25, P75)表示，组内比较采用Wilcoxon符号秩检验，组间采用组间Kruskal-Wallis H检验。

计数资料(性别、偏瘫侧别等)以n表示，采用 $\chi^2$ 检验；

$P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。 $P < 0.01$ 为差异具有非常显著性意义。

## 3. 结果

### 3.1. 基线数据比较

四组受试者干预前FMA-LE评分、FAC分级、BBS评分、Sheikh评分等指标均无统计学意义( $P > 0.05$ )，具有可比性(详见表2)。

### 3.2. 四组受试者运动功能相关指标干预前后组内比较

A组受试者在干预后FMA-LE评分、BBS评分、FAC分级和Sheikh评分均具有显著性提升( $P < 0.05$ )，B组、C组和D组受试者在干预后各指标评分或分级具有非常显著提升( $P < 0.01$ ) (详见表3)。在常规康复训练基础上结合川平法与悬吊训练，能够更加有效提升受试者下肢运动功能与核心稳定性(详见图1)。

**Table 2.** Comparison of motor function scores between the four groups before intervention (mean  $\pm$  SD)  
**表 2.** 4 组组间干预前运动功能评分比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 测试项目       | A 组<br>(n = 15)  | B 组<br>(n = 15)  | C 组<br>(n = 15)  | D 组<br>(n = 15)  | F     | P     |
|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------|
| FMA (分)    | 17.86 $\pm$ 1.20 | 17.80 $\pm$ 2.34 | 17.33 $\pm$ 2.74 | 17.00 $\pm$ 2.39 | 0.443 | 0.723 |
| BBS (分)    | 22.47 $\pm$ 3.04 | 22.80 $\pm$ 2.88 | 24.13 $\pm$ 3.00 | 23.00 $\pm$ 2.80 | 0.912 | 0.441 |
| FAC (分级)   | 1.53 $\pm$ 0.52  | 1.66 $\pm$ 0.49  | 1.73 $\pm$ 0.59  | 1.60 $\pm$ 0.51  | 0.399 | 0.754 |
| Sheikh (分) | 70.07 $\pm$ 6.36 | 69.33 $\pm$ 6.50 | 67.53 $\pm$ 6.56 | 70.20 $\pm$ 6.32 | 0.546 | 0.653 |

**Table 3.** Comparison of motor function scores before and after intervention within each of the four groups (mean  $\pm$  SD)  
**表 3.** 4 组组内干预前后运动功能评分比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 测试项目       | 组别         | 干预前              | 干预后              | t      | P      |
|------------|------------|------------------|------------------|--------|--------|
| FMA (分)    | A (n = 15) | 17.86 $\pm$ 1.20 | 18.80 $\pm$ 1.37 | -2.226 | 0.043  |
|            | B (n = 15) | 17.80 $\pm$ 2.34 | 19.93 $\pm$ 1.10 | -3.813 | 0.002  |
|            | C (n = 15) | 17.33 $\pm$ 2.74 | 19.73 $\pm$ 1.28 | -3.674 | 0.003  |
|            | D (n = 15) | 17.00 $\pm$ 2.39 | 20.53 $\pm$ 0.99 | -5.963 | <0.001 |
| BBS (分)    | A (n = 15) | 22.47 $\pm$ 3.04 | 24.73 $\pm$ 3.75 | -2.210 | 0.044  |
|            | B (n = 15) | 22.80 $\pm$ 2.88 | 27.80 $\pm$ 4.90 | -3.678 | 0.002  |
|            | C (n = 15) | 24.13 $\pm$ 3.00 | 28.00 $\pm$ 1.85 | -4.579 | <0.001 |
|            | D (n = 15) | 23.00 $\pm$ 2.80 | 31.00 $\pm$ 1.46 | -9.941 | <0.001 |
| FAC (分级)   | A (n = 15) | 1.53 $\pm$ 0.52  | 2.00 $\pm$ 0.53  | -2.824 | 0.014  |
|            | B (n = 15) | 1.66 $\pm$ 0.49  | 2.60 $\pm$ 0.63  | -4.090 | 0.001  |
|            | C (n = 15) | 1.73 $\pm$ 0.59  | 2.73 $\pm$ 0.79  | -3.873 | 0.002  |
|            | D (n = 15) | 1.60 $\pm$ 0.51  | 2.86 $\pm$ 0.64  | -6.971 | <0.01  |
| Sheikh (分) | A (n = 15) | 70.07 $\pm$ 6.36 | 76.27 $\pm$ 8.10 | -3.879 | 0.002  |
|            | B (n = 15) | 69.33 $\pm$ 6.50 | 83.07 $\pm$ 7.56 | -7.076 | <0.001 |
|            | C (n = 15) | 67.53 $\pm$ 6.56 | 83.87 $\pm$ 7.28 | -6.323 | <0.001 |
|            | D (n = 15) | 70.20 $\pm$ 6.32 | 89.67 $\pm$ 7.14 | -7.649 | <0.001 |

### 3.3. 四组受试者运动功能相关指标干预后组间比较

A 组受试者在干预后 FMA-LE 评分显著低于 B 组与 C 组( $P < 0.05$ ), 且非常显著低于 D 组( $P < 0.001$ )。B 组与 C 组干预后 FMA-LE 评分低于 D 组, 但不具有显著差异性( $P > 0.05$ );

A 组受试者 BBS 评分显著低于 B 组( $P < 0.05$ ), 且非常显著低于 C 组与 D 组( $P < 0.01$ )。B 组与 C 组 BBS 评分显著低于 D 组( $P < 0.05$ );

A 组受试者在干预后 FAC 分级显著小于 B 组( $P < 0.05$ ), 且非常显著小于 C 组与 D 组( $P < 0.01$ 、 $P < 0.001$ )。B 组与 C 组干预后 FAC 分级小于 D 组, 但不具有显著差异性( $P > 0.05$ );

A 组受试者在干预后 Sheikh 评分显著小于 B 组( $P < 0.05$ ), 且非常显著小于 C 组与 D 组( $P < 0.01$ 、 $P < 0.001$ )。B 组与 C 组 Sheikh 评分显著低于 D 组( $P < 0.05$ )。

干预后组间比较发现, 常规康复训练 + 川平法 + 悬吊训练组主观功能评分明显优于其他组, 具体组间效果对比情况详见表 4。

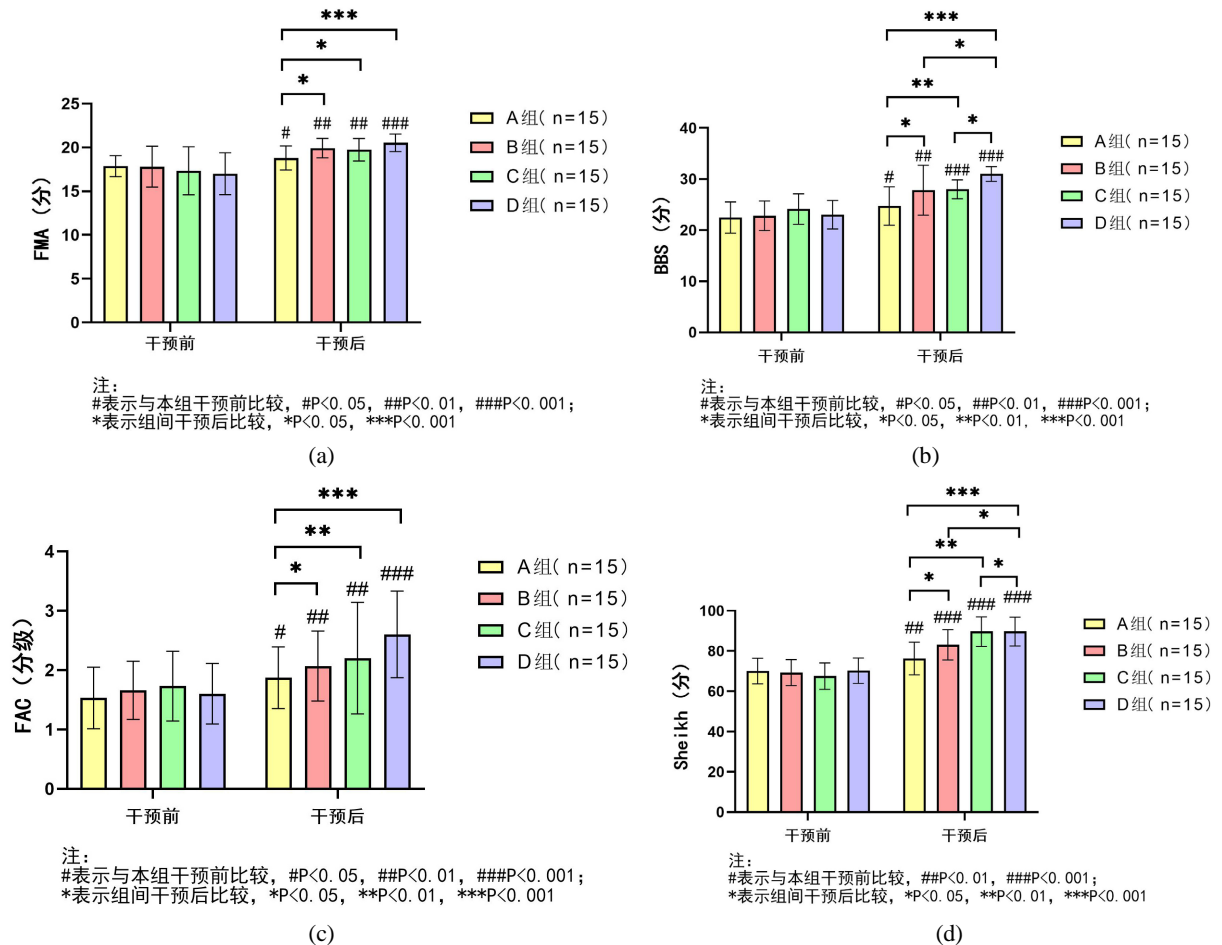


Figure 1. Comparison chart of motor function scores before and after interventions within each of the four groups  
图 1. 四组组内干预前后运动功能评分对比图

Table 4. Comparison of motor function scores between the four groups after intervention (mean ± SD) (mean ± SD)  
表 4. 4 组组间干预后运动功能评分比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 测试项目       | A 组 (n=15)   | B 组 (n=15)                 | C 组 (n=15)                  | D 组 (n=15)                  | F     | P      |
|------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|--------|
| FMA (分)    | 18.80 ± 1.37 | 19.93 ± 1.10 <sup>a</sup>  | 19.73 ± 1.28 <sup>a</sup>   | 20.53 ± 0.99 <sup>a**</sup> | 5.425 | 0.002  |
| BBS (分)    | 24.73 ± 3.75 | 27.80 ± 4.90 <sup>ad</sup> | 28.00 ± 1.85 <sup>a*d</sup> | 31.00 ± 1.46 <sup>a**</sup> | 9.003 | <0.001 |
| FAC (分级)   | 1.87 ± 0.52  | 2.07 ± 0.59 <sup>a</sup>   | 2.20 ± 0.94 <sup>a*</sup>   | 2.60 ± 0.73 <sup>a**</sup>  | 5.064 | 0.004  |
| Sheikh (分) | 76.27 ± 8.10 | 83.07 ± 7.56 <sup>ad</sup> | 83.87 ± 7.28 <sup>a*d</sup> | 89.67 ± 7.14 <sup>a**</sup> | 7.968 | <0.001 |

注: <sup>a</sup>表示与 A 组比较,  $P < 0.05$ ; <sup>d</sup>表示与 D 组比较,  $P < 0.05$ ; <sup>a\*</sup>表示与 A 组比较,  $P < 0.01$ ; <sup>a\*\*</sup>表示与 A 组比较,  $P < 0.001$ 。

## 4. 讨论与分析

本研究以脑卒中恢复期偏瘫患者为研究对象,采用四组平行对照设计,系统比较常规康复、常规康复联合川平法、常规康复联合悬吊训练,以及常规康复联合川平法与悬吊训练对下肢运动功能、平衡功能、步行能力及核心稳定性的影响。研究发现,在常规康复基础上增加单一疗法即可显著提升康复效果,而川平法联合悬吊训练的综合干预模式呈现出显著的协同增效作用,各项功能指标改善均优于单一疗法组,提示该联合方案可作为脑卒中偏瘫患者下肢功能康复的优选策略,为临床康复实践提供了高质量的循证依据。

### 4.1. 神经生理学机制分析

脑卒中后偏瘫的核心病理机制为中枢神经系统损伤导致的运动传导通路受损、神经肌肉控制异常、痉挛模式异常及核心稳定性下降,进而引发下肢运动控制减退、平衡障碍及步行功能受限[12]。常规康复训练虽可改善关节活动度、提高基础肌力,但对神经通路重塑、分离运动诱发及核心肌群的精准激活不足,功能提升幅度有限。本研究结果显示,单纯常规康复亦可使各项指标获得一定改善,但提升幅度显著低于联合干预组,与国内多项研究结论一致,提示单一常规模式已难以满足现代康复对功能恢复质量的需求。

悬吊训练通过不稳定支撑面激活躯干及骨盆深层稳定肌群,强化本体感觉输入与神经肌肉控制能力,为下肢运动提供稳定的力学基础。本研究中,B组患者经SET干预后,Berg平衡评分、Sheikh躯干控制评分及步行功能分级均显著优于常规组,证实悬吊训练可有效改善核心稳定性与姿势控制能力,进而提高下肢运动效率[13]。这与既往研究提出的“核心稳定是下肢功能恢复的前提”观点高度吻合,也为悬吊训练在脑卒中康复中的应用提供了新的临床支持。

川平法作为一种高频、重复性的神经促通技术,通过节律性感觉刺激与运动输出强化,可有效促进皮质脊髓通路重塑,抑制异常痉挛模式,诱发分离运动,提高运动控制的精准性。本研究结果显示,在常规康复基础上增加川平法可显著提升FMA-LE下肢运动功能评分,改善步行能力与平衡功能,提示川平法能够直接作用于运动控制中枢,加速下肢运动模式的正常化进程[14]。该结果与近年来国内关于川平法改善脑卒中偏瘫患者运动功能的研究结论一致,进一步验证了其在神经康复中的独特价值[15]。

相关研究表明,川平法在实施过程中能够通过高频模式化运动,上调脑源性神经营养因子(BDNF),并激活其受体(TrkB),促进突触长时程增强(LTP),抑制异常突触链接。而悬吊训练通过在不稳定环境中的本体感觉输入增强效应,有效激活小脑-运动皮层通路,优化新突触连接的稳定性与功能性。二者“分子重塑”与“功能固化”的完美结合,悬吊训练能够在川平法驱动神经通路再生过程中提供有效活化和稳定性保障[16][17]。亦有学者表明,川平法主要作用于皮层可塑性和脊髓通路的再通,悬吊训练则能够强力激活前庭脊髓束和网状脊髓束,强化脑干层面的姿势反射和整体稳定性。二者结合能够产生从皮层激活、脊髓促通与脑干强化的链路协同效应,既能提升人体运动灵活性,又保障了姿势控制的精准性[18]。

川平法侧重于神经通路重塑与运动模式重建,悬吊训练侧重于核心稳定与躯干控制,二者在作用机制上高度互补,可形成“神经促通-核心激活-运动输出”的完整康复链条。结果显示,联合组在下肢运动功能、平衡功能、步行能力及躯干控制方面均显著优于单一疗法组,提示两种技术联用可实现 $1+1>2$ 的康复效果。这一结论填补了国内关于川平法与悬吊训练联合应用的对照研究空白,为综合康复方案的优化提供了重要参考。

### 4.2. 研究局限性

本研究同时存在一定局限性:样本量相对有限,观察周期仅为4周,未进行远期随访;未从肌电图、

步态分析等客观层面对神经肌肉控制及运动模式进行量化评估。未来可开展大样本、长期随访、多中心的随机对照研究,结合生物力学与神经影像学手段,进一步探讨联合干预的作用机制,为脑卒中偏瘫康复提供更全面、更深入的循证医学证据。

## 5. 结论

本研究结果证实,在常规康复训练基础上,单独应用悬吊训练(SET)或川平法(RFE),均可显著改善脑卒中偏瘫患者下肢运动功能、平衡功能、步行能力及躯干控制能力;川平法联合悬吊训练可发挥协同增效作用,在提升下肢运动功能、核心稳定性与整体运动控制方面效果更优,优于单一疗法叠加常规康复的干预模式。该联合方案可作为脑卒中恢复期偏瘫患者下肢功能康复的优选策略,在临床康复实践中具有较高的推广与应用价值。

## 声 明

本研究已获得青岛市市立医院医学伦理委员会批准(审批号:2025-KY-198)。

## 参考文献

- [1] 《中国脑卒中防治报告 2021》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2023, 20(11): 783-793.
- [2] 王笑笑, 范葵钰, 梁梦颖, 等. 脑卒中患者健康促进行为的研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(16): 3625-3682.
- [3] 谭桂林, 董静. 核心训练改善脑卒中偏瘫患者平衡功能障碍的 Meta 分析[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 1949-1960.
- [4] 徐健. 悬吊运动康复训练对脑卒中偏瘫患者躯干控制能力及平衡功能的影响[J]. 反射疗法与康复医学, 2024, 5(3): 54-56.
- [5] Kochman, M., Kasprzak, M. and Kielar, A. (2025) The Impact of Proprioception Impairment on Gait Function in Stroke Survivors: A Comprehensive Review. *Frontiers in Neurology*, **16**, Article ID: 1577919. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1577919>
- [6] 郝希来, 郭志焱, 崔琛, 等. 反复促通疗法在脑卒中偏瘫患者肢体运动功能障碍中的应用进展[J]. 临床诊断与治疗杂志, 2025(3): 54-58.
- [7] 农飞玉, 龙耀斌, 黄福才. 反复促通技术在脑卒中神经康复治疗中的应用研究进展[J]. 广西医学, 2025, 47(5): 761-764.
- [8] Zhang, J., Chen, J., Liu, X., Yan, L. and Xu, S. (2025) Effectiveness of Intelligent Robotic-Assisted Training System Combined with Repetitive Facilitative Exercise on Upper Limb Motor Function after Stroke: A Randomized Controlled Trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, **17**, Article No. 178. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01234-y>
- [9] 陈忠强, 康赵颖, 占道伟, 等. 基于反复促通疗法的步行训练对脑卒中患者下肢功能重建的影响[J]. 中国康复, 2024, 39(2): 81-84.
- [10] Chen, L., Chen, J., Peng, Q., Chen, J., Zou, Y. and Liu, G. (2016) Effect of Sling Exercise Training on Balance in Patients with Stroke: A Meta-analysis. *PLOS ONE*, **11**, e0163351. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163351>
- [11] 饶加强, 邹园华, 龙菲, 等. 反复促通疗法联合常规康复治疗脑卒中患者上肢功能恢复的疗效观察[J]. 临床医学进展, 2024, 14(6): 1076-1081.
- [12] Kawahira, K., Higashihara, K., Matsumoto, S., Shimodozono, M., Etoh, S., Tanaka, N., et al. (2004) New Functional Vibratory Stimulation Device for Extremities in Patients with Stroke. *International Journal of Rehabilitation Research*, **27**, 335-337. <https://doi.org/10.1097/00004356-200412000-00015>
- [13] Kimura, N., Sato, M., Kobayashi, Y. and Naito, E. (2022) Augmented Activity of the Forearm Extensor Muscles Induced by Vibratory Stimulation of the Palm of the Hand in Individuals with Subacute Post-Stroke Hemiplegia. *Brain Injury*, **36**, 782-791. <https://doi.org/10.1080/02699052.2022.2048694>
- [14] Long, J., Zhang, Y., Liu, X. and Jin, X. (2021) Effects of Sling Exercise Therapy on Post-Stroke Walking Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Rehabilitation Research*, **45**, 12-23. <https://doi.org/10.1097/mrr.0000000000000505>

- 
- [15] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会神经康复学组, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑卒中早期康复治疗指南[J]. 中华神经科杂志, 2017, 50(6): 405-412.
- [16] Fujimoto, K., Ueno, M., Etoh, S. and Shimodozono, M. (2024) Combined Repetitive Facilitative Exercise under Continuous Neuromuscular Electrical Stimulation and Task-Oriented Training for Hemiplegic Upper Extremity during Convalescent Phase after Stroke: Before-and-After Feasibility Trial. *Frontiers in Neurology*, **15**, Article ID: 1356732. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1356732>
- [17] Kim, J.H., Kim, Y.E., Bae, S.H. and Kim, K.Y. (2013) The Effect of the Neurac Sling Exercise on Postural Balance Adjustment and Muscular Response Patterns in Chronic Low Back Pain Patients. *Journal of Physical Therapy Science*, **25**, 1015-1019. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.1015>
- [18] Etoh, S., Noma, T., Takiyoshi, Y., Arima, M., Ohama, R., Yokoyama, K., *et al.* (2015) Effects of Repetitive Facilitative Exercise with Neuromuscular Electrical Stimulation, Vibratory Stimulation and Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of the Hemiplegic Hand in Chronic Stroke Patients. *International Journal of Neuroscience*, **126**, 1007-1012. <https://doi.org/10.3109/00207454.2015.1094473>