

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.01.022

# 工程化评估驱动的早期综合康复训练对缺血性脑卒中患者生活质量的影响

陈煜<sup>1</sup>, 杨韬<sup>2</sup>, 苏鹏<sup>3</sup>, 陈立凌<sup>4\*</sup>

(1. 徐州医科大学 公共卫生学院, 江苏徐州 221000; 2. 南京脑科医院 康复医学科, 江苏南京 210000; 3. 南京紫金医院 康复治疗中心, 江苏南京 210001; 4. 苏州市疾病预防控制中心 传染病防治科, 江苏苏州 225000)

**【摘要】目的** 探讨工程化评估驱动的早期综合康复训练对缺血性脑卒中 (ischemic stroke, IS) 患者生活质量和肢体功能恢复的影响。**方法** 选取 2022 年 1 月至 2024 年 12 月南京脑科医院康复医学科收治的 IS 患者 90 例, 随机分为对照组 (常规康复,  $n=45$  例) 和观察组 (常规康复联合工程化评估驱动的早期综合康复训练,  $n=45$  例)。比较两组患者治疗前后卒中特异性生活质量量表 (stroke-specific quality of life scale, SS-QOL) 评分、步态时空参数及平衡平台量化指标变化情况。**结果** 治疗后, 两组 SS-QOL 总分及移动能力、自我照护、情绪状态、社会参与等维度评分均较干预前升高, 且观察组改善幅度更大 (均  $P<0.05$ )。观察组在生活质量评分、步速、步幅、步频、步态对称性及平衡稳定性等指标改善幅度均优于对照组 (均  $P<0.05$ )。观察组的压力中心 (center of pressure, COP) 轨迹长度、平均摇摆速度和总摆动幅度的降低幅度均大于对照组 (均  $P<0.05$ )。**结论** 工程化评估驱动的早期综合康复训练可有效改善 IS 患者步态特征及平衡控制能力, 促进肢体功能恢复, 具有良好的临床应用价值。

**【关键词】** 缺血性脑卒中; 综合康复; 生活质量; 步态分析; 康复工程

**【中图分类号】** R743.3

**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242 (2026) 01-0114-05

## Impact of engineering-based assessment-driven early comprehensive rehabilitation training on quality of life in patients with ischemic stroke

CHEN Yu<sup>1</sup>, YANG Tao<sup>2</sup>, SU Peng<sup>3</sup>, CHEN Liling<sup>4\*</sup>

(1. School of Public Health, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu 221000, China; 2. Department of Rehabilitation Medicine, Nanjing Brain Hospital, Nanjing, Jiangsu 210000, China; 3. Rehabilitation Treatment Center, Nanjing Zijin Hospital, Nanjing, Jiangsu 210001, China; 4. Division of Infectious Disease Control and Prevention, Suzhou Center for Disease Control and Prevention, Suzhou, Jiangsu 225000, China)

**【Abstract】Objective** To explore the impact of early comprehensive rehabilitation training driven by engineering assessment on the quality of life and limb function recovery of patients with ischemic stroke (IS). **Methods** A total of 90 patients with IS admitted to the Department of Rehabilitation Medicine of Nanjing Brain Hospital from January 2022 to December 2024 were selected and randomly divided into a control group (conventional rehabilitation,  $n=45$ ) and an observation group (conventional rehabilitation combined with early comprehensive rehabilitation training driven by engineering assessment,  $n=45$ ). The changes in stroke-specific quality of life scale (SS-QOL) scores, gait spatiotemporal parameters and balance platform quantitative indicators were compared between the two groups before and after treatment. **Results** After treatment, the total scores of SS-QOL and the scores of dimensions such as mobility, self-care, emotional state, and social participation in both groups were higher than those before intervention, and the improvement in the observation group was greater (all  $P<0.05$ ). The observation group also showed significantly better improvements in gait speed, step length, cadence, and gait symmetry index than the control group (all  $P<0.05$ ). The decreases in center of pressure (COP) trajectory length, mean sway velocity, and total sway amplitude were greater in the observation group than in the control group

收稿日期: 2025-07-20。

作者简介: 陈煜, 初级医师, 研究方向: 公共卫生康复。E-mail: 18115474160@163.com。

通讯作者: 陈立凌, 主任医师, 研究方向: 传染病防控。E-mail: chenliling@szcdc.cn。

(all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** Early comprehensive rehabilitation training based on engineering assessment can effectively improve the gait characteristics and balance control ability of patients with IS, promote the recovery of limb function and has good clinical application value.

**【Key words】** Ischemic stroke; Comprehensive rehabilitation; Quality of life; Gait analysis; Rehabilitation engineering

缺血性脑卒中 (ischemic stroke, IS) 是成人致残的常见原因。患者进入恢复期后, 往往遗留不同程度的运动障碍, 步行能力下降, 平衡控制受损, 日常生活也随之受到影响<sup>[1]</sup>。发病早期, 中枢神经系统仍具有较强可塑性, 及时地康复干预有利于肢体功能重建<sup>[2]</sup>。因此, 早期康复一直是 IS 治疗后的关注重点。临床常用的康复训练能够改善患者肢体功能状态, 但目前康复训练方案的制定多依赖于康复治疗师的经验判断。若缺少客观性指标, 可能导致早期康复训练强度及内容不易与患者实际水平相匹配<sup>[3]</sup>。近年康复工程相关设备逐渐用于 IS 后康复。步态分析系统、平衡评估平台和智能训练设备可对运动表现进行客观量化记录, 也为康复训练调整提供依据<sup>[4-5]</sup>。引入工程化评估手段可实现对康复干预强度的精准控制, 使康复训练与患者的实际功能状态高度匹配。基于以上背景, 本研究探讨工程化评估驱动的早期综合康复训练对 IS 患者步态、平衡及肢体功能恢复的影响, 旨在为 IS 康复方案制定提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

本研究采用前瞻性对照设计。选取 2022 年 1 月至 2024 年 12 月南京脑科医院康复医学科收治的 IS 患者 90 例, 均经头颅计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 或核磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 检查确诊。患者在发病后 48~72 h 内病情趋于稳定, 完成康复评估后纳入研究。采用随机数字表法分为观察组和对照组, 各 45 例。本研究方案经医院伦理委员会批准, 患者或家属均签署知情同意书。

纳入标准: ①影像学确诊为 IS; ②发病 48~72 h 内病情稳定; ③美国国立卫生研究院卒中量表 (National Institute of Health Stroke Scale, NIHSS) 评

分 3~15 分; ④意识清楚, 可完成康复训练; ⑤具备坐位或扶持站立能力。排除标准: ①生命体征不稳定, 或存在进行性神经功能恶化者; ②严重认知或精神障碍; ③严重心肺功能不全或骨科疾病影响训练; ④既往严重功能残疾; ⑤无法完成研究者。

### 1.2 康复干预流程与综合训练方案

1.2.1 对照组 对照组给予常规卒中早期康复治疗, 包括良肢位摆放、关节活动度 (range of motion, ROM) 训练、床上体位转换训练、坐站平衡训练及步行训练等综合康复措施。训练参数: 2 次/d, 30 min/次, 5 d/周, 连续治疗 4 周。训练强度依据患者耐受程度逐步增加, 由具有 5 年以上临床经验的康复治疗师实施。

1.2.2 观察组 观察组在对照组基础上接受早期综合康复训练。患者于发病后 48~72 h 且生命体征稳定后开始训练。训练内容根据康复评估结果确定, 包括运动功能训练、平衡训练、神经肌电生物反馈训练和任务导向训练 (图 1)。训练参数: 1~2 次/d, 30~45 min/次, 5 d/周, 连续 4 周。

上肢训练采用康复机器人完成, 由康复治疗师依据 Brunnstrom 分期选择主动-辅助模式, 辅助力控制在 10~40 N, 并根据患者主动运动能力调整训练轨迹和难度, 每次重复 400~800 次。下肢训练采用智能悬吊步态训练仪, 初始减重比例设为 10%~30%, 步速控制在 0.3~1.2 m/s, 再根据患者步频、步态对称性和耐受情况逐步调整。平衡训练采用 TecnoBody 平衡系统, 在训练前测定压力中心轨迹、摆动面积和摇摆速度等指标, 并据此调整训练难度。神经肌电生物反馈训练采用表面肌电图 (surface electromyography, sEMG) 系统监测目标肌群活动, 训练前完成电极贴附和皮肤处理, 将皮肤阻抗控制在 5 k $\Omega$  以下; 系统采样频率设为 1000 Hz, 信号经

20~450 Hz 带通滤波后用于康复训练反馈。作业治疗以任务导向训练为主，内容包括抓握与放置、端

杯、系扣、穿衣等日常动作练习，后期结合虚拟现实 (virtual reality, VR) 实施训练。

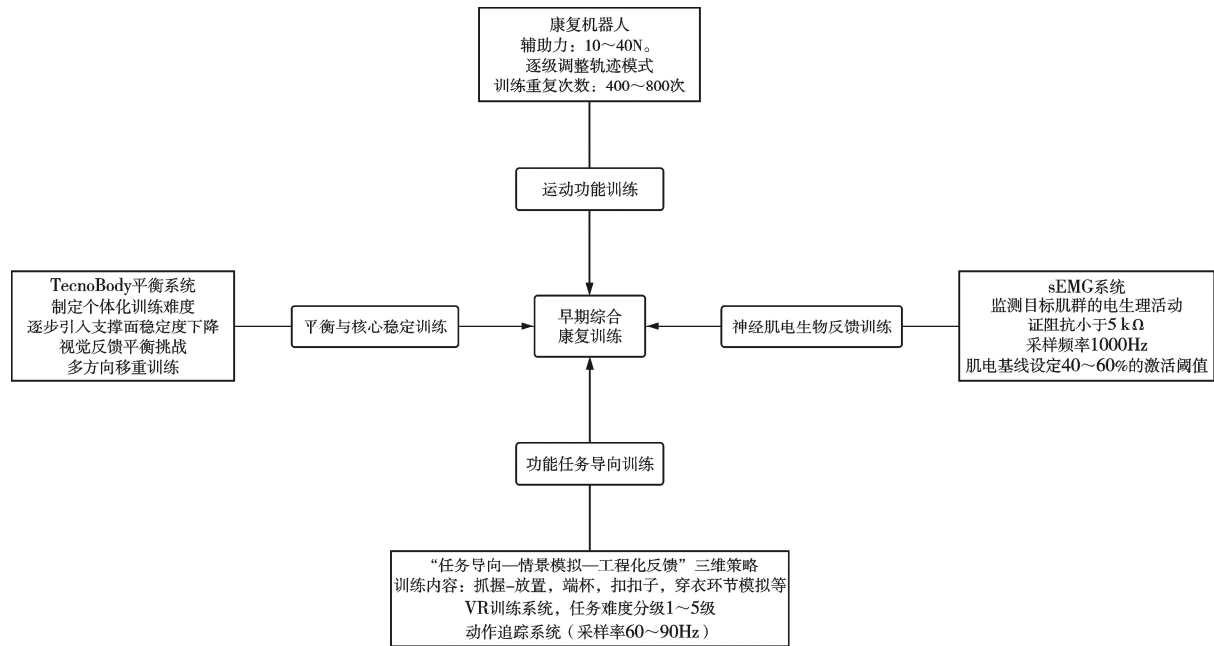


图 1 早期综合康复训练系统组成示意图

注：sEMG 为表面肌电图；VR 为虚拟现实。

### 1.3 观察指标

(1) 生活质量指标：采用卒中特异性生活质量量表 (stroke-specific quality of life scale, SS-QOL) 评价患者生活质量。该量表共 49 个条目，涉及活动能力、自理能力、情绪、认知及社会参与等方面，每项计 1~5 分，分值越高表示生活质量越好。

(2) 步态时空参数：采用 GAITRite 步态分析系统测量步态时空特征。患者以自然速度通过步态测试区，系统自动记录步速、步频和步态对称性指数等指标，用于反映步态功能变化；

(3) 平衡平台量化指标：采用 TecnoBody 平衡系统或同类压力感应系统记录患者静态站立时的姿势稳定性数据。患者裸足自然站立 30 s 后，系统自动输出压力中心 (center of pressure, COP) 轨迹长度、平均摇摆速度 (mm/s)、患者前后、左右方向的摆动幅度。

### 1.4 统计学方法

所有数据均采用 SPSS 26.0 统计软件进行统计分析。连续型变量经正态性检验后以均数±标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，组间比较采用独立样本 *t* 检验，组

内比较采用配对 *t* 检验；计数资料以例数 (%) 表示，采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法；等级资料采用秩和检验。所有检验均为双侧检验， $P < 0.05$  时差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 2 组患者基线资料比较

2 组患者年龄、发病至入组时间、NIHSS 评分、病灶侧别比较差异均无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )，具有可比性。见表 1。

表 1 2 组患者基线资料比较 [ $\bar{x} \pm s$ , 例 (%)]

指标	对照组 (n=45)	观察组 (n=45)	<i>t</i> / $\chi^2$	<i>P</i>
年龄 (岁)	63.47 ± 8.52	64.11 ± 8.39	0.357	0.722
男性	27 (60.00%)	28 (62.22%)	0.044	0.834
发病至入组时间 (d)	2.41 ± 0.68	2.37 ± 0.72	0.271	0.787
NIHSS 评分 (分)	7.58 ± 2.03	7.71 ± 2.12	0.289	0.773
病灶侧别 (左侧)	23 (51.11%)	22 (48.89%)	0.044	0.834

注：NIHSS 为美国国立卫生研究院卒中量表。

### 2.2 2 组 SS-QOL 评分比较

治疗后，两组生活质量均呈上升趋势，其中观察组在第 2 周和第 4 周的提升幅度更为显著 (均  $P < 0.05$ )。见表 2。

表2 2组患者各时间点 SS-QOL 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	SS-QOL 总分			移动能力			自我照护		
	基线	第2周	第4周	基线	第2周	第4周	基线	第2周	第4周
对照组 ( $n=45$ )	132.84±14.52	143.11±15.37	155.67±16.42	25.38±4.92	28.09±4.98	30.67±5.33	24.56±4.37	27.73±4.69	29.89±4.92
观察组 ( $n=45$ )	133.49±13.96	152.24±16.01	170.56±17.38	25.71±4.87	31.27±5.21	35.42±5.68	24.84±4.25	30.87±4.91	34.64±5.11
<i>t</i>	0.226	2.758	4.058	0.298	2.829	4.131	0.314	2.964	4.497
<i>P</i>	0.822	0.007	0.001	0.766	0.006	0.001	0.754	0.004	0.001

组别	情绪状态			社会参与		
	基线	第2周	第4周	基线	第2周	第4周
对照组 ( $n=45$ )	20.42±3.51	22.24±3.67	23.87±3.92	18.74±3.16	20.42±3.38	21.98±3.49
观察组 ( $n=45$ )	20.58±3.46	24.53±3.81	27.31±4.15	18.91±3.21	22.89±3.52	25.73±3.84
<i>t</i>	0.238	2.804	4.113	0.259	3.24	4.871
<i>P</i>	0.812	0.006	0.001	0.796	0.002	0.001

注: SS-QOL 为卒中特异性生活质量量表。

### 2.3 2组步态时空参数比较

治疗后, 2组的步速、步幅、步频及步态对称性指数均逐步改善, 但观察组改善更为显著 (均  $P <$

0.05)。重复测量方差分析显示步态各参数均存在显著的时间效应和组别 $\times$ 时间交互效应 (均  $P <$  0.05)。见表3。

表3 2组患者步态时空参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	步速 (m/s)			步幅 (cm)		
	基线	第2周	第4周	基线	第2周	第4周
对照组 ( $n=45$ )	0.52±0.12	0.61±0.14	0.72±0.16	42.18±6.79	47.93±7.14	52.76±7.83
观察组 ( $n=45$ )	0.53±0.13	0.69±0.15	0.88±0.18	42.84±6.91	53.51±7.46	61.22±8.04
<i>t</i>	0.391	2.64	4.638	0.441	3.615	4.932
<i>P</i>	0.697	0.010	0.001	0.660	0.001	0.001

组别	步频 (steps/min)			步态对称性指数 (%)		
	基线	第2周	第4周	基线	第2周	第4周
对照组 ( $n=45$ )	82.49±9.73	88.24±10.52	94.02±11.36	68.44±9.11	73.51±9.86	77.89±10.37
观察组 ( $n=45$ )	83.16±10.01	95.78±11.04	106.44±12.03	69.02±8.97	80.22±10.14	88.64±11.05
<i>t</i>	0.315	3.152	5.052	0.323	3.091	4.898
<i>P</i>	0.754	0.002	0.001	0.748	0.003	0.001

### 2.4 2组平衡平台量化数据比较

治疗后, 2组的 COP 轨迹长度、平均摇摆速度

及总摆动幅度均呈下降趋势, 观察组改善幅度优于对照组 (均  $P <$  0.05)。见表4。

表4 2组患者平衡平台 COP 相关参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	COP 轨迹长度 (mm)			平均摇摆速度 (mm/s)			总摆动幅度 (mm)		
	基线	第2周	第4周	基线	第2周	第4周	基线	第2周	第4周
对照组 ( $n=45$ )	312.47±58.32	281.53±54.71	256.18±52.94	10.42±2.37	9.18±2.24	8.52±2.16	24.73±4.89	22.11±4.53	20.47±4.36
观察组 ( $n=45$ )	309.89±59.16	248.26±51.38	211.47±48.63	10.36±2.41	7.84±2.03	6.91±1.94	24.58±4.77	19.49±4.26	16.93±4.01
<i>t</i>	0.208	2.838	4.116	0.121	2.847	3.895	0.143	2.851	4.206
<i>P</i>	0.836	0.006	0.001	0.904	0.006	0.001	0.887	0.006	0.001

注: COP 为压力中心。

## 3 讨论

IS 发病早期, 神经网络仍处于较活跃的重组阶段, 康复介入的时机和方式, 往往可直接影响后续肢体恢复轨迹<sup>[6]</sup>。这也是临床上强调早期康复的原因。但在实际工作中, 常规训练虽可改善部分肢体功能, 训练内容和强度的安排仍较多依赖于经验。面对功能状态差异较大的患者, 仅凭主观观察来决定训练

节奏, 难免存在偏差。近年来, 基于康复工程设备的工程化评估为 IS 康复的评估、训练和方案调整提供了依据<sup>[7]</sup>。

本研究观察组功能恢复情况整体优于对照组, 且差异并不局限于某单一指标。SS-QOL 评分的提升, 提示 IS 患者在日常活动、自理和社会参与方面恢复得更快。IS 后功能障碍本身不是孤立存在, 步态异

常、平衡受限和活动能力下降三者间相互影响。康复训练若只针对某一环节,影响相对有限;当训练内容能围绕患者实时功能状态连续调整时,肢体恢复过程则更易形成联动。观察组通过在量化评估基础上不断修正训练内容,使训练强度、难度和患者实际能力保持相对一致。本研究结果显示,观察组步速、步幅、步频及步态对称性改善更明显,表明康复训练后患者步行模式发生了实质性调整。对IS后步态恢复而言,单纯增加练习次数并非可满足要求,关键点在于是否可针对患者突出环节作出及时修正。悬吊减重训练、重复步行练习及下肢协调控制训练相结合后,有利于改善躯干—骨盆—下肢间运动的有机衔接,步行节律也更容易趋于稳定。步态对称性的改善尤其值得重视,因其通常意味着患侧参与度增加,而非单纯依赖健侧代偿完成行走。观察组COP轨迹长度、平均摇摆速度和总摆动幅度下降更明显,提示立位稳定性恢复较快。平衡训练中加入实时反馈后,患者能更直接地观察到自身重心偏移情况,该可视化信息有助于其不断修正姿势控制策略。另外,量化数据能帮助康复治疗师准确判断是负重分配异常、控制范围不足,还是调整速度偏慢,从而使训练安排更为具体化,而非仅停留于“加强平衡训练”。工程化评估的价值不在于单纯观测功能改变,更在于将康复训练的调整建立于较为客观的基础上。IS早期康复阶段,康复决策仅凭治疗师经验,往往无法满足训练要求。工程化驱动

的量化评估可使康复师及时动态捕捉患者变化,据此调整康复训练参数和训练内容。这种接近动态修正的过程,对IS患者早期康复而言,具有重要意义。

本研究仍存在一些不足之处:作为单中心研究,样本量相对有限,结果稳定性仍需进一步验证。其次,观察时间较短,当前结果主要反映近期肢体功能恢复情况,对远期结局的判断仍十分有限。未来建议结合影像学、电生理指标,深入分析工程化评估与肢体功能恢复之间的关系。

综上所述,工程化评估驱动的早期综合康复训练能够改善IS患者的生活质量、步态表现和姿势控制能力,对肢体功能恢复有积极意义。

#### 参考文献

- [1] 邹聪聪,王潇璐,马锦蓉,等.耳迷走神经电刺激联合双任务训练对缺血性脑卒中患者上肢功能的效果[J].中国康复理论与实践,2025,31(5):513-519.
- [2] 周荣,仇悦,卓立群,等.高精度tDCS联合强制性运动疗法在缺血性脑卒中后上肢运动功能障碍康复中的应用[J].转化医学杂志,2025,14(4):151-155.
- [3] 景亚丽,顾晨丛,魏凯,等.康复工程技术治疗脊髓损伤上肢功能障碍的研究进展[J].包头医学院学报,2025,41(4):91-96.
- [4] 刘兰,朱启柱,肖湘.一种基于TecnoBody的新卒中后跌倒风险评估体系研究[J].中国卫生标准管理,2025,16(2):179-182.
- [5] 安耕,杨明静.基于压力和惯性传感器的步态分析验证研究[J].电气技术,2020,21(6):45-49.
- [6] 龙婷婷,龙静.早期康复治疗结合针灸治疗脑卒中偏瘫患者的临床疗效观察[J].中华中医药杂志,2024,39(6):3218-3221.
- [7] 李娜,梁雪琴,潘芳芳,等.MOTomed智能训练系统联合减重步态训练改善脑卒中偏瘫患者偏瘫步态研究[J].康复学报,2024,34(3):288-293.