

基于 ICF 模式下脑损伤后肢体功能障碍康复分析的实验研究

范思伟 何 帅^(通讯作者)

山东省泰安八十八医院 山东 泰安 271000

【摘要】：目的：为脑损伤后肢体功能障碍临床康复方案制定提供循证依据，探究 ICF 模式下综合康复干预对该类患者的康复效果。方法：选取病程≤6 个月的脑损伤后肢体功能障碍患者行随机对照试验，1:1 分为干预组与对照组，分别实施 ICF 综合康复、常规康复干预；依据 ICF 框架构建三维评估体系，结合可穿戴传感器、AI 辅助评估模型、VR/AR 智能训练系统打造全流程智能康复体系，于干预前及干预 4、8 周开展盲法评估，并分析环境因素对康复效果的影响。结果：8 周干预后，干预组 Fugl-Meyer 运动评分、Barthel 指数等核心指标改善幅度显著优于对照组，肌张力、肌力恢复效果更优；家庭支持、社区康复资源与康复效果呈显著正相关，患者心理状态改善后康复依从性大幅提升。结论：ICF 模式下的综合康复干预能有效改善脑损伤后肢体功能障碍患者的运动功能与日常生活能力，该模式为临床精准康复提供了可量化、可复制的评估框架与干预策略。

【关键词】：ICF 模式；脑损伤；肢体功能障碍；康复干预；多维评估体系

DOI:10.12417/2705-098X.26.11.007

引言

脑损伤后肢体功能障碍是影响患者生活质量的重要因素，随着人口老龄化及意外事故发生率增加此类患者数量逐年上升，国际功能、残疾与健康分类（ICF）模式作为世界卫生组织推荐的功能评估框架，能够从身体结构与功能，活动与参与，环境因素等多维度系统评估患者功能状态。然而当前基于 ICF 模式的脑损伤康复研究仍显不足，尤其在实验验证层面缺乏系统性数据支撑，本研究拟设计随机对照实验构建 ICF 多维评估体系，探究脑损伤后肢体功能障碍的康复干预效果，以期为临床康复方案制定提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象纳入标准与分组方法

本研究采用随机对照试验设计于 2024 年 2 月至 2025 年 1 月选取符合标准的脑损伤后肢体功能障碍患者作为研究对象，纳入标准：CT/MRI 确诊脑损伤（病程≤6 个月），Fugl-Meyer 评定中度及以上肢体障碍，意识清晰可配合年龄 18-75 岁；排除严重心肺疾病或认知受损者，通过计算机随机数字表法 1:1 分为干预组（ICF 综合康复）与对照组（常规康复），两组基线资料经检验具有可比性。

1.2 ICF 多维度评估指标体系构建

依据 ICF 框架构建三维评估指标体系，身体结构与功能维度采用 Fugl-Meyer 运动评定量表评估肢体运动功能同时使用改良 Ashworth 量表测定肌张力，并通过徒手肌力检查评定肌

力等级。活动与参与维度选用 Barthel 指数评估日常生活活动能力采用 10 米步行测试及 Timed Up and Go 测试量化步态与平衡功能，环境因素维度通过自编问卷评估家庭支持程度、社区康复资源可及性同时使用汉密尔顿焦虑量表与贝克抑郁量表评定患者心理状态^[1]，所有评估于干预前，干预 4 周及干预 8 周后分别进行由经过统一培训的评估员采用盲法完成数据采集。

1.3 智能康复评估与监测系统

1.3.1 可穿戴传感器多模态数据采集

为实现患者康复过程的客观精准评估，本研究引入可穿戴传感器智能监测系统，上肢腕肘肩处佩戴三轴加速度/陀螺仪传感器（采样频率 100Hz），下肢踝膝髌部署惯性测量单元（IMU），实时采集关节运动数据及步态周期参数，传感器通过蓝牙 5.0 与移动终端连接，可动态调整采集频率以保障数据质量。

系统还集成表面肌电图（sEMG）传感器阵列，在患侧及健侧主要功能肌群贴附无线电极片，以 1000Hz 采样与 20-450Hz 带通滤波记录肌电信号，提取时域与频域特征，量化肌肉募集模式，疲劳程度及协同性。运动学与生物电信号的融合分析，可揭示脑损伤后运动控制障碍的神经肌肉耦合机制为个性化康复方案优化提供客观依据^[2]。

1.3.2 人工智能辅助功能评估模型

本研究构建智能功能评估模型辅助传统量表提升评估效率与准确性，其一基于深度学习，通过 CNN 处理脑损伤患者

作者简介：姓名：范思伟，出生年月：1992 年 12 月 3 日，性别：女，民族：汉，籍贯：山东省泰安市东平县，学历：本科，单位名称：山东省泰安八十八医院，职称：主管治疗师，研究方向：神经康复。

姓名：何帅，出生年月：1994 年 2 月 14 日，性别：男，民族：汉，籍贯：黑龙江省虎林市，学历：本科，单位名称：山东省泰安八十八医院，职称：住院医师，研究方向：1（电针拮抗法结合康复训练治疗脑卒中后偏瘫的应用及研究）2（基于 ICF 模式下脑损伤后肢体功能障碍康复分析的实验研究）。

基金项目：2024 年泰安市科技创新发展项目（政策引导类，编号：2024NS413）。

康复动作视频,借助 OpenPose/HRNet 提取 18 个身体关键点坐标序列,经 TCN/LSTM 编码时空特征,自动输出动作质量评分,模型经 500 例康复视频数据集训练验证,与人工评分 Kappa 系数 ≥ 0.82 减少主观偏倚。

其二针对步态分析建立机器学习模型,整合 IMU 步态参数与压力鞋垫足底压力数据,采用 SVM/随机森林算法实现多种异常步态识别与分级,模型与传统测试交叉验证相关系数 $r=0.78$ ($P<0.001$) 且通过个体化步态基线模型,实时监测康复期参数微小变化,预警功能趋势,为临床决策提供支持。

1.3.3 智能康复训练反馈系统

为提升患者康复训练依从性与主动参与度,研究引入基于 VR/AR 技术的智能交互训练平台,平台设计上肢精细运动,下肢平衡控制及认知功能相关严肃游戏任务,患者通过虚拟环境中的物品抓取与路径追踪等任务开展训练,系统实时采集传感器数据,借助逆运动学算法将真实肢体运动映射至虚拟角色,并根据任务完成情况动态调整难度实现自适应强度控制^[3]。

训练中通过视觉反馈(物品颜色变化与得分提示)与听觉反馈(激励音效)强化正确动作,助力运动学习与神经可塑性,平台集成智能语音助手,支持语音交互启动任务及查询进度或获取指导,同时提供口语化反馈,对语言功能障碍患者,适配手势识别或眼动追踪替代交互方式,所有训练数据自动上传云端,治疗师可远程监控训练质量与完成度及时调整康复方案。

1.4 基于人工智能的康复方案个性化优化

本研究通过多维度临床评估,收集患者身体结构与功能、活动与参与能力、环境因素相关评估资料并建立专属临床评估档案,针对不同维度资料特性,开展量表得分统一换算、缺失数据补充完善等数据处理,分析各指标间关联性及对康复效果的参考价值^[4],筛选出基线运动功能评分、病程、损伤侧别、肌力分级、心理状态及家庭支持度等核心评估指标组,作为个性化康复干预方案制定的核心依据。

基于 300 例历史康复数据训练集,采用集成学习方法构建康复预后预测模型,依次训练 GBDT、XGBoost、LightGBM 等基础模型,通过 Stacking 集成策略将其预测结果作为元特征输入逻辑回归元学习器,输出患者 8 周康复后“显著改善”的概率,模型独立验证集 AUC 达 0.87,同时结合 SHAP 值分析可视化特征贡献度,为临床提供可解释依据。依托强化学习框架设计智能推荐算法,每周自动采集患者功能评估与训练表现数据,结合康复轨迹偏离度动态调整训练频次、强度与类型配比,方案经治疗师审核后实施,形成人机协同决策闭环,系统还通过在线学习持续优化推荐策略^[5]。初步试运行数据显示,该模式让方案调整及时性提高 40%,患者功能改善幅度较对照组平均多 12% ($P<0.05$),充分验证了智能化动态方案优化策略的临床有效性与实用性。

1.5 远程智能康复管理平台

为延伸康复服务范围与支持患者院外持续康复训练,本研究建立社区-家庭联动康复管理模式,康复治疗师定期上门评估患者功能状态,指导家属掌握辅助训练技术与日常照护要点,根据评估结果调整居家训练方案,同时建立康复随访档案及记录每次上门评估的功能量表得分,训练完成情况及患者主观反馈,形成连续性康复数据,康复团队每周通过电话随访了解训练依从性与功能变化,每月进行系统性上门评估,综合分析阶段性康复进展并生成个体化康复报告据此调整下阶段训练目标与方案内容。

平台集成远程视频会诊,高风险患者预警及患者社区功能,通过在线指导,风险提示与同伴激励提升康复依从性,初步调研显示使用该平台的患者家庭训练频次较传统组提高 65%,方案执行率达 87%助力康复服务下沉。

2 结果与分析

2.1 干预组与对照组肢体功能恢复指标对比

经过 8 周康复干预后,采用配对 t 检验与重复测量方差分析处理数据(组内干预前后比较 P 均 <0.001 ,组间差值比较 $P<0.05$),结果显示 ICF 模式综合康复干预效果显著优于常规康复治疗。运动功能与日常活动能力方面:干预组 Fugl-Meyer 运动评分从 42.3 ± 8.6 分升至 67.5 ± 10.2 分,提升幅度达 25.2 分,达到临床显著改善标准,对照组仅从 41.8 ± 9.1 分升至 52.4 ± 9.8 分 ($P<0.05$),干预组 Barthel 指数改善 28.6 分,显著优于对照组的 15.3 分,患者日常生活自理能力大幅提升、照护依赖显著降低,10 米步行测试缩短 8.2 秒, Timed Up and Go 测试减少 6.5 秒,步态效率与平衡控制能力明显优化。

肌张力与肌力改善上:干预组改良 Ashworth 量表评分从 2.8 ± 0.6 级降至 1.2 ± 0.5 级(降幅 57.1%),远超对照组的 29.6% 降幅,患侧上下肢肌群肌力提升显著,上肢近端从 3.1 级升至 4.3 级可满足穿衣、洗漱等日常动作,远端从 2.6 级升至 3.8 级,下肢髋屈肌从 3.4 级升至 4.5 级,有效降低跌倒风险,各项指标均优于对照组 ($P<0.01$),证实 ICF 模式可有效改善肌肉力量失衡,促进运动功能协调恢复。

2.2 环境因素与活动参与度对康复效果的影响分析

本研究采用 Pearson 相关分析与多元线性回归模型(控制病程与年龄等混杂因素),探究环境因素与活动参与度对脑损伤康复效果的协同影响机制,结果显示家庭支持评分(含照护陪伴与康复鼓励等)与 Fugl-Meyer 运动评分改善值正相关 ($r=0.62$, $P<0.01$),社区康复资源可及性(含专业指导,康复设备配置与互助小组)与 Barthel 指数提升幅度显著关联 ($r=0.55$, $P<0.01$),家庭支持可独立解释 18.3% 的康复效果变异,是重要预后预测指标。

干预组焦虑与抑郁症状改善显著:汉密尔顿焦虑量表评分

从 16.8 ± 4.3 分降至 8.2 ± 3.1 分, 贝克抑郁量表评分从 21.5 ± 5.7 分降至 10.3 ± 4.2 分, 改善率均超 50%, 显著高于对照组 ($P < 0.01$), 心理状态改善进一步提升康复依从性, 分层分析显示家庭支持高分组康复达标率 78.5%, 低分组仅 42.3%, 社区康复资源丰富区患者 Barthel 指数改善幅度较匮乏区多 12.4 分, 呈明显剂量-效应关系。

研究强调环境因素的核心作用, 其通过促进患者活动参与度、改善心理状态形成康复良性循环, 提示临床需构建医疗-家庭-社区三位一体康复支持网络, 将家庭支持体系建设与社区资源优化纳入综合干预, 以最大化康复效果与降低复发风险。

参考文献:

- [1] 叶晓彬, 凌丹. 肢体功能障碍患者的社会康复模式[J]. 中国社会工作, 2025, (27): 33-35.
- [2] 肖盼盼. 脑卒中后肢体功能障碍患者残疾接受度对康复动机的影响机制研究[D]. 浙江中医药大学, 2025.
- [3] 黄霞. 中频脉冲电疗联合针刺对脑卒中后肢体功能障碍康复的影响观察[J]. 现代诊断与治疗, 2023, 34(22): 3335-3337.
- [4] 郝孝盈, 刘静, 郭新荣, 等. 针灸联合神经肌肉刺激对脑损伤患者肢体障碍康复的影响[J]. 海南医学, 2020, 31(24): 3184-3187.
- [5] 刘雨琦. 脑卒中肢体功能障碍患者社会支持、自我效能、应对方式及伤残接受度的相关性研究[D]. 天津中医药大学, 2020.

3 结语

基于 ICF 模式构建了脑损伤后肢体功能障碍的多维评估体系, 通过随机对照实验验证了个性化康复干预方案的有效性, 实验数据表明, ICF 模式指导下的综合康复干预在肌力恢复, 运动功能改善及日常生活活动能力提升等方面均优于传统康复方法, 且环境因素与社会支持对康复效果具有显著正向影响。结果为脑损伤康复临床实践提供了可量化可复制的评估框架与干预策略, 对推动精准康复医学发展具有重要参考价值, 后续可进一步扩大样本量, 延长随访周期以验证长期康复效果。