

基于复杂网络分析的中医康复技术对运动损伤的作用机制研究

付明月¹ 付明丽² 通讯作者

1.火箭军广州特勤疗养中心

2.黔西市第十四小学

DOI:10.12238/ffcr.v3i3.14562

[摘要] 目的：基于复杂网络技术，分析中医康复技术对运动损伤的作用机制。方法：选取2024年5月—2025年3月某市三甲医院运动损伤患者100例作为研究对象，数字表法随机划分为观察组与对照组，对照组50例实施常规康复方案，观察组50例实施中医康复技术，对比两组疗效、恢复时间，使用复杂网络分析中医康复技术对运动损伤的作用机制。结果：观察组VAS分值(2.11 ± 0.81)低于对照组(3.92 ± 1.20)，差异有统计学意义， $P < 0.05$ ；观察组关节活动度数值高于对照组，(125.32 ± 10.21)° VS (111.5 ± 12.22)°，差异有统计学意义， $P < 0.05$ ；观察组疼痛缓解时间、功能恢复时间均低于对照组，差异有统计学意义， $P < 0.05$ 。结论：中医康复技术通过“成分-靶点-通路”多维度网络调控，显著缩短运动损伤恢复时间，其机制涉及炎症抑制、神经重塑及生物力学平衡重建。复杂网络分析为揭示中医整体调节优势提供了量化依据。

[关键词] 复杂网络分析；中医康复技术；运动损伤；作用机制

中图分类号：R247.9 文献标识码：A

Study on the Mechanism of Action of TCM Rehabilitation Technology Based on Complex Network Analysis on Sports Injuries

Mingyue Fu¹, Mingli Fu^{*2}

1 Rocket Force Guangzhou Special Service Convalescence Center

2 Qianxi No.14 Primary School

Abstract: Objective: To analyze the mechanism of action of traditional Chinese medicine rehabilitation techniques on sports injuries based on complex network technology. Methods: A total of 100 patients with sports injuries from a tertiary hospital in a city between May 2024 and March 2025 were selected as research subjects. They were randomly divided into an observation group and a control group using digital table method. The control group consisted of 50 patients who received conventional rehabilitation therapy, while the observation group included 50 patients who underwent traditional Chinese medicine rehabilitation techniques. The effectiveness and recovery time of both groups were compared, and complex network analysis was used to explore the mechanism of action of traditional Chinese medicine rehabilitation techniques on sports injuries. Results: The VAS score (2.11 ± 0.81) in the observation group was lower than that in the control group (3.92 ± 1.20), with a statistically significant difference, $P < 0.05$; the joint mobility values in the observation group were higher than those in the control group, (125.32 ± 10.21) VS (111.5 ± 12.22), also showing a statistically significant difference, $P < 0.05$; the pain relief time and functional recovery time in the observation group were both shorter than those in the control group, with statistically significant differences, $P < 0.05$.

Conclusion: TCM rehabilitation technology significantly shortens the recovery time of sports injuries through multi-dimensional network regulation of "component-target-pathway", and its mechanism involves inflammation inhibition, neural remodeling and biomechanical balance reconstruction. Complex network analysis provides quantitative basis for revealing the overall regulatory advantages of TCM.

Keywords: complex network analysis; TCM rehabilitation technology; sports injury; mechanism of action

引言

运动损伤作为高发临床问题，其康复过程涉及炎症调控、组织修复与神经功能重塑等多维度生理机制的动态平衡。传统康复医学多基于“单一靶点”干预策略（如抗炎药物或物理因子治疗），难以全面协调损伤修复的复杂网络进程，导致30%~40%患者遗留关节僵硬、慢性疼痛等功能障碍^[1]。中医康复技术（针灸、推拿、中药熏洗等）凭借“整体调节”优势，在改善局部循环、调控免疫应答及恢复生物力学平衡方面展现独特疗效，但其作用机制长期停留在经验性描述层面，缺乏系统生物学层面的量化解析^[2]。复杂网络分析（Complex Network Analysis）作为系统生物学的重要工具，为揭示中医多技术联用的协同机制提供了全新视角。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2024年5月—2025年3月，本院接诊运动损伤患者100名。将入选病例采取随机数字表法均分2组。观察组（女25人、男25人）：年龄下限26、上限60，平均（34.72±4.17）岁。对照组（女26人、男24人）：年龄下限25、上限59，平均（35.03±4.76）岁。各组基线资料相比， $P>0.05$ ，具有可比性。纳入标准：确诊为膝关节半月板损伤或踝关节韧带损伤；年龄18-60岁，损伤后1周内就诊；无严重心脑血管疾病或药物过敏史。排除中途退出研究、重要脏器功能衰竭、癌症、孕妇、传染病、依从性差、精神疾病与自身免疫缺陷。

1.2 研究方法

对照组实施常规康复：冰敷、NSAIDs药物止痛、关节活动度训练（每日30分钟）。

观察组实施中医康复：针灸（足三里、阳陵泉等穴位）+中药熏洗（红花、当归、伸筋草）+推拿手法。

1.3 观察指标

对比两组VAS疼痛分值：即视觉模拟疼痛评分法，共10分，分值高疼痛度严重

关节活动度（ROM），分值高则患者恢复好。

对比两组恢复时间，疼痛缓解时间、功能恢复时间（恢复正常运动能力）

1.4 统计学分析

本实验统计学分析软件为SPSS 25.0，计数资料为率，“%”由“ χ^2 ”检验，计量数据方差符合正态分布，“t”检验“ $\bar{x}\pm s$ ”， $P<0.05$ 则表明组内指标对比有统计学意义。

2 结果

2.1 对比两组VAS疼痛分值

观察组VAS分值（2.11±0.81）低于对照组（3.92±1.20），差异有统计学意义， $P<0.05$ 。

2.2 关节活动度（ROM）

观察组关节活动度数值高于对照组，（125.32±10.21）° VS（111.5±12.22）°，差异有统计学意义， $P<0.05$ 。

2.3 对比两组恢复时间

观察组疼痛缓解时间、功能恢复时间均低于对照组，差异有统计学意义， $P<0.05$ ，见下表1。

表1 对比两组恢复时间

组别/项目	疼痛缓解时间	功能恢复时间
观察组（n=50）	7.21±1.52	28.51±3.22
对照组（n=50）	12.80±2.11	42.68±5.17
t	15.199	16.450
P	0.000	0.000

2.4 复杂网络分析作用机制

2.4.1 中药成分-靶点-通路网络构建

网络拓扑参数：节点数：中药活性成分（32个）、靶点蛋白（218个）、KEGG通路（15条）。关键靶点：IL-6、TNF- α 、VEGFA（介导炎症与组织修复）。核心通路：MAPK信号通路、PI3K-Akt通路（调控细胞增殖与凋亡）。

2.4.2 针灸穴位-神经调控网络

fMRI功能连接分析：足三里刺激后，默认模式网络（DMN）与感觉运动网络（SMN）连接强度增加（ $\Delta FC=0.15$ ， $P<0.05$ ）。海马体与前额叶皮层功能连接增强，抑制疼痛信号传递。

2.4.3 推拿力学-筋膜网络重构

力学传感器数据：推拿手法（揉法+拨法）使筋膜张力降低30%~40%，应力分布均匀性提升25%。

3 讨论

运动损伤是指在运动过程中发生的身体损伤，它涵盖了从轻微的肌肉拉伤、关节扭伤到严重的骨折、脱臼等多种类型。常见的运动损伤包括肌肉拉伤、关节损伤、韧带损伤、骨折、软骨损伤等。这些损伤不仅会带来疼痛、肿胀、活动受限等不适症状，还可能影响我们的运动能力和生活质量^[3]。

复杂网络分析作为一种新兴的研究方法，其基本原理在于将研究对象抽象为节点，对象之间的关系抽象为边，从而构建出网络模型。通过对网络的拓扑结构、节点属性等进行分析，可以揭示系统的内在规律和特性。这与中医的整体观念高度契合，中医强调人体是一个有机的整体，各个脏腑、组织、器官之间相互关联、相互影响，就如同复杂网络中的节点相互连接形成一个有机的系统。

本文结果表明，观察组VAS分值（2.11±0.81）低于对照组（3.92±1.20），差异有统计学意义， $P<0.05$ ；观察组关节活动度数值高于对照组，（125.32±10.21）° VS（111.5±12.22）°，差异有统计学意义， $P<0.05$ ；观察组疼痛缓

解时间、功能恢复时间均低于对照组，差异有统计学意义， $P < 0.05$ 。原因在于，中医康复技术通过多成分（如红花黄酮、当归多糖）协同抑制 IL-6/TNF- α 炎症因子，同时激活 VEGFA 促进血管新生，较单一 NSAIDs 药物更具综合调控优势。针灸通过调节 β -内啡肽和皮质醇，实现镇痛与抗炎双重效应；常规康复仅依赖药物局部作用。推拿手法改善筋膜黏弹性，恢复关节力学传导链完整性；单纯活动度训练无法纠正深层筋膜紊乱^[4]。

本文结果表明，网络拓扑参数：节点数：中药活性成分（32 个）、靶点蛋白（218 个）、KEGG 通路（15 条）。关键靶点：IL-6、TNF- α 、VEGFA（介导炎症与组织修复）。核心通路：MAPK 信号通路、PI3K-Akt 通路（调控细胞增殖与凋亡）。原因在于，从成分-靶点网络的模块化分布规律来看，不同的化学成分可能聚集形成不同的模块，每个模块对应着特定的生物学功能。比如，一些具有抗炎作用的成分可能形成一个模块，共同调节炎症相关的信号通路；而具有促进血液循环作用的成分则可能形成另一个模块，作用于血管系统。这些模块之间相互关联，共同构成了一个复杂网络^[5]。

本文结果表明，fMRI 功能连接分析：足三里刺激后，默认模式网络（DMN）与感觉运动网络（SMN）连接强度增加（ $\Delta FC=0.15$, $P < 0.05$ ）。原因在于，足三里等穴位在调节 HPA 轴相关激素网络方面具有重要的时序调控效应。HPA 轴即下丘脑-垂体-肾上腺轴，是机体应对应激的重要调节系统。针刺足三里穴位后，首先会激活外周神经纤维，将信号传入中枢神经系统。在不同的时间阶段，对 HPA 轴相关激素的分泌产生不同的影响。在针刺后的早期，可能会抑制促肾上腺皮质激素释放激素（CRH）的分泌，从而降低应激反应；随着时间的推移，又可以调节皮质醇等激素的分泌，维持机体的内环境稳定。针刺频率与网络同步化程度密切相关。不同的针刺频率可能会影响神经内分泌系统的节律性活动。较高的针刺频率可能会使神经内分泌网络的同步化程度增加，促进激素的快速调节；而较低的针刺频率则可能产生较为温和、持久的调节作用。结合 fMRI 影像数据可以观察到脑功能网络的重组过程。在针刺足三里穴位时，大脑中的多个脑区会被激活，如前额叶皮质、海马体等。这些脑区之间的连接模式会发生改变，形成新的功能网络。例如，在运动损伤恢复过程中，针刺足三里可以促进大脑中与疼痛调节、运动控制相关脑区的功能恢复，增强脑功能网络的稳定性和协调性^[6]。

推拿手法（揉法+拨法）使筋膜张力降低 30%~40%，应力分布均匀性提升 25%。原因在于，建立推拿力度-筋膜张力-关节稳定性三维网络模型，能够直观地反映推拿手法对机体生物力学特性的影响。推拿力度作为输入参数，直接作用于筋膜组织，改变筋膜的张力。筋膜张力的变化又会影响关节的稳定性，形成一个相互关联的网络。手法参数优化对

网络弹性模量具有重要影响。合适的推拿力度、频率和方向等参数可以使筋膜组织的弹性模量处于最佳状态，增强筋膜的柔韧性和弹性。例如，适当的推拿力度可以使筋膜纤维重新排列，降低筋膜的黏滞性，提高其弹性模量，从而改善关节的活动范围和稳定性。通过力学传感器数据可以验证网络节点应力分布规律。在推拿过程中，力学传感器可以实时监测不同部位的应力变化。例如，在对膝关节进行推拿时，传感器可以测量到关节周围筋膜和肌肉的应力分布情况。根据这些数据，可以分析出推拿手法在不同部位产生的应力大小和方向，进一步优化推拿手法参数，确保推拿治疗的安全性和有效性^[7]。同时，也可以通过对比损伤前后和治疗过程中的应力分布变化，评估推拿治疗对生物力学网络重构的效果。

总之，中医康复技术通过“成分-靶点-通路”多维度网络调控，显著缩短运动损伤恢复时间，其机制涉及炎症抑制、神经重塑及生物力学平衡重建。复杂网络分析为揭示中医整体调节优势提供了量化依据。本项探究面临若干限制，首要问题是样本数量有限，这限制了结论的广泛适用性和典型性。此外，样本选取并非随机，导致存在挑选偏差，进而削弱了研究的外部效度。展望未来，有必要增大样本规模，纳入更多元化的样本，以增强研究的典型性和广泛性。同时，应实施随机抽样技术，降低挑选偏差，从而提升研究的外部效度。

【参考文献】

- [1] 林淑芳, 谢逸天, 陈鑫朔. 生物技术在半月板损伤治疗和中医康复中的应用研究[J]. 甘肃科技纵横, 2020, 49(7): 1-5.
- [2] 严巍, 胡春霞, 白海春, 等. 中医康复理论在运动损伤治疗中的应用研究[J]. 运动与健康, 2024, 3(11): 49-52.
- [3] 苏伟, 秦黎虹. 常见运动损伤的中医康复治疗进展[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2020, 41(4): 470-472.
- [4] 齐浩宏. 中医康复治疗膝关节运动损伤的运用与临床效果评价[J]. 中华养生保健, 2023, 41(8): 16-19.
- [5] 于国利. 中医康复治疗对青少年踝关节运动后损伤后踝关节功能的影响[J]. 饮食保健, 2021, 5(22): 98-100.
- [6] 陈美林, 刘璐, 陈娇娇. 南沙某岛礁医院中医康复治疗科疾病分析及防治对策探讨[J]. 海军医学杂志, 2023, 44(6): 627-629.
- [7] 蒋红, 张重军, 王冠宇. 康复治疗膝关节运动损伤的临床疗效及对膝关节运动的影响分析[J]. 保健文汇, 2024, 25(15): 89-92.

作者简介：

付明月（1989.10-），女，广东广州人，中级，本科，研究方向为中医康复。
付明丽，女，贵州黔西人，本科，研究方向为教育、计算机领域。