

可穿戴振动反馈训练系统康复治疗对膝关节前交叉韧带重建术后患者肌肉萎缩康复效果的影响

杨 娇, 伊春梅, 徐雁华, 徐 江*

中国人民解放军联勤保障部队第九二〇医院 云南昆明

【摘要】目的 分析在膝关节前交叉韧带重建术后患者的康复管理中应用可穿戴振动反馈训练系统康复治疗对患者肌肉萎缩康复效果的临床影响。**方法** 将 2026 年 1 月-2026 年 3 月于我院接受前交叉韧带重建术的 172 例前交叉韧带损伤患者纳入研究范围, 基于随机双盲原则分为对照组 (n=86) 和研究组 (n=86), 对照组实施常规康复, 研究组在对照组基础上采用可穿戴振动反馈训练系统康复治疗, 比较两组患者康复效果 (Lysholm, 膝关节评分量表、FMA, 下肢功能运动评分)、肌力恢复情况 (PT, 角速度为 60° 时的膝关节肌群的峰力矩) 和干预前后生活质量 (KOOS, 膝关节损伤与骨关节炎结局评分) 变化。**结果** 两组患者术前 Lysholm、FMA 评分及 PT 值差异不明显 ($P>0.05$), 采用不同方案康复干预后, Lysholm、FMA 及 PT 值均提高且研究组高于对照组 ($P<0.05$); 研究组 KOOS 各维度评分较前均有显著改善, 且优于同期对照组 ($P<0.05$)。**结论** 在膝关节前交叉韧带重建术后患者的康复管理中应用可穿戴振动反馈训练系统康复治疗, 能够有效缓解肌肉萎缩, 加速膝关节功能恢复, 改善生活患者生活质量, 具有较高的临床推广价值。

【关键词】 前交叉韧带损伤; 肌肉萎缩; 可穿戴振动反馈训练; 康复

【收稿日期】 2026 年 5 月 5 日 **【出刊日期】** 2026 年 6 月 2 日 **【DOI】** 10.12208/j.ijmd.20260047

The impact of wearable vibration feedback training system rehabilitation therapy on muscle atrophy rehabilitation effects in patients after anterior cruciate ligament reconstruction

Jiao Yang, Chunmei Yi, Yanhua Xu, Jiang Xu*

The Ninth Two Hundred Hospital of the Joint Support Force of the People's Liberation Army of China, Kunming, Yunnan

【Abstract】Objective To analyze the clinical impact of applying wearable vibration feedback training system rehabilitation therapy in the rehabilitation management of patients after anterior cruciate ligament reconstruction on the rehabilitation effect of muscle atrophy. **Methods** A total of 172 patients with anterior cruciate ligament injury who underwent anterior cruciate ligament reconstruction in our hospital from January 2026 to March 2026 were included in the study. They were randomly and double-blindly divided into the control group (n=86) and the study group (n=86). The control group received conventional rehabilitation, and the study group received wearable vibration feedback training system rehabilitation therapy on the basis of the control group. The rehabilitation effects (Lysholm, knee joint scoring scale, FMA, lower limb function and movement score), muscle strength recovery (PT, peak torque of knee joint muscle group at 60° angle) and quality of life (KOOS, knee injury and osteoarthritis outcome score) before and after intervention were compared between the two groups. **Results** There were no significant differences in Lysholm, FMA scores and PT values before surgery between the two groups ($P>0.05$). After different rehabilitation intervention schemes, Lysholm, FMA and PT values increased and the study group was higher than the control group ($P<0.05$); The scores of each dimension of KOOS in the study group were significantly improved compared with before, and were better than the control group in the same period ($P<0.05$). **Conclusion**

*通讯作者: 徐江

The application of wearable vibration feedback training system rehabilitation therapy in the rehabilitation management of patients after anterior cruciate ligament reconstruction can effectively alleviate muscle atrophy, accelerate knee joint function recovery, and improve the quality of life of patients, and has high clinical promotion value.

【Keywords】Anterior cruciate ligament injury; Muscle atrophy; Wearable vibration feedback training; Recovery

前交叉韧带 (ACL) 是维持膝关节稳定关键结构, ACL 损伤多发生在运动时, 该部位受损后将直接影响膝关节的稳定性, 如不及时治疗, 还可能增加半月板或关节软骨继发损伤风险, 对患者的生活质量带来严重影响。目前临床治疗 ACL 损伤主要采用前交叉韧带重建术, 该术式经多年临床应用, 被证实能够有效恢复膝关节结构的稳定性^[1]。然而, 手术本身属于有创操作, 不仅可能对韧带和肌腱上的感受神经造成破坏, 导致术后膝关节的稳定性下降。且患者术后运动功能恢复效果并不总是理想, 部分患者在康复后仍会出现跛行、膝绞痛及肌肉萎缩等表现。因此 ACL 术后开展科学的康复训练十分重要, 对促进肌腱愈合、防止肌肉萎缩和膝关节功能恢复有重要的临床意义^[2-3]。近年来, 有学者将膝关节局部振动或全身振动疗法用于膝关节前交叉韧带重建术后患者的康复管理中, 取得了较好效果, 能够改善患者的平衡能力和关节稳定性, 且对预防肌肉萎缩也有一定作用。鉴于此, 本研究将 172 例前交叉韧带损伤患者纳入研究范围, 旨在探讨在膝关节前交叉韧带重建术后患者的康复管理中应用可穿戴振动反馈训练系统康复治疗对患者肌肉萎缩康复效果的临床影响, 报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

研究样本纳入起止时间为 2026 年 1 月-2026 年 3 月, 选择期限内于我院接受前交叉韧带重建术的 172 例前交叉韧带损伤患者, 以随机双盲原则将其纳入到两个组别中开展对照试验, 即对照组和研究组各 86 例。对照组中男性 53 例、女性 33 例, 年龄 25-57 岁, 均值 (43.28±2.70) 岁, 损伤部位左侧 44 例、右侧 42 例; 研究组中男性 50 例、女性 36 例, 年龄 29-59 岁, 均值 (43.70±2.72) 岁, 损伤部位左侧 37 例、右侧 49 例。纳入标准: (1) 年龄范围在 18-70 岁之间; (2) 顺利完成前交叉韧带重建术; (3) 对研究知情同意。排除标准: (1) 伴其他下肢

骨折或重度关节炎; (2) 存在认知或精神功能异常, 无法完成全部训练。

1.2 方法

对照组: 本组接受常规康复锻炼, 包括患肢的关节松动、肌力训练、神经肌肉电刺激和平衡练习等, 患者每天完成一套完整的康复训练, 每次训练时间控制 60-80 分钟, 每周完成 5 天, 连续训练 8 周。

研究组: 在对照组常规康复训练的基础上, 增用可穿戴振动反馈训练系统。该系统能够配合人体步态进行实时反馈。训练时将四个加速传感器分别固定在两侧大腿和小腿的同一高度位置, 最后一个传感器放置在术侧足背。并在术侧股四头肌肌腱、髌韧带肌腱及髌骨内外侧安置四个振动马达。患者每天穿戴该振动反馈训练系统 1 个小时, 每周共完成 5 次, 一共治疗 8 周。穿戴时与手机 APP 相连接根据系统制定的康复阶段内容进行训练。根据不同康复阶段制定训练内容。早期阶段以踝泵、侧肢高抬腿和股四头肌等长收缩练习为主, 随后根据恢复情况逐步增加膝关节伸直、髌骨推移和不负重站立。术后的 4-6 周内主要完成膝关节的被动和主动训练, 以及坐位抗阻伸膝等训练。7-11 周开始增加弃拐负重训练和静蹲、前弓步训练。12 周以后指导患者开展户外运动, 如慢跑和游泳等。训练要点: 训练时让患者肢体呈自然状态, 控制主板每间隔 5 秒处理一次传感器数据。当患者患肢摆动幅度比健肢大 6° 以上时, 股四头肌肌腱处的马达就会产生振动, 提醒患者减小摆动。当患者患肢摆动幅度比健肢小时, 马达会产生另一种振动, 提醒患者加大摆动。同理, 当患侧脚出现内外翻时, 髌骨内外侧的马达会持续振动提醒患者调整脚步姿势。每次振动持续约为 1 秒。对患者进行培训, 直至其能全面理解并掌握系统的使用方法。

1.3 观察指标

(1) 康复效果: 采用 Lysholm 和 FMA 评价患者膝关节功能康复效果。Lysholm 评分总分 100 分,

FMA 评分总分 34 分, 分值越好代表功能恢复越好。

(2) 等速肌力 (PT): 60°/s 角速度下, 用等速肌力测试系统测定患侧伸膝力矩 (N·m), 分别代表股四头肌, 该值越高, 说明膝关节周围肌群力量越好, 肌肉萎缩的恢复效果越理想。

(3) 生活质量: 采用 KOOS (膝关节损伤和骨关节炎结局评分) 量表对患者的生活质量进行评价, 包含疼痛、肌肉萎缩症状、日常生活活动能力三个维度, 经标准转换后, 各维度评分均为 100 分, 分值越高代表生活质量越好。

1.4 统计学方法

本研究数据采用 SPSS 21.0 分析, 计数资料比

较采用 χ^2 检验, 以率 (%) 表示, 计量资料比较采用 t 检验, 并以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 若 ($P < 0.05$) 有统计学意义。

2 结果

2.1 两组康复效果分析

两组患者干预前 Lysholm、FMA 评分及 PT 值差异不明显 ($P > 0.05$), 采用不同方案康复干预后, Lysholm、FMA 评分及 PT 值均提高且研究组高于对照组 ($P < 0.05$), 见表 1。

2.2 两组干预前后生活质量改善情况分析

研究组 KOOS 各维度评分较前均有显著改善, 且优于同期对照组 ($P < 0.05$), 见表 2。

表 1 两组干预前后 Lysholm、FMA 评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	Lysholm (分)		FMA (分)		伸膝 PT (N.m)	
		干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	86	52.19±6.30	68.77±5.92	18.23±3.19	24.63±3.43	35.32±4.60	63.30±4.15
研究组	86	53.08±6.53	79.40±5.25	18.50±3.04	30.15±3.20	34.58±5.09	74.19±8.79
t		0.909	12.458	0.568	10.912	1.000	10.389
P		0.364	<0.001	0.570	<0.001	0.318	<0.001

表 2 两组干预前后 KOOS 各维度评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	疼痛		肌肉萎缩症状		日常生活活动能力	
		干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	86	58.23±6.13	70.22±5.51	60.12±5.83	71.55±5.30	59.45±5.91	72.05±5.43
研究组	86	57.90±6.35	82.43±4.95	59.80±6.07	83.29±4.87	60.12±6.29	84.53±4.77
t		0.346	15.287	0.352	15.125	0.719	16.012
P		0.729	<0.001	0.724	<0.001	0.472	<0.001

3 讨论

ACL 重建术虽能重建韧带的解剖结构, 但在短时间内却难以全面恢复其神经肌肉控制功能, 且患者的本体感受器也会受到一定损伤, 进而削弱脊髓的反射保护功能。术后膝关节若缺少神经调节, 在日后容易出现反复损伤和肌肉萎缩等现象, 导致整体治疗效果和术后膝关节动态稳定性下降^[4-5]。现有研究指出, 力学信号可通过 ACL 中的本体感受器传递至中枢神经, 这一过程有助于增强神经肌肉控制能力, 对维持关节的动态稳定性有所帮助^[6]。本研究将可穿戴振动反馈训练系统康复治疗应用到 ACL 重建术后患者的康复管理中, 取得了较为满意的效果。康复思路是通过促进感觉功能的恢复来推动整

体运动功能的改善, 而可穿戴振动反馈系统, 能够在肢体运动和步态运动中为患者提供振动反馈, 进而增强神经肌肉的控制能力, 改善膝关节动态稳定性。通过持续的振动感觉输入, 不断提升患者的感觉功能, 促进整体运动功能改善^[7]。振动能够激活皮肤、肌腱、关节以及骨内等多种类型的感受器。这些感受器接收的感觉信息经汇总后, 沿着上行脊髓束传递到大脑皮层, 共同向中枢神经系统发送信号, 中枢神经在接收到信号后随之对躯体感觉功能进行调节和改善, 同时持续的振动刺激也能有效激活膝关节周围肌肉, 尤其是股四头肌的收缩功能, 有效缓解 ACL 术后患者常见的肌肉萎缩问题^[8]。国内诸多研究显示, 在康复训练中加入可穿戴振动反馈训

练系统康复治疗,能够进一步促进 ACL 术后患者膝关节本体感觉的恢复,进而提升关节的稳定性。本研究结果显示,两组患者术前 Lysholm、FMA 评分及 PT 值未见显著差异 ($P>0.05$),经不同方案康复干预后均有所提升,且研究组评分显著高于对照组 ($P<0.05$)。这一结果表明,可穿戴振动反馈训练系统康复治疗能够有效改善患者膝关节功能和整体运动功能。且研究组 KOOS 各维度评分尤其是肌肉萎缩评分较对照组改善更为明显,进一步体现该康复模式在减轻患者肌肉萎缩、优化生活质量方面的显著优势。

综上所述,在膝关节前交叉韧带重建术后患者的康复管理中应用可穿戴振动反馈训练系统康复治疗,能够有效缓解肌肉萎缩,加速膝关节功能恢复,改善患者生活质量,具有较高的临床推广价值。

参考文献

- [1] 杜树远,李宝,王昊飞,等. 内支撑技术提高膝关节前交叉韧带重建术早期疗效的临床分析 [J]. 创伤外科杂志, 2025, 27 (08): 608-611.
- [2] 孙志红,谢坤南,刘国立,等. 股骨椭圆隧道技术对膝关节前交叉韧带重建术后步态的影响 [J]. 国际骨科学杂志, 2025, 46 (04): 263-267.
- [3] 明玉祥,唐可,庞永华,等. 病人自体肌腱直径与膝关节前交叉韧带重建术预后的相关性分析 [J]. 临床外科杂志, 2024, 32 (12): 1275-1279.
- [4] 丁茜茜,吕允. 等速肌力训练联合传统康复训练用于膝关节前交叉韧带重建术后恢复的价值 [J]. 体育视野, 2024, (10): 88-90.
- [5] 王丽娜,林兰兰,高远,等. 等速肌力锻炼系统对膝关节前交叉韧带重建术后功能恢复的影响 [J]. 海南医学, 2023, 34 (21): 3103-3107.
- [6] 牛力洁,王元新,熊小云. 基于体医融合模式的运动护理干预在膝关节前交叉韧带重建术后伴股四头肌萎缩病人中的应用 [J]. 护理研究, 2023, 37 (08): 1465-1469.
- [7] 黄仁丽,郭娟,曾艳,等. 膝关节前交叉韧带重建术后患者功能康复现状及影响因素 [J]. 医疗装备, 2022, 35 (13): 139-141.
- [8] 李晓纯,冯宇恒,周允成,等. 持续被动运动联合等速闭链训练对膝关节前交叉韧带重建术患者疼痛、关节活动度及运动功能的影响 [J]. 临床误诊误治, 2022, 35 (02): 77-81.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS