

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.15.005
文章编号: 1005-8982 (2026) 15-0026-07

膝关节疾病专题·论著

神经肌肉电刺激联合卧位蹬车训练在膝关节交叉韧带损伤重建术后康复中的应用*

周容成, 许将, 朱陈莉

[徐州医科大学附属淮安医院(淮安市第二人民医院) 康复医学科, 江苏 淮安 223001]

摘要: **目的** 探讨神经肌肉电刺激联合卧位蹬车训练在膝关节交叉韧带损伤重建术后康复中的应用效果。**方法** 选取2022年1月—2025年12月在徐州医科大学附属淮安医院行膝关节交叉韧带损伤重建术的86例患者作为研究对象,按随机数字表法将其分为对照组与观察组,各43例。对照组接受常规康复训练和神经肌肉电刺激,观察组在对照组基础上联合卧位蹬车训练,两组均持续干预至术后6个月。记录患者术后6个月的肌力水平,并比较干预前后的步态参数(步频、最大步速、单足支撑时间百分比、足底压力差)、膝关节活动度、功能锻炼依从性、膝关节功能、自我效能、生活质量。**结果** 观察组肌力水平的优良率高于对照组($P < 0.05$)。观察组干预后膝关节屈伸、内旋及外旋活动度均高于对照组($P < 0.05$)。同组内,干预后膝关节屈伸、内旋及外旋活动度均高于干预前($P < 0.05$)。观察组干预后步频、最大步速、单足支撑时间百分比均高于对照组,足底压力差低于对照组($P < 0.05$)。同组内,干预后步频、最大步速、单足支撑时间百分比均高于干预前,足底压力差低于干预前($P < 0.05$)。观察组干预后依从性、自我效能、Lysholm评分均高于对照组($P < 0.05$)。同组内,干预后依从性、自我效能、Lysholm评分均高于干预前($P < 0.05$)。观察组干预后生活质量各项评分均高于对照组($P < 0.05$)。同组内,干预后生活质量各项评分均高于干预前($P < 0.05$)。**结论** 神经肌肉电刺激联合卧位蹬车训练用于膝关节交叉韧带损伤重建术后康复,可有效提高肌力,优化步态参数与膝关节功能,进而改善患者生活质量。

关键词: 膝关节交叉韧带损伤重建术; 神经肌肉电刺激; 卧位蹬车训练; 膝关节功能; 术后康复

中图分类号: R686.5; R493

文献标识码: A

Application of neuromuscular electrical stimulation combined with supine cycling training in rehabilitation after knee cruciate ligament reconstruction*

Zhou Rong-cheng, Xu Jiang, Zhu Chen-li

[Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated Huai'an Hospital of Xuzhou Medical University
(The Second People's Hospital of Huai'an), Huai'an, Jiangsu 223001, China]

Abstract: **Objective** To investigate the effect of neuromuscular electrical stimulation combined with supine cycling training in rehabilitation after knee cruciate ligament reconstruction. **Methods** A total of 86 patients with knee cruciate ligament injury who underwent reconstruction surgery and were admitted to the Department of Rehabilitation Medicine of the Affiliated Huai'an Hospital of Xuzhou Medical University from January 2022 to December 2025 were enrolled. They were divided into a control group and an observation group using a random number table method, with 43 cases in each group. The control group received conventional rehabilitation training and neuromuscular electrical stimulation, while the observation group received additional supine cycling training on

收稿日期: 2026-02-04

* 基金项目: 江苏省自然科学基金(BK20241102)

[通信作者] 朱陈莉, E-mail: 18796201339@163.com

the basis of the control group. Both groups were intervened for 6 months after surgery. Muscle strength at 6 months after surgery was evaluated, and gait parameters (step frequency, maximum walking speed, percentage of single-leg support time, plantar pressure difference), knee range of motion, functional exercise compliance, knee function (Lysholm score), self-efficacy, and quality of life were compared between the two groups before and after intervention. **Results** The excellent/good rate of muscle strength in the observation group was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$). The observation group also showed greater knee range of motion in flexion-extension, internal rotation, and external rotation compared to the control group ($P < 0.05$). Within the same group, post-intervention range of motion was significantly higher than pre-intervention values for all three directions ($P < 0.05$). The observation group demonstrated significantly higher step frequency, maximum walking speed, and percentage of single-leg support time, but a lower plantar pressure difference compared to the control group ($P < 0.05$). Within the same group, all gait parameters improved significantly after intervention ($P < 0.05$). The observation group scored higher than the control group in compliance, self-efficacy, and Lysholm scores (all $P < 0.05$). For both groups, post-intervention scores were higher than pre-intervention scores for these measures (all $P < 0.05$). Additionally, the observation group had higher quality-of-life scores than the control group ($P < 0.05$), and within the same group, post-intervention quality-of-life scores were higher than pre-intervention scores ($P < 0.05$).

Conclusion Neuromuscular electrical stimulation combined with supine cycling training can effectively improve muscle strength, optimize gait parameters and knee function, and further enhance the quality of life in patients undergoing knee cruciate ligament reconstruction.

Keywords: knee cruciate ligament reconstruction; neuromuscular electrical stimulation; supine cycling training; knee function; postoperative rehabilitation

膝关节交叉韧带损伤是常见于年轻人及运动员的运动损伤,易引发关节不稳和继发性损伤^[1],部分患者因肢体受限、疼痛等因素,锻炼依从性较差,导致关节镜下韧带重建术后预后不佳^[2]。目前临床常规康复训练虽能起到一定效果,但仍存在患者肌力恢复缓慢、步态改善不佳、功能锻炼依从性不高等问题,难以满足其快速恢复肢体功能的需求^[3]。神经肌肉电刺激通过低频脉冲电流刺激神经与肌肉,能够重建运动反射弧,促进肌肉收缩,缓解疼痛,稳定膝关节,从而改善关节功能^[4];卧位蹬车训练结合被动、助力及主动3种运动方式,不仅能有效锻炼下肢肌力及腹臀肌群,增强膝关节稳定性,且不会造成膝关节骨膜磨损,有利于术后消肿与功能恢复^[5]。近年来,神经肌肉电刺激与卧位蹬车训练联合应用于术后康复的研究逐渐增多,可弥补单一康复方式的不足,但目前关于二

者联合应用的系统研究仍相对匮乏。基于此,本研究旨在为临床优化术后康复方案、改善患者预后提供理论依据与实践参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2022年1月—2025年12月在徐州医科大学附属淮安医院行膝关节交叉韧带损伤重建术的86例患者作为研究对象,按照随机数字表法将其分为对照组与观察组,各43例。对照组接受常规康复训练和神经肌肉电刺激,观察组在对照组基础上联合卧位蹬车训练。两组性别构成、年龄、病程、损伤部位构成及受伤原因构成比较,经 χ^2 或 t 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性(见表1)。本研究获得医院医学伦理委员会审核通过(HEYLL202150)。

表1 两组一般资料比较 ($n=43$)

组别	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	病程/(d, $\bar{x} \pm s$)	损伤部位 例(%)		受伤原因 例(%)		
				左侧	右侧	运动损伤	交通事故	跌落伤
对照组	24/19	49.23 $\pm$ 5.72	14.29 $\pm$ 2.41	20(46.5)	23(53.5)	19(44.2)	14(32.6)	10(23.3)
观察组	26/17	48.81 $\pm$ 5.59	13.75 $\pm$ 2.76	22(51.2)	21(48.8)	23(53.5)	12(27.9)	8(18.6)
χ^2/t 值	0.191	0.344	0.966	0.186		0.757		
P 值	0.662	0.731	0.337	0.666		0.685		

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①符合膝关节交叉韧带损伤的诊断标准^[6],并经影像学检查确诊;②于研究期间在本院接受关节镜下膝关节交叉韧带损伤重建术治疗;③临床资料完整,依从性好;④单侧损伤。

1.2.2 排除标准 ①存在既往膝关节手术史;②合并其他膝关节疾病;③存在血液系统疾病或免疫系统疾病;④合并恶性肿瘤或器官功能障碍。

1.3 方法

对照组术后2周内采用0°~90°限角支具固定,并在双拐辅助下行患肢逐步负重。术后1~2 d开始行持续被动活动,1次/d,10 min/次,速度为30°/s,活动范围不超过110°或根据患者耐受程度调整。第3周起开展闭链训练及多个角度的等长收缩训练。第7周后逐步加入抗阻训练、本体感觉与神经肌肉训练。整个康复过程中,根据患者恢复情况辅以冷、热疗法,以缓解疼痛与肿胀。使用神经肌肉电刺激治疗仪(上海聚慕医疗器械有限公司,型号:XY-K-SISS-A)。将检测电极置于健侧伸肌肌群,治疗电极贴于患侧伸肌肌群,接地电极固定于患侧肢体远端。参数设置为单向方波,强度20~30 mA,频率50 Hz,脉宽0.2 ms,采用刺激-间歇循环模式(刺激5~10 s,间歇10~15 s),治疗时辅助患者缓慢伸肢,20~30 min/次,5次/周。

观察组在对照组基础上增加卧位蹬车训练。使用卧床式下肢自动康复机(北京宝达华康复器材科技有限公司,型号:PT-2-AW)。运动形式依据术后时间确定,术后1~2周为被动运动,术后3~5周过渡为主动辅助运动,术后6周转为主动运动。活动范围的调整遵循量化规则,自术后第3周起,在患者可无痛耐受的前提下,每周将屈伸活动范围的终末角度统一递增5°,直至达到预设目标(120°屈曲)。

1.4 观察指标

1.4.1 肌力水平 两组患者治疗结束后,采用Lovett肌力分级标准对肌力水平进行评估。具体分级标准:优为无疼痛症状,可完成抗重力及充分阻力运动,能够正常行走;良为偶尔出现疼痛,可完成抗重力及一定阻力运动,行走时肌力可满足基本需求;一般为存在固定疼痛,无法完成抗阻力运动,但可抗重力进行关节活动及行走;差为存在持续性疼

痛,无法自主完成关节运动。肌力水平优良率按公式计算,优良率=(优+良)例数/总例数×100%。

1.4.2 膝关节活动度 屈伸、内旋、外旋的最大弧度。

1.4.3 步态参数 通过步态分析仪记录患者术前和术后6个月的步频、最大步速、单足支撑时间百分比、足底压力差采用医用步态分析系统。嘱患者穿统一薄袜,在测试跑道上以自我感觉最舒适的平常速度直线行走数趟。系统通过足触地/离地信号自动计算步频和全程最大步速;同时,将单侧下肢足跟着地至同侧足尖离地的时间定义为单足支撑相,计算其占步态周期的百分比(单足支撑时间百分比);并通过左右足底动态垂直地面峰值压力积分得到足底压力差(左右差值与较大值的百分比)。

1.4.4 功能锻炼依从性 分别于干预前及干预后6个月,采用骨科患者功能锻炼依从性量表评估两组患者的依从性^[7]。该量表涵盖3个维度:身体依从性、心理依从性及主动学习依从性。得分越高表示患者术后康复期间的功能锻炼依从性越好。

1.4.5 膝关节功能 采用Lysholm膝关节功能评分系统^[8]分别于干预前及干预6个月后进行评估。该量表包含8个条目:疼痛、不稳定性、锁定感、肿胀、跛行、上下楼梯、下蹲及支撑物使用,总分0~100分。得分越高表明膝关节功能越好。

1.4.6 自我效能 采用由Thomé等^[9]编制,赵辉等^[10]汉化的自我效能感量表评估膝关节韧带损伤患者的自我效能感。该量表共18个条目,Cronbach α 系数为0.913,总分10分。得分越高表示患者的自我效能感水平越高。

1.4.7 生活质量 采用36条简明健康调查量表(short form-36 health survey, SF-36)^[11]评估干预前及干预6个月后的生活质量,从4个维度进行评估,各维度满分均为100分。得分越高表示生活质量越好。

1.5 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0统计软件。计量资料以均数±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;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者干预后肌力水平比较

两组肌力水平的优良率比较,经 χ^2 检验,差异有统计学意义($\chi^2=4.074, P=0.044$);观察组优良率高于对照组。见表2。

表2 两组患者干预后肌力水平比较 [$n=43$,例(%)]

组别	优	良	一般	差	优良率
对照组	11(25.58)	24(55.81)	6(13.95)	2(4.65)	35(81.40)
观察组	19(44.19)	22(51.16)	2(4.65)	0(0.00)	41(95.35)

2.2 两组干预前后膝关节活动度比较

两组干预前膝关节屈伸、内旋及外旋活动度比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组干预后膝关节屈伸、内旋及外旋活动度比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);观察组膝关节屈伸、内旋及外旋活动度均高于对照组。同组内,干预前后膝关节屈伸、内旋及外旋活动度比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);干预后膝关节屈伸、内旋及外旋活动度均高于干预前。见表3。

表3 两组干预前后膝关节活动度比较 [$n=43$,($^{\circ}$), $\bar{x}\pm s$]

组别	屈伸		内旋		外旋	
	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	56.64 $\pm$ 5.63	103.16 $\pm$ 12.03 [†]	10.56 $\pm$ 2.26	19.29 $\pm$ 3.34 [†]	13.09 $\pm$ 2.59	28.04 $\pm$ 4.27 [†]
观察组	57.11 $\pm$ 5.85	118.39 $\pm$ 16.17 [†]	10.25 $\pm$ 2.15	26.78 $\pm$ 4.05 [†]	12.94 $\pm$ 2.35	35.01 $\pm$ 5.34 [†]
t 值	0.380	4.955	0.652	9.356	0.281	6.685
P 值	0.705	0.000	0.516	0.000	0.779	0.000

注:†与干预前比较, $P<0.05$ 。

2.3 两组干预前后步态参数比较

两组干预前步频、最大步速、单足支撑、足底压力差比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组干预后步频、最大步速、单足支撑时间百分比、足底压力差比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);观察组步频、最大步速、单足支撑

时间百分比均高于对照组,足底压力差低于对照组。同组内,干预前后步频、最大步速、单足支撑时间百分比、足底压力差比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);干预后步频、最大步速、单足支撑时间百分比均高于干预前,足底压力差低于干预前。见表4。

表4 两组干预前后步态参数比较 ($n=43$, $\bar{x}\pm s$)

组别	步频/(步/min)		最大步速/(cm/s)		单足支撑时间百分比/%		足底压力差/%	
	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	31.05 $\pm$ 4.57	77.59 $\pm$ 7.47 [†]	40.52 $\pm$ 5.42	74.81 $\pm$ 8.55 [†]	27.31 $\pm$ 4.08	41.02 $\pm$ 5.20 [†]	30.82 $\pm$ 4.76	13.57 $\pm$ 2.23 [†]
观察组	30.72 $\pm$ 4.30	92.16 $\pm$ 8.31 [†]	40.84 $\pm$ 5.68	82.39 $\pm$ 10.24 [†]	27.56 $\pm$ 4.17	46.48 $\pm$ 5.45 [†]	30.59 $\pm$ 4.51	10.01 $\pm$ 1.15 [†]
t 值	0.345	8.550	0.267	3.726	0.281	4.753	0.230	9.304
P 值	0.731	0.000	0.790	0.000	0.779	0.000	0.819	0.000

注:†与干预前比较, $P<0.05$ 。

2.4 两组干预前后依从性、自我效能、Lysholm评分比较

两组干预前依从性、自我效能、Lysholm评分比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组干预后依从性、自我效能、Lysholm评分比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);观察组依从性、自我效能、Lysholm评分均高于对照组。同组内,干预前后依从性、自我效能、Lysholm评分比较,

经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);干预后依从性、自我效能、Lysholm评分均高于干预前。见表5。

2.5 两组干预前后生活质量比较

两组干预前生活质量各项评分比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组干预后生活质量各项评分比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);观察组生活质量各项评分均高于对照

表 5 两组干预前后依从性、自我效能、Lysholm 评分比较 ($n=43$, 分, $\bar{x} \pm s$)

组别	依从性评分		自我效能评分		Lysholm 评分	
	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	45.24 $\pm$ 5.53	52.49 $\pm$ 6.41 [†]	3.72 $\pm$ 0.45	5.91 $\pm$ 0.71 [†]	45.89 $\pm$ 5.26	77.82 $\pm$ 7.36 [†]
观察组	45.71 $\pm$ 5.69	68.02 $\pm$ 7.72 [†]	3.76 $\pm$ 0.49	7.50 $\pm$ 1.12 [†]	46.12 $\pm$ 5.47	85.02 $\pm$ 8.40 [†]
<i>t</i> 值	0.388	10.149	0.394	7.862	0.199	4.227
<i>P</i> 值	0.699	0.000	0.694	0.000	0.843	0.000

注: [†]与干预前比较, $P < 0.05$ 。

组。同组内, 干预前后生活质量各项评分比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 干预后生活质量各项评分均高于干预前。见表 6。

表 6 两组干预前后生活质量比较 ($n=43$, 分, $\bar{x} \pm s$)

组别	躯体功能		心理功能		社会功能		物质生活	
	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	59.75 $\pm$ 7.41	74.26 $\pm$ 7.71 [†]	60.70 $\pm$ 7.21	77.11 $\pm$ 7.68 [†]	63.05 $\pm$ 7.34	76.02 $\pm$ 7.83 [†]	65.68 $\pm$ 7.71	75.01 $\pm$ 7.44 [†]
观察组	60.16 $\pm$ 7.60	85.71 $\pm$ 8.35 [†]	61.22 $\pm$ 7.44	86.53 $\pm$ 8.62 [†]	62.84 $\pm$ 7.22	87.32 $\pm$ 9.12 [†]	65.49 $\pm$ 7.62	87.93 $\pm$ 9.56 [†]
<i>t</i> 值	0.253	6.606	0.329	5.350	0.134	6.165	0.115	6.994
<i>P</i> 值	0.801	0.000	0.743	0.000	0.894	0.000	0.909	0.000

注: [†]与干预前比较, $P < 0.05$ 。

3 讨论

膝关节交叉韧带作为维持膝关节力学稳定性的关键结构, 损伤后易引发胫骨前移、内旋等异常运动, 进而导致膝关节不稳定、半月板损伤等继发问题^[12]。术后常伴随疼痛、水肿、肌肉萎缩及肢体活动障碍, 严重影响患者功能恢复及生活质量, 因此术后科学有效的康复干预是改善患者预后的关键环节^[13]。膝关节交叉韧带损伤重建术虽能有效修复韧带、恢复膝关节解剖结构, 但术后肌肉功能减退与神经肌肉控制能力下降仍是制约康复效果的主要因素^[14]。神经肌肉电刺激作为一种无创物理康复手段, 可改善肌肉组织血液循环, 减轻肢体肿胀与疼痛, 为膝关节功能恢复奠定基础^[15]。卧位蹬车训练强调对称性运动, 可通过调整训练参数适应患者术后恢复进程。该训练既能在低负荷状态下锻炼下肢肌群、增强肌力, 又能促进双下肢运动协调性, 改善患者步态功能^[16]。

本研究结果显示, 观察组干预后肌力水平优良率高于对照组, 这与两种训练方式的协同作用密切相关。膝关节交叉韧带损伤重建术后的膝关节持

续肿痛及肌肉失用性萎缩, 严重影响康复进程^[17]。对照组患者虽能通过脉冲电流降低神经传导突触阻力、诱导肌肉节律性收缩, 起到一定的肌力恢复作用, 但效果有限^[18]。而观察组在该基础上联合卧位蹬车训练, 通过重复的关节屈伸活动刺激肌肉、肌腱等组织的本体感受器, 进一步提升神经肌肉兴奋性及神经-肌肉反射弧反馈能力。同时, 该训练以低负荷、对称性运动模式锻炼下肢肌群, 有效增强肌肉力量^[19]。在神经肌肉控制层面, 神经肌肉电刺激可预先激活股四头肌等目标肌群, 为随后的主动蹬车训练做好准备。这种预先激活状态使患者在蹬车时能以更高的肌肉收缩质量完成离心与向心收缩, 从而更有效地强化肌肉力量和耐力^[20]。同时, 卧位蹬车在改善关节活动度的基础上, 可重塑协调、对称的下肢运动模式。神经肌肉电刺激和卧位蹬车训练共同构成了“神经预激活-肌力强化-模式重塑”的协同通路, 其效果优于单一干预。此外, 观察组在改善膝关节内旋/外旋活动度方面效果更好, 这也与卧位蹬车训练的特性密切相关。在正确姿态下, 蹬车运动要求下肢在矢状面屈伸的同时保持髌-膝-踝在多平面上的动态对位与稳定。这种

对称性、周期性的闭链运动能够持续刺激膝关节周围的动态稳定结构,促进其在正常活动范围内协调收缩与放松。联合神经肌肉电刺激增强相关肌群力量后,进一步提升了关节在旋转维度上的动态控制能力。观察组干预后的功能锻炼依从性、膝关节功能、自我效能及生活质量均较对照组提升,进一步体现了神经肌肉电刺激联合卧位蹬车训练在改善患者心理状态及整体康复体验上的优势。膝关节交叉韧带损伤重建术后患者常因康复周期长、训练过程中疼痛明显、担心训练不当加重损伤,以及对康复效果缺乏信心,常常出现锻炼依从性降低的情况,而依从性不足又会直接影响康复训练的效果,进而降低患者的生活质量^[21]。对照组采用常规康复联合神经肌肉电刺激,但该方案缺乏针对性的干预措施来改善患者的训练意愿,难以有效缓解其负面情绪及顾虑。因此,对照组在依从性、自我效能及生活质量方面的提升效果有限。相比之下,卧位蹬车训练采用温和的运动模式,可有效减轻训练过程中的疼痛感,减少患者的心理负担。同时,训练参数可根据患者恢复情况灵活调整,使患者逐步感受到肌力与关节活动度的改善,从而增强康复信心。这有助于提高功能锻炼依从性,进一步促进膝关节功能的恢复^[22]。此外,神经肌肉电刺激与卧位蹬车训练的协同作用有效缓解了患者的疼痛、肿胀等不适,改善了患者的肢体活动能力,让患者能够逐步恢复正常的生活、工作及社交,最终全面提升患者的生活质量。

膝关节交叉韧带损伤重建术后患者在康复过程中常伴随肌力下降、关节活动受限及步态异常等问题。传统康复训练虽能在一定程度上促进功能恢复,但在改善神经肌肉控制及提高训练依从性方面仍存在不足。本研究结果表明,在常规康复基础上联合神经肌肉电刺激与卧位蹬车训练,可从神经肌肉激活、肌力增强及运动协调等多方面促进膝关节功能恢复,不仅改善患者步态参数和关节活动度,还能提高患者功能锻炼依从性与自我效能水平,从而进一步提升整体生活质量,提示该联合康复模式具有较好的临床应用价值。

本研究仍存在一定局限性。首先,本研究为单中心研究,样本量相对有限,研究结果仍需通过多中心、大样本研究进一步验证;其次,本研究随访时

间为 6 个月,未对远期康复效果进行长期观察;此外,未进一步探讨不同训练强度及训练参数对康复效果的影响。未来可扩大样本量并延长随访时间,对训练方案进行进一步优化,以获得更为可靠的临床证据。

综上所述,神经肌肉电刺激联合卧位蹬车训练应用于膝关节交叉韧带损伤重建术后康复,可有效提高患者肌力水平,改善膝关节活动度及步态参数,并提升功能锻炼依从性、自我效能及生活质量,具有较好的临床推广价值。

参 考 文 献:

- [1] 朱哲越,张晨,葛莹,等.新型关节韧带数字体查仪量化评估前交叉韧带部分损伤后的膝关节松弛度[J].中国组织工程研究,2025,29(27): 5795-5801.
- [2] Nabil A, Abd Halim Hafez K, Rizk A, et al. Does lateral extra-articular tenodesis affect knee stability in cases with isolated anterior cruciate ligament reconstruction?[J]. J Orthop, 2024, 53: 7-12.
- [3] Glatke K E, Tummala S V, Chhabra A. Anterior cruciate ligament reconstruction recovery and rehabilitation: a systematic review[J]. J Bone Joint Surg, 2022, 104(8): 739-754.
- [4] Wellauer V, Item J F, Bizzini M, et al. Home-based nonoperative-side quadriceps neuromuscular electrical stimulation prevents muscle weakness following anterior cruciate ligament reconstruction[J]. J Clin Med, 2022, 11(2): 466.
- [5] 洗淑仪.卧位蹬车训练在全膝关节置换术后患者中的应用[J].中国伤残医学,2023(13): 71-74.
- [6] 胥少汀,葛宝丰,徐印坎.实用骨科学[M].第3版.北京:人民军医出版社,2005.
- [7] 谭媛媛,和晖,杨秀贤,等.骨科患者功能锻炼依从性量表的编制及信度效度检验[J].中国护理管理,2019,19(11): 1626-1631.
- [8] Kubiak G, Fabiś J. To compare the results of knee evaluation after meniscus repair and anterior cruciate ligament reconstruction on the basis of Lysholm, HSS and IKDC scoring systems[J]. Pol Orthop Traumatol, 2012, 77: 127-131.
- [9] Thomeé P, Währborg P, Börjesson M, et al. A new instrument for measuring self-efficacy in patients with an anterior cruciate ligament injury[J]. Scand J Med Sci Sports, 2006, 16(3): 181-187.
- [10] 赵辉.中文版膝关节自我效能量表的信效度研究[J].护理学杂志,2015,30(22): 26-28.
- [11] Pan Y, Barnhart H X. Methods for assessing the reliability of quality of life based on SF-36[J]. Stat Med, 2016, 35(30): 5656-5665.
- [12] Trøan I, Bere T, Holm I, et al. Patient-reported outcomes of bicruciate multiligament versus single cruciate multiligament knee injuries[J]. Am J Sports Med, 2025, 53(1): 138-146.
- [13] 孙清,吴玉霄,关丽媛,等.数字健康技术在前交叉韧带重建术后患者康复中的应用研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,

- 2026, 48(1): 91-94.
- [14] Worley J R, Brimmo O, Nuelle C W, et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction after surgical management of multiligament knee injury[J]. J Knee Surg, 2022, 35(1): 72-77.
- [15] 樊志娇, 靳岚琦, 黄志彬, 等. 神经肌肉电刺激对前交叉韧带重建术后患者股四头肌肌力和步行功能的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2025, 31(2): 242-248.
- [16] 陈敏芸, 罗溪, 刘秀芬, 等. 体能训练中膝关节前交叉韧带损伤的列线图风险预测模型构建[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2026, 33(2): 148-152.
- [17] Criss C R, Lepley A S, Onate J A, et al. Neural correlates of self-reported knee function in individuals after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Sports Health, 2023, 15(1): 52-60.
- [18] Venieri A, Sarabon N. The use of whole-body vibration, electrical stimulation, and magnetic stimulation in muscle dystrophy patients: a scoping review[J]. Cureus, 2024, 16(8): e67051.
- [19] 张丽华. 卧位蹬车训练联合针灸对全膝关节置换术后患者效果及早期功能康复的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2019, 28(19): 2120-2123.
- [20] Schwartz A L, Koohestani M, Sherman D A, et al. Knee extensor and flexor force control after ACL injury and reconstruction: a systematic review and meta-analysis[J]. Med Sci Sports Exerc, 2025, 57(2): 238-251.
- [21] Wen Y T, Wang X H, Mao Y, et al. Effectiveness of an intelligent weight-bearing rehabilitation robot in enhancing recovery following anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Front Public Health, 2025, 13: 1526105.
- [22] 吴福平, 刘兵, 刘佩玉, 等. 间歇性 θ 脉冲刺激联合持续被动运动训练对前交叉韧带损伤术后患者康复的影响[J]. 创伤与急危重病医学, 2026, 14(2): 76-79.
- (张西倩 编辑)
- 本文引用格式:** 周容成, 许将, 朱陈莉. 神经肌肉电刺激联合卧位蹬车训练在膝关节交叉韧带损伤重建术后康复中的应用[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(15): 26-32.
- Cite this article as:** Zhou R C, Xu J, Zhu C L. Application of neuromuscular electrical stimulation combined with supine cycling training in rehabilitation after knee cruciate ligament reconstruction[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(15): 26-32.