

前交叉韧带重建术后男性患者姿势控制能力及相关因素分析

刘昕怡^{1,2}, 马莹³, 常祺⁴, 李金娟⁵, 侯乃靖⁶, 谢惠敏¹, 张立宁^{1,5}

¹解放军总医院第一医学中心康复医学科, 北京 100853; ²解放军医学院, 北京 100853; ³解放军总医院第一医学中心门诊部, 北京 100853; ⁴联勤保障部队第989医院全军军事训练医学研究所, 河南洛阳 471003; ⁵解放军总医院全军军事训练伤防治与研究中心, 北京 100048; ⁶解放军总医院第二医学中心门诊部, 北京 100853

摘要:背景 前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)重建术后患者常出现平衡功能障碍, 姿势控制稳定性下降; 目前国内外关于ACL重建术后姿势控制能力的相关性临床研究较少。**目的** 分析影响ACL重建术后患者姿势控制能力的心理和生理因素。**方法** 选取2021年1月—2024年7月在解放军总医院第一医学中心康复医学科就诊并符合纳入标准的ACL重建术后6个月以上的患者作为ACL重建组, 在该院工作的性别、年龄相匹配的健康人员作为对照组。两组均评估单腿站立测试、Y平衡测试、VAS评分、IKDC膝关节量表、TSK-11问卷、Tegner运动评分和ACL-RSI量表并比较, 对测试表现与其他指标进行相关性分析。**结果** 两组各纳入25例男性受试者, ACL重建组年龄、身高与健康对照组比较差异无统计学意义($P>0.05$), 但体质量和体质量指数大于健康对照组($P<0.01$)。ACL重建组患者评估时间为术后(16.04±12.41)个月, 休息时VAS评分(1.56±1.85 vs 0.00±0.00)、运动时VAS评分(4.20±2.58 vs 0.00±0.00)、TSK-11评分(26.80±7.08 vs 16.40±5.39)高于健康对照组(均 $P<0.01$), Tegner评分(4.24±1.45 vs 7.64±1.78)、IKDC评分(65.84±15.29 vs 97.84±2.39)和ACL-RSI评分(59.68±25.25 vs 112.92±10.14)低于健康对照组(均 $P<0.01$)。ACL重建组单腿站立任务表现与健康对照组无统计学差异($P>0.05$), Y平衡测试左下肢综合得分(0.82±0.11 vs 0.76±0.08)高于健康对照组($P<0.05$), Y平衡双侧得分差异[$M(IQR)$]: 0.03 (-0.01~0.14) vs 0.00(-0.06~0.02)]大于健康对照组($P<0.01$), 且与下肢功能表现相关。**结论** 虽然前交叉韧带重建术后患者平衡功能与正常人员无显著差异, 但患者主观量表评分仍较差。且Y平衡的双侧下肢差异与下肢功能相关性较高, 存在双下肢平衡功能不对称性。

关键词:前交叉韧带重建术; 平衡功能; 姿势控制; 康复; Y平衡测试

中图分类号:R686; R687

文献标志码:A

文章编号:2095-5227(2025)04-0385-06

DOI: 10.12435/j.issn.2095-5227.2025.24120802

引用本文: 刘昕怡, 马莹, 常祺, 等.前交叉韧带重建术后男性患者姿势控制能力及相关因素分析 [J].解放军医学院学报, 2025, 46 (4): 385-390.

Postural control and associated factors in male patients after anterior cruciate ligament reconstruction

LIU Xinyi^{1,2}, MA Ying³, CHANG Qi⁴, LI Jinjuan⁵, HOU Naijing⁶, XIE Huimin¹, ZHANG Lining^{1,5}

¹Department of Rehabilitation Medicine, the First Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100853, China; ²Chinese PLA Medical School, Beijing 100853, China; ³Outpatient Department, the First Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100853, China; ⁴Military Medical Research Institute, PLA of Hospital 989 of Joint Service Support Force of Chinese PLA, Luoyang 471003, Henan Province, China; ⁵Military Training Injury Prevention and Research Center of PLA General Hospital, Beijing 100048, China; ⁶Outpatient Department, the Second Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100853, China
Corresponding author: ZHANG Lining. Email: zhangln301@163.com

Abstract: Background Patients who have undergone anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction often experience balance dysfunction and decreased stability in posture control. However, there is a scarcity of clinical studies on the correlation of posture control abilities after ACL reconstruction both domestically and internationally. **Objective** To analyze the physiological and psychological factors affecting the postural control ability in patients after ACL reconstruction. **Methods** Patients enrolled in the Department of Rehabilitation Medicine, the First Medical Center of PLA General Hospital, who underwent ACL reconstruction surgery and satisfied the inclusion criteria at ≥ 6 months postoperatively from January 1, 2021 to July 31, 2024, were designated as the ACL reconstruction group. Age- and sex-matched healthy volunteers currently employed at the hospital served as the healthy

收稿日期: 2024-12-08

基金项目: 省部级课题

第一作者: 刘昕怡, 硕士。Email: liuxyi110@163.com

通信作者: 张立宁, 博士, 副主任医师。Email: zhangln301@163.com

control group. Both groups were assessed using one-leg standing tests, Y-balance tests, VAS scale, IKDC scale, TSK-11 scale, Tegner scale, and ACL-RSI scale. Comparisons and correlation analyses were performed between test performance and subjective scales. **Results** A total of 25 male participants were enrolled in each group. There were no statistically significant differences in age ($[28.64\pm 4.93]$ years vs $[26.64\pm 4.17]$ years), or height between the two groups ($P > 0.05$). However, both body weight and body mass index (BMI) were significantly greater in the ACL reconstruction group compared to the control group ($P < 0.01$). The evaluation time for patients in the ACL reconstruction group was (16.04 ± 12.41) months postoperatively. The ACL reconstruction group had higher levels of pain at rest ($[1.56\pm 1.85]$ vs $[0\pm 0]$), pain during movement ($[4.20\pm 2.58]$ vs $[0\pm 0]$), and TSK-11 score ($[26.80\pm 7.08]$ vs $[16.40\pm 5.39]$) compared to the control group ($P < 0.01$). The Tegner score ($[4.24\pm 1.45]$ vs $[7.64\pm 1.78]$), IKDC score ($[65.84\pm 15.29]$ vs $[97.84\pm 2.39]$), and ACL-RSI score ($[59.68\pm 25.25]$ vs $[112.92\pm 10.14]$) were lower in the ACL reconstruction group than those in the control group ($P < 0.01$). There was no significant difference in one-leg standing test performance between the ACL reconstruction group and the control group ($P > 0.05$). The ACL reconstruction group's Y-balance test composite score for the left lower limb ($[0.82\pm 0.11]$ vs $[0.76\pm 0.08]$) was better than that of the control group ($P < 0.05$). The difference in composite Y-balance scores for both lower limbs ($0.03 [-0.01 - 0.14]$ vs $0.00 [-0.06 - 0.02]$) was significantly greater than the control group ($P < 0.01$) and correlated with lower limb functional performance. **Conclusion** Although patients after ACL reconstruction have no significant difference in balance function compared to normal individuals, their subjective questionnaire scores are still poor. Moreover, the bilateral lower extremity differences in the Y-balance test are highly correlated with lower extremity function, suggesting the asymmetry of bilateral lower extremity balance function.

Keywords: anterior cruciate ligament reconstruction; balance function; postural control; rehabilitation; Y-balance test

Cited as: Liu XY, Ma Y, Chang Q, et al. Postural control and associated factors in male patients after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2025, 46(4): 385-390.

前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)在防止胫骨过度前移、维持膝关节稳定中起着重要的作用^[1]。其含有丰富的本体感受器,本体感受器向中枢传递静态关节位置、动态关节运动及加减速度的信息,通过脊髓、脑干和更高的皮质中心以及小脑处理,并整合其他浅感觉、视觉和前庭信息,形成协调骨骼肌激活模式的最终运动指令^[2-3]。虽然前交叉韧带重建能够恢复膝关节的机械稳定性,但其手术失败率达5%~20%,且部分患者术后仍存在平衡功能下降与姿势稳定性缺陷^[4-6]。7%~30%的ACL重建患者出现不同程度的运动恐惧,阻碍患者恢复到伤前的运动水平^[7],ACL二次损伤的风险比健康人高15倍^[8]。本研究通过观察单侧ACL重建患者的平衡功能与下肢功能表现的相关性,为制定术后康复方案和促进患者早期重返运动提供临床依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2021年1月—2024年7月于解放军总医院第一医学中心康复医学科门诊就医并符合纳入排除标准的ACL重建术后患者。对照组选取该院工作的年龄、性别相匹配的健康人员。

ACL重建术后患者纳入标准:(1)既往有右膝关节前交叉韧带重建手术史(经磁共振成像证实),且术后时间 ≥ 6 个月;(2)男性;(3)年龄为18~40岁;(4)1年内无其他下肢损伤。对照组纳入标准:(1)男性;(2)年龄为18~40岁;(3)有良好的运动习

惯;(4)膝关节无疼痛、无受伤史及手术史。受试者排除标准:(1)存在明显的其他关节或部位的疼痛;(2)临床相关的心血管病史;(3)临床相关的神经肌肉障碍;(4)存在慢性疾病。终止标准:(1)受试者撤回知情同意,要求退出;(2)由于病情需要,受试者参与了其他术后康复项目;(3)研究者认为其他有必要退出研究的情况。

本研究在入组前已获得全部受试者的知情同意,并经解放军总医院第一医学中心医学伦理委员会批准(伦审第S2023-723-01号)。

1.2 样本量计算

本研究为横断面观察,仅对ACL重建组和健康对照组做相应指标的客观比较,未对各组做任何干预。在针对ACL重建患者姿势控制能力的研究中,根据标准已知Y平衡测试双侧差异中健康对照组平均值为 $\mu=1$,ACL重建组平均值为 $\mu=0.95$, $\sigma=0.05$, $\beta=0.10$, $\alpha=0.05$ 。代入公式:

$$n = \frac{2 \times \left(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} + Z_{1-\beta} \right)^2 \times \sigma^2}{d^2}$$

得到样本量每组至少23例。故本研究共纳入了25例患者及25例健康人员。

1.3 测量指标

受试者入组后完成单次主观问卷的填写与功能评估。主观评估:(1)疼痛程度模拟视觉量表(visual analog scale, VAS):通过模拟视觉评分0~10分来衡量受试者休息时或运动时的疼痛程度,0分为毫无疼痛感,10分为疼痛极其严重;(2)国际

膝关节文献委员会(International Knee Documentation Committee, IKDC)膝关节功能问卷:由患者报告10个对膝关节功能的感知,评分0~100,评分越高,自身感知功能越好;(3)Tegner评分:衡量目前身体情况和活动状况的评分系统,分值0~10,评分越高代表日常生活和体育活动水平越高;(4)坦帕运动恐惧量表(Tampa scale of kinesiophobia, TSK-11):评估因受伤而对其功能性运动可能产生的恐惧程度的问卷,共11个问题,11~44分,得分越高表示恐惧程度越高;(5)ACL损伤后重返运动准备程度量表(anterior cruciate ligament return to sport after injury, ACL-RSI):衡量前交叉韧带损伤患者回归运动的敏感指标,包括12项条目,每项10分,分数越高表明患者自我准备程度越好。

客观指标:同时测量受试者下肢股四头肌和腘绳肌肌肉力量:使用便携式测力计,受试者坐于高台上,双下肢自然下垂,嘱受试者尽最大力量屈膝和伸膝,检查者手持测力计在小腿远端分别给予相应阻力,记录测力计上的数值,每个方向测量3次取平均值。此外进行静态和动态姿势控制能力评估。(1)单腿站立测试:受试者双下肢站立,目视前方,上肢自然下垂贴于裤缝,依据医师指令分别抬起左侧或右侧下肢,每次持续20s,两次抬起间休息20s,每侧抬起3次。分别测试与记录睁眼与闭眼状态下,任务中受试者失去平衡的次数。(2)Y平衡测试:受试者单侧下肢站立,另外一侧下肢向前、后内侧和后外侧方向上尽力伸展至最远,每个方向进行3次试验,记录最佳距离。双侧均进行测试。通过将前侧、后内侧和后外侧方向的最佳距离相加得到总成绩/受试者下肢长度的3倍 $\times 100\%$,计算综合得分标准化百分比^[9]。图1为姿势控制能力测试的某现场。

1.4 统计学方法

采用SPSS 25.0进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验。不符合正态分布的计量资料以 $M(IQR)$ 表示,组间比较采用秩和检验。计数资料以例数(百分比)表示,组间比较采用秩和检验。ACL重建组的姿势控制表现主观量表评分和下肢功能进行Pearson相关分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较

ACL重建组患者评估时间为ACL术后(16.04 \pm



图1 姿势控制能力测试实际图

Fig. 1 Test of postural control ability

12.41)个月。ACL重建组的体质量和体质量指数均显著高于健康对照组($P<0.01$)。其他指标两组差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

表1 两组一般资料比较($\bar{x}\pm s$)

Tab. 1 Comparison of general information between the ACL group and the control group ($\bar{x}\pm s$)

| 一般资料 | ACL重建组 (n=25) | 健康对照组 (n=25) | t 值 | P 值 |
|---|-------------------|-------------------|--------|--------|
| 年龄/(岁, $\bar{x}\pm s$) | 28.64 \pm 4.93 | 26.64 \pm 4.17 | -1.548 | 0.128 |
| 男性/(例,%) | 25(100) | 25(100) | | |
| 身高/(cm, $\bar{x}\pm s$) | 177.04 \pm 5.83 | 174.80 \pm 5.62 | -1.382 | 0.173 |
| 体质量/(kg, $\bar{x}\pm s$) | 76.64 \pm 8.70 | 65.76 \pm 8.56 | -4.455 | <0.001 |
| 体质量指数/(kg/m ² , $\bar{x}\pm s$) | 24.42 \pm 2.14 | 21.44 \pm 1.66 | -5.503 | <0.001 |

2.2 两组主观量表评分比较

ACL重建组休息时、运动时的VAS评分及TSK-11评分均显著高于健康对照组(均 $P<0.01$)。Tegner评分、IKDC评分和ACL-RSI评分显著低于健康对照组(均 $P<0.01$)。见表2。

2.3 两组下肢肌肉力量比较

ACL重建组健侧下肢股四头肌力量显著高于健康对照组,双侧股四头肌肌力比值和左下肢股四头肌-腘绳肌肌力比值与健康对照组比较显著不对称($P<0.01$)。健康对照组双侧腘绳肌肌力比值与右下肢膝关节屈伸力量比值较ACL重建组更均衡($P<0.05$)。见表3。

2.4 两组姿势控制测试比较

ACL重建组单腿站立任务表现与健康对照组比较差异无统计学意义($P>0.05$),但Y平衡左下肢综合分数高于健康对照组($P<0.05$),Y平衡双下肢得分差异大于健康对照组($P<0.01$)。见表4。

表2 两组主观量表评分比较($\bar{x}\pm s$)Tab. 2 Comparison of subjective scale score between the ACL group and the control group ($\bar{x}\pm s$)

| 量表 | ACL重建组 (n=25) | 健康对照组 (n=25) | t值 | P值 |
|------------|------------------|-----------------|--------|--------|
| VAS(休息时)评分 | 1.56±1.85 | 0.00±0.00 | -4.216 | <0.001 |
| VAS(运动时)评分 | 4.20±2.58 | 0.00±0.00 | -8.133 | <0.001 |
| Tegner评分 | 4.24±1.45 | 7.64±1.78 | 7.410 | <0.001 |
| IKDC评分 | 65.84±15.29 | 97.84±2.39 | 10.342 | <0.001 |
| TSK-11评分 | 26.80±7.08 | 16.40±5.39 | -5.841 | <0.001 |
| ACL-RSI评分 | 59.68±25.25 | 112.92±10.14 | 9.784 | <0.001 |

VAS:疼痛程度模拟视觉量表;KDC:国际膝关节文献委员会膝关节功能问卷;TSK-11:坦帕运动恐惧症量表;ACL-RSI:ACL损伤后重返运动准备程度量表。

表3 两组肌肉力量比较($\bar{x}\pm s$)Tab. 3 Comparison of muscle strength between the ACL group and the control group ($\bar{x}\pm s$)

| 肌肉力量 | ACL重建组 (n=25) | 健康对照组 (n=25) | t值 | P值 |
|--------------------|------------------|-----------------|--------|--------|
| 左侧股四头肌肌力/kg | 38.00±8.14 | 27.96±7.10 | -4.650 | <0.001 |
| 右侧股四头肌肌力/kg | 32.11±8.62 | 27.65±6.93 | -2.015 | 0.050 |
| 左侧腓绳肌肌力/kg | 23.99±3.79 | 22.11±4.06 | -1.691 | 0.097 |
| 右侧腓绳肌肌力/kg | 22.42±4.63 | 22.62±3.19 | 0.182 | 0.856 |
| 双侧股四头肌肌力 比值 | 0.85±0.17 | 0.99±0.11 | 3.594 | 0.001 |
| 双侧腓绳肌肌力比值 | 0.94±0.18 | 1.04±0.15 | 2.143 | 0.037 |
| 左侧股四头肌-腓绳 肌肌力比值 | 1.59±0.29 | 1.28±0.28 | -3.870 | <0.001 |
| 右侧股四头肌-腓绳 肌肌力比值 | 1.45±0.36 | 1.23±0.24 | -2.507 | 0.013 |

表4 两组姿势控制表现比较

Tab. 4 Comparison of postural control performance between the ACL group and the control group

| 测试表现 | ACL重建 组(n=25) | 健康对照 组(n=25) | t/Z值 | P值 |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|--------|-------|
| 单腿站立失误次数/ (次, $\bar{x}\pm s$) | | | | |
| 左侧睁眼 | 0.92±1.53 | 0.56±0.96 | -0.998 | 0.323 |
| 左侧闭眼 | 6.68±4.56 | 5.28±3.25 | -1.250 | 0.218 |
| 右侧睁眼 | 2.00±3.10 | 0.80±1.44 | -1.757 | 0.085 |
| 右侧闭眼 | 6.48±6.37 | 4.84±3.45 | -1.132 | 0.265 |
| Y平衡综合得分/ $\bar{x}\pm s$ | | | | |
| 左 | 0.82±0.11 | 0.76±0.08 | -2.108 | 0.040 |
| 右 | 0.76±0.12 | 0.78±0.09 | 0.452 | 0.653 |
| Y平衡双侧得分差异/ M(IQR) | 0.03 (-0.01~0.14) | 0.00 (-0.06~0.02) | -2.882 | 0.004 |

2.5 单腿站立测试表现与下肢功能的相关性

Pearson相关分析显示,单腿站立任务中双下肢表现与下肢功能均无相关性($P>0.05$)。见表5。

2.6 Y平衡测试表现与下肢功能的相关性

Y平衡任务右下肢综合分数与IKDC膝关节功能、Tegner运动评分、右股四头肌肌力呈正相关($P<0.05$)。双下肢综合分数差异与运动时疼痛程度呈正相关($P<0.05$),与IKDC膝关节功能评分、Tegner运动评分呈负相关($P<0.01$),与右侧股四头肌肌力呈负相关($P<0.05$)。见表6。

表5 单腿站立评分与下肢功能的相关性分析

Tab. 5 Characteristics of correlation between the one-leg standing test and lower limb function

| 相关性因素 | 总失误次数(左) | | 总失误次数(右) | |
|-------------|----------|-------|----------|-------|
| | r值 | P值 | r值 | P值 |
| VAS(休息时)评分 | 0.114 | 0.589 | 0.343 | 0.093 |
| VAS(运动时)评分 | -0.142 | 0.500 | 0.181 | 0.387 |
| Tegner评分 | 0.093 | 0.657 | -0.155 | 0.458 |
| IKDC评分 | 0.139 | 0.509 | -0.065 | 0.758 |
| TSK-11评分 | -0.030 | 0.886 | 0.169 | 0.420 |
| ACL-RSI评分 | 0.144 | 0.494 | 0.010 | 0.962 |
| 左侧股四头肌肌力/kg | 0.026 | 0.901 | -0.028 | 0.895 |
| 右侧股四头肌肌力/kg | -0.084 | 0.688 | -0.304 | 0.140 |
| 左侧腓绳肌肌力/kg | 0.265 | 0.201 | -0.086 | 0.682 |
| 右侧腓绳肌肌力/kg | 0.082 | 0.697 | -0.242 | 0.243 |

VAS:疼痛程度模拟视觉量表;IKDC:国际膝关节文献委员会膝关节功能问卷;TSK-11:坦帕运动恐惧症量表;ACL-RSI:ACL损伤后重返运动准备程度量表。

表6 Y平衡测试评分与下肢功能相关性分析

Tab. 6 Characteristics of correlation between the Y-balance test and lower limb function

| 相关性因素 | 左侧综合得分 | | 右侧综合得分 | | 双侧得分差异 | |
|-------------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | r值 | P值 | r值 | P值 | r值 | P值 |
| VAS(休息时)评分 | 0.006 | 0.978 | -0.211 | 0.311 | 0.237 | 0.254 |
| VAS(运动时)评分 | 0.178 | 0.395 | -0.176 | 0.400 | 0.411 | 0.041 |
| Tegner评分 | -0.097 | 0.643 | 0.425 | 0.034 | -0.631 | 0.001 |
| IKDC评分 | -0.053 | 0.800 | 0.490 | 0.013 | -0.672 | <0.001 |
| TSK-11评分 | -0.172 | 0.410 | -0.389 | 0.055 | 0.285 | 0.167 |
| ACL-RSI评分 | 0.116 | 0.580 | 0.354 | 0.083 | -0.323 | 0.115 |
| 左侧股四头肌肌力/kg | 0.009 | 0.965 | -0.019 | 0.928 | 0.040 | 0.848 |
| 右侧股四头肌肌力/kg | 0.119 | 0.571 | 0.463 | 0.020 | -0.437 | 0.029 |
| 左侧腓绳肌肌力/kg | -0.104 | 0.620 | 0.039 | 0.853 | -0.166 | 0.428 |
| 右侧腓绳肌肌力/kg | -0.097 | 0.645 | 0.126 | 0.547 | -0.276 | 0.182 |

VAS:疼痛程度模拟视觉量表;IKDC:国际膝关节文献委员会;TSK-11:坦帕运动恐惧症量表;ACL-RSI:ACL损伤后重返运动准备程度量表。

3 讨论

前交叉韧带重建恢复了韧带结构连续性,但术后膝关节活动范围、肌肉力量、神经肌肉控制

和本体感觉缺陷等问题长时间存在,患侧下肢的功能缺陷可能累及对侧未受伤膝关节^[10]。因此,在临床工作中,通常需要全面评估ACL重建患者的功能,从而判断是否恢复到受伤前的运动水平^[11]。本研究结果表明,ACL重建组患者休息时和运动时疼痛程度(VAS_{休息}: 1.56±1.85, VAS_{运动}: 4.20±2.58)高于健康对照组(VAS_{休息}: 0, VAS_{运动}: 0),运动水平(Tegner: 4.24±1.45)、膝关节功能(IKDC: 65.84±15.29)和心理准备程度(ACL-RSI: 59.68±25.25)评分低于健康对照组(Tegner: 7.64±1.78, IKDC: 97.84±2.39, ACL-RSI: 112.92±10.14),差异均有统计学意义(均 $P<0.01$);提示ACL重建患者术后较长时间内存在疼痛、运动功能下降和心理准备不足等问题。

ACL损伤不仅影响膝关节的结构和生物力学,还会出现运动恐惧心理,影响ACL术后肢体功能^[12]。本研究中ACL重建组运动恐惧评分(TSK-11: 26.80±7.08)显著高于健康对照组(TSK-11: 16.40±5.39),与前期的研究结果一致,表明ACL重建术后普遍存在运动恐惧^[7]。因此,临床工作者要关注患者的心理状况,及时正确引导与干预,促进身心康复。除心理因素外,本体感觉、平衡功能和姿势稳定性在膝关节运动中起着重要作用。平衡训练可以改善ACL重建术后患者的疼痛、关节运动受限、肌肉力量下降等问题^[13]。稳定的姿势控制对于人体保持平衡至关重要,在保持关节的动态稳定性和预防下肢损伤方面发挥着关键作用^[14]。ACL中存在的本体感受器对于实现有效感觉运动控制、提高运动敏捷性以及增强关节稳定性具有重要作用^[15]。Staples等^[16]发现ACL重建患者的动态姿势稳定性降低,并且在术后2年内仍未恢复到正常水平。Negahban等^[17]发现单侧ACL损伤会导致患者双侧姿势控制能力下降,与健侧下肢相比,患侧下肢的姿势控制能力下降更为显著。刘晓磊等^[4]使用Biodex平衡测试仪进行单腿站立测试,发现术后16周的ACL重建术后患者患侧的姿势稳定性既差于健康对照组,又差于患者健侧。综上所述,ACL重建术后患者平衡功能仍表现出不完全的功能恢复,出现双侧的适应性改变^[18]。

单侧ACL重建致双侧姿势控制能力下降的机制尚不清楚。本研究发现ACL重建术后患者与健康对照组单腿站立测试差异无统计学意义。同样,An等^[19]评估了ACL重建术后6个月以上并重返运动的患者的静态平衡任务,发现与健康对照组表

现出相似的姿势控制能力,但在任务切换过程中表现出不同的皮质电激活模式。这可能解释了为什么本研究中没有观察到显著的平衡表现组间差异的原因。Hatton等^[20]探究了单侧ACL重建术后12个月的患者在闭眼时进行单腿站立测试的表现,发现ACL重建患者患侧肢体与健侧肢体的静态平衡无统计学差异,并进一步揭示了ACL重建后持续存在中枢神经系统重组现象。

健康人员进行静态和动态平衡任务时应无显著双侧差异,不受优势下肢影响^[21]。而本研究发现ACL重建组Y平衡测试左侧下肢得分优于健康对照组,而双侧下肢差异性较健康对照组更大,差异均有统计学意义($P<0.05$),提示ACL重建组右侧动态平衡功能下降,导致左侧下肢功能代偿性增加,动态平衡功能优于健康对照组。可能的机制包括肌肉力量增强、运动模式改变、神经控制优化等。在ACL重建术后患者中,力量与动态姿势稳定性有关,康复训练可以改善患者单侧下肢平衡能力,但本研究中未进行早期干预限制^[6,22]。此外也可能是由于术后患者对患侧肢体的依赖减少,导致健侧肢体的功能负担增加,进而加大了双下肢之间的差异。但这种不对称性可能是再次受伤的原因,也是影响ACL重建术后患者长期功能恢复的关键因素^[23]。

Y平衡测试与下肢肌肉力量以及运动中的功能表现相关^[24]。本研究显示,Y平衡测试右下肢得分与IKDC评分、Tegner评分和右侧股四头肌肌力相关($P<0.05$),表明患者膝关节功能、运动水平和伸膝肌肉力量越强,右侧下肢动态平衡表现功能也会越强。而Y平衡双下肢差异与运动时VAS评分、IKDC评分、Tegner评分和右侧股四头肌力量相关($P<0.05$),提示不对称性越高,ACL术后患者运动时疼痛感越明显,膝关节功能、运动水平和股四头肌力量越差($P<0.05$)。这与先前研究结果一致,ACL重建术后患侧下肢动态平衡功能缺陷引起双侧不对称,致跳跃任务等功能表现不佳,更易出现二次损伤,阻碍患者安全重返运动^[25]。康复工作者可通过Y平衡测试评估ACL重建术后患者的功能表现,了解双下肢不对称性,为判断患者的恢复情况及重返运动的安全性提供依据。

主观量表可有效评估患者的功能感知和疼痛程度,客观测试能够量化运动表现,两者结合帮助临床工作者全面评估患者的康复进程。如ACL重建术后患者的平衡功能改善时,其Lysholm评分

也显著提高,提示主观与客观评估结果变化趋势的相似^[26]。一项评估了IKDC评分、TSK评分、压力中心、稳定极限面积、闭眼压力中心速度的研究显示,随着ACL重建术后患者膝关节功能评分的增加,下肢平衡能力同样改善^[27]。而VAS评分与关节功能的相关性较低^[28]。由此可见,部分主观指标与客观指标的一致性在ACL重建术后患者的评估中有较好的体现。此外,经过系统康复训练的ACL重建术后患者的膝关节功能评分与平衡量表评分均有显著提高,表明与主观量表间也存在一定的相关性^[29]。尽管本研究中ACL重建组患者的主观评分均差于健康对照组,但静态姿势控制能力较为相似,动态平衡功能表现出更明显的双侧差异。这一结果与牛光明^[30]的研究结果不一致,其发现接受ACL重建的患者,IKDC评分与星形偏移平衡测试的相对位移距离均与对照组存在显著差异,表明ACL重建术后患者膝关节主观功能感知与客观动态姿势稳定性仍存在缺陷。可能由于样本量及入组对象病程等原因产生不同结果。

本研究样本量较小,患者术后时间跨度较大。未来尚需补偿前瞻性、大样本高质量的临床研究的动态观察。

综上所述,本研究通过主观量表与功能测试较为全面地分析可能影响ACL重建术后患者姿势控制能力的因素,并探索双下肢不对称性的潜在意义,期望有助于指导ACL重建术后患者康复。

作者贡献 刘昕怡:数据收集与分析,文章撰写;马莹、李金娟、侯乃靖:数据收集;常祺、谢惠敏:文章指导;张立宁:文章设计与指导,审读与修订。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突。

数据共享声明 相关数据可于本文发表2年后与作者联系获取。

参考文献

- Fang KB, Dai ZS, Lin XC. The tibial insertion of the hamstring can be considered to be preserved during anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Front Surg*, 2022, 9: 996289.
- Kazemnejad A, Asosheh A, Moezy A, et al. Therapy-based expert system on function and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction: a pilot study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24 (1): 617.
- Röijezon U, Clark NC, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. part 1: basic science and principles of assessment and clinical interventions [J]. *Man Ther*, 2015, 20 (3): 368-377.

- 刘晓磊, 张鸿悦, 章耀华, 等. 前交叉韧带重建术后患者膝本体感觉与姿势控制的相关性 [J]. *中国康复*, 2021, 36 (3): 170-173.
- 袁伟, 王晓平, 李春宝. 前交叉韧带重建后移植物失效的相关因素研究进展 [J]. *解放军医学院学报*, 2021, 42 (8): 890-895.
- Hu SS, Ma XL, Ma XY, et al. Relationship of strength, joint kinaesthesia, and plantar tactile sensation to dynamic and static postural stability among patients with anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Front Physiol*, 2023, 14: 1112708.
- Gholami M, Kamali F, Mirzeai M, et al. Effects of kinesio tape on kinesiophobia, balance and functional performance of athletes with post anterior cruciate ligament reconstruction: a pilot clinical trial [J]. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 2020, 12: 57.
- He X, Qiu JH, Cao MD, et al. Effects of deficits in the neuromuscular and mechanical properties of the quadriceps and hamstrings on single-leg hop performance and dynamic knee stability in patients after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Orthop J Sports Med*, 2022, 10 (1): 23259671211063893.
- Zhang L, Qi J, Zeng Y, et al. Proprioceptive changes in bilateral knee joints following unilateral anterior cruciate ligament injury in Cynomolgus monkeys [J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24: 105-113.
- 金铭亮, 李祖国, 龙华, 等. 飞行员前交叉韧带重建术后4例康复治疗经验及医学鉴定结论并文献复习 [J]. *解放军医学院学报*, 2023, 44 (12): 1335-1339.
- 施政良, 李彦林, 余洋, 等. 前交叉韧带重建术后重返运动评估方法研究进展 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2023, 37 (4): 495-501.
- Kim H, Onate JA, Criss CR, et al. The relationship between drop vertical jump action-observation brain activity and kinesiophobia after anterior cruciate ligament reconstruction: a cross-sectional fMRI study [J]. *Brain Behav*, 2023, 13 (2): e2879.
- Agostini F, de Sire A, Furcas L, et al. Postural analysis using rasterstereography and inertial measurement units in volleyball players: different roles as indicators of injury predisposition [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59 (12): 2102.
- 魏智丰, 王子朴, 杜承润, 等. 平衡能力训练在下肢运动损伤预防及康复中的应用研究 [J]. *中国体育科技*, 2022, 58 (10): 9-13.
- 叶云天, 陈继鑫, 刘爱峰. 前交叉韧带重建后本体感觉训练: 提高关节稳定性及运动平衡能力 [J]. *中国组织工程研究*, 2024, 28 (27): 4421-4428.
- Staples JR, Schafer KA, Smith MV, et al. Decreased postural control in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction compared to healthy controls [J]. *J Sport Rehabil*, 2019, 29 (7): 920-925.
- Neghaban H, Mazaheri M, Kingma I, et al. A systematic review of postural control during single-leg stance in patients with untreated anterior cruciate ligament injury [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22 (7): 1491-1504.
- Felix ECR, Alonso AC, Brech GC, et al. Is 12 months enough to reach function after athletes' ACL reconstruction: a prospective longitudinal study [J]. *Clinics (Sao Paulo)*, 2022, 77: 100092.
- An YW, Kang YM, Jun HP, et al. Anterior cruciate ligament reconstructed patients who recovered normal postural control have dissimilar brain activation patterns compared to healthy controls [J]. *Biology (Basel)*, 2022, 11 (1): 119.

(下转封三)