

# 振动训练联合常规运动康复对前交叉韧带重建术后患者本体感觉、平衡功能和膝关节功能的影响

胡玉娇<sup>1</sup>, 王广玲<sup>1</sup>, 蒋小颖<sup>2</sup>, 李淑涵<sup>1</sup>

(1. 江苏省人民医院骨科, 江苏 南京 210000; 2. 泰州市中医院骨伤科, 江苏 泰州 225300)

**【摘要】目的:** 探讨振动训练联合常规运动康复对前交叉韧带(ACL)重建术后患者本体感觉、平衡功能和膝关节功能的影响。**方法:** 选取190例ACL重建术后患者为研究对象,根据护理干预方式不同将患者分为对照组和观察组,每组各95例。对照组予常规运动康复护理;观察组在常规基础上加振动训练,干预时间均为6周。比较两组患者干预前及干预6周后膝关节主动角度重现测试值(AAR)、患侧膝关节肌群肌力[伸膝及屈膝峰值力矩(PT)]、Berg量表(BBS)评分、跌倒指数、Lysholm评分(LKS)和国际膝关节评分委员会(IKDC)评分。**结果:** 干预前,两组患者AAR、伸膝及屈膝PT、BBS评分、跌倒指数、LKS评分、IKDC评分比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。干预6周后,两组患者膝关节AAR(30°和60°)、跌倒指数均减小,且观察组小于对照组( $P < 0.05$ );伸膝PT及屈膝PT、BBS评分、LKS评分及IKDC评分均升高,且观察组高于对照组( $P < 0.05$ )。**结论:** 振动训练联合常规康复护理能改善ACL重建术患者患膝本体感觉,提升平衡功能,促进膝关节功能恢复。

**【关键词】** 前交叉韧带;运动康复;振动训练;本体感觉;平衡功能;膝关节功能

**【中图分类号】** R459.9 **【文献标志码】** A

## Effect of vibration training combined with routine exercise rehabilitation nursing on knee proprioception, balance function and joint function recovery in patients after anterior cruciate ligament reconstruction

HU Yu-jiao<sup>1</sup>, WANG Guang-ling<sup>1</sup>, JIANG Xiao-ying<sup>2</sup>, LI Shu-han<sup>1</sup>

(1. Department of Orthopedics, Jiangsu Provincial Hospital, Nanjing 210000; 2. Department of Orthopedics, Taizhou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Taizhou 225300, Jiangsu, China)

**【Abstract】 Objective:** To explore the effect of vibration training combined with routine exercise rehabilitation nursing on knee proprioception, balance function and joint function recovery in patients after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. **Methods:** 190 patients after ACL reconstruction were divided into control group and observation group according to different nursing intervention methods, each group had 95 cases. The control group was given routine exercise rehabilitation, and the observation group was given vibration training on the basis of routine exercise rehabilitation. Before and 6 weeks after the intervention, the knee joint active angle recurrence test value (AAR), the muscle strength of the affected knee joint muscle group [knee extension and knee flexion peak torque (PT)], Berg scale (BBS) score, fall index, Lysholm score (LKS) and International Knee Documentation Committee (IKDC) score were evaluated. **Results:** Before the intervention, there was no significant difference in AAR, PT value of knee extension, PT value of knee flexion, BBS score, fall index, LKS score and IKDC score between the two groups ( $P > 0.05$ ). After 6 weeks of intervention, the knee joint AAR (30° and 60°) and fall index of both groups of patients decreased, and the observation group was smaller than the control group ( $P < 0.05$ ), the PT of knee extension and flexion, BBS score, LKS score, and IKDC score all increased, and the observation group was higher than the control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Vibration training combined with routine rehabilitation nursing can improve the proprioception of knee joint, improve the balance function and better restore the function of knee joint in patients with ACL reconstruction.

**【Key words】** Anterior cruciate ligament; Exercise rehabilitation; Vibration training; Proprioception; Balance function; Knee function

前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤是常见的膝关节损伤之一,多由运动所致,可导致

关节不稳定和局部疼痛,严重影响膝关节功能<sup>[1]</sup>。ACL重建术是治疗 ACL 损伤的主流方法,能恢复 ACL 组织学完整,但手术无法完全恢复感觉纤维,术后本体感觉缺失使神经肌肉控制下降,进而影响膝关节稳定性,甚至增加膝关节再损伤风险<sup>[2]</sup>,故术后需积极予以运动康复护理。研究<sup>[3]</sup>显示,部分 ACL 损伤患者术后经常规康复运动功能恢复欠佳,多表现为运动时身体感知减弱,慢跑、爬楼梯功能下降等。因此,如何更有效地促进 ACL 损伤后本体感觉的恢复,促进运动功能改善是 ACL 损伤后康复的研究热点。振动训练是近年出现的一种神经肌肉训练疗法,能够通过振动刺激产生波能传递到身体,对肌肉骨骼器官产生神经生理学效应,对骨关节系统病损有治疗作用<sup>[4]</sup>。有研究<sup>[5]</sup>表明,振动训练能够增加膝关节本体感觉的输入,改善患者平衡性。但目前关于振动训练在 ACL 损伤患者重建术后康复中的应用尚少。本研究旨在探讨振动训练联合常规运动康复对 ACL 重建术后患者本体感觉、平衡功能和膝关节功能的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2023 年 6 月到 2024 年 6 月江苏省人民医院收治的 190 例 ACL 重建术后患者为研究对象,根据护理干预方式不同将患者分为对照组和观察组,每组各 95 例。本研究经医院医学伦理委员会审核批准,患者知情同意。两组患者一般资料比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。纳入标准:(1)单侧 ACL 损伤;(2)首次行 ACL 重建术;(3)年龄 18~50 岁。排除标准:(1)有下肢其他骨关节病损;(2)先前有膝关节手术史;(3)有过下肢骨折手术经历;(4)严重视觉障碍;(5)严重认知障碍;(6)合并其他严重疾病。

表 1 两组患者一般资料比较 $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

组别	性别		年龄(岁)	患侧		体质量指数 (kg/m <sup>2</sup> )
	男	女		左	右	
观察组(n=95)	54(56.84)	41(43.16)	34.41±9.54	50(52.63)	45(47.37)	24.31±2.49
对照组(n=95)	57(60.00)	38(40.00)	33.68±9.11	52(54.74)	43(45.26)	24.66±2.37
$t/\chi^2$ 值	0.195		0.531		0.085	0.992
P 值	0.659		0.596		0.771	0.322

### 1.2 方法

对照组患者予以术后常规康复护理,3 次/周,共进行 6 周,主要包括以下,(1)髌骨松动:用手对髌骨边缘施压,使髌骨朝不同方向(上、下、内、外)进行滑动,此过程中保持髌骨水平,在终末位置维持 2 s,5 min/次;(2)关节活动度训练:患者行坐立,尽

可能将膝关节予以屈曲,干预者用手对患者踝关节施压,以适当拉伸膝关节,持续 1 min,5 min/次;(3)肌力训练:第 1 周,先予以直腿抬高训练,第 2 周,可在弹力带保护下进行抗阻训练,循序渐进,按患者情况逐步增加阻力;第 3 周,进行靠墙静蹲训练;15 min/次。(4)平衡训练:开始时,主要进行重心转移训练,然后利用平衡球进行平衡练习,约 5 min/次。在对照组基础上,观察组患者在康复训练第 2 周开始实施振动训练,仪器为 SVG 振动治疗仪(德国产),具体方法为,患者站立在仪器台面上,两脚自然张开,与肩同宽,屈膝 15°~20°,双眼望向前方,患者上身用悬吊带进行固定,同时双手将扶把抓住以稳定。参数为频率 30 Hz、振幅 3 mm、10 min/次。1 次/d,6 d/周,共进行 6 周。

### 1.3 观察指标

(1)膝关节角度重现测试值(AAR):干预前及干预 6 周后进行评估,具体测定方法为<sup>[6]</sup>:患者取坐位,用眼罩蒙住双眼,戴上耳塞,同时还穿好过膝长筒袜,开始时,膝关节屈曲 90°,由医护人员将患者患膝分别屈曲到 30°和 60°,每个位置保持 10 s 后再复原,然后让患者自主地将患膝屈曲之前被动屈曲的位置并保持 10 s,利用关节角度仪测量主动屈曲与被动屈曲的角度,计算差值,即为主动角度重现 AAR,其值越小,则认为患者有着越好的位置感知,也意味着其本体感觉越好。(2)患侧膝关节肌群肌力:干预前及干预 6 周后,用等速肌力训练系统测定,在 60°/s 的角速度下,测量出肌肉收缩最大时的肌力输出,即峰值力矩(PT),包括伸膝 PT(反映包括股四头肌在内的大腿前群肌力)与屈膝 PT(反映包括腘绳肌在内的大腿后群肌力)。(3)平衡功能:干预前及干预 6 周后采用 Berg 量表(BBS)<sup>[7]</sup>评分评估,总分 56 分,数值越高动态平衡功能越好;此外,使用 Tetrax 平衡仪评估跌倒指数,具体方法为:患者站立于仪器平衡台之上,对其睁眼站立、闭眼站立、闭眼向右转头等 8 个姿势进行测量,总分为 0~100 分,得分越高,患者平衡能力越差,越容易跌倒。(4)膝关节功能:干预前及干预 6 周后,采用 Lysholm 评分(LKS)及国际膝关节评分委员会(IKDC)评分<sup>[8]</sup>评估,两项满分均 100 分,得分越高膝关节功能越好。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件对数据进行处理与分析。计量资料符合正态分布且方差齐性,以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较行独立样本  $t$  检验,组内比较行配对样本  $t$  检验;计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较行独立样本  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者膝关节角度重现 AAR 比较

干预前,两组患者 AAR(30°和 60°)比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。干预 6 周后,两组患者膝关节 AAR(30°和 60°)均减小( $P < 0.05$ ),且观察组小于对照组( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 两组患者膝关节主动角度重现 AAR 比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	AAR(30°)		AAR(60°)	
	干预前	干预 6 周后	干预前	干预 6 周后
观察组(n=95)	8.82 ± 2.16	4.17 ± 1.21 <sup>①</sup>	9.14 ± 2.76	4.34 ± 1.14 <sup>①</sup>
对照组(n=95)	8.69 ± 2.31	5.24 ± 1.45 <sup>①</sup>	9.02 ± 2.54	5.47 ± 1.53 <sup>①</sup>
t 值	0.401	5.522	0.312	5.772
P 值	0.689	<0.001	0.756	<0.001

① $P < 0.05$ ,与同组干预前比较。

### 2.2 两组患者患侧膝关节肌群肌力比较

干预前,两组患者患侧膝关节伸膝及屈膝 PT 比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。干预 6 周后,两组患者患侧膝关节伸膝及屈膝 PT 均升高( $P < 0.05$ ),且观察组高于对照组( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 3 两组患者患侧膝关节肌群肌力比较( $\bar{x} \pm s, Nm$ )

组别	伸膝 PT		屈膝 PT	
	干预前	干预 6 周后	干预前	干预 6 周后
观察组(n=95)	35.24 ± 4.68	69.54 ± 8.14 <sup>①</sup>	24.45 ± 5.21	54.78 ± 5.36 <sup>①</sup>
对照组(n=95)	36.12 ± 5.14	65.79 ± 6.42 <sup>①</sup>	25.11 ± 4.98	51.36 ± 4.84 <sup>①</sup>
t 值	1.234	3.526	0.893	4.616
P 值	0.219	0.001	0.373	<0.001

① $P < 0.05$ ,与同组干预前比较。

### 2.3 两组患者平衡功能比较

干预前,两组患者 BBS 评分及跌倒指数比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。干预 6 周后,两组患者 BBS 评分均升高( $P < 0.05$ ),且观察组高于对照组( $P < 0.05$ );跌倒指数均降低( $P < 0.05$ );且观察组低于对照组( $P < 0.05$ )。见表 4。

表 4 两组患者平衡功能比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	BBS 评分(分)		跌倒指数(cm)	
	干预前	干预 6 周后	干预前	干预 6 周后
观察组(n=95)	35.89 ± 4.71	52.74 ± 3.68 <sup>①</sup>	68.54 ± 12.36	23.31 ± 5.47 <sup>①</sup>
对照组(n=95)	36.43 ± 4.92	49.12 ± 5.34 <sup>①</sup>	66.97 ± 11.15	26.39 ± 6.22 <sup>①</sup>
t 值	0.509	5.523	0.960	2.448
P 值	0.613	<0.001	0.338	0.015

① $P < 0.05$ ,与同组干预前比较。

### 2.4 两组患者膝关节功能比较

干预前,两组患者 LKS 及 IKDC 评分比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。干预 6 周后,两组患者 LKS 及 IKDC 评分均升高( $P < 0.05$ ),且观察组高于

对照组( $P < 0.05$ )。见表 5。

表 5 两组患者膝关节功能比较( $\bar{x} \pm s$ ,分)

组别	LKS 评分		IKDC 评分	
	干预前	干预 6 周后	干预前	干预 6 周后
观察组(n=95)	62.43 ± 4.68	83.36 ± 6.24 <sup>①</sup>	46.25 ± 5.36	68.51 ± 6.34 <sup>①</sup>
对照组(n=95)	63.25 ± 4.97	79.86 ± 5.97 <sup>①</sup>	47.51 ± 5.14	65.78 ± 7.11 <sup>①</sup>
t 值	1.171	3.950	1.654	2.793
P 值	0.243	<0.001	0.100	0.006

① $P < 0.05$ ,与同组干预前比较。

## 3 讨论

ACL 重建术是治疗 ACL 损伤的最有效手段,但患者经手术治疗后仍存在膝关节不稳、肌肉力量不足和活动障碍等问题。运动康复已被广泛证实是 ACL 重建术后提高膝关节功能的重要手段,然而不少患者常规康复运动后运动功能的恢复差强人意<sup>[9-11]</sup>,因此亟需进一步优化术后康复护理方案。本体感觉损伤是影响 ACL 术后膝关节功能恢复的关键,本体感觉反馈在功能改善中有着重要作用。故从如何恢复本体感觉着手,以促进 ACL 损伤后运动功能的恢复有着重要意义。

振动训练作为新兴的一种神经肌肉训练疗法,可产生正弦波振动并传到入人体肌肉骨骼,引起肌肉骨骼器官出现神经肌肉反射,对肌肉、关节感受器产生神经生理学效应,发挥治疗作用<sup>[12]</sup>。有研究<sup>[13]</sup>认为,振动能够对肌腱、关节受体等一系列感受器产生刺激,将感觉输入传递至皮层,中枢神经接受相应信号并整合后,有助于使得躯体感觉功能得以改善。王琴等<sup>[14]</sup>研究表明,全身振动训练能够促进膝关节本体感觉功能恢复,进而改善关节功能。本研究结果显示,干预后观察组患者膝关节 AAR(30°和 60°)小于对照组( $P < 0.05$ ),表明常规运动康复基础上予以振动训练可使得患者更好地感知位置,本体感觉恢复更好。

研究<sup>[15]</sup>发现,ACL 重建术后患者普遍存在股四头肌萎缩,不仅是影响膝关节稳定性的关键,还被认为膝关节术后再损伤的危险因素。因此促进膝关节肌肉力量的提升尤为重要。本研究结果显示,干预后观察组患者患侧膝关节伸膝、屈膝 PT 高于对照组( $P < 0.05$ ),表明常规运动康复基础上,进行振动训练可使患者膝关节肌群肌力得到增强,肌肉力量改善。分析原因是振动训练能通过刺激肌梭,激活  $\alpha$  运动神经元,而增强肌肉收缩,促进肌肉力量增强<sup>[16]</sup>;还能够刺激肌腱、肌肉和关节等组织的感受器,促进肌肉激活,刺激神经元,从而改善增强肌力,使膝关节控制得以改善。Coulondre 等<sup>[5]</sup>报道,相比

常规康复,振动训练联合常规康复可更好地增强股四头肌力量,与本研究类似。

本研究中,与对照组比较,干预后观察组患者BBS评分更高( $P < 0.05$ ),跌倒指数更低( $P < 0.05$ ),表明振动训练对患者平衡功能改善有积极效果。振动训练疗法能帮助重建膝关节本体感觉,从而有助于提升平衡功能,改善躯体功能性活动<sup>[17]</sup>。此外,本体感觉的改善有助于关节反应速度的提升,能够更加自如地应对运动变化,从而有助于平衡能力的提升<sup>[18]</sup>。相较于对照组,干预后观察组患者LKS评分和IKDC评分更高( $P < 0.05$ ),表明实施振动训练对患者膝关节功能恢复有促进作用,联合常规康复效果更好。究其原因可能是振动训练改善躯体感觉功能,增强肌肉力量,使得关节更加稳定,在此前提下,患者行走姿势趋近正常,肌肉异常收缩减少,使得患者能够更好地完成下蹲、上下楼等功能性活动,进而膝关节功能得到更有效的提升。

综上,在常规康复基础上,对ACL重建术后患者予以振动训练能改善其膝关节本体感觉,增强肌力,提升平衡功能,有助于膝关节功能的恢复。

#### 参考文献

- [1] Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, et al. Stiff landings, core stability, and dynamic knee Valgus: a systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(7): 3826.
- [2] Kotsifaki R, Korakakis V, King E, et al. Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. British Journal of Sports Medicine, 2023, 57(9): 500–514.
- [3] Kakavas G, Malliaropoulos N, Bikos G, et al. Periodization in anterior cruciate ligament rehabilitation: a novel framework[J]. Medical Principles and Practice, 2021, 30(2): 101–108.
- [4] 伍丹丹, 严隽陶. 振动疗法在康复临床中的应用及研究进展[J]. 现代中西医结合杂志, 2020, 29(4): 452–456.
- [5] Coulondre C, Souron R, Rambaud A, et al. Local vibration training improves the recovery of quadriceps strength in early rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a feasibility randomised controlled trial[J]. Annals of Physical and Rehabilitation

Medicine, 2022, 65(4): 101441.

- [6] Li L, Ji ZQ, Li YX, et al. Correlation study of knee joint proprioception test results using common test methods[J]. Journal of Physical Therapy Science, 2016, 28(2): 478–482.
- [7] 金冬梅, 燕铁斌, 曾海辉. Berg平衡量表的效度和信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2003, 18(1): 25–27.
- [8] Paul MA, Davies LJ, Hopewell S, et al. Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries[J]. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016, 4(4): CD011166.
- [9] 刘书芳, 矫玮, 张晓辉, 等. 前交叉韧带重建术后运动员运动功能测试与临床评估的相关性[J]. 中国运动医学杂志, 2015, 34(9): 898–900.
- [10] 吉小红, 翟航荣, 崔彤. 阶段性系统康复锻炼对军事训练致膝关节前交叉韧带损伤患者膝关节功能的影响[J]. 河北医药, 2023, 45(8): 1211–1214.
- [11] 王薇, 李昔胜, 李婷, 等. 经皮穴位电刺激联合下肢康复机器人在膝关节前交叉韧带损伤重建术后康复中的应用效果分析[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(15): 2857–2862.
- [12] 刘丽莹, 孙明立. 全身振动训练改善膝骨关节炎患者疼痛及关节功能的meta分析[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(8): 1133–1137.
- [13] Oroszi T, Van Heuvelen MJG, Nyakas C, et al. Vibration detection: its function and recent advances in medical applications[J]. F1000Research, 2020, 9: F1000FacultyRev-F1000Faculty619.
- [14] 王琴, 黎华茂, 黄萍, 等. 平衡测试及训练系统联合全身振动系统对半月板关节镜修复术后康复疗效、预后影响[J]. 临床军医杂志, 2023, 51(7): 734–736.
- [15] Shi H, Huang H, Ren S, et al. The relationship between quadriceps strength asymmetry and knee biomechanics asymmetry during walking in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Gait & Posture, 2019, 73: 74–79.
- [16] Arora NK, Sharma S, Saifi S, et al. Effects of combined whole body vibration and resistance training on lower quadrants electromyographic activity, muscle strength and power in athletes[J]. The Foot, 2021, 49: 101844.
- [17] Mildren RL, Bent LR. Vibrotactile stimulation of fast-adapting cutaneous afferents from the foot modulates proprioception at the ankle joint[J]. Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md), 2016, 120(8): 855–864.
- [18] Ghai S, Driller M, Ghai I. Effects of joint stabilizers on proprioception and stability: a systematic review and meta-analysis[J]. Physical Therapy in Sport, 2017, 25: 65–75.

(收稿日期: 2024-09-21

修回日期: 2024-11-03)