

前交叉韧带重建术后患者居家康复护理中可穿戴设备的应用

崔佰红, 顾海燕, 张徐萍

摘要: **目的** 评价基于传感器的可穿戴设备在前交叉韧带重建术患者居家康复护理中的应用效果。 **方法** 根据住院时间将骨关节科 2022 年 1—6 月收治的行前交叉韧带重建术患者 33 例作为对照组, 2022 年 7—12 月收治的 31 例作为观察组。对照组实施常规术后护理及康复训练, 观察组在常规康复训练的同时佩戴基于传感器的可穿戴设备进行居家康复监督指导。于术后 2 周、6 周、12 周评价患者膝关节功能及康复锻炼依从性。 **结果** 两组 Lysholm 膝关节评分、国际膝关节评分委员会评分、康复锻炼依从性得分比较, 时间效应、组间效应及交互效应差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。 **结论** 佩戴基于传感器的可穿戴设备进行居家康复监督指导, 可有效提高前交叉韧带重建术后患者康复锻炼依从性, 改善患者膝关节功能, 有利于膝关节功能早日康复。

关键词: 前交叉韧带重建; 传感器; 可穿戴设备; 膝关节功能; 康复训练; 依从性; 康复护理; 居家护理

中图分类号: R473.6; R493 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2024.10.093

Application of wearable devices in home rehabilitation care for patients after anterior cruciate ligament reconstruction surgery

Cui Baihong, Gu Haiyan, Zhang Xuping.

Department of Orthopaedics, The Second Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong First People's Hospital, Nantong 226001, China

Abstract: **Objective** To evaluate the application effect of wearable devices in home rehabilitation care for patients after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. **Methods** According to the time of admission, a total of 33 patients who underwent anterior cruciate ligament reconstruction surgery in the department of osteoarthritis from January to June 2022 were selected as a control group, and 31 patients from July to December 2022 were selected as an experimental group. The control group received routine rehabilitation training. The experimental group received routine rehabilitation while wearing wearable devices based on sensors for home rehabilitation supervision and guidance. The patients' knee function scores and rehabilitation exercise compliance scores were evaluated at 2, 6, and 12 weeks postoperatively. **Results** The scores of Lysholm knee joint, IKDC, and rehabilitation exercise compliance were statistically significant between two groups in terms of time effect, inter-group effect, and interaction effect (all $P < 0.05$). **Conclusion** Wearing sensor-based wearable devices for home-based rehabilitation supervision and guidance can effectively improve patient rehabilitation exercise compliance, and knee joint function of patients after anterior cruciate ligament reconstruction surgery.

Keywords: anterior cruciate ligament reconstruction; sensors; wearable devices; knee joint function; rehabilitation training; compliance; rehabilitation nursing; home care

前交叉韧带 (Anterior Cruciate Ligament, ACL) 损伤是膝关节损伤的常见类型, 损伤病因多为直接或间接暴力, 易导致膝关节肿胀、疼痛、功能障碍等^[1]。前交叉韧带重建术 (Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, ACLR) 是前交叉韧带损伤后最主流的手术方式, 该手术具有创伤小、安全性高、恢复快、痛苦小、住院时间短的优势^[2]。随着加速康复外科的发展, 患者住院时间仅占整个康复周期的

5% 左右^[3]。若患者居家康复期间缺乏规范指导及有效监督, 会造成患者术后康复训练连续性和依从性明显不足。如果锻炼过于积极, 会造成膝关节积液、韧带松弛、韧带断裂等并发症; 如果缺乏锻炼或锻炼强度小, 不能对韧带造成牵拉, 则无法激发本体感觉的恢复, 只有恰当的康复训练才能取得最佳训练效果^[4-5]。加强对患者出院后的居家康复管理, 保证患者康复锻炼的准确性, 是目前居家康复过程中迫切需要解决的问题。随着移动互联网和生物传感技术的飞速发展, 研究者在骨科领域积极探索, 搭建医患沟通平台, 实现院内康复和居家康复的无缝衔接, 保障康复疗效^[6]。基于传感器的可穿戴设备通过内置传感器, 能够快速、精准获取膝关节锻炼的数据, 同时设备具有轻便、使用方法简单等优点, 便于监督患者居家康复。本研究使用基于传感器的可穿戴设备对前交叉韧带重建术患者进行居家康复监测及指导, 取得良好效果, 报告如下。

作者单位: 南通大学第二附属医院/南通市第一人民医院骨科 (江苏 南通, 226001)

崔佰红: 女, 硕士, 副主任护师, 护士长, baihongok@126.com

通信作者: 顾海燕, guhaiyan.2009@163.com

科研项目: 2022 年南通市卫生健康委员会科研课题指令性项目 (QN2022021); 2022 年南京医科大学康达学院教育研究课题重点项目 (KD2022JYYJZD003); 2022 年南通大学教学改革研究课题 (2022B21)

收稿: 2023-12-03; 修回: 2024-02-07

1 资料与方法

1.1 一般资料 随机选取在南通大学第二附属医院骨关节科行前交叉韧带重建术患者为研究对象。纳入标准：①外伤后确诊为前交叉韧带断裂，无其他韧带损伤；②年龄 18~60 岁；③首次行前交叉韧带重建术，无其他膝关节手术史；④无严重的心、脑、肾疾病及认知障碍。排除标准：①Ⅲ度以上骨软骨损伤或伴

膝关节骨折；②妊娠妇女；③合并关节感染、血管神经损伤等；④涉及(工伤交通)赔偿的案例。根据住院时间将入选患者分为两组，2022 年 1—6 月收治的行前交叉韧带重建术患者 33 例作为对照组，2022 年 7—12 月收治的 31 例作为观察组。两组基本资料比较，见表 1。本研究已获得我院伦理委员会审批(2021KT129)。患者自愿参加并签署知情同意书。

表 1 两组患者基本资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	文化程度(例)			家庭人均月收入(例)			独居(例)	
		男	女		本科及以上	大专	中专及以下	<2 500 元	2 500~5 000 元	>5 000 元	是	否
对照组	33	21	12	39.15±14.44	6	15	12	2	11	20	5	28
观察组	31	19	12	41.74±14.41	5	14	12	3	10	18	4	27
统计量		$\chi^2=0.038$		$t=0.718$	$Z=0.241$			$Z=0.291$				
P		0.846		0.476	0.810			0.865			1.000	

组别	例数	BMI ($\text{kg}/\text{cm}^2, \bar{x} \pm s$)	医疗支付方式(例)			术侧肢体(例)		麻醉方式(例)		手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	止血带使用时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	术后下床时间 (d, $\bar{x} \pm s$)
			自费	医保	公费	左	右	全麻	腰麻			
对照组	33	23.24±1.58	3	29	1	16	17	31	2	108.58±6.91	62.64±4.21	1.12±0.06
观察组	31	22.85±1.82	2	28	1	15	16	29	2	104.39±5.46	62.77±4.48	1.13±0.08
统计量		$t=0.931$				$\chi^2=0.000$				$t=2.679$	$t=0.127$	$t=0.463$
P		0.355	1.000			1.000		1.000		0.009	0.900	0.185

1.2 方法

1.2.1 干预方法 两组手术方式均为切取半腱肌和股薄肌进行韧带重建,手术及护理由同一治疗护理组完成。①对照组。术后按照骨科常规护理,围手术期按前交叉韧带重建术患者康复训练方案进行康复训练。责任护士告知患者术后需要配合的事项及术后康复内容。住院期间发放《前交叉韧带重建术术后本体感觉康复锻炼手册》,手册中详细介绍患者从入院至术后 12 周的康复训练方法,患者按手册上的康复流程进行锻炼。出院后,由负责随访的医护人员定期在公众号和微信群推送康复知识,并对出院患者进行微信或电话随访,了解患者出院后居家康复情况,督促患者按照康复进度进行锻炼。②观察组。在对照组基础上于居家康复训练时使用基于传感器的可穿戴设备(广州市捷达电子医疗器械制造有限公司产品,型号 EA-F263L)进行康复锻炼监测及指导。该设备由内置传感器的电极钮扣、电极片、主机和游“韧”有余 App 构成。电极钮扣通过电极片分别固定于术侧足底或足背、髌骨中点、髌骨内侧、髌骨外侧、股中间肌中间 5 个位置。锻炼前,先将 5 个带有凝胶的电极片粘贴于指定的位置,再将电极钮扣按照标识分别与电极片结合,通过绑带将设备主机固定于小腿中部。连接完成后,患者打开主机和手机蓝牙、游“韧”有余 App,根据不同阶段的康复内容进行相应的康复锻炼。患者出院时,医生根据患者的个体情况在游“韧”有余 App 中设定每日康复锻炼内容和最低完成频次,若康复频次达到设定的数值手机端则显示“达标”,若未达设定频次则显示红色“未达标”;若高度和角度达到预设定的数值,则自动计数 1 次,否则不计数并闪红灯提醒;每日 6:00、12:00 和 18:00 自动推送

功能锻炼的提醒。护理人员每日通过 App 医护端反馈的数据,远程评估患者康复训练完成情况,并提供远程指导,课题组根据患者的实际训练情况调整康复方案。通过每日康复锻炼完成情况及医护人员的反馈,患者可以清晰掌握目前康复进度及康复效果。

1.2.2 评价方法 由专门负责随访的研究人员于术前及术后 2、6、12 周测评以下指标。①Lysholm 膝关节评分^[7]。是评价膝关节临床功能的重要指标。评价主要涉及跛行、支持、不稳定、肿胀、交锁、疼痛、上楼、下蹲 8 个条目。各条目均具有明确的评分标准,如跛行为无(5 分)、轻微或偶尔(3 分)、持续严重(0 分)。该评分表采用的是累计得分制,总分 0~100 分,分值越高说明膝关节功能越好。该评分表总体 Cronbach's α 系数为 0.68,聚合效度和区分效度良好^[7]。②国际膝关节评分委员会评分(International Knee Documentation Committee, IKDC)^[7]。该评分表对前交叉韧带损伤的评估可靠性高、敏感性强、客观精准。由患者对膝关节功能的主观评价和检查者对膝关节韧带检查的客观评价两部分组成,前 10 个条目由患者自评,后 8 个条目由专业人员评估,总分 0~100 分,分值越高代表膝关节功能越好。该评分表 Cronbach's α 系数为 0.91,聚合效度和区分效度良好^[7]。③功能锻炼依从性。采用骨科患者功能锻炼依从性量表^[8]测评,该量表分为与身体方面相关锻炼依从性、与心理方面相关锻炼依从性、与主动学习相关锻炼依从性 3 个维度共 15 个条目。每个条目采用 Likert 5 级评分法,“根本做不到、很少做得到、偶尔做得到、基本做得到、完全做得到”依次计 1~5 分,总分 15~75 分,分数越高,代表依从性越好。总分≤20 分为低依从性,21~54 分部分依从,≥55 分依从性高。

该量表 Cronbach's α 系数为 0.930^[8]。

1.2.3 统计学方法 由 2 名课题组成员分别核对、录入数据,采用 SPSS22.0 软件整理和分析数据,计数资料采用 χ^2 检验、Fisher 精确概率法;等级资料行秩和检验;计量资料若服从正态分布且方差齐,则行 t 检验、重复测量的方差分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组干预前后 Lysholm 膝关节评分比较 见表 2。

表 2 两组干预前后 Lysholm 膝关节评分比较

		分, $\bar{x} \pm s$			
组别	例数	术前	术后 2 周	术后 6 周	术后 12 周
对照组	33	57.76 $\pm$ 2.72	63.45 $\pm$ 3.11	67.06 $\pm$ 2.74	76.58 $\pm$ 5.12
观察组	31	57.97 $\pm$ 2.04	66.35 $\pm$ 2.97	79.23 $\pm$ 3.91	88.19 $\pm$ 2.66
t		0.348	3.807	14.480	11.282
P		0.729	<0.001	<0.001	<0.001

注:两组比较, $F_{\text{组间}}=133.672, F_{\text{时间}}=989.029, F_{\text{交互}}=81.440$, 均 $P<0.001$ 。

2.2 两组干预前后 IKDC 评分比较 见表 3。

表 3 两组干预前后 IKDC 评分比较

		分, $\bar{x} \pm s$			
组别	例数	术前	术后 2 周	术后 6 周	术后 12 周
对照组	33	36.28 $\pm$ 2.47	45.64 $\pm$ 6.04	64.40 $\pm$ 2.49	82.42 $\pm$ 2.77
观察组	31	35.87 $\pm$ 2.31	53.10 $\pm$ 3.97	68.00 $\pm$ 3.16	87.52 $\pm$ 4.49
t		0.672	5.799	5.088	5.492
P		0.504	<0.001	<0.001	<0.001

注:两组比较, $F_{\text{组间}}=63.572, F_{\text{时间}}=2892.731, F_{\text{交互}}=13.629$, 均 $P<0.001$ 。

2.3 两组功能锻炼依从性得分比较 见表 4。

表 4 两组功能锻炼依从性得分比较

		分, $\bar{x} \pm s$			
组别	例数	术前	术后 2 周	术后 6 周	术后 12 周
对照组	33	50.45 $\pm$ 2.37	53.85 $\pm$ 4.56	54.09 $\pm$ 4.55	46.55 $\pm$ 1.56
观察组	31	50.48 $\pm$ 2.76	57.23 $\pm$ 4.07	58.68 $\pm$ 2.79	57.81 $\pm$ 2.34
t		0.046	3.714	4.825	22.740
P		0.964	0.003	<0.001	<0.001

注:两组比较, $F_{\text{组间}}=101.343, F_{\text{时间}}=504.330, F_{\text{交互}}=51.686$, 均 $P<0.001$ 。

3 讨论

3.1 基于传感器的可穿戴设备的应用可改善患者膝关节功能 前交叉韧带重建术后恢复膝关节功能和强化股四头肌力量是患者重返工作和生活的前提^[9]。前交叉韧带重建术后为了避免不恰当的屈膝运动造成韧带的二次损伤,医生会嘱咐患者佩戴可调节支具,在保护移植物的同时也可能会造成不同程度的肌肉萎缩或关节僵硬。有研究表明,早期系统、规范的功能锻炼可以有效预防膝关节粘连及肌肉萎缩,促进膝关节韧带功能的恢复^[10-11]。Lysholm 膝关节功能评分量表和 IKDC 评分量表主要用于评估膝关节韧带损伤后膝关节功能状况^[12]。本研究结果显示,术后 2、6、12 周观察组 Lysholm 膝关节功能评分、IKDC 评

分显著高于对照组(均 $P<0.05$),两组比较, $F_{\text{组间}}$ 、 $F_{\text{时间}}$ 、 $F_{\text{交互}}$ 均 $P<0.05$,说明随着时间的推移,观察组患者膝关节功能恢复效果显著优于对照组,表明基于传感器的可穿戴设备的应用可明显改善患者膝关节功能。基于传感器的可穿戴设备通过内置传感器连续监测并记录患者屈膝、直腿抬高、髌骨推移等运动的角度及频次,利用高度传感器和角度传感器将收集数据传回控制器,并在显示屏上显示,实时、客观地反映患者居家康复运动情况。基于传感器的可穿戴设备通过控制器将锻炼数据传回显示器,患者可以通过显示器的客观数据了解自己的锻炼情况,医护人员通过远程传输的数据,实时掌握患者的康复进度并予以指导。与传统的电话随访和微信随访相比,基于传感器的可穿戴设备的反馈更精确、智能,显示器上的红灯闪烁可及时提醒患者锻炼达标情况,保证居家康复锻炼的质量,可促进关节功能恢复。基于传感器的可穿戴设备可明显改善患者膝关节活动的主观感受,借助可穿戴设备反复练习,可激活神经肌肉的反射弧,向关节周围的软组织、神经中枢传递膝关节运动和肌肉收缩等本体感觉信号^[13],这些训练优化了膝关节囊及周围韧带感受器,让患者居家期间锻炼可视化,更愿意主动配合康复。由此可见,基于传感器的可穿戴设备的应用可促进前交叉韧带重建术后患者膝关节功能的恢复。

3.2 基于传感器的可穿戴设备的应用可提高前交叉韧带患者居家康复锻炼依从性 前交叉韧带重建术后康复周期长,一般需要长达半年以上的时间,期间患者无法回归正常的生活,常伴有焦虑、担心、害怕等负面情绪,进而影响康复训练依从性及康复效果。前交叉韧带重建术后患者的关节功能恢复与康复训练依从性呈正相关^[14]。鲁楠等^[15]研究表明,仅 30% 前交叉韧带重建术后患者康复锻炼依从性好,部分患者对康复训练的重要性认识不足,缺乏锻炼易造成膝关节活动受限,对患者的日常生活能力造成不同程度的影响,从而影响患者的康复信心^[16]。本研究结果显示,术后 2 周、6 周、12 周观察组康复锻炼依从性得分显著高于对照组(均 $P<0.05$)。可穿戴设备让患者居家康复期间能更加精准了解到膝关节康复锻炼情况,结合医护人员的康复目标,意识到自身锻炼行为的益处,使患者对锻炼行为产生认同,即使出院 12 周,患者仍能在可穿戴设备的监测下完成康复训练,提升了患者康复锻炼的依从性。传统的康复训练模式主要是在出院前告知患者出院后康复训练方法,护士通过电话或微信形式随访,锻炼情况的反馈主要来源于患者的口头描述,护士对锻炼的评价途径单一且真实性无法证实。患者居家康复期间,可能会因为害怕、担心等不愿主动锻炼,主观能动性差,当再次门诊复诊时,膝关节活动已经有不同程度的受限。基于传感器的可穿戴设备让医护人员对患者的居家康复锻

炼情况有充分的了解,患者也能感受到医疗服务未因出院而终止,有效缓解了患者不良情绪。基于传感器的可穿戴设备作为患者居家康复的监测设备,通过高度传感器和角度传感器监测患者康复锻炼情况,将收集的数据传回控制器并在显示器上显示,让患者对有效康复锻炼的情况一目了然。医护人员通过后台数据能及时查看患者康复锻炼的完成情况,并给予针对性指导。在医护人员指导下,患者参与居家康复锻炼的主动性和积极性均较高。本研究结果显示,随着康复时间的推移,两组术后 12 周康复锻炼依从性有所降低,但是观察组康复训练依从性仍显著高于对照组($P<0.05$)。康复训练依从性降低的原因可能是患者在回归生活和工作以后,随着关节功能的逐渐恢复,对康复锻炼的重要性有所弱化,逐渐减少康复锻炼时间,但是基于传感器的可穿戴设备能够提供客观、真实、有效的康复训练反馈,进而提高患者的主观能动性,提高患者康复锻炼依从性。

4 结论

本研究结果显示,基于传感器的可穿戴设备的应用可改善前交叉韧带重建术后患者膝关节功能,提升居家康复训练依从性。基于传感器的可穿戴设备通过高度传感器和角度传感器将患者康复训练的数据反馈给控制器,并在显示器上显示,确保前交叉韧带重建术患者居家康复期间康复训练的可视性、准确性、及时性,能够有效提高患者膝关节功能和居家康复锻炼依从性。该设备的不足:传感器分布于 5 个位置,并且通过导联线与主机相连,患者反馈导联线对功能锻炼有一定的影响。建议厂家开发传感器和主机之间的无线传输功能,以减少导联线对患者康复训练的影响。

参考文献:

[1] Paudei Y R, Sommerfeldt M, Voaklander D. Increasing incidence of anterior cruciate ligament reconstruction: a 17-year population-based study[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2023,31(1):248-255.

[2] 黄干,葛绍勇,汪洋,等.前交叉韧带残端保留自体腘绳肌腱重建术对膝关节功能、稳定性及本体感觉影响[J].中国骨与关节杂志,2021,10(7):487-492.

[3] Zhu S, Qian W, Jiang C, et al. Enhanced recovery after surgery for hip and knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis[J]. Postgrad Med J, 2017, 93(1106):736-742.

[4] Marx J S, Plantz M A, Gerlach E B, et al. Revision ACL

reconstruction has higher incidence of 30-day hospital readmission, reoperation, and surgical complications relative to primary procedures[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2022,30(5):1605-1610.

[5] Henle P, Bieri K S, Brand M, et al. Patient and surgical characteristics that affect revision risk in dynamic intra-ligamentary stabilization of the anterior cruciate ligament[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2018,26(4):1182-1189.

[6] 郑娅,曹建业,张峰,等.基于移动互联和生物传感技术的骨科康复产品在前叉韧带重建术后的应用[J].中国矫形外科杂志,2017,25(20):1858-1861.

[7] Celik D, Coskunsu D, Kilicoglu O. Translation and cultural adaptation of the Turkish Lysholm Knee Scale: ease of use, validity, and reliability[J]. Clin Orthop Relat Res, 2013, 471(8):2602-2610.

[8] 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.

[9] 覃华生,潘玮敏,李然,等.自体腘绳肌腱重建前交叉韧带后的康复策略[J].中国组织工程研究,2019,23(4):628-635.

[10] 苟艳君,王锐霞,夏琴,等.疼痛灾难化对全膝关节置换术患者锻炼依从性影响的有调节的中介效应[J].护理学杂志,2023,38(22):97-100.

[11] 陶益丽,陈丽敏,许金珠,等.骨科手术患者运动康复恐惧现状及影响因素分析[J].浙江创伤外科,2023,28(8):1482-1485.

[12] Briggs K K, Lysholm J, Tegner Y, et al. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm Score and Tegner Activity Scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later[J]. Am J Sports Med, 2009, 37(5):890-897.

[13] Schweizer N, Strutzenberger G, Franchi M V, et al. Screening tests for assessing athletes at risk of ACL injury or reinjury: a scoping review[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(5):2864.

[14] 秦爽,钱菁华.前交叉韧带损伤康复的研究进展[J].中国运动医学杂志,2017,36(9):834-839.

[15] 鲁楠,张爽,李悦,等.膝关节前交叉韧带重建术后患者功能康复认知和康复依从性的调查[J].中华现代护理杂志,2011,17(24):2868-2871.

[16] 聂萍,周艳蓉,陈叶玲,等.个性化运动处方在前交叉韧带重建术后护理中的应用[J].护理学杂志,2013,28(4):78-80.

(本文编辑 李春华)