

# 循环渐进式康复策略促进前交叉韧带重建术后患者下肢功能恢复的临床研究

耿倩 鹿青 李莎 臧雅静 顾聚源

**【摘要】** 目的 本研究的目的是探讨循环渐进式康复策略对前交叉韧带(ACL)重建术后股四头肌力量和膝关节功能恢复的影响。方法 98例曾行自体腘绳肌腱重建ACL的患者,按患者接受的康复策略分为试验组( $n=52$ )和对照组( $n=46$ )。试验组包括男性38例,女性14例,平均年龄( $28.64\pm 7.1$ )岁;对照组包括男性35例,女性11例,平均年龄( $29.42\pm 6.9$ )岁。对照组遵循常规的术后康复策略,试验组接受本课题组制订的循环渐进式个性化康复策略。在术后第4周、第12周和第24周测量股四头肌最大自主等长收缩。使用单腿跳跃距离测试、国际膝关节文件委员会2000主观膝关节表和Lysholm膝关节功能评分评估术后24周的膝关节功能。结果 与对照组相比,试验组在术后第12周的股四头肌MVIC更大,其中试验组为( $2.53\pm 0.48$ )Nm/kg,对照组为( $2.07\pm 0.38$ )Nm/kg( $P<0.001$ )。在术后第24周,与对照组相比,试验组的股四头肌强度更大,其中试验组为( $2.96\pm 0.51$ )Nm/kg,对照组为( $2.41\pm 0.49$ )Nm/kg( $P<0.001$ )。术后24周时,试验组OLHDT为( $89.91\pm 9.51$ )分,对照组为( $85.32\pm 10.12$ )分;试验组IKDC评分为( $84.91\pm 9.43$ )分,对照组为( $79.45\pm 8.86$ )分;试验组Lysholm评分为( $89.35\pm 8.47$ )分,对照组为( $76.97\pm 7.63$ )分,以上各评价指标中试验组均显著优于对照组(所有 $P<0.05$ )。在膝关节功能恢复优良率方面,试验组优良率显著高于( $92.31\%$ ,  $48/52$ )对照组( $76.09\%$ ,  $35/46$ ,  $P=0.026$ )。结论 本课题组制订的循环渐进式个性化康复策略有益于股四头肌力量和膝关节功能恢复。在ACLR康复治疗中,尤其是在康复治疗早期阶段,本康复策略经证实为一种安全且有效的康复训练方式。

**【关键词】** 前交叉韧带; 前交叉韧带重建术; 股四头肌力量; 康复策略; 术后护理

**A clinical study on the promotion of lower limb functional recovery in patients after anterior cruciate ligament reconstruction by cyclic progressive rehabilitation strategy** GengQian, LuQing, LiSha, Zang-Yajing, Gu Juyuan. The 2<sup>nd</sup> joint surgery department, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China

Corresponding author: Geng Qian, Email: wojiaogengqian@126.com

**【Abstract】** **Objective** The aim of this study was to investigate the effect of a cyclic progressive rehabilitation strategy on quadriceps strength and knee function recovery after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. **Methods** Ninety-eight patients who had undergone ACL reconstruction with autologous hamstring tendons were divided into test group ( $n=52$ ) and control group ( $n=46$ ) according to the rehabilitation strategy received by the patients. The control group followed the conventional postoperative rehabilitation strategy, and the experimental group received the cyclic progressive individualized rehabilitation strategy developed by our group. Maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of the quadriceps femoris muscle was measured at 4, 12, and 24 weeks after surgery. The One-Leg Hop for Distance Test (OLHDT), International Knee Documentation Committee 2000 Subjective Knee Form (IKDC), and Lysholm knee function scores were used to assess knee function at 24 weeks. **Results** The MVIC of the quadriceps femoris muscle at 12 weeks after surgery was significantly higher in the test group than in the control group ( $P<0.001$ ). At 24 weeks after surgery, the strength of the quadriceps femoris muscle in the test group was significantly greater than that in the control group ( $P<0.001$ ). The OLHDT, IKDC score and Lysholm score at 24

hours after surgery in the test group were significantly higher than those in the control group (all  $P < 0.05$ ). In terms of the excellent and good rate of knee joint function recovery, the excellent and good rate was 92.31% (48/52) in the test group and 76.09% (35/46) in the control group, and the excellent and good rate in the test group was significantly higher than that in the control group ( $P = 0.026$ ). **Conclusions** The cyclic progressive individualized rehabilitation strategy developed by our group is beneficial to the recovery of quadriceps strength and knee joint function. This rehabilitation strategy has been proven to be a safe and effective rehabilitation modality in ACLR rehabilitation, especially in the early stages of rehabilitation.

**【Key words】** Anterior cruciate ligament; Anterior cruciate ligament reconstruction; Quadriceps strength; Rehabilitation strategy; Postoperative care

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤是最常见的膝关节韧带损伤, 占膝关节韧带损伤的 50%<sup>[1,2]</sup>。其中 75% 的损伤发生在足球、篮球或滑雪等体育活动中<sup>[2-4]</sup>。此外, 由于人们运动量的不断提高, 患病率在最新趋势中也有所增加, 同时也意味着公共卫生的支出成本的增加。前交叉韧带重建术 (anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR) 已成为治疗 ACL 损伤的一种流行且有效的治疗方式, 能够恢复损伤后膝关节的稳定性<sup>[5-7]</sup>。美国每年发生超过 200 000 例前交叉韧带损伤, 其中超过一半的患者接受了 ACLR 治疗<sup>[8]</sup>。

然而, 在 ACLR 治疗后, 通常会出现肌肉力量显著下降、负荷不对称和膝关节稳定性下降等问题, 这可能导致运动恢复率的降低和二次 ACL 损伤<sup>[9,10]</sup>。ACLR 重建术后, 在骨科医生和康复医师的指导下, 正确的康复策略对于患者是否能恢复到受伤前的功能水平至关重要。在过去几十年中, 术后康复计划发生了巨大的变化。但是, 即使遵循了完善的术后康复方案, 股四头肌力量下降仍是 ACLR 术后存在的主要问题, 并且可能持续多年<sup>[11]</sup>。由于股四头肌强度与膝关节功能相关, 股四头肌肌肉力量的下降可能会引起髌骨软骨软化, 甚至进一步出现磨损。因此, 在 ACLR 术后长期过程中, 患者有可能发生关节退变引起骨关节炎<sup>[12]</sup>; 由此可见, ACLR 术后最大程度增加股四头肌强度应是康复策略的重要组成部分<sup>[13]</sup>。

前交叉韧带重建术是治疗前交叉韧带损伤的有效方法, 但术后康复也是影响治疗效果的关键环节。传统的康复理念存在一些误区和不足, 可能导致术后功能恢复不理想, 甚至出现并发症。我们认为, 在不同的康复阶段使用不同的康复方式, 这种个性化康复的理念是循序渐进式康复的基础。因此, 在康复策略中, 安全有效的进行康复锻炼至关重要, 应在保证不会造成二次 ACL 损伤的前提下遵循渐进式锻炼的先进理念。换言之, 患者应达到一定标

准和熟练掌握一些简单运动后, 再进行难度更大的康复锻炼, 这样可以避免出现二次损伤的风险, 以及一些并发症的出现, 患者也更容易接受整个康复过程。应依据每个个体的损伤情况和恢复情况, 制定个体化的康复策略。在本研究中, 旨在研究我们制定的个体化康复策略在 0~12 周康复锻炼后, 进行重建肢体的股四头肌力量恢复情况。假设本康复策略有利于重建肢体股四头肌力量和膝关节功能恢复。

## 资料与方法

### 一、研究对象

本研究是一项回顾性病例对照研究, 筛选本院收治的接受前交叉韧带手术的患者纳入本研究。纳入标准: ①年龄在 18~65 周岁之间; ②单侧 ACL 撕裂伴/不伴半月板部分切除; ③单侧关节镜 ACLR 联合自体腘绳肌腱移植; ④临床资料完整。排除标准: ①既往 ACL 重建史和翻修; ②下肢手术史; ③既往神经系统疾病; ④患者依从性差。

最终 98 例 ACLR 的患者入组本研究, 根据患者接受的康复训练不同分为试验组 ( $n = 52$ ) 和对照组 ( $n = 46$ )。试验组接受本课题组制订的循环渐进式个体化康复策略, 对照组给予常规的康复训练。本研究已获得河北医科大学第三医院伦理委员会批准 (W2022-061-1) 及患者的知情同意。

### 二、干预方式

试验组接受本课题组制订的循环渐进式个体化康复策略, 对照组给予常规的康复训练。前交叉韧带重建术后循环渐进式康复策略主要分为 4 个阶段: 术前、术后 0~1 周、1~3 周、4~12 周。每个阶段均有各自的阶段目标, 以及为了康复训练安全的进行所设立的进入下一阶段的标准, 具体见表 1。对照组仅遵循每日固定康复程序进行康复训练。所有的康复治疗均由专业的康复治疗师进行, 确保患者

表1 前交叉韧带重建术后循环渐进式康复策略

阶段(0~12周)	前交叉韧带重建术后循环渐进式康复策略	频率
术前	<p>皮肤准备:保持皮肤完整,入院后每日用肥皂清洗患肢,术区备皮;</p> <p>功能锻炼:指导踝泵运动、肌力练习等,拐杖助行器使用,指导患者床上练习大小便;</p> <p>心理护理:评估患者的心理状态及需求,向患者讲解疾病及手术相关知识,减轻患者焦虑紧张情绪,积极配合手术;</p>	
0~1周	<p>目标</p> <p>控制疼痛、肿胀</p> <p>早期活动</p> <p>实现并保持膝关节完全伸展</p> <p>教育患者康复过程</p> <p>练习</p> <p>踝关节泵练习</p> <p>直腿抬高练习</p> <p>0°-90°膝关节屈曲练习</p> <p>使用2根拐杖部分负重</p>	<p>10次,循环2次,3次/周</p> <p>10次,循环2次,3次/周</p> <p>10次,循环2次,3次/周</p>
1~3周	<p>目标</p> <p>控制疼痛、肿胀</p> <p>增加膝关节活动范围</p> <p>实现并保持膝关节完全伸展</p> <p>教育病人康复过程</p> <p>练习</p> <p>踝关节泵练习</p> <p>直腿抬高练习</p> <p>根据ROM逐渐增加膝关节屈曲角度</p> <p>部分负重逐步变为完全负重</p> <p>神经肌肉电刺激(NMES)用于增加四头肌的力量</p> <p>俯卧大腿悬挂练习</p>	<p>15~20次,3次循环/d</p> <p>15~20次,3次循环/d</p> <p>1次/d</p> <p>10次,3次循环/d</p>
4~12周	<p>进入到第四阶段的标准</p> <p>至少屈膝90°</p> <p>完全伸直</p> <p>轻微肿胀/炎症</p> <p>完全负重时无疼痛或疼痛极小</p> <p>完全负重</p> <p>目标</p> <p>恢复正常步态</p> <p>保持完全伸展,逐步向完全屈曲练习</p> <p>增加关节的稳定性</p> <p>提高灵活性</p> <p>练习</p> <p>有阻力的单腿抬高练习</p> <p>开始行骑固定自行车练习,阻力轻度至中度</p> <p>继续腓绳肌、腓肠肌/比目鱼肌伸展</p> <p>核心稳定性练习(腹部牵拉、仰卧桥式、臀肌的蛤蜊练习、腹部蜷缩)</p> <p>在不稳定表面上的进展步态训练</p> <p>等速向心和离心对侧肢体训练</p>	<p>15~20次,3次循环/d</p> <p>5 min,2次循环/d</p> <p>15~20次,3次循环/d</p> <p>10次,1次循环/d</p> <p>2 min,1次循环/d</p> <p>15~20次,3次循环/d</p>

接受足够的训练强度。在康复治疗师的监督下,每名患者每周训练两次,并记录每例患者的培训日志,均有专人对所有患者进行固定时间随访以确定其依从性。

### 三、观察指标

#### (一)股四头肌肌力评估

参与者在术后第4周第12周及第24周进行股四头肌肌力评估。为了确定评估时间点的股四头肌最大自主等长收缩(Maximum voluntary isometric contraction, MVIC),使用了等速测力计(IsoMed® 2000 D&R GmbH, Germany)。据报告,股四头肌MVIC测试具有良好的重测信度( $ICC > 0.86$ )<sup>[14]</sup>。参与者坐在等速测力计上。他们的髌关节屈曲约90°,在躯干、腰部和肢体股骨远端放置稳定带,测试以尽量减少代偿性运动。将测力计的轴线与测力计的激光旋转轴对准双肢股骨外上髁。膝关节屈曲60°,测力计力臂固定在外踝上2 cm。

在肌肉力量记录之前,允许参与者进行三次最大自主等长股四头肌收缩练习试验,以熟悉测试程序。在正式测试期间,参与者对股四头肌进行三次MVIC(每次持续时间5 s),每次MVIC之间有2 min的休息期。

#### (二)膝关节功能评估

使用单腿跳跃距离测试(One-Leg Hop for Distance Test, OLHDT)、国际膝关节文件委员会2 000主观膝关节表(International Knee Document Committee 2 000 Subjective Knee Form, IKDC)和Lysholm膝关节功能评分评估术后24周的膝关节功能。

在OLHDT中,受试者单腿站立,尽可能的向前跳跃,测量向前跳跃的距离(cm)。每例患者测试3次,取3次试验中的最佳成绩进行分析。ACL重建后,OLHDT的重测可靠性可接受( $ICC > 0.75$ )<sup>[15]</sup>。

IKDC是ACL损伤和ACLR的有效和可靠指标( $ICC = 0.91$ ),除日常和体育活动外,还包含10个与膝关节症状相关的项目。评分范围为0~100分,评分越高表明功能受限越少<sup>[16]</sup>。

以Lysholm膝关节功能评分为工具对两组患者经24周护理锻炼后的膝关节功能进行评价,评价分值愈高提示该重建术护理对象膝关节功能越好。并且以Lysholm膝关节功能评分值进行优良率评定:在95~100分范畴者计为恢复优,在80~94分范畴者计为恢复良,评定分值在60~79分范畴者计为恢复可,分值处于60分以下范畴者计为恢复差,恢复良好率为恢复优率与恢复良率之和。

### 四、统计分析

使用SPSS 19.0版(IBM,美国)分析数据。包括患者年龄、性别、BMI等一般指标以及两组患者术后股四头肌MVIC、OLHDT、IKDC评分及Lysholm评分等数据均录入为统计分析创建的数据库中。连续变量表示为 $\bar{x} \pm s$ 。采用卡方检验比较分类变量。数据正态性采用Shapiro-Wilk检验,方差齐性采用Levene检验。 $P < 0.05$ 视为差异具有显著性。

## 结 果

### 一、一般情况

所有98例患者均进行了跟踪随访,随访时间包括术后4周、术后12周以及术后24周,各组患者在年龄、男女比例、BMI方面,差异无统计学意义(表2)。

### 二、肌肉功能恢复情况

术后第4周,各组股四头肌MVIC相似( $P = 0.903$ )。与对照组相比,试验组在术后第12周的股四头肌MVIC更大( $P < 0.001$ )。在术后第24周,与对照组相比,试验组的股四头肌强度更大( $P < 0.001$ )(表3)。

### 三、膝关节功能情况

术后24周时,在OLHDT、IKDC评分及Lysholm评分方面,试验组的膝关节功能均显著高于对照组(所有 $P < 0.05$ )。在膝关节功能恢复优良率方面,试验组中优良率为92.31%(48/52),对照组优良率为76.09%(35/46),试验组优良率显著高于对照组( $P =$

表2 98例前交叉韧带重建术后患者的一般资料比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	性别(例)		患侧(例)		BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	合并损伤情况(例)		
			男	女	左侧	右侧		无	内侧半月板损伤	外侧半月板损伤
试验组	52	28.64±7.1	38	14	27	25	25.35 ± 3.27	34	15	3
对照组	46	29.42±6.9	35	11	22	24	24.87 ± 3.61	31	13	2
统计值		0.55	0.117		0.164		0.691	0.178	0.123	0.109
P值		0.584	0.733		0.686		0.491	0.659	0.487	0.593

**表3** 两组前交叉韧带重建术后患者重建肢体的股四头肌最大自主等长收缩(Nm/kg,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	术后4周	术后12周	术后24周
试验组	52	1.20±0.41	2.53±0.48	2.96±0.51
对照组	46	1.21±0.40	2.07±0.38	2.41±0.49
<i>t</i> 值		0.122	5.212	5.427
<i>P</i> 值		0.903	0.000	0.000

0.026)。如表4~5所示。

#### 四、术后并发症及转归

本研究纳入的98例患者中,发生术后深静脉血栓的患者共12例,均为肌间静脉血栓,经过抗血栓治疗后下肢深静脉均再通;2例患者出现伤口愈合欠佳情况,经过换药及抗感染处理均完全控制,伤口恢复良好。所有患者在随访过程中均表示恢复顺利,对治疗及康复过程满意。

## 讨 论

### 一、股四头肌力量恢复的重要性

前交叉韧带断裂是最常见的运动损伤之一,为了使患者尽可能恢复至伤前水平,增加股四头肌力量和重建股四头肌控制是术后 ACLR 康复的早期目标<sup>[17]</sup>。有文献报道,术后由于肌肉力量下降最常见的引发恐惧的任务或情境是变向跑,其次是接触、跳跃和其他,但所有的恐惧强度在进行肌肉力量训练后都有所降低<sup>[18]</sup>。Lewek<sup>[19]</sup>等提出,股四头肌力量不

**表4** 两组前交叉韧带重建术后患者24周膝关节功能评估(分,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	OLHDT	IKDC评分	Lysholm评分
试验组	52	89.91±9.51	84.91±9.43	89.35±8.47
对照组	46	85.32±10.12	79.45±8.86	76.97±7.63
<i>t</i> 值		2.314	2.943	7.563
<i>P</i> 值		0.023	0.004	<0.001

**表5** 两组前交叉韧带重建术后患者的膝关节功能恢复优良率比较(例)

组别	例数	优	良	可	差	优良
试验组	52	12	36	3	1	48
对照组	46	7	28	9	2	35
$\chi^2$ 值						4.954
<i>P</i> 值						0.026

足会导致前交叉韧带重建术后步态模式的改变。快速增强股四头肌力量可能有助于安全地回归高水平的活动。Shaw等<sup>[20]</sup>研究表明,在前交叉韧带重建术后早期进行开放链股四头肌练习会导致使用腘绳肌移植物的患者出现更高的膝关节松弛度。因此,在使用腘绳肌移植物的患者中,应该推迟开放链股四头肌练习的开始时间,该研究证明康复锻炼需要循序渐进,过早进行某些康复动作可能会影响患者术后康复效果。我们研究结果显示:试验组患者在术后12周和24周,股四头肌力量明显高于对照组。并且在12周结束康复锻炼后,其受益仍然存在。股四头肌力量的增强效果也体现在膝关节的功能恢复情况方面,在24周时,试验组患者的OLHDT、IKDC评分、Lysholm评分均高于对照组。

### 二、快速恢复股四头肌力量的方法

在本康复策略中,着重强调恢复股四头肌力量。在1~3周康复策略中,神经肌肉电刺激的应用,有益于股四头肌的运动,能够更好的促进股四头肌的收缩。大量研究已经证明,ACLR后使用冰敷及电刺激,更有助于早期股四头肌力量恢复<sup>[8, 21, 22]</sup>。在4~12周中的等速向心和离心对侧肢体训练称为交叉教育(cross education, CE),也可能是增强股四头肌力量的原因,进而改善膝关节功能恢复。一些研究显示:在前交叉韧带手术后24个月内,对侧非损伤肢体也存在股四头肌无力现象,因此部分学者提出两侧肢体均需要进行康复锻炼以及加强本体感觉的训练可以促进患者术后主观评分的改善<sup>[23, 24]</sup>。因此,前交叉韧带手术后训练双腿可能改善术后疗效<sup>[25]</sup>。同时,Harput等<sup>[13]</sup>通过临床随机对照实验证实,在ACLR康复早期阶段对健康肢体进行CE股四头肌强化可以改善重建肢体的术后股四头肌力量恢复。CE应纳入ACL重建康复,尤其是在早期康复阶段以恢复股四头肌力量。本研究得到了同样的结论,在促进股四头肌力量恢复的过程中,使用电刺激以及CE可以明显减少康复锻炼时间,同时也可以获得更优良的康复效果。

### 三、循环渐进式训练的优秀成效

虽然Shaw等<sup>[20]</sup>认为过早地进行股四头肌力量恢复训练可能会增加前交叉韧带松弛的风险,但是De CMS等<sup>[26]</sup>研究,加速康复组在术后恢复了更大的膝关节活动度和肌力,并且没有出现更多的松弛度。因此认为,前交叉韧带重建术后加速康复可以提高膝关节活动度和肌力,而不会损害稳定性。也

有研究显示,在 ACLR 早期加强非负重位的股四头肌力量(腿部伸展)对移植愈合有害<sup>[27]</sup>。不同研究者对于康复速度以及流程的认识不同,激进的康复方式和保守的康复方式均有大量的研究者支持,因此我们希望获得一项更有意义的康复指导。Cavanaugh等<sup>[8]</sup>的研究认为,前交叉韧带重建术后康复应该遵循循证医学的方法,根据患者的具体情况和恢复进度,制定合理的康复目标和计划,康复过程中应该循序渐进的增加患者康复的难度和强度,直到达到回归运动的标准。康复方案应该是灵活的,而不是固定的,可以根据患者的反馈和评估结果进行调整。而且,目前还没有一个统一的康复方案适用于所有患者。康复专业人员应该根据最新的研究证据和临床经验,为每个患者制定个性化的康复方案,达到个体化循序渐进康复的目的。本研究中,康复策略采用循环渐进式的训练方式,持续评估患者恢复情况,达到相应标准后,继续下一步难度更大的训练。在患者逐渐恢复运动的同时,也减少了因训练不当造成的损伤。因此,通过持续的评估患者的恢复情况,选择适合患者的康复项目至关重要。

#### 四、本研究的局限性

本研究有两个局限性。首先,本研究中样本量较少且为回顾性研究,希望未来可以在更大样本量前瞻性对照研究中再次验证。其次,本研究未评估肌肉形态,因此尚不清楚股四头肌力量改善是否与肌肉质量变化相关。

#### 参 考 文 献

- 1 Mehl J, Otto A, Baldino JB, et al. The ACL-deficient knee and the prevalence of meniscus and cartilage lesions: a systematic review and meta-analysis (CRD42017076897) [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2019, 139(6): 819-841.
- 2 Maestro A, Herruzo I, Varillas-Delgado D, et al. Subjective assessment reported by patients shows differences between single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament Reconstruction, systematic review and meta-analysis [J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 15385.
- 3 Roth TS, Osbahr DC. Knee injuries in elite level soccer players [J]. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2018, 47(10).
- 4 Benis R, LA Torre A, Bonato M. Anterior cruciate ligament injury profile in female elite Italian basketball league [J]. J Sports Med Phys Fitness, 2018, 58(3): 280-286.
- 5 Courtney C H Lai, Clare L Ardern, Julian A Feller, et al. Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament Reconstruction:a systematic review with meta-analysis of return to sport rates,graft rupture rates and performance outcomes [J]. Br J Sports Med, 2018, 52(2): 128-138.
- 6 Prentice HA, Lind M, Mouton C, et al. Patient demographic and surgical characteristics in anterior cruciate ligament Reconstruction: a description of registries from six countries [J]. Br J Sports Med, 2018, 52(11): 716-722.
- 7 Han Wang, Ziming Liu , Yuwan Li, et al. Is Remnant Preservation in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Superior to the Standard Technique? A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. BioMed Res Int, 2019: 1652901.
- 8 Cavanaugh JT, Powers M. ACL rehabilitation progression: where are we now? [J]. Curr Rev Musculoskelet Med, 2017, 10(3): 289-296.
- 9 Matthew P Ithurnburn, Mark V Paterno, Kevin R Ford, et al. Young athletes with quadriceps femoris strength asymmetry at return to sport after anterior cruciate ligament Reconstruction demonstrate asymmetric Single-Leg Drop-Landing mechanics [J]. Am J Sports Med, 2015, 43(11): 2727-2737.
- 10 Matthew P Ithurnburn, Mark V Paterno, Kevin R Ford, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament Reconstruction and return to sport [J]. Am J Sports Med, 2010, 38(10): 1968-1978.
- 11 Gokeler A, Bisschop M, Benjaminse A, et al. Quadriceps function following ACL Reconstruction and rehabilitation: implications for optimisation of current practices [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(5): 1163-1174.
- 12 Timothy W Tourville, Kathleen M Jarrell, Shelly Naud, et al. Relationship between isokinetic strength and tibiofemoral joint space width changes after anterior cruciate ligament Reconstruction [J]. Am J Sports Med, 2014, 42(2): 302-311.
- 13 Harput G, Ulusoy B, Yildiz TI, et al. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL Reconstruction: a randomized controlled trial [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(1): 68-75.
- 14 Callaghan MJ, McCarthy CJ, Al-Omar A, et al. The reproducibility of multi-joint isokinetic and isometric assessments in a healthy and patient population [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2000, 15(9): 678-683.
- 15 Kramer GA, DeMarais DR. Reliability and validity of the pilot National Board Dental Examination [J]. J Dent Educ, 1992, 56(4): 236-241.
- 16 Michael J Rossi, James H Lubowitz, Dan Guttmann. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form [J]. Am J Sports Med, 2001, 29(5): 600-613.
- 17 Conteduca F, Caperna L, Ferretti A, et al. Erratum to: knee stability after anterior cruciate ligament Reconstruction in patients older than forty years: comparison between different age groups [J]. Int Orthop, 2014, 38(1): 219-219.
- 18 Meierbachtol A, Obermeier M, Yungtum W, et al. Injury-related fears during the return-to-sport phase of ACL reconstruction rehabilitation[J]. Orthop J Sports Med, 2020, 8(3): 2325967120909385.
- 19 Lewek M, Rudolph K, Axe M, et al. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament Reconstruction [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2002, 17(1): 56-63.
- 20 Shaw T, Williams MT, Chipchase LS. Do early quadriceps exercises affect the outcome of ACL Reconstruction? A randomised controlled trial [J]. Aust J Physiother, 2005, 51(1): 9-17.
- 21 袁帅, 丁喆如, 吴宇黎, 等. 膝关节镜下前交叉韧带重建术后冰敷对患者早期康复效果的影响 [J]. 中华老年骨科与康复电子杂志,

- 2019, 5(4): 190-195.
- 22 I Wigerstad-Lossing, G Grimby, T Jonsson, B Morelli, et al. Effects of electrical muscle stimulation combined with voluntary contractions after knee ligament surgery [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1988, 20(1): 93-98.
- 23 杨够仙, 徐永清. 强化本体感觉训练配合康复路径在膝关节交叉韧带断裂半月板损伤患者术后康复中的应用 [J]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2022, 08(3): 165-171.
- 24 Riann M Palmieri-Smith, Abbey C Thomas, Edward M Wojtya. Maximizing quadriceps strength after ACL Reconstruction [J]. *Clin Sports Med*, 2008, 27(3): 405-424.
- 25 A S Lepley, P A Gribble, A C Thomas, et al. Quadriceps neural alterations in anterior cruciate ligament reconstructed patients: A 6-month longitudinal investigation [J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2015, 25(6): 828-839.
- 26 De CMS, Shelbourne KD, McCarroll JR, et al. Traditional versus accelerated rehabilitation following ACL Reconstruction: a one-year follow-up [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1992, 15(6): 309-316.
- 27 Escamilla RF, Macleod TD, Wilk KE, et al. Anterior cruciate ligament strain and tensile forces for weight-bearing and non-weight-bearing exercises: a guide to exercise selection [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2012, 42(3): 208-220.
- (收稿日期: 2023-03-15)  
(本文编辑: 吕红芝)

耿倩, 鹿青, 李莎, 等. 循环渐进式康复策略促进前交叉韧带重建术后患者下肢功能恢复的临床研究 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2023, 9(2): 101-107.