

# 闭链离心等张训练对髌股疼痛综合征患者膝关节功能的影响

刘晓磊<sup>1</sup> 刘文辉<sup>1</sup> 苏建康<sup>1</sup> 李瑾<sup>1</sup> 郝淑燕<sup>1,2</sup>

## 摘要

**目的:**探讨闭链离心等张训练对髌股疼痛综合征(PFPS)患者膝关节功能的疗效。

**方法:**选取33例符合纳入排除标准的髌股疼痛综合征患者,采用随机数字表法分成试验组(n=17)和对照组(n=16);试验组采用常规康复训练+闭链离心等张训练,对照组仅进行常规康复训练。两组患者在治疗前、治疗8周采用视觉模拟评分法(VAS)评定患者疼痛程度、等速肌力测定膝伸屈肌群肌力、膝关节Kujala评分评价膝关节功能以及SF-36评估生存质量。

**结果:**两组治疗8周后VAS评分低于治疗前( $P < 0.05$ )、Kujala评分、60°/s速度下膝伸屈肌群峰力矩、SF-36中生理职能、躯体疼痛、一般健康状况改善,与治疗前比较差异有显著性意义( $P < 0.05$ )。8周治疗后,试验组VAS评分低于对照组( $P < 0.05$ )、Kujala评分、60°/s速度下膝伸屈肌群峰力矩及SF-36中生理职能、健康变化均高于对照组( $P < 0.05$ )。

**结论:**常规康复训练的基础上结合闭链离心等张训练能进一步缓解髌股疼痛综合征患者膝关节疼痛,增强肌力、提高生活满意度,建议可以作为PFPS康复训练的一部分,值得临床应用及推广。

**关键词** 闭链运动;离心收缩;等张收缩;髌股疼痛综合征;膝关节功能

中图分类号:R684, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2017)-04-0419-05

**Effects of isotonic eccentric closed kinetic chain quadriceps muscle exercises on patellofemoral pain syndrome/LIU Xiaolei, LIU Wenhui, SU Jiankang, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2017, 32 (4): 419—423**

## Abstract

**Objective:** To investigate the effect of isotonic eccentric closed kinetic chain training of quadriceps femoris exercises on knee function of patients with patellofemoral pain syndrome using BTE eccentric machine.

**Method:** Thirty-three patients with patellofemoral pain syndrome were divided into experimental group (n=17) and control group (n=16) with random number table method. Experimental group is treated with routine rehabilitation exercise plus isotonic eccentric closed kinetic chain training of quadriceps femoris, while the control group only received routine rehabilitation exercise. Evaluations were proceeded on pain with visual analogue scale(VAS), power of quadriceps with isokinetic muscle strength test, knee function with Kujala score and quality of life with SF-36.

**Result:** All patients completed the rehabilitation training. After 8 weeks treatment, the VAS significantly decreased in two groups ( $P < 0.05$ ), the Kujala and SF-36 scores and power of quadriceps and hamstring at 60°/s increased. Kujala scores, and SF-36 score and peak torque of quadriceps and hamstring of experimental group were higher than those in control group ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** Isotonic eccentric closed kinetic chain training of quadriceps femoris together with conventional rehabilitation therapy was found to be effective in reducing pain and improving quadriceps femoris power and

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.04.008

1 首都医科大学附属北京康复医院骨科康复中心,北京,100144; 2 通讯作者

作者简介:刘晓磊,女,主治医师; 收稿日期:2016-03-21

improving the functional status of patients with PFPS, and can be suggested as a part of the PFPS treatment.

**Author's address** Department of Rehabilitation Medicine, Beijing Rehabilitation Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing, 100144

**Key word** closed kinetic chain; eccentric contraction; isotonic contraction; patellofemoral pain syndrome; knee function

髌股疼痛综合征(patellofemoral pain syndrome, PFPS)是常见的骨骼肌肉系统疾病,是以上下楼梯、跳跃、跑步和长时间处于坐位姿势诱发的膝前痛为主要表现的一类症状群或症状综合征<sup>[1]</sup>,临床发病率高、就诊率高,其病因复杂。股四头肌肌力功能障碍是引起PFPS最重要的生物力学因素。研究显示:PFPS患者股四头肌向心离心肌力下降<sup>[2]</sup>,尤其是股四头肌离心肌力下降更明显,约40%<sup>[3]</sup>。并且PFPS患者股四头肌闭链离心收缩的协调能力下降<sup>[4]</sup>;股内侧肌(vastus medialis, VM)、股外侧肌(vastus lateralis, VL)协调失衡,VM收缩速度及力量减弱,其运动单位募集存在惰性<sup>[5]</sup>。近期研究显示:负重下闭链离心收缩更易诱导VM的收缩<sup>[6]</sup>。基于上述研究背景,强化股四头肌闭链离心收缩训练可能是PFPS康复治疗的关键因素。目前针对股四头肌闭链离心收缩训练的临床研究较少,本研究在常规康复训练的基础上联合股四头肌闭链离心等张训练治疗PFPS患者,并观察其临床疗效,旨在为PFPS康复治疗提供支持及依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2014年7月—2015年6月,首都医科大学附属北京康复医院门诊住院收治的符合纳入排除标准的PFPS患者33例。纳入标准:①上下楼梯、蹲起运动可诱发膝前痛;②病程大于3个月;③能配合康复训练及随访。排除标准:①既往有膝关节周围骨折及韧带损伤重建史;②1年内有膝关节手术史;③合并其他脏器疾病不能耐受者。

采用随机数字表法将入选患者分成试验组及对照组,试验组17例,男8例,女9例,年龄(39.5±10.97)岁,身高(164.5±5.89)cm,体重(63.33±9.48)kg,体重指数(23.41±3.02);对照组16例,男8例,女8例,年龄(38.6±7.02)岁,身高(166.8±14.20)cm,体重(65.80±14.20)kg,体重指数(23.52±3.79)。两组

患者一般资料比较,差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。

### 1.2 方法

两组患者常规康复训练及离心训练分别由同一康复治疗师执行。两组患者均给予常规康复治疗,具体治疗内容包括:①康复宣教:避免爬山及少上下楼梯等加重髌股关节压力的动作;②物理因子治疗:采用超短波电疗机(型号BA-CD-I,北京奔奥公司产)对置于患侧膝关节,输出方式为脉冲型,工作频率40.68MHZ,误差±1.5%,输出电流80mA,每次15min,每天1次。采用干扰电疼痛治疗仪(型号EF-331,日本欧技技研公司产),刺激模式4方向多重A干扰,基础频率5000HZ,调制度LARGE,治疗方式FULL,扫描时间10s,负压吸引于疼痛处,电流输出以患者耐受为度,每次20min,每天1次;③多角度直腿抬高训练:仰卧位,前足稍外展,直腿抬高30°、45°,末端维持10s,每组10个,每次4组;④髌外展训练:侧卧位,膝伸直,外展髌关节,末端保持10s,每组10个,每次4组。

上述训练根据患者肌力进展及个体化差异,逐渐于踝关节部位加阻。每天1次,每周5天,连续训练8周。

试验组在对照组治疗基础上辅以股四头肌闭链离心等张收缩训练(离心测试训练系统,型号Eccentron,美国BTE公司产),具体操作如下:患者取坐位,双脚分别放于踏板上,调节座椅高度、座长及脚踏板高度,使患者在下肢运动过程中保持膝关节屈曲在30°—90°。速度22.8reps/min。先行适应性训练,双腿交替对抗脚踏板,减慢脚踏板的速度,并施加主动阻力。直至学会此闭链离心收缩的方法。在12次热身训练后测试,要求患者尽量用力对抗脚踏板,测试过程中双上肢不能触及下肢。根据测试结果,确定训练目标力:取两下肢最大离心收缩力中较小侧,该侧最大离心收缩力的一半为目标力。训练时间:5min起,逐渐递增至25min。患者对抗脚踏板使目标力在一定范围(第1分钟及最后1分钟的50%

目标力及其余时间100%目标力),训练过程中保持在目标力±20%即为达标。每天训练1次,每周5天,连续训练8周。

两组患者训练8周后,指导患者日常生活中注意避免爬山、上下楼梯、跑跳等增加髌股关节压力的动作,必须上述活动时使用护膝,继续每天双腿交替进行仰卧、侧卧直腿抬高训练,每天1次,每次4组,每组10个,每个维持10s。

### 1.3 疗效评定

两组患者分别于治疗前、治疗8周后进行评定。

**1.3.1 动态膝关节疼痛程度评分:**视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)评定患者下楼梯时膝关节疼痛程度,满分为10分,0分表示无痛,10分表示无法忍受的剧痛。

**1.3.2 膝关节功能评分:**髌股关节Kujala评分<sup>[7]</sup>,包括13项内容,跛行、负重、行走、大腿肌肉萎缩、屈曲受限、下蹲,每项最高得分5分,上下楼梯、跑、跳、长时间保持屈膝坐位、疼痛、肿胀、髌骨半脱位,每项最高得分10分,得分最高100分,分数越高,表示膝关节功能越好。

**1.3.3 膝伸屈肌群肌力测试:**采用多关节等速测试及训练系统(型号Biodex Syste4,美国Biodex公司产),向心一向心收缩模式,角速度60°/s和120°/s,记录股四头肌(quadriceps femoris, Q)、腓绳肌(hamstring muscle, H)峰力矩。

**1.3.4 36-简明健康状况调查量表(36-item short form health survey, SF-36)**包括生理机制(PF)、生理职能(RP)、躯体疼痛(BP)、一般健康状况(GH)、精力(VT)、社会功能(SF)、情感职能(RE)、精神健康(MH)8个方面以及健康变化(HT)。SF-36从以上8个维度进行计分及得分换算。得分越高健康状况越好。

$$\text{换算得分} = \frac{\text{实际得分} - \text{该方面可能的最低得分}}{\text{该方面可能最高得分与最低得分之差}} \times 100$$

### 1.4 统计学分析

计量资料以均数±标准差表示。选用SPSS 22.0版统计学软件包进行数据分析。计数资料比较采用 $\chi^2$ 检验。组间比较分别采用独立样本 $t$ 检验;组内比较采用配对 $t$ 检验。两变量间有无直线相关关系采用Pearson相关分析。

## 2 结果

### 2.1 两组患者治疗前后VAS、Kujala评分、膝伸屈肌力比较

试验组治疗8周后,VAS评分低于治疗前( $P < 0.05$ ),Kujala评分、60°/s和120°/s速度下膝伸屈肌群峰力矩、SF-36中PF、RP、BP、GH、VT、SF、HT改善,与治疗前比较差异有显著性意义( $P < 0.05$ )。对照组治疗后VAS评分低于治疗前( $P < 0.05$ ),Kujala评分、60°/s速度下膝伸屈肌群峰力矩、SF-36中RF、RP、BP、GH改善,与治疗前比较差异有显著性意义( $P < 0.05$ ),120°/s速度下膝屈伸峰力矩较前提高,差异无显著性意义。治疗8周后,试验组VAS评分低于对照组( $P < 0.05$ ),Kujala评分、60°/s速度下膝伸肌峰力矩、SF-36中RF、HT均高于对照组,差异有显著性意义( $P < 0.05$ )。见表1—2。

### 2.2 PFPS患者膝屈伸峰力矩与VAS、Kujala评分相关性

PFPS患者膝屈伸峰力矩与VAS、Kujala评分相关性分析结果显示:60°/s速度下膝伸屈肌群峰力矩与VAS呈负相关( $P < 0.05$ ),与Kujala评分呈正相关( $P < 0.05$ );120°/s速度下膝伸屈肌群峰力矩与VAS呈负相关( $P < 0.05$ ),与Kujala评分无明显相关性( $P > 0.05$ )。见表3。

表1 两组患者治疗前后VAS、Kujala评分、膝伸屈肌力比较

( $\bar{x} \pm s$ )

组别	Kujala	VAS	60°/s		120°/s	
			股四头肌	腓绳肌	股四头肌	腓绳肌
对照组(n=16)						
治疗前	55.44±9.42	6.20±0.93	45.13±18.39	30.45±11.37	42.50±18.13	27.73±9.23
治疗后	68.44±7.35 <sup>①</sup>	4.00±0.70 <sup>①</sup>	56.51±22.83 <sup>①</sup>	38.84±14.87 <sup>①</sup>	47.83±20.74	30.83±7.05
试验组(n=17)						
治疗前	57.90±10.12	6.50±1.18	47.77±19.23	25.41±16.89	43.34±21.42	23.79±12.83
治疗后	81.30±5.68 <sup>①②</sup>	2.60±0.84 <sup>①②</sup>	80.88±26.82 <sup>①②</sup>	45.86±11.95 <sup>①</sup>	65.37±24.59 <sup>①</sup>	35.40±13.48 <sup>①</sup>

与治疗前同组比较:① $P < 0.05$ ;与对照组比较:② $P < 0.05$

表2 两组患者治疗前后SF-36量表得分比较

( $\bar{x} \pm s$ )

组别	PF	RP	BP	GH	VT	SF	RE	MH	TH
对照组(n=16)									
治疗前	43.3±12.5	11.1±13.1	36.7±8.7	45.4±11.4	57.2±28.5	70.8±12.5	25.9±43.4	65.8±16.9	47.2±34.1
治疗后	53.9±6.5 <sup>①</sup>	30.6±11.0 <sup>①</sup>	58.9±12.2 <sup>①</sup>	62.8±15.9 <sup>①</sup>	69.4±16.9	79.3±12.9	59.2±36.4	74.0±16.4	55.6±34.9
试验组(n=17)									
治疗前	36.5±15.8	12.5±13.2	36.2±13.2	45.3±13.4	52.0±24.4	76.3±13.8	30.7±42.9	56.3±32.0	69.2±21.9
治疗后	64.0±15.9 <sup>①②</sup>	37.5±13.2 <sup>①</sup>	60.3±12.5 <sup>①</sup>	63.5±15.2 <sup>①</sup>	70.0±14.9	88.6±12.7	50.0±42.3	85.3±11.3	81.6±12.9 <sup>①②</sup>

与治疗前同组比较:① $P < 0.05$ ;与对照组比较:② $P < 0.05$

表3 PFPS膝伸屈肌力与VAS、Kujala评分相关性分析

角速度	VAS		Kujala	
	r	P	r	P
60°/s(n=66)				
股四头肌	-0.465	0.003	0.351	0.031
腘绳肌	-0.460	0.003	0.324	0.047
120°/s(n=66)				
股四头肌	-0.363	0.003	0.278	0.091
腘绳肌	-0.362	0.025	0.273	0.097

### 3 讨论

PFPS是一种以膝前痛为表现的症状群,病因机制尚不明确,尚缺乏公认、经循证医学证实的康复治疗方法。近年来离心训练逐渐受到重视<sup>[2,8-13]</sup>。研究显示离心运动可以改善氧运输量和氧利用量<sup>[9]</sup>;反复的离心训练可以使骨骼肌的蛋白合成和功能发生超量恢复<sup>[10]</sup>;同等负荷下,离心收缩募集的运动单位少于向心收缩<sup>[5]</sup>;因此,离心收缩的神经效率更高,可通过离心训练来改善神经激活和肌力增长。Roig M等<sup>[11]</sup>通过对20个随机对照研究进行Meta分析证实离心收缩训练可增加肌肉力量和肌肉横截面积,且其效果优于向心收缩训练。在离心训练停止后的12周能更好地保持肌肉的峰力矩<sup>[12]</sup>。Eapen C等<sup>[13]</sup>对PFPS患者行股四头肌开链离心等速运动训练,2周6次治疗后PFPS患者膝关节疼痛程度缓解及生存质量提高,但该研究受治疗时间短、无对照组及样本量小限制。郑光新等<sup>[6]</sup>通过表面肌电研究显示股四头肌闭链离心收缩时VM收缩的贡献率较向心时更大,负重位下闭链离心收缩更易诱导VM的收缩和提高VM肌力。本研究在常规康复训练的基础上联合股四头肌闭链离心等张训练,结果显示:股四头肌闭链离心等张训练8周后,VAS评分低于对照组( $P < 0.05$ )、Kujala评分、膝伸肌群峰力矩及SF-

36中RF、HT均高于对照组( $P < 0.05$ )。这说明常规康复训练的基础上结合闭链离心等张运动训练不仅能进一步缓解髌股疼痛综合征患者膝关节疼痛、增强股四头肌肌力、改善膝关节功能,也可提高患者的生存质量和满意度。

Guney H等<sup>[2]</sup>对46例单膝关节PFPS女性患者行股四头肌肌力和疼痛程度相关性分析,发现股四头肌肌力与疼痛程度呈负相关。本研究结果与其相符合。表明股四头肌肌力增加,膝关节疼痛缓解。但股四头肌肌力增强训练能缓解疼痛的机制还不清楚。可能与以下原因有关:①力量训练提高膝关节周围肌力和增大伸膝过程中髌股关节接触面积<sup>[14]</sup>,因此减轻髌股关节机械压力,从而缓解疼痛。Yildiz等<sup>[15]</sup>研究也认为膝关节周围肌力增加可以改变髌股关节的接触位置和压力分布;②负重位下闭链离心收缩更易于诱导VM的收缩,使VM与VL之间达到更好的平衡状态<sup>[5]</sup>,异常的髌骨运动轨迹得以矫正;③离心收缩训练可激活肌腱细胞中的感受器<sup>[16]</sup>,提高本体感觉,本体感觉是运动控制和膝关节稳定的重要组成部分,因此离心收缩训练可提高运动的准确性及膝关节的稳定性,避免发生再损伤及疼痛;④肌肉产生峰值张力的最佳长度是未来发生肌肉拉伤重要的危险因素,肌肉最佳长度变长,肌肉拉伤的发生率降低;离心收缩训练通过改变肌肉产生峰值张力的最佳长度来预防将来可能的组织损伤及疼痛<sup>[5]</sup>。试验组可能不仅改变髌股关节接触面积,也诱导VM收缩,矫正髌股运动轨迹,提高膝关节运动控制,避免再损伤,从而进一步缓解膝关节疼痛。

本研究尚存在样本量较小、观察时间较短等不足之处。大样本高质量的随机对照研究及其远期疗效尚有待进一步证实。肌力增加可缓解疼痛的机制仍有待进一步探讨。

## 参考文献

- [1] Halabchi F, Mazaheri R, Seif-Barghi T. Patellofemoral pain syndrome and modifiable intrinsic risk factors; how to assess and address?[J]. *Asian J Sports Med*, 2013, 4(2):85—100.
- [2] Guney H, Yuksel I, Kaya D, et al. The relationship between quadriceps strength and joint position sense, functional outcome and painful activities in patellofemoral pain syndrome[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, (14): 1—7.
- [3] Kaya D, Doral MN, Callaghan M. How can we strengthen the quadriceps femoris in patients with patellofemoral pain syndrome?[J]. *Muscles Ligaments Tendons J*, 2012, 2(1):25—32.
- [4] Anderson G, Herrington L. A comparison of eccentric isokinetic torque production and velocity of knee flexion angle during step down in patellofemoral pain syndrome patients and unaffected subjects[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2003, 18(6):500—504.
- [5] Cowell JF, Cronin J, Brughelli M. Eccentric muscle actions and how the strength and conditioning specialist might use them for a variety of purposes[J]. *Strength & Conditioning Journal*, 2012, 34(3):33—48.
- [6] 郑光新, 蒋长亮, 黄讯悟, 等. 表面肌电图在评定髌股疼痛综合征患者髌骨动态稳定中的应用[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2014, 36(9):676—679.
- [7] Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK, et al. Scoring of patellofemoral disorders[J]. *Arthroscopy*, 1993, 9(2):159—163.
- [8] 杨雨洁, 朱毅. 离心肌力训练在软组织损伤康复中的研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30(6):615—619.
- [9] Davies RC, Eston RG, Poole DC, et al. Effect of eccentric exercise-induced muscle damage on the dynamics of muscle oxygenation and pulmonary oxygen uptake[J]. *J Appl Physiol* (1985), 2008, 105(5):1413—1421.
- [10] Call JA, Eckhoff MD, Baltgalvis KA, et al. Adaptive strength gains in dystrophic muscle exposed to repeated bouts of eccentric contraction[J]. *J Appl Physiol* (1985), 2011, 111(6):1768—1777.
- [11] Roig M, O'Brien K, Kirk G, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis[J]. *Br J Sports Med*, 2009, 43(8):556—568.
- [12] Colliander EB, Tesch PA. Effects of detraining following short term resistance training on eccentric and concentric muscle strength[J]. *Acta Physiol Scand*, 1992, 144(1):23—29.
- [13] Eapen C, Nayak CD, Pazhyaottiyil Zulfeequer C. Effect of eccentric isotonic quadriceps muscle exercises on patellofemoral pain syndrome: an exploratory pilot study[J]. *Asian J Sports Med*, 2011, 2(4):227—234.
- [14] Chiu JK, Wong YM, Yung PS, et al. The effects of quadriceps strengthening on pain, function, and patellofemoral joint contact area in persons with patellofemoral pain[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2012, 91(2):98—106.
- [15] Yildiz Y, Aydin T, Sekir U, et al. Relation between isokinetic muscle strength and functional capacity in recreational athletes with chondromalacia patellae[J]. *Br J Sports Med*, 2003, 37(6):475—479.
- [16] Khan KM, Cook JL, Taunton JE, et al. Overuse tendinosis, not tendinitis; part 1: A new paradigm for a difficult clinical problem[J]. *Phys Sportsmed*, 2000, 28(5): 38—48.