

等速训练对前交叉韧带重建运动员膝关节肌力和位置觉的影响

王富鸿^{1,2}, 张金梅¹, 程亮³, 高瞻乐⁴

摘要:

[目的] 探讨定期的等速肌力训练对前交叉韧带(ACL)重建运动员膝关节绝对力、爆发力、肌耐力和位置觉的影响。

[方法] 募集四川省竞技体育训练基地ACL重建运动员,随机分成实验组($n=18$)和对照组($n=17$)。ACL重建后6周,在传统康复治疗前提下实验组增加8周等速肌力训练。测试膝关节的肌力和位置觉变化并进行组间和组内比较。

[结果] 实验组膝关节屈和伸的绝对力、爆发力、肌耐力自身比较增加了31.6%、37.9%、21.0%和37.6%、22.6%、21.9% ($P<0.01$),膝关节30°和60°位置觉角度减少了44.3%和23.9% ($P<0.01$)。对照组膝关节伸的绝对力和屈肌耐力增加18.1%和12.9% ($P<0.05$)。第8周时相比对照组,实验组的膝关节屈绝对力、爆发力和伸肌爆发力增加19.3%、19.7%和19.1% ($P<0.01$),伸肌绝对力和耐力增加17.7%和18.2% ($P<0.05$),膝关节30°位置觉角度减少41.4% ($P<0.01$),60°位置觉角度减少19.0% ($P<0.05$)。

[结论] 8周等速肌力训练有效改善了ACL重建运动员膝关节肌力和位置觉,除对屈肌耐力提升不明显。

关键词: 运动员; 等速训练; 前交叉韧带; 肌力; 本体感觉

引用: 王富鸿, 张金梅, 程亮, 等. 等速训练对前交叉韧带重建运动员膝关节肌力和位置觉的影响[J]. 环境与职业医学, 2018, 35(8): 716-720. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.17735

Influence of isokinetic training on knee joint muscle strength and position sense in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction WANG Fu-hong^{1,2}, ZHANG Jin-mei¹, CHENG Liang³, GAO Zhan-le⁴ (1.School of Sports Science, Chaohu University, Hefei, Anhui 238000, China; 2.Chaohu University National Fitness and Sports Education Development Research Center, Hefei, Anhui 238000, China; 3.Rehabilitation Center, Sichuan Institute of Sports Skills, Chengdu, Sichuan 610041, China; 4.Department of Sports Medicine, Chengdu Sport University, Chengdu, Sichuan 610041, China). Address correspondence to CHENG Liang, E-mail: xuelilantian@163.com · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

[Objective] To evaluate the effects of regular isokinetic muscle strength training on knee joint absolute force, explosive force, muscle endurance, and position sense in athletes following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction.

[Methods] Athletes having ACL reconstruction were recruited from Sichuan Competitive Sports Training Base and randomly divided into experimental group (EG, $n=18$) and control group (CG, $n=17$) matched for age, height, and weight. EG received eight weeks of isokinetic muscle strength training in addition to traditional rehabilitation treatment after six weeks of ACL reconstruction. The participants were tested for muscle strength and position sense of knee joint to compare within groups and between groups.

[Results] After the assigned treatment, the absolute force, explosive force, and muscle endurance in the EG increased by 31.6%, 37.9%, and 21.0% for knee flexion, and 37.6%, 22.6%, and 21.9% for knee extension, respectively ($P<0.01$), and the knee 30° and 60° position sense reduced by 44.3% and 23.9%, respectively ($P<0.01$). After the assigned treatment, the absolute force of knee extension and muscle endurance of knee flexion in the CG increased by 18.1% and 12.9%, respectively ($P<0.05$). After eight weeks, compared with the CG, the EG's knee flexion absolute force and explosive force, as well as extension explosive force,

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[基金项目] 成都体育学院硕士点建设基金项目(编号: 16SSZX02)

[作者简介] 王富鸿(1985—),男,硕士,讲师;研究方向:运动损伤与防治;E-mail: 437967078@qq.com

[通信作者] 程亮, E-mail: xuelilantian@163.com

[作者单位] 1.巢湖学院体育学院,安徽 合肥 238000; 2.巢湖学院全民健身及体育教育发展研究中心,安徽 合肥 238000; 3.四川省运动技术学院康复中心,四川 成都 610041; 4.成都体育学院运动医学与健康学院,四川 成都 610041

absolute force, and muscle endurance increased by 19.3%, 19.7%, 19.1%, 17.7%, and 18.2%, respectively ($P < 0.01$ or $P < 0.05$), and the knee 30° and 60° position sense reduced 41.4% and 19.0%, respectively ($P < 0.01$ or $P < 0.05$).

[Conclusion] The eight-week isokinetic muscle strength training can effectively improve the knee joint muscle strength and position sense of athletes having ACL reconstruction, except flexion endurance.

Keywords: athlete; isokinetic training; anterior cruciate ligament; muscle strength; proprioception

Citation: WANG Fu-hong, ZHANG Jin-mei, CHENG Liang, et al. Influence of isokinetic training on knee joint muscle strength and position sense in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2018, 35(8): 716-720. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.17735

体育运动员也属于职业人群的一部分,有其独特的职业特点。在竞技赛场上运动员为追求“更高、更快、更强”而拼搏,他们在进行长期反复的起跑加速、急停减速、转动变向或蹬地起跳等运动项目时,前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)断裂是常见的膝关节损伤^[1]。ACL断裂导致胫骨前移和内旋,造成关节不稳,甚至损伤半月板和关节面。恢复膝关节的稳定性(静力和动力)及力学结构是ACL重建的最终目的。通过自体骨-髌腱-骨(bone-patellar tendon-bone, BPTB)重建能恢复膝关节的静力性稳定,但术后肌力下降会导致膝关节动力性不稳定^[2]。刘书芳等^[3]指出女运动员在ACL重建2年后膝伸肌力仍有缺失现象,导致其运动生涯过早结束,KVIST^[4]在2004年调查显示只有56%的ACL重建运动员能重返赛场。因此术后尽早恢复至损伤前的运动水平至关重要。

等速训练能在关节活动范围内的任意角度产生最大的输出力,比传统肌力训练更安全、有效。研究已表明等速训练对健康运动员肌力的有益影响^[5-6],而对ACL重建运动员进行等速训练的文献有限。国内仅有一项报道显示,等速训练对ACL重建运动员膝关节屈伸的绝对力恢复有促进作用^[7]。遗憾的是,该作者并未分析膝关节爆发力和肌耐力的变化,而运动员良好的爆发力和肌耐力对维持高水平竞技能力有积极意义。国外一项研究认为爆发力的恢复对ACL重建运动员重返赛场有积极影响^[8],但该作者只是采用了等速系统进行测试,并未进行爆发力训练。

本体感觉指肌肉、肌腱和关节等在不同状态(运动或静止)时产生的感觉,对维持关节的稳定具有重要作用^[9]。研究发现ACL富含本体感觉的传入装置,能提供膝关节静态的机械稳定,有神经传入功能,借助神经反射维持膝关节动态的稳定性^[10]。ACL重建患者本体感觉的缺失不利于运动功能的恢复,阻碍运动功能的重建速度,且本体感觉恢复相比肌力提升滞后^[11],膝关节本体感觉影响动作的空间和位置感。在

提升肌力的同时是否能有效改善本体感觉值得关注。

本研究拟通过对ACL重建运动员进行定期的等速肌力训练,探讨等速训练对ACL重建运动员的膝关节肌力(绝对力、爆发力和肌耐力)和位置觉的影响,为ACL重建运动员科学化康复训练,尽快恢复竞技能力,早日重返赛场提供依据。

1 对象与方法

1.1 对象

2014年1月—2017年4月,在四川省运动技术学院(四川省竞技体育训练基地)康复中心招募ACL重建运动员。纳入标准:①单侧自体BPTB重建;②运动等级为国家级健将(运动成绩为个人或集体项目列全国锦标赛前八);③术后早期进行全角度伸膝、早期负重、渐进式闭链训练。排除标准:①半月板切除;②合并骨折;③既往有膝关节手术史;④下肢其他形式的肌肉或骨损伤。

期间募集了35例受试者[分别为(男/女)柔道:2/4;足球:3/3;武术:2/2;排球:2/3;篮球:2/4;举重:1/0;体操:1/1;曲棍球:0/2;网球:2/1],采用数字抓阄随机分配,分成实验组($n=18$, 8男10女)和对照组($n=17$, 7男10女)。所有研究对象均签署知情同意书,并已通过学校伦理委员会审批。参考HSIEH等^[2]的研究,于ACL重建后6周,实验组进行为期8周的等速向心和离心训练,对照组无此训练活动。对照组和实验组均经历同样强度或剂量的水疗、超声波、针灸、冰敷方式的治疗。两组受试者不再进行其他形式的针对ACL重建侧的力量训练,在整个8周的实验过程中,无研究对象退出。

1.2 等速训练及测试

采用德国产IsoMed 2000等速肌力测试训练仪器,对实验组ACL重建侧膝关节(关节活动度为80°,膝关节微屈10°~屈90°)进行60°/s和240°/s(每组运动12次,共5组,组间休息1 min,不同角度训练间

隙 30 min) 的等速向心和离心训练, 训练周期为 8 周(3 次/周)。对所有受试者 8 周前后 ACL 重建侧膝关节进行 60°/s 5 次和 240°/s 25 次的测试, 衡量指标有峰力矩(peak torque, PT)和肌耐力(muscle endurance)等。运动员测试现场以及 60°/s 和 240°/s 力与关节运动角

度曲线示意图 1。吴新华等^[5]证实, 对于运动员群体 60°/s 峰力矩能反映绝对力, 240°/s 峰力矩能反映爆发力, 以 240°/s 的 25 次测试中, 21~25 次屈或伸总做功与 1~5 次屈或伸总做功的比值反映肌耐力, 越接近 1 说明肌群耐力水平越好。

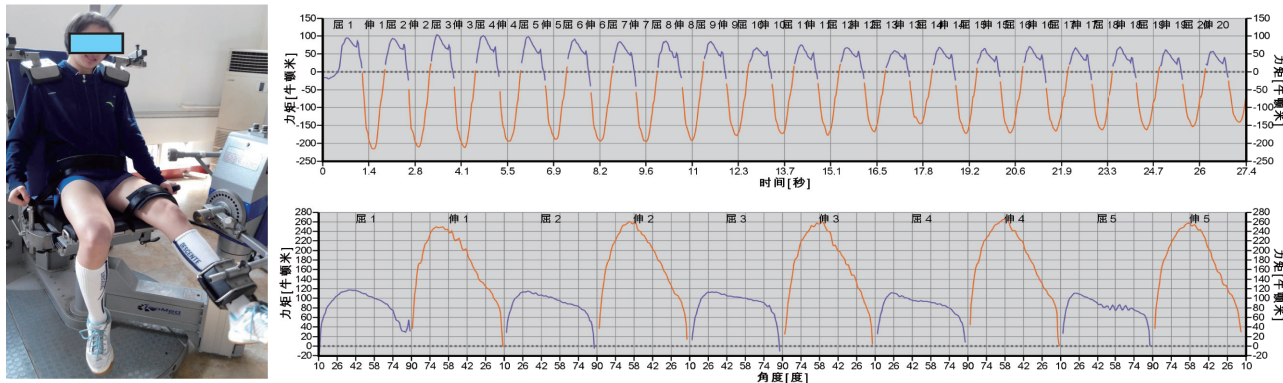


图 1 运动员测试现场以及 60°/s 和 240°/s 力与关节运动角度曲线示意图

1.3 位置觉测试

本体感觉分为运动觉和位置觉^[10], 鉴于实验条件限制, 本研究选择位置觉来衡量受试者本体感觉。在受试者完成等速肌力测试后, 保持测试的姿势, 分别让等速仪器动力头(角速度 1°/s)自动屈伸运动到预设角度: 屈膝 30°和 60°, 每运动到一个角度后, 仪器动力头角度回零, 再让受试者主动运动到指定的位置(受试者感知关节运动到指定位置时, 立即按停止按钮, 此时仪器停止运动), 并记录实际角度与预设角度的差值, 每个角度测试 3 次取平均值。角度越小说明本体感觉越好。

1.4 统计学分析

数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用 SPSS 17.0 进行组间独立样本 t 检验分析, 组内配对样本 t 检验分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 研究对象基本情况

实验组和对照组间年龄、身高、体重、训练年限以及实验前(基线)等速肌力和位置觉各项指标见表 1, 两组差异均无统计学意义($P>0.05$)。

2.2 等速肌力测试结果

实验前后两组受试者伤侧膝关节等速肌力测试结果见表 2。第 8 周与第 0 周组内比较: 实验组膝关节屈、伸的绝对力、爆发力和肌耐力均增大($P<0.01$); 对照组膝关节伸的绝对力和屈的肌耐力增大

($P<0.05$)。第 8 周组间比较: 相比对照组, 实验组膝关节屈绝对力、爆发力和伸的爆发力增大, 分别增加 19.3%, 19.7% 和 19.1% ($P<0.01$), 伸的绝对力和肌耐力增大, 分别增加 17.7% 和 18.2% ($P<0.05$), 但屈肌耐力无明显变化($P>0.05$)。

2.3 位置觉测试结果

实验前后对两组受试者伤侧膝关节位置觉测试结果见表 2。第 8 周与第 0 周组内比较: 实验组膝关节 30°和 60°位置觉角度减小($P<0.01$)。第 8 周组间比较: 相比对照组, 实验组膝关节 30°位置觉角度减小, 达 41.4% ($P<0.01$), 60°位置觉角度也减小 19.0% ($P<0.05$)。

表 1 对象基本信息和实验前基线数据

基本信息	实验组($n=18$)	对照组($n=17$)	t	P
年龄(岁)	20.3 ± 6.6	21.1 ± 7.9	-0.072	0.738
身高(cm)	176.2 ± 11.0	175.9 ± 10.6	0.086	0.683
体重(kg)	70.3 ± 9.6	71.0 ± 8.2	-0.093	0.537
训练年限(年)	11.2 ± 3.6	10.6 ± 4.2	0.102	0.505
绝对力(Nm)				
屈	80.6 ± 15.5	81.5 ± 16.9	-0.113	0.460
伸	102.6 ± 20.7	101.8 ± 19.7	0.082	0.693
爆发力(Nm)				
屈	79.3 ± 16.4	79.6 ± 15.8	-0.070	0.741
伸	92.5 ± 19.0	97.6 ± 19.6	-1.316	0.067
肌耐力				
屈	0.53 ± 0.11	0.54 ± 0.14	-0.066	0.828
伸	0.64 ± 0.13	0.63 ± 0.15	0.069	0.772
位置觉				
30°	4.45 ± 1.46	4.53 ± 1.58	-0.110	0.452
60°	5.43 ± 1.76	5.32 ± 1.16	1.007	0.103

表2 伤侧膝关节峰力矩、肌耐力和位置觉在等速训练后的变化

指标	模式	实验组(n=18)		对照组(n=17)		第8周组间比较		8周后变化百分比(%)		
		第0周	第8周	第0周	第8周	t	P	实验组	对照组	(实验组-对照组)/对照组
绝对力(Nm)	屈	80.6±15.5	106.1±24.2**	81.5±16.9	88.9±18.7	11.620	<0.001	31.6	9.1	19.3
	伸	102.6±20.7	141.5±26.4**	101.8±19.7	120.2±17.8*	2.334	0.012	37.6	18.1	17.7
爆发力(Nm)	屈	79.3±16.4	96.2±19.3**	79.6±15.8	80.4±16.4	11.556	<0.001	37.9	1.0	19.7
	伸	92.5±19.0	127.3±24.1**	97.6±19.6	106.9±26.2	10.077	0.003	22.6	9.5	19.1
肌耐力	屈	0.53±0.11	0.65±0.13**	0.54±0.14	0.61±0.19*	1.621	0.056	21.0	12.9	6.6
	伸	0.64±0.13	0.78±0.12**	0.63±0.15	0.66±0.18	-2.339	0.010	21.9	4.8	18.2
位置觉	30°	4.45±1.46	2.48±1.02**	4.53±1.58	4.23±1.70	23.110	<0.001	-44.3	-6.6	-41.4
	60°	5.43±1.76	4.13±1.66**	5.32±1.16	5.10±1.30	-2.339	0.010	-23.9	-4.1	-19.0

[注]与相同组内0周比较,*:*P*<0.05;**:*P*<0.01。

3 讨论

ACL重建运动员膝屈和伸肌群绝对力量不足,会增加再次运动损伤的风险,如韧带撕裂或关节疼痛等^[12],因此膝屈和伸肌群力量恢复是康复的重要步骤。JACOPETTI等^[8]分析了17例足球运动员ACL重建6个月的膝关节屈、伸肌群绝对力和爆发力,强调爆发力恢复对重返赛场有重要意义。本研究对ACL重建运动员进行绝对力和爆发力训练,提升幅度均有统计学意义。张明宇等^[7]对15例ACL重建运动员进行24周等速肌力训练,认为伸肌绝对力提升幅度大于屈肌。本研究进一步验证并拓展了前人研究,发现无论是实验组还是对照组,膝关节伸肌绝对力和爆发力提升幅度均大于屈肌。

目前尚无研究报道ACL重建运动员肌耐力的变化,本研究采用等速肌力测试系统对受试者膝关节屈、伸肌耐力进行分析,发现在康复基础上增加等速肌力训练并不能增加膝屈肌的耐力。原因可能与干预时间不够长,屈肌耐力变化滞后于伸肌有关。众所周知,运动员对肌群耐力的要求较高,为此在ACL重建康复过程不能忽视肌耐力的训练,本研究希望为今后的研究提供定量的测试方法。

膝关节本体感受器分帕西尼和拉菲尼小体,分布在关节囊、交叉韧带、侧副韧带、半月板和肌腱中,能感受组织的变形和压力,感知关节运动的加速启动和减速停止的过程^[13]。研究证实ACL中存在的机械刺激感受器是重要的本体感觉载体^[14],为此ACL重建运动员本体感觉会受损。当前研究认为ACL重建患者本体感觉训练并没有统一的方法,本研究显示等速肌力训练能改善ACL重建运动员的本体感觉。JEROSCH等^[15]研究认为膝关节在越接近伸直位时运动觉越敏感,符合膝关节运动承重的“自我保护”需要,该结论在一定程度解释了本研究的结论(30°位

置觉变化更明显)。另外,实验组30°位置觉变化最明显,还可能与本研究设计是等速肌力训练有关。等速练习过程要求受试者在运动起始阶段更多地募集肌纤维以达到训练效果,通过观察发现等速肌力峰力矩出现角度在30°附近,长期练习强化到该角度的位置觉。关于等速肌力训练改善受试者本体感觉的机制,研究认为肌力是本体感觉的基础,本体感觉通过神经肌肉训练而强化^[16]。另外,等速肌力训练是周期性稳定性练习,能释放受试者肌腱结构中储存的弹性能量,强化肌触觉反射,通过改善中枢神经促进本体感觉的恢复。然而,本研究存在一定的局限,未能收集更多的样本探讨是否有性别差异,缺少神经肌肉反应的测试。

综上,在传统康复基础上附加8周等速肌力训练,有效改善了ACL重建运动员膝关节屈伸肌群的绝对力、爆发力和伸肌群肌耐力,同时改善了膝关节30°和60°位置觉,但对膝关节屈肌耐力提升效果不明显。

参考文献

[1] 杨涛,周敬滨,李国平. 膝前十字韧带重建术后重返运动的研究进展[J]. 体育科学, 2016, 36(10): 74-79.

[2] HSIEH CP, WEI TS, WU CC. The early effects of isokinetic muscle training on knee joint muscle strength after modified double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Int J Clin Exp Med, 2016, 9(7): 14461-14470.

[3] 刘书芳,矫玮,张晓辉,等. ACL重建术后运动员运动功能测试与重返赛场标准的相关性研究[J]. 成都: 成都体育学院学报, 2015, 41(6): 107-110.

[4] KVIST J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation[J]. Sports Med, 2004, 34(4): 269-280.

[5] 吴新华,蒋云飞,程亮,等. 优秀男子跳远运动员下肢关

- 节等速肌力特征的分析[J]. 成都体育学院学报, 2013, 39(10): 86-89.
- [6] 罗兴来, 刘雪峰, 程亮. 四川省少年男篮运动员膝关节等速肌力特征分析[J]. 四川体育科学, 2016, 35(3): 36-39.
- [7] 张明宇, 张亮, 郑江, 等. 前交叉韧带重建术后运动员等速肌力训练的研究[J]. 实用骨科杂志, 2016, 22(12): 1080-1082.
- [8] JACOPETTI M, PASQUINI A, COSTANTINO C. Evaluation of strength muscle recovery with isokinetic, squat jump and stiffness tests in athletes with ACL reconstruction: a case control study[J]. Acta Biomed, 2016, 87(1): 76-80.
- [9] CHENG L, CHANG S, LI J, et al. Effects of different periods of Tai Chi exercise on the kinesthesia of the lower limb joints of elderly women[J]. Res Sports Med, 2017, 25(4): 462-469.
- [10] LEE BI, MIN KD, CHOI HS, et al. Immunohistochemical study of mechanoreceptors in the tibial remnant of the ruptured anterior cruciate ligament in human knees[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2009, 17(9): 1095-1101.
- [11] 何川, 李彦林, 李晓刚, 等. 前交叉韧带保留残端重建术对膝关节本体感觉功能恢复的疗效分析[J]. 中国修复重建外科杂志, 2014, 28(4): 442-447.
- [12] HEWETT TE, DI STASI S, MYER GD. Current concepts for injury prevention in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Am J Sports Med, 2013, 41(1): 216-224.
- [13] 李静雅, 程亮. 不同频率全身振动训练对老年女性平衡能力、下肢肌力和位置觉的影响[J]. 体育学刊, 2018, 25(2): 128-134.
- [14] 蒋拥军, 李克军, 王雪冰. 平衡促进训练对膝关节前交叉韧带损伤重建术后患膝本体感觉的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2011, 26(3): 251-253, 267.
- [15] JEROSCH J, PRYMKA M. Knee joint proprioception in normal volunteers and patients with anterior cruciate ligament tears, taking special account of the effect of a knee bandage[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 1996, 115(3/4): 162-166.
- [16] 贾学恕. 本体感觉训练对前交叉韧带重建后膝关节功能康复的meta分析[D]. 北京: 北京体育大学, 2016.
- (收稿日期: 2017-12-13; 录用日期: 2018-05-22)
(英文编辑: 汪源; 编辑: 陶黎纳, 丁瑾瑜; 校对: 汪源)

【告知栏】

《环境与职业医学》杂志免收审稿费的通知

本着竭诚为广大作者和读者服务的宗旨,《环境与职业医学》杂志从2016年1月1日起免收审稿费。

《环境与职业医学》唯一投稿方式是在线投稿,官方网址为 www.jeom.org。广大作者投稿时,请注意阅读网站首页公布的“作者指南”,认真检查稿件的研究内容是否符合《环境与职业医学》刊载范畴,写作格式是否符合本刊的要求。网上投稿时务必填写必要项目,并按照本刊要求提供所需的投稿材料,以免延误送审时间。

欢迎业内新老作者踊跃投稿,继续关注和支持本刊的发展。

《环境与职业医学》杂志编辑部