

前交叉韧带重建术后康复治疗中开链与闭链运动的效果观察

熊道海¹,李玥莹¹,张云²

(¹新疆医科大学第五附属医院康复医学科,新疆 乌鲁木齐 830011;²新疆维吾尔自治区第一济困医院医院感染办公室,新疆 乌鲁木齐 830017)

[摘要] 目的:比较前交叉韧带重建术后行开链与闭链运动的康复效果,并为前交叉韧带重建术后康复方案的选择提供依据。方法:从2010年1月~2012年6月符合纳入标准的接受自体肌腱单束解剖重建前交叉韧带手术的患者97例,通过随机数字表将其分为两组,分别采用开链运动康复方案(45例)和闭链运动康复方案(52例)。两组术前Lysholm膝关节评分、IKDC评分及KT-1000值均无明显差异。比较术后3、6、12个月时两组患者的Lysholm膝关节评分、IKDC评分、KT-1000值及主动、被动关节活动度的差值。结果:术后3个月开链运动组与闭链运动组Lysholm膝关节评分、IKDC评分和被动关节活动度差值的差异无统计学意义,而主动关节活动度差值、KT-1000值有明显差异;术后6个月两组Lysholm膝关节评分、IKDC评分和主、被动关节活动度差值的差异无统计学意义,KT-1000值有明显差异。术后12个月两组Lysholm膝关节评分、IKDC评分、KT-1000值和主动、被动关节活动度差值的差异均无统计学意义。结论:前交叉韧带重建术后行开链运动与闭链运动康复训练,膝关节的肌力及活动度最终均能恢复到较为满意的结果,且无明显差异,但闭链运动较开链运动恢复得更早。康复早期,闭链运动更有利于保护重建韧带,防止术后再损伤。

[关键词] 前交叉韧带重建;康复;开链运动;闭链运动

[中图分类号] R455

[文献标志码] B

[文章编号] 1007-4368(2013)07-994-05

doi: 10.7655/NYDXBNS20130730

膝关节前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)的损伤较为多见,其相关治疗逐渐受到人们的关注。随着关节镜下ACL重建技术研究的不断深入,研究者认为膝关节ACL重建术后的疗效与康复训练密切相关。而康复训练的目的就是使患者早期达到正常的关节活动度与负荷量以及尽早恢复正常运动。

ACL重建术后,股四头肌的训练是康复过程中至关重要的内容。可分为开链运动(open kinetic chain, OKC)和闭链运动(closed kinetic chain, CKC)。开链运动是指肢体近端固定而远端关节活动的运动,如伸膝抗阻、直腿抬高运动等。开链运动的特点是远端运动范围大于近端,速度也快于近端。而闭链运动是指肢体远端固定而近端关节活动的运动,如骑自行车、下蹲等。由于开链运动中,前交叉韧带承受拉力比闭链运动更大,故在过去20年中,康复训练的选择已由开链运动逐渐转向闭链运动^[1-2]。

本研究比较术后康复训练中开链运动与闭链运动的效果,旨在为术后康复方案的制定提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象

收集2010年1月~2012年6月于新疆医科大学第五附属医院康复医学科住院的ACL损伤患者。入选标准:单侧ACL损伤。排除标准:①合并有后交叉韧带、内、外侧副韧带、髌股韧带等多发韧带损伤;②X线表现有内、外翻畸形及其他发育异常;③合并有严重的骨关节炎、类风湿关节炎。共有97例纳入本研究,采用随机数字表法将其分为开链运动组(45例)、闭链运动组(52例)。其中男66例,女31例。两组患者性别、年龄、身高、体重等基本情况具有可比性,术前IKDC评分、Lysholm膝关节评分、KT-1000值(屈膝25°,13.6 kg)的差异均无统计学意义。

1.2 方法

1.2.1 手术方法

全部病例均由同1名医生施行手术。镜下常规探查并处理滑膜皱襞、半月板等合并损伤,对半月板损伤均采用部分切除术治疗,清理关节内交叉韧带残端及髁间窝,术中见髁间窝狭窄者行髁间窝扩大

成行术。取对侧自体腘绳肌腱组织重建前交叉韧带,将半腱肌腱对折成总长度 8.5~9.0 cm 作为前交叉韧带移植物。膝关节屈曲 90°,将胫骨结节上方 1 cm 处作为 ACL 入口点,出针点位于 ACL 解剖止点中心,导针与胫骨轴约成 55°,沿导针钻取胫骨隧道。前交叉韧带股骨隧道定位于髌间窝外壁原前交叉韧带止点处,钻入导针,沿导针钻取股骨隧道。骨隧道依

照移植物的直径进行钻取,ACL 7~9 mm,平均 8 mm。然后将 ACL 移植物拉入骨隧道,并以可吸收界面螺钉(美国 Smith-nephew 公司)固定,于屈膝 70°位拉紧肌腱,进行反复多次的关节屈伸活动后检查前后抽屉试验以及 Lachman 征无异常后挤入界面螺钉。

1.2.2 术后康复方案

详见表 1。

表 1 开链运动组和闭链运动组术后康复程序

组别	康复阶段	训练内容
开链运动组	第一阶段(0~2 周)	麻醉清醒后即开始进行肌力训练,直腿抬高训练和踝泵训练锻炼下肢肌力;
	第二阶段(3~5 周)	直腿抬高锻炼,每 10 次为 1 组,每组间隔 3~4 min,5~6 组为 1 个练习,休息 2 h,每天进行 3~4 个练习;
	第三阶段(6~8 周)	继续第二阶段练习内容,并从伸直位开始,逐渐增大关节活动度,每天增加 5°~10°至术后第 8 周屈膝至少达 120°;
	第四阶段(8 周后)	独立进行常规步态练习,并增加加、减速练习等协调性训练,恢复正常生活能力。20 周后逐渐恢复体育运动。
闭链运动组	第一阶段(0~2 周)	麻醉清醒后即开始进行肌力训练,直腿抬高训练和踝泵训练锻炼下肢肌力;
	第二阶段(3~5 周)	术后 3 周练习仰卧屈膝运动,屈膝过程中足跟不离开床面;术后 4~5 周练习屈膝小于 45°半蹲。每 10 次为 1 组,每组间隔 3~4 min,5~6 组为 1 个练习,休息 2 h,每天进行 3~4 个练习;
	第三阶段(6~8 周)	继续第二阶段练习内容,并从屈膝 45°开始,逐渐增大关节活动度,每天增加 5°~10°至术后第 8 周屈膝至少达 120°;
	第四阶段(8 周后)	独立进行常规步态练习,并进行加、减速练习等协调性训练,恢复正常生活能力。20 周后逐渐恢复体育运动。

1.2.3 随访及观察指标

分别于术后 3、6 和 12 个月随访时测量 Lysholm 膝关节评分、IKDC 评分、KT-1000 值及主动、被动关节活动度差值(健侧关节活动度-患侧关节活动度)。

1.3 统计学方法

应用 SPSS19.0 统计软件进行统计学分析。计量资料组间比较采用成组 *t* 检验,方差齐者行常规 *t* 检验,否则为 Stterthwaite 校正 *t* 检验。部分计数资料行卡方检验。各组各指标分时点比较(趋势分析)按重复测量资料分析原则进行比较,并根据多次比较次数,适当调整检验水准,以降低 I 类统计风险。数据不符合球形性检验,采用 Greenhouse-Geisser 法调整自由度。 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 观察指标数据

术前、术后 3、6 及 12 个月两组患者的 Lysholm 膝关节评分、IKDC 评分、KT-1000 值及主动、被动关节活动度的差值见表 2。术后 3 个月两组 Lysholm

膝关节评分、IKDC 评分和被动关节活动度差值的差异无统计学意义($P > 0.05$),而主动关节活动度差值、KT-1000 值有明显差异($P < 0.05$,表 2),说明开链运动组膝关节比闭链运动组的膝关节松弛。术后 6 个月两组 Lysholm 膝关节评分、IKDC 评分和主、被动关节活动度差值的差异无统计学意义 ($P > 0.05$),而 KT-1000 值的差异有统计学意义($P < 0.05$,表 2),说明开链运动组膝关节的松弛度比闭链运动组大。术后 12 个月两组 Lysholm 膝关节评分、IKDC 评分、KT-1000 值和主动、被动关节活动度差值的差异均无统计学意义($P > 0.05$),两组膝关节的功能和活动度基本恢复一致。

2.2 组别因素及时点因素的综合解析

考虑到时间因素和组别因素可能会存有交互作用,故对 5 项指标进行两因素重复测量方差分析(表 3)。全部指标的时间因素均有显著性意义,佐证确有随时间变化的趋势。KT-1000 值及主动关节活动度差值指标,两组的组别因素差异也有统计学意义,与表 2 的比较结果相同。此外,IKDC 评分、KT-1000 值及主动关节活动度差值指标,分组因素和时点因素交互作用显著。

表2 两组患者各观察指标数据及组间比较

观察	术前	术后3个月	术后6个月	术后12个月
Lysholm 膝关节评分(分)				
开链运动组	56.45 ± 8.69	88.76 ± 8.45	92.12 ± 6.32	96.98 ± 9.78
闭链运动组	57.40 ± 8.34	89.94 ± 9.64	92.79 ± 5.99	97.21 ± 10.21
t 值	0.55	0.64	0.54	0.11
P 值	0.58	0.53	0.59	0.91
IKDC 评分(分)				
开链运动组	55.40 ± 7.52	90.49 ± 6.98	93.82 ± 5.39	95.79 ± 8.92
闭链运动组	52.78 ± 7.12	91.01 ± 7.92	94.14 ± 6.11	96.21 ± 9.98
t 值	1.76	0.34	0.27	0.22
P 值	0.08	0.73	0.79	0.82
KT-1000 值(mm)				
开链运动组	7.81 ± 0.77	1.61 ± 0.39	1.23 ± 0.35	0.87 ± 0.12
闭链运动组	7.97 ± 0.98	0.97 ± 0.23	0.87 ± 0.23	0.83 ± 0.13
t 值	0.88	9.65	6.06	1.57
P 值	0.38	<0.01	<0.01	0.12
主动关节活动度差值(°)				
开链运动组		8.89 ± 1.15	4.41 ± 1.09	4.41 ± 1.01
闭链运动组		7.01 ± 1.52	4.29 ± 0.98	4.18 ± 1.11
t 值		6.78	0.57	0.42
P 值		0.01	0.57	0.68
被动关节活动度差值(°)				
开链运动组		4.34 ± 0.89	2.21 ± 0.34	2.11 ± 0.65
闭链运动组		4.21 ± 0.87	2.32 ± 0.21	2.02 ± 0.56
t 值		0.73	1.43	0.73
P 值		0.47	0.16	0.47

开链运动组与闭链运动组术后 Lysholm 膝关节评分、IKDC 评分和 KT-1000 值较术前都有明显的改善,术后 3~6 个月,膝关节主、被动活动度差异恢复较快(图 1),但是术后 3~12 个月,膝关节的

Lysholm 评分、IKDC 评分和 KT-1000 值改善缓慢,术后 6~12 个月膝关节主、被动活动度差异恢复较慢,故 ACL 重建术后 6 个月内对膝关节功能和活动度的恢复至关重要。

表3 两组患者各项指标的重复测量比较

变异来源	Lysholm 膝关节评分		IKDC 评分		KT-1000 值		主动关节活动度差值		被动关节活动度差值	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
组别	0.207	0.650	0.050	0.824	8.556	0.004	12.419	0.001	0.132	0.717
时间	2 632.238	<0.001	4 043.916	<0.001	8 062.558	<0.001	2 321.132	<0.001	871.536	<0.001
组别×时间	0.302	0.824	6.005	0.001	21.349	<0.001	128.760	<0.001	0.121	0.886

3 讨论

ACL 重建后,移植物需要经历坏死、重新血管化、胶原纤维爬行替代和塑形等过程,最后成为近似于 ACL 生物特性的替代韧带^[3-5]。有文献报道,重建术后早期,自体移植材料的强度在术后 3~5 周可下降到初始强度的 10%~15%。所以,在韧带重建术后的早期应当注意适当保护,避免在高度屈膝的情况下负重。移植物的强度也经历了一个由强急剧减弱、

再逐渐增强的过程,因此要以重建韧带的转归过程指导术后康复计划的制定。

等速测试中到达峰力矩的时间 (time to peak torque, TPT)是指屈、伸膝肌达到最大力量的时间,是衡量肌肉爆发力的指标,由于闭链收缩运动时取决于主动肌和拮抗肌的同时协调收缩,这使得闭链运动时 TPT 明显长于开链运动,故爆发力的训练应首选开链运动^[6]。有学者认为,股四头肌是与前交叉韧带相拮抗的^[7-8],但也有研究表明,这种情况只出

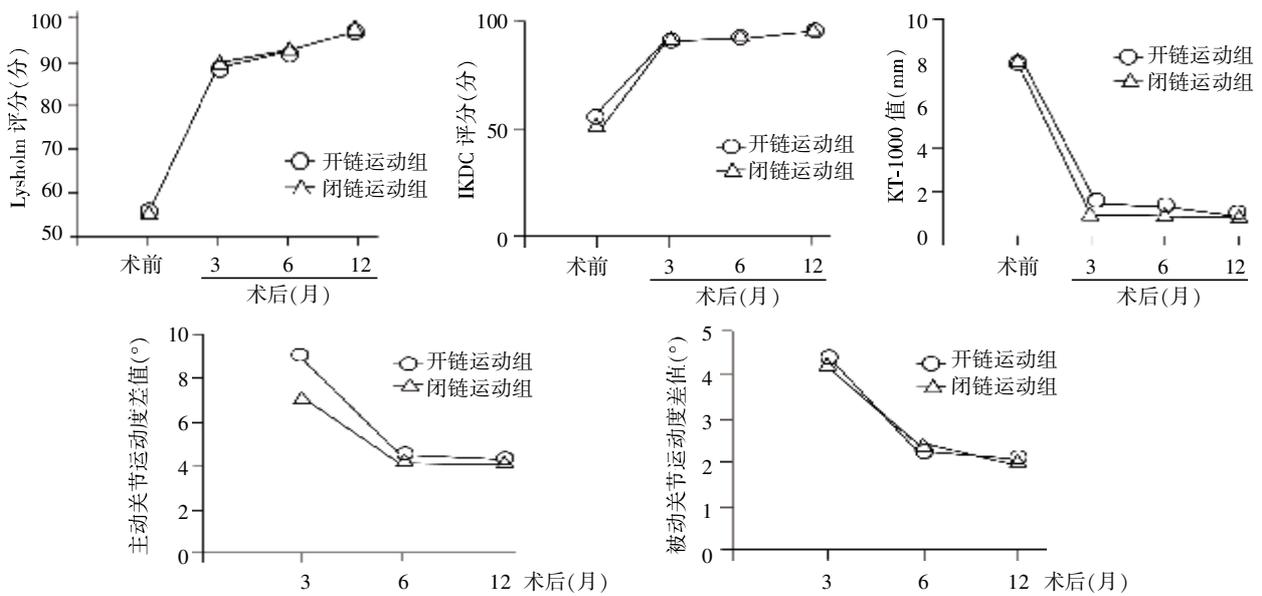


图 1 两组患者各指标数据变化趋势图

现在开链运动中,如游泳、踢球、摔跤等运动,而在跑、跳、站、走等闭链运动中股四头肌有使股骨向前的矢量,从而对 ACL 起保护作用,强有力的股四头肌对于防止 ACL 损伤和损伤的 ACL 康复都是有利的^[9]。因此,ACL 的康复过程应注重股四头肌肌力的训练^[10]。

文献报道,在下蹲时,ACL 应力的峰值出现在膝关节屈曲 35°~40°时,负荷增加到大约为体重的 0.55 倍多,随着膝关节屈曲角度的增大,应力逐渐减小,超过 50°后负荷就很少。因而认为 ACL 损伤的患者进行下蹲运动是比较安全的^[11]。这实际提示闭链运动训练对重建韧带的安全性较高。也有专家认为,由于闭链运动实际上是将开链的旋转运动转换成了线性运动,因此闭链运动时并不会增加关节的剪切力,可以增加保护作用,更能接近于功能性康复,对 ACL 重建或松弛的关节,可以提供更早期、更安全、更有效的康复手段^[12]。但是也有学者指出此结论缺乏依据,因为研究发现,两种训练方式所引起的应力改变无明显差异^[13]。训练中膝关节的运动范围决定了髌骨关节的应力大小,因此为了避免髌骨关节产生过度应力,在开链训练中需要限制膝关节 45°~90°的活动度,而闭链训练则需要限制膝关节由完全伸直位至 45°屈曲位的活动度,这提示两种方式均可用于前交叉韧带重建术后早期康复训练^[14]。也有研究显示,ACL 重建术后分别进行开链运动与闭链运动康复训练,并于术后 8、14 周进行随访,结果显示两组患者膝关节松弛度和患肢的功能无明显差异^[15]。

本研究的结果显示在术后 3 个月,闭链运动组患者的膝关节主动活动度及膝关节松弛度评分均优于开链运动组,术后 6 个月闭链运动组的膝关节主动活动度比开链运动组好,但是术后 1 年两组间的膝关节评分及活动度均无明显差异。这与张静等^[16]报道的结果类似,但是其只随访了 6 个月,未对开链运动和闭链运动的远期疗效做进一步研究。本研究未对本体感觉的恢复进行测试,但本研究为随机对照试验,因此临床意义更大。

综上所述,ACL 重建术后行开链运动与闭链运动康复训练,膝关节的肌力及活动度最终均能恢复到较为满意的结果,且最终结果无明显差异。但闭链运动较开链运动恢复得更早。闭链运动早期更有利于保护重建韧带,防止术后再损伤。

[参考文献]

- [1] Ayeni OR, Evaniew N, Ogilvie R, et al. Evidence-based practice to improve outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Clin Sports Med, 2013, 32(1): 71-80
- [2] Henning CE, Lynch MA, Glick KJ. An *in vivo* strain gage study of elongation of the anterior cruciate ligament[J]. Am J Sports Med, 1985, 13(1): 22-26
- [3] Gulotta LV, Kovacevic D, Ying L, et al. Augmentation of tendon-to-bone healing with a magnesium-based bone adhesive[J]. Am J Sports Med, 2008, 36(7): 1290-1297
- [4] Chang CH, Chen CH, Liu HW, et al. Bioengineered periosteal progenitor cell sheets to enhance tendon-bone healing in a bone tunnel [J]. Biomed J, 2012, 35(6): 473-480

- [5] Tsukada H, Ishibashi Y, Tsuda E, et al. The actual tendon-bone interface strength in a rabbit model[J]. *Arthroscopy*, 2010, 26(3):366-374
- [6] 梁炳寅, 王惠芳, 王予彬. 膝前交叉韧带重建术后康复治疗中开链与闭链运动的应用[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2010, 32(6):467-469
- [7] Mesfar W, Shirazi-Adl A. Knee joint biomechanics in open-kinetic-chain flexion exercises [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2008, 23(4):477-482
- [8] Kinney AL, Besier TF, Silder A, et al. Changes in in vivo knee contact forces through gait modification [J]. *J Orthop Res*, 2013, 31(3):434-440
- [9] Lopley LK, Palmieri-Smith RM. Effect of eccentric strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength [J]. *J Sport Rehabil*, 2013, 22(2):150-156
- [10] Laboute E, Savalli L, Lefevre T, et al. Interest of an iterative specialized rehabilitation after an anterior cruciate ligament reconstruction in high level sport athletes [J]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 2008, 94(6):533-540
- [11] 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
- [12] Dannelly BD, Otey SC, Croy T, et al. The effectiveness of traditional and sling exercise strength training in women [J]. *J Strength Cond Res*, 2011, 25(2):464-471
- [13] Felicio LR, Saad MC, Liporaci RF, et al. Evaluating patellar kinematics through magnetic resonance imaging during open- and closed-kinetic-chain exercises [J]. *J Sport Rehabil*, 2010, 19(1):1-11
- [14] Eder K, Hoffmann H. Physiotherapeutic and training therapeutic options for instable patellofemoral joints [J]. *Orthopade*, 2011, 40(10):855-867
- [15] Perry MC, Morrissey MC, King JB, et al. Effects of closed versus open kinetic chain knee extensor resistance training on knee laxity and leg function in patients during the 8- to 14-week post-operative period after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2005, 13(5):357-369
- [16] 张静, 刘虎, 朱超华, 等. 前十字韧带重建术后开链与闭链康复运动的选择 [J]. *中华骨科杂志*, 2012, 32(2):128-131

[收稿日期] 2013-01-18

《南京医科大学学报(自然科学版)》荣获首届 江苏省新闻出版政府奖

由中共江苏省委宣传部、江苏省新闻出版(版权)局、江苏省财政厅、江苏省人力资源和社会保障厅共同主办的首届江苏省新闻出版政府奖评选表彰结果公布,经评审委员会评审和评选工作领导小组审定,并经过严格的指标评定,《南京医科大学学报(自然科学版)》荣获江苏省新闻出版政府奖报刊提名奖。该奖项中报刊奖期刊类20种,报刊提名奖期刊类14种。江苏省共有441种期刊出版,此次仅有34种期刊获此殊荣。