

## 内侧副韧带断裂膝关节内前交叉韧带单束和双束的重建☆

陈连旭<sup>1</sup>, 王虹虹<sup>2</sup>

**文章亮点:** 临床上处理前交叉韧带和内侧副韧带复合伤时, 如果选择保守治疗内侧副韧带, 手术重建前交叉韧带时, 具有双束重建条件的患者应优先选择前交叉韧带双束重建, 以便更好地控制胫骨的外旋, 增加膝关节的旋转稳定性。

**关键词:** 内侧副韧带; 前交叉韧带; 单束重建; 双束重建; 生物力学

### 摘要

**背景:** 对于前交叉韧带和内侧副韧带复合损伤患者, 在保守治疗内侧副韧带、手术重建前交叉韧带时, 前交叉韧带重建的手术方式选择存在争议。

**目的:** 在内侧副韧带断裂的膝关节内, 观察前交叉韧带单束重建和双束重建的生物力学差别。

**方法:** 将16具成年猪的膝关节随机分为两组, 每组8具。膝关节切断内侧副韧带和前交叉韧带后, 一组进行前交叉韧带的单束重建, 一组进行双束重建。利用Robot分别测量每组膝关节在完整膝关节、内侧副韧带和前交叉韧带切断、前交叉韧带单束重建和双束重建4种状态下不同屈膝角度的胫骨前向位移、内旋和外旋角度。

**结果与结论:** 膝关节切断前交叉韧带和内侧副韧带, 可以显著增加胫骨的前向位移和内、外旋转角度。前交叉韧带重建, 可以降低胫骨的前向位移和内、外旋转角度。前交叉韧带双束重建在降低胫骨的外旋方面优于单束重建。结果提示对于内侧副韧带和前交叉韧带复合损伤患者, 在保守治疗内侧副韧带断裂、前交叉韧带重建时, 应优先选择前交叉韧带双束重建, 以便更好地控制胫骨的外旋, 增加膝关节前内旋转的稳定性。

### Single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction in the medial collateral ligament-deficient knee

Chen Lian-xu<sup>1</sup>, Wang Hong-hong<sup>2</sup>

#### Abstract

**BACKGROUND:** It is controversial that single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with conservative treatment of medial collateral ligament (MCL) in the treatment of combined injuries of the ACL and MCL.

**OBJECTIVE:** To observe the biomechanical difference of single-bundle and double-bundle ACL reconstruction in the MCL-deficient knee.

**METHODS:** Totally 16 adult pig knees were randomly divided into two groups. The ACL and MCL of the knee was transected, single-bundle ACL reconstruction was performed in one group, and double-bundle ACL reconstruction in another group. The anterior tibial translation (ATT), internal rotation (IR) and external rotation (ER) of the tibia were measured with Robot in states of intact knee, ACL and MCL transected, single-bundle and double-bundle ACL reconstruction at different knee flexion.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Compared with the intact knee, ATT, IR and ER were significantly increased in the ACL and MCL transected knee. After the ACL reconstruction in the MCL-deficient knee, ATT, IR and ER were significantly restored, and double-bundle ACL reconstruction was superior to single-bundle ACL reconstruction in restoring ER of the tibia. These findings indicate that double-bundle ACL reconstruction is superior to single-bundle ACL reconstruction at restoration of tibial ER stability in the MCL-deficient knee with regard to treatment of combined injuries of the ACL and MCL.

Chen LX, Wang HH. Single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction in the medial collateral ligament-deficient knee. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(50): 9387-9390.

<sup>1</sup> 北京大学第三医院运动医学研究所, 北京市100191; <sup>2</sup> 首都医科大学附属北京朝阳医院(京西院区)急诊科, 北京市100043

陈连旭, 男, 1969年生, 山东省高密市人, 汉族, 2006年北京大学医学部毕业, 博士, 副主任医师, 副教授, 主要从事膝关节运动创伤的临床和基础研究。  
bjchenlx69@163.com

中图分类号: R318  
文献标识码: B  
文章编号: 2095-4344  
(2012)50-09387-04

收稿日期: 2012-03-04  
修回日期: 2012-04-23  
(20120104024/M·W)

<sup>1</sup>Institute of Sports Medicine, Third Hospital, Peking University, Beijing 100191, China;  
<sup>2</sup>Emergency Department, Beijing Chaoyang Hospital (Jingxi Campus), Capital Medical University, Beijing 100043, China

Chen Lian-xu ☆, Doctor, Associate chief physician, Associate professor, Institute of Sports Medicine, Third Hospital, Peking University, Beijing 100191, China  
bjchenlx69@163.com

Received: 2012-03-04  
Accepted: 2012-04-23

## 0 引言

前交叉韧带是维持膝关节前向和旋转稳定性的主要因素, 内侧副韧带是其次要因素<sup>[1-2]</sup>。前交叉韧带和内侧副韧带复合损伤, 严重影响膝关节的稳定性, 处理措施尚有争议<sup>[3-6]</sup>。动物和临床实验证明内侧副韧带具有良好的愈合能力<sup>[7-8]</sup>, 一般的治疗措施是保守治疗内侧副韧带, 手术重建前交叉韧带<sup>[9]</sup>。

前交叉韧带重建, 分为单束重建和双束重建。研究表明, 双束重建更能恢复膝关节的旋转稳定性<sup>[10]</sup>。那么, 如果临床选择保守治疗内侧副韧带损伤、手术重建前交叉韧带时, 在恢复膝关节的稳定性方面, 双束和单束重建有什么差别吗? 文献尚未有报道。本研究在内侧副韧带断裂的猪膝关节标本上, 进行单束和双束前交叉韧带重建, 观察二者在维持关节前向和旋转稳定性的差别。

## 1 材料和方法

**设计:** 生物力学研究, 随机对照动物实验。

**时间及地点:** 于2010年12月至2011年10月在北京大学运动医学研究所完成。

**材料:**

**实验标本:** 成年肉食猪的左膝关节16个, 大小基本相等, 订购于北京某家屠宰市场。

**仪器:** 德国产Robot (CASPAR Staubli RX90, Orto MAQUET, Germany)和Smith & Nephew公司的关节镜及关节镜手术器械。

**重建材料:** 利用肉食猪同一肢体的跟腱作为重建前交叉韧带的材料。单束重建时, 移植物直径为7 mm; 双束重建时, 前内束直径为6 mm, 后外束为5 mm。

**方法:**

**标本制备:** 16个冷冻的猪膝关节, 解冻过夜, 保留股骨远端和胫骨近端各15 cm长, 锯除多余的骨骼, 剔除周围的肌肉、筋膜和骨膜组织, 保留完整的膝关节囊和周围的韧带。将游离的股骨和胫骨包埋在圆柱状的环氧树脂内, 备用。

**分组:** 16个膝关节标本随机分为两组, 每组8个标本。

**测量状态:**

第一组膝关节标本, 首先测量完整的膝关节。然后将之固定在工作台上, 直视下切断内侧副韧带, 在关节镜下切除前交叉韧带, 测量。最后在关节镜下单束重建前交叉韧带: 骨道位置定位于前交叉韧带胫骨和股骨止

点残端的中心, 股骨端应用Endobutton, 胫骨端应用门形钉, 屈膝50°(猪的膝关节屈膝30°为伸直位), 20 N的拉力下固定<sup>[11]</sup>, 再次测量。

第二组膝关节标本, 首先测量完整的膝关节。然后固定在工作台, 直视下切断内侧副韧带, 在关节镜下切除前交叉韧带, 测量。最后在关节镜下双束重建前交叉韧带: 骨道位置分别定位于前内束和后外束胫骨和股骨止点残端的中心, 股骨端应用Endobutton, 胫骨端应用门形钉, 后外束屈膝30°, 前内束屈膝50°, 分别以20 N的拉力下固定<sup>[11]</sup>, 再次测量。

**测量方法:** Robot开机运行, 力臂调零后, 将标本固定到Robot上, 负荷预加载, 测量数据稳定后进行测量。在每种状态下, 给予胫骨89 N的前向负荷, 在屈膝30°, 60°和90°的情况下测量胫骨的前向位移; 给予胫骨4 N•m的扭矩, 分别在屈膝30°和60°的情况下, 测量胫骨的内旋角度和外旋角度<sup>[12]</sup>。每个数值测量3次, 取其平均值。

**统计学分析:** 采用SPSS17.0进行统计学分析, 数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。多个样本均数的比较采用单因素方差分析, 以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

## 2 结果

**2.1 对胫骨前向位移的影响** 完整的膝关节, 胫骨的前向位移较小, 其中屈膝60°时最大, 为(5.53 ± 0.80) mm。膝关节切断前交叉韧带和内侧副韧带, 在屈膝30°, 60°和90° 3个位置, 胫骨前向位移都显著增加( $P < 0.05$ ), 其中屈膝60°时最大, 为(17.53 ± 1.39) mm。内侧副韧带未行处理, 重建前交叉韧带, 可以显著降低胫骨前向位移( $P < 0.05$ ), 前交叉韧带单束重建和双束重建, 胫骨前向位移无明显差别, 见表1。

Group	n	ATT (30° knee flexion)	ATT (60° knee flexion)	ATT (90° knee flexion)
Intact knee	16	4.78 ± 1.42	5.53 ± 0.80	4.5 ± 1.13
ACL+MCL-T	16	13.59 ± 1.00 <sup>a</sup>	17.53 ± 1.39 <sup>a</sup>	14.75 ± 1.16 <sup>a</sup>
ACL-SB-R	8	5.00 ± 0.94	6.03 ± 0.81	5.15 ± 0.87
ACL-DB-R	8	4.94 ± 1.31	5.72 ± 0.80	4.56 ± 0.61

<sup>a</sup> $P < 0.05$ , vs. intact knee, ACL-SB-R and ACL-DB-R groups; MCL: medial collateral ligament

**2.2 对胫骨内旋的影响** 完整的膝关节, 胫骨的内旋角度较大, 其中屈膝30°时为(37.19 ± 9.51)°。膝关节切

断前交叉韧带和内侧副韧带, 在屈膝30°和60° 2个角度, 内旋角度都显著增加( $P < 0.05$ ), 其中屈膝60°为最大, 为(47.94±8.69)°。内侧副韧带未行处理, 重建前交叉韧带, 可以显著降低内旋角度( $P < 0.05$ ), 单束重建和双束重建内旋角度无明显差别, 见表2。

表2 前交叉韧带单束和双束重建对胫骨内旋的影响  
Table 2 Effect of single (SB) and double-bundle (DB) anterior cruciate ligament (ACL) on tibial internal rotation (IR) ( $\bar{x} \pm s, ^\circ$ )

Group	n	IR (30° knee flexion)	IR (60° knee flexion)
Intact knee	16	-37.19±9.51	-35.44±12.02
ACL+MCL-T	16	-47.19±9.51 <sup>a</sup>	-47.94±8.69 <sup>a</sup>
ACL-SB-R	8	-41.47±9.89	-39.31±12.74
ACL-DB-R	8	-38.72±9.50	-36.44±11.34

<sup>a</sup> $P < 0.05$ , vs. intact knee, ACL-SB-R and ACL-DB-R groups; MCL: medial collateral ligament

2.3 对胫骨外旋的影响 完整的膝关节, 胫骨的外旋角度较小, 其中屈膝60°时为最大, 为(20.28±4.36)°。膝关节切断前交叉韧带和内侧副韧带, 在屈膝30°和60°角度, 胫骨外旋角度都显著增加( $P < 0.05$ ), 其中屈膝60°为最大, 为(29.28±3.77)°。内侧副韧带未行处理, 重建前交叉韧带, 可以显著降低胫骨外旋角度( $P < 0.05$ ), 双束重建明显小于单束重建( $P < 0.05$ ), 见表3。

表3 前交叉韧带单束和双束重建对胫骨内旋的影响  
Table 3 Effect of single (SB) and double-bundle (DB) anterior cruciate ligament (ACL) on tibial external rotation (ER) ( $\bar{x} \pm s, ^\circ$ )

Group	n	ER (30° knee flexion)	ER (60° knee flexion)
Intact knee	16	15.50±2.83	20.28±4.36
ACL+MCL-T	16	24.87±2.70 <sup>a</sup>	29.28±3.77 <sup>a</sup>
ACL-SB-R	8	20.03±2.44	24.59±2.78
ACL-DB-R	8	16.91±3.30 <sup>b</sup>	20.33±3.75 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> $P < 0.05$ , vs. intact knee, ACL-SB-R and ACL-DB-R groups; <sup>b</sup> $P < 0.05$ , vs. ACL-SB-R group; MCL: medial collateral ligament

### 3 讨论

对于膝关节前交叉韧带和内侧副韧带复合损伤的治疗, 各家看法不一。Larson<sup>[3]</sup>认为, 为了达到膝关节各个方向的稳定性, 需要同时进行前交叉韧带和内侧副韧带的重建。Hughston<sup>[4]</sup>强调早期修复内侧副韧带的重要性, 认为应该早期手术缝合内侧副韧带, 保守治疗前交叉韧带。Joki<sup>[5]</sup>则认为非手术治疗前交叉韧带和内侧副韧带损伤也能达到良好的手术效果, 68%的患者可以恢复到原来的运动水平。Andersson<sup>[6]</sup>通过手术和

非手术治疗的前瞻性研究, 建议只进行前交叉韧带的重建, 保守治疗内侧副韧带断裂。Schierl<sup>[13]</sup>和Warren<sup>[14]</sup>采用该种方式, 治疗前交叉韧带和内侧副韧带的复合损伤, 长期随访, 效果满意。

实验研究表明完整的前交叉韧带, 对于内侧副韧带的自行愈合至关重要<sup>[15]</sup>。前交叉韧带和内侧副韧带的非手术治疗, 可能导致膝关节的不稳, 而两条韧带同时手术治疗, 有可能导致术后关节的活动受限<sup>[6-7]</sup>。因此, 对于内侧副韧带损伤, 特别是上止点和体部损伤, 合并前交叉韧带的断裂, 只进行前交叉韧带的重建, 内侧副韧带非手术治疗, 临床效果理想的<sup>[16]</sup>。

内侧副韧带是限制膝关节外翻的主要因素, 切断内侧副韧带, 可以导致膝关节内侧开口3-5 mm<sup>[17]</sup>。前交叉韧带和内侧副韧带复合损伤, 可以导致膝关节的前内旋转不稳。实验表明, 前交叉韧带断裂, 可以增加胫骨的前向位移, 外旋位的前向位移小于中立位前向位移。前交叉韧带和内侧副韧带复合损伤, 外旋位的前向位移大于中立位和內旋位的前向位移<sup>[18]</sup>。因此可以看出内侧副韧带在控制胫骨外旋方面也发挥作用。

前交叉韧带重建技术分为单束重建和双束重建。单束重建只是重建前交叉韧带的前内束, 虽然可以获得满意的前后向稳定性, 但是不能完全恢复膝关节正常的生物力学状态, 特别是正常的旋转稳定和翻外翻扭矩<sup>[19-20]</sup>。尸体标本的生物力学研究表明, 前交叉韧带的后外束在膝关节伸直位, 特别是受到前向和旋转负荷时发挥重要作用<sup>[21-22]</sup>。因此双束重建(重建前内束和后外束)较单束重建, 可以产生更好的生物力学效应, 特别是在控制膝关节的旋转方面<sup>[23]</sup>。

前交叉韧带和内侧副韧带复合损伤, 膝关节的前后向稳定性和旋转稳定性下降, 如果保守治疗内侧副韧带, 单纯进行前交叉韧带重建, 势必会增加旋转不稳的可能, 因此在选择前交叉韧带的重建方法上也要慎重。本研究发现, 在内侧副韧带断裂的膝关节内, 前交叉韧带单、双束重建, 在控制胫骨的前向位移和內旋方面没有明显的差别。但是在控制胫骨外旋方面, 双束重建明显优于单束重建。该研究提示临床上处理前交叉韧带和内侧副韧带复合伤时, 如果选择保守治疗内侧副韧带, 手术重建前交叉韧带时, 具有双束重建条件的患者应优先选择前交叉韧带双束重建, 以便更好地控制胫骨的外旋, 增加膝关节的旋转稳定性。

猪和人的膝关节在解剖和生物力学方面虽然相似, 但存在差异, 这是本研究内在的局限性<sup>[24]</sup>。但相对于人的膝关节尸体标本, 猪的膝关节标本具有材料易得、价

格便宜、骨骼和韧带新鲜, 以及便于内固定等优点, 使其在前交叉韧带的实验研究当中广泛应用, 其研究结果可供临床参考。

#### 4 参考文献

- [1] Kurimura M, Matsumoto H, Fujikawa K, et al. Factors for the presence of anteromedial rotatory instability of the knee. *J Orthop Sci.* 2004;9(4):380-385.
- [2] Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, et al. Classification of knee ligament instabilities. Part I. The medial compartment and cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58(2):159-172.
- [3] Larson RL. Combined instabilities of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;(147):68-75.
- [4] Hughston JC. The importance of the posterior oblique ligament in repairs of acute tears of the medial ligaments in knees with and without an associated rupture of the anterior cruciate ligament. Results of long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76(9):1328-1344.
- [5] Jokl P, Kaplan N, Stovell P, et al. Non-operative treatment of severe injuries to the medial and anterior cruciate ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(5):741-744.
- [6] Andersson C, Gillquist J. Treatment of acute isolated and combined ruptures of the anterior cruciate ligament. A long-term follow-up study. *Am J Sports Med.* 1992;20(1):7-12.
- [7] Anderson DR, Weiss JA, Takai S, et al. Healing of the medial collateral ligament following a triad injury: a biomechanical and histological study of the knee in rabbits. *J Orthop Res.* 1992;10(4):485-495.
- [8] Nagineni CN, Amiel D, Green MH, et al. Characterization of the intrinsic properties of the anterior cruciate and medial collateral ligament cells: an in vitro cell culture study. *J Orthop Res.* 1992;10(4):465-475.
- [9] Noyes FR, Barber-Westin SD. The treatment of acute combined ruptures of the anterior cruciate and medial ligaments of the knee. *Am J Sports Med.* 1995;23(4):380-389.
- [10] Muneta T, Koga H, Mochizuki T, et al. A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy.* 2007;23(6):618-628.
- [11] Kato Y, Ingham SJ, Kramer S, et al. Effect of tunnel position for anatomic single-bundle ACL reconstruction on knee biomechanics in a porcine model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(1):2-10.
- [12] Debandi A, Maeyama A, Lu S, et al. Biomechanical comparison of three anatomic ACL reconstructions in a porcine model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(5):728-735.
- [13] Schierl M, Petermann J, Trus P, et al. Anterior cruciate and medial collateral ligament injury. ACL reconstruction and functional treatment of the MCL. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1994;2(4):203-206.
- [14] Warren RF, Marshall JL. Injuries of the anterior cruciate and medial collateral ligaments of the knee. A long-term follow-up of 86 cases--part II. *Clin Orthop Relat Res.* 1978;(136):198-211.
- [15] Woo SL, Young EP, Ohland KJ, et al. The effects of transection of the anterior cruciate ligament on healing of the medial collateral ligament. A biomechanical study of the knee in dogs. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(3):382-392.
- [16] Halinen J, Lindahl J, Hirvensalo E, et al. Operative and nonoperative treatments of medial collateral ligament rupture with early anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized study. *Am J Sports Med.* 2006;34(7):1134-1140.
- [17] Gardiner JC, Weiss JA, Rosenberg TD. Strain in the human medial collateral ligament during valgus loading of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(391):266-274.
- [18] Kurimura M, Matsumoto H, Fujikawa K, et al. Factors for the presence of anteromedial rotatory instability of the knee. *J Orthop Sci.* 2004;9(4):380-385.
- [19] Aglietti P, Giron F, Buzzi R, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(10):2143-2155.
- [20] Georgoulis AD, Papadonikolakis A, Papageorgiou CD, et al. Three-dimensional tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knee during walking. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):75-79.
- [21] Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, et al. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):2-11.
- [22] Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, et al. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res.* 2004;22(1):85-89.
- [23] Mae T, Shino K, Miyama T, et al. Single- versus two-femoral socket anterior cruciate ligament reconstruction technique: Biomechanical analysis using a robotic simulator. *Arthroscopy.* 2001;17(7):708-716.
- [24] Fuss FK. Anatomy and function of the cruciate ligaments of the domestic pig (*Sus scrofa domestica*): a comparison with human cruciates. *J Anat.* 1991;178:11-20.

#### 来自本文课题的更多信息--

**作者贡献:** 实验设计和实施为第一作者, 实验评估和资料收集为第一、二作者。第一作者成文, 第二作者审校, 第一作者对文章负责。

**利益冲突:** 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

**伦理要求:** 实验过程中对动物的处置符合 2009 年《Ethical issues in animal experimentation》相关动物伦理学标准的条例。

**作者声明:** 文章为原创作品, 数据准确, 内容不涉及泄密, 无一稿两投, 无抄袭, 无内容剽窃, 无作者署名争议, 无与他人课题以及专利技术的争执, 内容真实, 文责自负。