

· 论 著 ·

自体半腱肌肌腱重建膝关节后外侧角的生物力学研究

张 焱¹, 杨 滨², 杨 柳^{2△}

(1. 中国人民解放军 101 医院骨科, 江苏无锡 214044;

2. 第三军医大学西南医院关节外科中心, 重庆 400038)

摘 要:目的 对半腱肌肌腱重建膝关节后外侧角的方法进行生物力学研究, 评价其恢复膝关节后外侧稳定性的作用。方法 应用半腱肌肌腱对 8 例新鲜尸体膝关节进行膝关节后外侧角的重建, 分别于膝关节屈曲 0°、30°、60°、90° 时对胫骨施加外旋及内翻扭矩, 测量膝关节外旋及内翻变化。结果 膝关节后外侧角切断后膝关节外旋内翻均明显增加, 半腱肌肌腱重建膝关节后外侧角术后在屈膝 0°、30°、60°、90° 外旋及内翻大于完整膝关节, 但与完整膝关节比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。结论 应用半腱肌肌腱重建膝关节后外侧角能有效恢复膝关节静力稳定性, 是一种理想的膝关节后外侧角重建方法。

关键词: 膝关节; 后外侧角; 半腱肌肌腱; 生物力学

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2011.10.011

文献标识码: A

文章编号: 1671-8348(2011)10-0961-03

An biomechanics analysis of anatomical posterolateral corner reconstruction of the knee using auto-semitendinosus

Zhang Yan¹, Yang Bin², Yang Liu^{2△}

(1. Department of Orthopaedics, the 101th Hospital of PLA, Wuxi, Jiangsu 214044, China;

2. Center for Joint Surgery, Southwest Hospital, the Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To evaluate the biomechanical effect of anatomical posterolateral corner reconstruction of the knee using auto-semitendinosus. **Methods** Auto-semitendinosus tendon was used to reconstruct the posterolateral corner in 8 cadaveric knees, static tests were performed on the intact, sectioned, and reconstructed knee at 0°/30°/60°/90° of flexion, measured the change of external rotation and varus after external rotation torque and varus rotation torque was given the tibia. **Results** After the PLC was divided, a significant increase was observed at any flexion angle, and the angle of external rotation and varus were increase 0°, 30°, 60°, 90° of flexion, but there were no significant differences between the intact and reconstructed knee ($P>0.05$). **Conclusion** This technique shows good results in restore the static stability of the knee, and it is an ideal method for the treatment of PLC injuries.

Key words: knee; biomechanics; posterolateral corner; semitendinosus tendon

膝关节后外侧角 (posterolateral corner, PLC) 是膝关节后外侧区域肌腱、韧带、关节囊等结构的总称。PLC 损伤极易在检查中漏诊, 特别是在伴有 PLC 损伤的时候^[1], 若不及时进行治疗, 将导致膝关节内翻及外旋不稳, 甚至引起重建的交叉韧带承受的应力增加导致手术失败^[2-3]。针对 PLC 不同结构的损伤, 目前有多种重建方法用于治疗 PLC 损伤, 但没有一个统一标准, 临床结果也存在争议^[4-5]。在本次生物力学研究中, 作者用单纯膝关节后外侧角 III 度损伤模型对半腱肌肌腱重建膝关节后外侧角恢复膝关节稳定的效果进行了研究, 为临床实践提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料 取死亡时间不超过 24 h 的新鲜尸体膝关节标本 8 具, 其中男 6 具, 女 2 具, 左右各 4 具, 死亡年龄为 28~51 岁, 平均 37.62 岁。膝关节标本经检查无关节损伤及关节退变, 膝上下端各保留至少 20 cm, 标本保存于 -40℃ 冰箱内, 实验前 24 h 将标本由冰箱取出于室温下解冻, 解冻后在标本胫骨结节内下方做 3 cm 左右切口, 暴露半腱肌肌腱, 分别用取腱器套取半腱肌肌腱, 两端用 1 号可吸收缝线予以编织缝合后备用, 使用前用 20 N 中的力予以预张。切除膝上下 10 cm 外的软组织, 股骨近端及胫骨远端用义齿基托树脂自凝牙托粉固定。

MTS 配套夹具。义齿基托树脂 II 型 (自凝牙托粉) 和义齿基托树脂液剂 II 型 (自凝牙托水) (化学名聚甲基丙烯酸甲酯, 上海医疗器械股份有限公司齿科材料厂)。

1.2 实验装置 美国 MTS 公司产的 MTSbio858 型生物力学测试仪, 该试验机载荷、扭矩、作动器位移、作动器转角和轴、扭应变等专用信号通道, 可满足本试验所需要的予以膝关节内外翻及内外旋转负荷。Realscan usb scanner model 200 型激光扫描仪, 精确度 0.1 mm, 保证对重复测量时膝关节起始位置的一致性。

1.3 实验方法 股骨及胫骨远端由 MTS 夹具固定, 由 MTS 测量出标本在各屈膝角度上关节应力最小的位置, 由 Realscan usb scanner model 200 型激光扫描仪扫描记录, 该位置作为膝关节内外旋转及内外翻的中立位。

1.3.1 对完整无损伤的膝关节进行测量 将完整膝关节股骨近端及胫骨远端固定于力学实验仪内, 屈膝 0°、30°、60°、90° 位上通过旋转器对胫骨远端施加 5 牛顿·米的内外旋应力测得胫骨的外旋角度; 在上述同样各位置上予以膝关节 5 牛顿·米内外翻应力, 测量膝关节内翻角度变化。

1.3.2 切断 PLC 关键韧带的测量 解剖出膝关节后外侧角结构, 将外侧副韧带于股骨止点部切断; 在腓侧副韧带腓骨止点

△ 通讯作者, Tel: (023) 68765280; E-mail: jointsurgery@163.com.

部切断;然后在腓肌腱股骨止点部切断;3 条肌腱全部离断后用上述相同方法测量胫骨内翻外旋角度的变化。

1.3.3 用半腱肌肌腱重建 PLC 后的测量 建立腓骨隧道:以前外侧副韧带腓骨止点为中心向后内侧腓韧带腓骨止点中心打入 1 枚导针后再用 7 mm 钻头钻出骨隧道;建立股骨隧道:以外侧副韧带股骨止点部中心向内侧内收肌结节方向打入 1 枚导针,以腓肌腱股骨止点部中心平行于第 1 枚导针由外向内打入第 2 枚导针,用 7 mm 空心钻头沿导针钻出深 25 mm 的 2 个骨隧道。先将半腱肌肌腱引入外侧副韧带股骨止点的隧道内,将另一端由前外侧向后内侧方向穿过腓骨隧道,此为前束支用以重建外侧副韧带,将穿过腓骨隧道的肌腱由重建的外侧副韧带深层引入腓肌腱止点部隧道,在屈膝 30°轻度外翻位通过重锤系统在股骨侧予以移植肌腱 10 N 的张力,保持张力下将股骨隧道端用 8 mm×25 mm 的界面螺钉固定,腓骨隧道内用 7 mm×25 mm 界面螺钉固定。用上述相同方法测量屈膝 0°、30°、60°、90°位胫骨内翻的角度及外旋的变化。

1.4 统计学处理 生物力学测试仪对不同载荷形成的内翻和外旋进行了数据采集,将数据进行方差分析,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义,统计结果均以 $\bar{x}\pm s$ 表示。

2 结 果

2.1 外旋 切断 PLC 后,在所有屈膝角度上,膝关节外旋均明显增加,其中屈膝 30°增加到最大,在任何角度与完整标本差异有统计学意义($P<0.05$)。在所有屈膝角度上,半腱肌重建 PLC 后外旋角度均大于完整膝关节,但差异无统计学意义($P>0.05$),具体数值见表 1。

表 1 不同状态下膝关节不同屈曲角度
外旋角度($\bar{x}\pm s, n=8$)

时间	0°	30°	60°	90°
完整时	8.18±0.83	12.64±1.15	9.92±1.29	7.90±0.70
切断 PLC 后	14.66±1.81	20.58±2.11	16.64±2.33	12.92±1.54
PLC 重建术后	8.33±0.83	12.92±1.41	10.15±1.15	8.58±1.03

2.2 内翻 切断 PLC 后,在所有屈膝角度上,膝关节内翻均明显增加,其中屈膝 30°增加到最大,在任何角度与完整标本差异有统计学意义($P<0.05$)。在所有屈膝角度上,半腱肌重建 PLC 内翻角度均大于完整膝关节,但差异无统计学意义($P>0.05$),具体数值见表 2。

表 2 不同状态下膝关节不同屈曲角度
内翻角度($\bar{x}\pm s, n=8$)

时间	0°	30°	60°	90°
完整时	3.26±0.61	4.73±0.94	4.53±0.87	3.92±0.77
切断 PLC 后	6.72±1.15	8.68±1.22	7.80±1.11	7.15±1.05
PLC 重建术后	4.11±0.45	5.47±0.86	5.08±0.83	4.32±0.90

3 讨 论

3.1 PLC 的解剖及功能 膝关节后外侧角主要包括包括外侧副韧带(LCL)、腓韧带(PFL)、腓肌腱(PLT)、弓状韧带和豆腓侧韧带。近年来的解剖研究证实外侧副韧带、腓韧带、腓肌腱为膝关节后外侧角的恒定结构,弓状韧带和豆腓侧韧带

解剖稳定性较低,这二者损伤后对 PLC 影响较小,在选择性离断中外侧副韧带离断后膝内翻移位占总移位的 78%~87%,腓韧带离断后胫骨上端后外侧旋转移位占总移位的 81%~91%。因此,外侧副韧带是对抗膝内翻的主要结构,PFL 是对抗胫骨上端后外旋的最重要的结构,而 PLT 是膝关节中抗外旋结构的动力性结构^[6]。

3.2 PLC 重建方法的探讨 目前有多种手术方法用来治疗膝关节后外侧不稳定,包括急性期的修补、增强术及用同种异体或自体移植物的重建术。近年来基于对膝关节后外侧角关键性稳定结构进一步的认识,发展出以更多的进行结构上的解剖重建为目标的数种手术方法,如 Fanelli 和 Larson^[5]采用游离半腱肌重建外侧副韧带和腓韧带,股骨止点为外侧副韧带的解剖止点。赵金忠^[7]采用股二头肌长头腱,按照外侧副韧带、腓肌腱和腓韧带的起止走行对 PLC 进行了解剖重建。LaPrade 等^[8]用同种异体肌腱重建外侧副韧带、腓肌腱和腓韧带重建 PLC。Bicos 和 Arciero^[9]用游离半腱肌重建外侧副韧带和腓韧带。国内腾学仁等^[10]用自体半腱肌和股薄肌肌腱重建外侧副韧带、腓肌腱和腓韧带。石仕元等^[11]用半腱肌肌腱重建外侧副韧带和腓韧带,黄河等^[12]用同种异体肌腱重建外侧副韧带、腓肌腱和腓韧带。

归纳这些重建的方法,主要的区别在于:(1)哪些韧带结构需重建:在重建哪些韧带结构的问题上,外侧副韧带必须进行结构重建,由于腓肌肉肌腱复合体和腓韧带无法做到真正的结构重建,所以各学者出现了不同的观点,有的主张仅重建外侧副韧带和腓肌腱即能恢复膝关节后外侧稳定;有的强调需同时解剖重建外侧副韧带,腓肌腱和腓韧带才能恢复后外侧稳定。腓肌腱是否要重建,有的学者主张解剖重建,而有的学者主张等长重建。(2)重建的韧带附着点在什么位置上:外侧副韧带在其原起始位置进行重建已达成共识,而腓肌腱重建的韧带远端是附着于胫骨上还是腓骨上,重建尚存在争论,其原因:①外侧副韧带是等长重建,腓肌腱是非等长重建;②重建的腓肌腱仅为静力性重建,不能发挥动力性稳定作用。目前,PLC 重建术多以临床报道为主,方法众多,尚无“金标准”。

自体半腱肌肌腱是临床上常用的韧带重建移植,根据 Noyes 和 Butler^[13]研究单股半腱肌肌腱强度为(1 216±50)N,而外侧副韧带的强度为(287±91)N,腓韧带强度为(289±112)N^[14]。从选用移植物的理论上讲,半腱肌肌腱强度已远远大于正常的外侧副韧带及腓韧带,因此,是比较理想的移植。本实验中用半腱肌肌腱进行以外侧副韧带的起止点重建了外侧副韧带,以腓肌腱股骨止点和腓韧带腓骨止点重建了腓韧带,实验中,切断 PLC 3 个关键性结构后,膝关节外旋及内翻明显增加,在屈膝 30°达到最大,与完整膝关节形成了显著性差异($P<0.05$),而通过半腱肌重建了外侧副韧带及腓韧带后,膝关节外翻及旋转均明显改善,与完整膝关节并无显著性差异($P>0.05$),提示用半腱肌肌腱重建的 PLC 已经能够有效地恢复膝关节的静力稳定性。应用本方法重建的外侧副韧带和腓韧带是依据这 2 条韧带解剖走行及止点进行重建,符合外侧副韧带和腓韧带的解剖学特点,是一种解剖重建。而且本方法不需要进行腓肌腱的重建,这可以缩短手术时间,减小手术创伤。

参考文献:

- [1] Fanelli GC,Edson CJ. Posterior cruciate ligament injuries in truma patients:part II [J]. Arthroscopy,1995,11(4): 526-529.
 - [2] Vogrin TM,Hoher J,Aroen A,et al. Effects of sectioning the posterolateral structures on knee kinemitacs and in situ forces in the poste posterior cruciate ligament[J]. Knee Surg Sport T,2000,8(2):93-98.
 - [3] Harner CD,Vogrin TM,Hoher J,et al. Biomechanical analysis of a posterior cruciate ligament reconstruction. Deficiency of the posterolateral structures as a cause of graft failure[J]. Am J Sports Med,2000,28(1):32-39.
 - [4] Covey DC. Injuries of the posterolateral corner of the knee [J]. Bone Joint Surg Am,2001,83(1):106-118.
 - [5] Fanelli GC,Larson RV. Practical management of postero-lateral instability of the knee[J]. Arthroscopy,2002,18(1):1-8.
 - [6] 陈疾忤,陈世益,吴伟. 膝后外侧角解剖学特点和力学稳定机制[J]. 中华实验外科杂志,2005,22(6):722-723.
 - [7] 赵金忠. 股二头肌长头腱重建膝关节后外侧角韧带结构[J]. 中华骨科杂志,2004,24(2):141-145.
 - [8] LaPrade RF,Johansen S,Wentorf FA,et al. An analysis of an anatomical posterolateral knee reconstruction;an in vitro biomechanical study and development of a surgical technique[J]. Am J Sports Med,2004,32(12):1405-1414.
 - [9] Bicos J,Arciero RA. Novel approach for reconstruction of the posterolateral corner using a free tendon graft technique[J]. Sports Med Arthrosc,2006,14(1):28-36.
 - [10] 滕学仁,胡光亮,赵永生,等. 自体半腱和股薄肌腱移植双束重建膝关节后外侧角[J]. 中华运动医学杂志,2006,25(5):647-650.
 - [11] 石仕元,曹国平,郑琦. 半腱肌腱等长重建膝关节后外侧复合体[J]. 中华骨科杂志,2006,26(4):525-528.
 - [12] 黄河,王黎明,桂鉴超,等. 解剖重建治疗膝关节后外侧角损伤[J]. 中国修复重建外科杂志,2007,27(2):251-254.
 - [13] Noyes FR,Butler DL. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee 2 ligament repairs and reconstructions[J]. J Bone Joint Surg(Am),1984,66(2):344-346.
 - [14] 陈鸿,鲁宁. 膝关节后外侧角生物力学特性的研究[J]. 生物骨科材料与临床研究,2007,4(1):1-4.
- (收稿日期:2010-12-25 修回日期:2011-01-25)
-
- (上接第 960 页)
- [7] Watson TW,Jurist KA,Yang KH,et al. The strength of Achilles tendon repair: An in vitro study of the biomechanical behavior in human cadaver tendons[J]. Foot Ankle Int,1995,16(4):191-195.
 - [8] McCoy BW,Haddad SL. The strength of achilles tendon repair;a comparison of three suture techniques in human cadaver tendons[J]. Foot Ankle Int,2010,31(8):701-705.
 - [9] Strickland JW. Development of flexor tendon surgery:twenty-five years of progress[J]. J Hand Surg Am,2000,25(2):214-235.
 - [10] Mortensen HM,Skov O,Jensen PE. Early motion of the ankle after operative treatment of a rupture of the Achilles tendon. A prospective, randomized clinical and radiographic study[J]. J Bone Joint Surg Am,1999,81(7):983-990.
 - [11] Gelberman RH,Woo SL,Lothringer K,et al. Effects of early intermittent passive mobilization on healing canine flexor tendons[J]. J Hand Surg Am,1982,7(2):170-175.
 - [12] Mandelbaum BR,Myerson MS,Forster R. Achilles tendon ruptures. A new method of repair,early range of motion,and functional rehabilitation[J]. Am J Sports Med,1995,23(4):392-395.
 - [13] Deramo DM,White KL,Parks BG,et al. Krackow locking stitch versus nonlocking premanufactured loop stitch for soft-tissue fixation;a biomechanical study[J]. Arthroscopy,2008,24(5):599-603.
 - [14] Jassem M,Rose AT,Meister K,et al. Biomechanical analysis of the effect of varying suture pitch in tendon graft fixation[J]. Am J Sport Med,2001,29(6):734-737.
 - [15] McKeon BP,Heming JF,Fulkerson J,et al. The Krackow stitch;a biomechanical evaluation of changing the number of loops versus the number of sutures[J]. Arthroscopy,2006,22(1):33-37.
- (收稿日期:2010-12-25 修回日期:2011-01-25)