

## ·综述·

# 前交叉韧带重建与膝关节骨性关节炎相关性研究进展

刘丽娟<sup>1</sup> 敖丽娟<sup>1,2</sup>

随着全民健身运动的开展,运动性损伤的人数在逐年增加。膝关节前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤是最常见的运动损伤之一。对ACL损伤的主要治疗方法是关节镜微创手术重建和保守治疗,目前对两种方法的选择也存在争议。由于接受保守治疗后,膝关节的不稳定持续存在,患者仍然难以重新参与到伤前的运动,并且容易发生关节软骨和半月板损伤,需要重新选择手术重建。外科手术重建提高了膝关节的稳定功能,恢复膝关节力学结构和运动稳定性,预防膝关节骨性关节炎(osteoarthritis, OA)的发生。但是也有文献报告经长期观察手术重建ACL也难以完全恢复膝关节正常的生物力学<sup>[1]</sup>,只是与保守治疗相比能够降低OA的发生风险<sup>[2]</sup>,或在重建术后12—14年发生OA<sup>[3—5]</sup>,比较老年性骨性关节炎的发生时间明显提前。因此,本文就前交叉韧带重建术后与膝关节OA发生有关的生物力学机制、不同的自体移植物重建及单束和双束重建的手术方式等的文献做一综述。

## 1 ACL损伤与膝部OA相关的生物力学机制

膝关节由三个主要部分组成,内侧胫股关节、外侧胫股关节和髌股关节。ACL损伤以后所致的膝关节OA主要是指这三个部分中的任何一个经放射性检查发现有退行性改变或联合出现膝关节的症状。X线投射依据在站立负重位摄取膝关节正侧位片和Skyline法分别了解胫股关节和髌股关节的情况,Kellgren & Lawrence放射学诊断标准为<sup>[6—7]</sup>:0级,正常,没有骨赘且关节间隙正常;I级,可疑有关节间隙狭窄,有少量骨赘;II级,有明显骨赘形成,可能有关节间隙变窄;III级,中等量骨赘形成,关节间隙明显变窄,有部分骨硬化;IV级,有大量骨赘,关节间隙明显变窄且有严重的骨硬化。

### 1.1 胫股关节OA

由于ACL损伤破坏了膝关节在三个面上的稳定性,而重建并不能够完全恢复膝关节正常的生物力学,仍然存在胫股关节反常的接触面压力和关节间隙的改变<sup>[8]</sup>;另外损伤或切除的半月板也会影响胫股关节在横断面上的旋转或额状面上的对线<sup>[9]</sup>,这都会导致膝关节负荷的重新分布,久而久之

就会导致关节软骨的退变。一项有限元模型研究发现胫骨旋转的改变大约在5°就足够引起关节软骨的退变<sup>[10]</sup>。

在步行过程中,垂直地面反作用力通过膝关节的内侧部分把力传递到膝关节中心,产生膝关节的外旋内收运动,内收运动又通过内外侧胫骨平台分散负荷,传递到内侧胫股关节的力为外侧胫股关节的2.5倍<sup>[11]</sup>,因此胫股关节的退行性改变更多见于内侧胫股关节。ACL重建后,仍然存在额状面上胫股关节内收运动的异常增加,促使内侧胫股发生退行性改变<sup>[1,12]</sup>,是膝关节OA的一个重要预测因素<sup>[13]</sup>。

### 1.2 髌股关节OA

正常髌骨对线的维持依赖主动结构(股四头肌)和被动结构(软组织和韧带等),肌肉力量的改变会导致髌骨正常对线的改变。ACL损伤以后,持续的股四头肌力量弱不能维持正常的髌骨对线,与髌股关节OA的发生有关,而与胫股关节OA关系不大<sup>[3]</sup>。同时,胫股关节力学机制的改变对髌股关节会产生影响。胫股关节在额状面外翻力线的改变通过增加外侧髌面的负荷来影响整个髌股关节的负荷<sup>[14]</sup>,这与髌股关节OA有明显的相关性;另外,多项研究表明,ACL重建后胫股关节在横断面上存在过度外旋运动<sup>[15]</sup>,使得外侧髌面的倾斜和旋转<sup>[14]</sup>,以及髌骨负荷增加;Keays SL等<sup>[16]</sup>在研究ACL重建后与膝关节OA发生有关的因素时认为胫股关节间隙的减小联合半月板切除改变了髌骨相对于股骨滑车的位置;胫股关节的这些异常生物力学机制长期存在会引起髌股关节的退行性改变。

然而,ACL损伤和重建后所致的胫股关节炎和髌股关节炎的发生率接近,且常同时存在。

### 1.3 半月板与OA

半月板损伤后,其吸收震荡的能力下降,如果切除损伤的半月板,承担膝关节负荷的区域就会减少,而关节接触面压力增加30%—50%,同时膝关节稳定性也会下降,因此易发生膝关节退行性改变<sup>[17]</sup>。有人认为<sup>[18]</sup>ACL重建本身并不能够减少发生膝关节OA的发生,但是如果ACL损伤的同时还伴有半月板的损伤或切除,那么与单独的ACL损伤相比,有2/3的患者将会出现OA的改变。Oiestad BE等<sup>[19]</sup>对181例(单独ACL损伤者69例,合并半月板、关节软骨和内侧

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.08.026

1 昆明医科大学第二附属医院康复医学科,653001; 2 通讯作者  
作者简介:刘丽娟,女,硕士研究生; 收稿日期:2013-08-31

副韧带损伤者112例)进行报道后发现放射性手段检出的OA依据Kellgren & Lawrence分级,单独ACL损伤者发生OA的风险明显低于ACL损伤合并其他损伤者。Nakata K等<sup>[20]</sup>的研究发现ACL重建伴有半月板切除的患者膝关节退行性改变的发生率为87%,而半月板完好或部分切除的患者退行性改变的发生率为26%。因而,针对ACL损伤同时伴发半月板损伤的患者,很多学者倡导对半月板进行修复或部分切除而不是全部切除<sup>[21]</sup>。所以,半月板的状况也是膝关节OA发生的一个重要预测因素。

## 2 不同自体移植植物重建与膝关节OA的关系

ACL损伤后的手术重建主要是在关节镜下进行自体肌腱的移植,目前报道较多的是选用自体骨-髌腱-骨和腘绳肌腱移植重建。

### 2.1 骨-髌腱-骨移植重建

膝关节伸肌与屈肌之间肌肉力量的不平衡是导致膝关节退行性改变的一个因素之一。由于膝关节肌肉力量的不平衡会造成关节面上负荷的不均衡分布,从而导致膝关节退行性改变,而骨-髌腱-骨移植更易呈现伸肌机制的减弱。Keays SL等<sup>[16]</sup>的研究证实在骨-髌腱-骨移植重建术后的6年随访中,在等速上角速度为60°/s时进行肌力测试发现与健侧下肢相比较,骨-髌腱-骨移植的患者中有28%的人存在重建侧下肢伸肌力量的减弱。另一项研究报道了90例骨-髌腱-骨移植重建的患者在重建术后的15年随访中仍然发现有伸肌力量的减弱<sup>[22]</sup>。目前关于ACL损伤后自体骨-髌腱-骨移植重建的报道有很多,Ahn JH等<sup>[23]</sup>的报道表明在长期的(大于10年)临床随访中,虽然关节镜下自体骨-髌腱-骨移植重建在IKDC、Tegner和Lysholm评分中都显示出令人满意的疗效,但是其放射学手段的OA检出率在内外侧胫股关节和髌股关节三个部分分别为30.7%、9.3%和7.6%。Struewer J等<sup>[4]</sup>报道在重建术后平均为13.5年的随访中,膝关节OA的检出率采用放射学分级标准Ⅱ级者为54.2%,Ⅲ或Ⅳ级者为20%。

### 2.2 腘绳肌腱移植重建

与骨-髌腱-骨移植相比较,有多项研究结果显示,在重建术后的2—15年随访中,对其长期临床疗效的评估中发现尽管选择腘绳肌腱进行ACL重建虽然不能预防膝关节OA的发生,但这几项研究证实了使用自体腘绳肌腱移植组术后发生膝关节OA的风险明显低于自体骨-髌腱-骨移植组,这可能与膝关节伸肌力量的损害更多见于骨-髌腱-骨移植有关<sup>[22,24]</sup>,术后出现膝关节疼痛和滑膜炎的报道也多见于骨-髌腱-骨移植的患者,这常与膝关节内关节炎的发生有关<sup>[25]</sup>。另外,腘绳肌腱移植相对于骨-髌腱-骨移植,可能对膝关节稳定性的影响相对较小,术后持续轴移试验阳性者更易发生膝关节OA,

膝关节OA的又一个重要预测因素<sup>[26]</sup>。一项对重建术后11年的随访中表明,腘绳肌腱重建组轴移试验的结果明显优于骨-髌腱-骨重建组,因此腘绳肌腱重建组发生膝关节OA的机率小于骨-髌腱-骨移植组<sup>[27]</sup>。另一项研究结果也证实在这两种移植物重建术后的2—10年随访中,对其长期临床疗效的评估也得到了相同的结果<sup>[28]</sup>。

尽管骨-髌腱-骨移植在临幊上仍然是ACL损伤后外科重建常用的移植物,但选择骨-髌腱-骨移植后更易发生下肢伸肌机制的缺失和膝关节不稳定,因此自体腘绳肌腱移植应用于ACL损伤后的重建也越来越多见。对这两种移植物重建后的膝关节进行生物力学分析和进行与膝关节退行性改变有关的评估,可以指导骨科医生决定哪种移植物才是进行ACL重建的最佳选择。

## 3 单束和双束重建与膝关节OA

ACL从功能上分为前内侧束(anteromedial bundle, AMB)和后外侧束(posterolateral bundle, PLB)。AMB是维持膝关节前后向稳定性的主要结构,PLB是维持膝关节旋转稳定性的主要结构。目前关于单束重建和双束重建的选择,仍然存在着很大的争议。

### 3.1 单束重建

单束重建是单独的AMB或PLB重建。对单束重建后进行生物力学分析发现,与健侧膝关节相比较,重建侧膝关节存在胫骨的异常旋转。从长远来看,这可以解释为什么这些患者在术后多年会发生膝关节的退行性改变。一项研究<sup>[29]</sup>对64例ACL损伤后采用解剖学单束骨-髌腱-骨移植重建术15年的临床疗效进行了报道,尽管其结果在IKDC评分、KOOS评分、Tegner评分、Lysholm评分和SF-36评分中均获得了较满意的得分,Kellgren & Lawrence放射学诊断分级中正常的有17例(27%),怀疑有OA的为30例(54%),轻度OA的为5例(8%),中度OA的为9例(14%),重度OA的为3例(5%)。但是,也有人认为与双束重建相比,在6年的随访中其运动学分析的结果证明两组间均存在膝关节旋转不稳,且差异无显著性,因此OA的发生率差异也无显著性<sup>[30]</sup>。

### 3.2 双束重建

有学者认为单束重建并不能够充分控制膝关节的旋转负荷联合外翻力矩,还有可能会改变髌股关节的接触面积<sup>[31]</sup>,而双束重建就能很好的控制这种旋转力矩,尤其是在膝关节接近完全伸直时,后外侧束对膝关节的旋转稳定性有很大的贡献<sup>[32]</sup>,能够很好地对抗内旋负荷<sup>[33]</sup>。一项研究表明与单束重建相比,双束重建更能减少胫骨前移和旋转松弛<sup>[34-36]</sup>。膝关节松弛的增加不仅与反常的胫骨移动有关,同时也与胫骨相对于股骨的异常旋转有关,伴随着关节的松弛,会导致更多的关节异常运动,同时使关节面之间的接触不一致。关节松弛的

增加也许还会损害关节软骨或半月板,这种异常机制长期存在最终将会导致膝关节退行性改变。

Izawa T 等<sup>[35]</sup>对48例腘绳肌腱移植重建的患者(单束重建组23例,双束重建组25例)在术后1年进行膝关节稳定性测试发现,双束重建组KT-2000TM测试和轴移试验的结果均优于单束重建组,能够为膝关节提供更好的前后向和旋转稳定性。Zaffagnini S 等<sup>[37]</sup>报道了79例ACL损伤患者(40例非解剖学双束腘绳肌腱重建,39例单束骨-髌腱-骨重建)在平均为8.6年(8—10年)的随访中,非解剖学双束腘绳肌腱重建组轴移试验、被动ROM和Tegner评分均优于单束骨-髌腱-骨重建组;放射性分级评分标准显示非解剖学腘绳肌腱双束重建组膝关节OA的发生率低于单束骨-髌腱-骨重建组。另外,还有研究认为单束重建更容易发生移植物的断裂<sup>[38]</sup>。

ACL损伤后无论采用哪种方法进行手术重建,在对其临床疗效进行评估时,不仅要关注短期临床疗效,而且更要对其长期临床疗效进行评估。由于双束重建更接近ACL原有的解剖结构,且从长期临床疗效来看,目前更倾向于双束ACL重建。

#### 4 小结

ACL损伤后膝关节OA的发生是多个因素综合作用的结果,与是否有伴发损伤、患者的年龄、BMI、受伤时间与手术时间的间隔、伤后参与的活动水平、接受康复治疗的情况、不同移植物的选择和不同的术式等都有一定相关性。由于在损伤膝关节运动功能的同时也伴有本体感觉功能的受损,即使通过手术重建也不能完全恢复膝关节正常的生物力学,因而不能阻止术后OA的发生。未来的研究需要从膝关节OA的角度,进一步研究重建术后异常生物力学机制在导致膝关节退行性改变中的角色,一方面可以使临床医生能够选择最佳的手术方案和对潜在的危险因素采取干预措施;另一方面有利于制定有针对性的康复治疗方案,从而最低限度的减少膝关节OA的发生。

#### 参考文献

- [1] Sanford BA, Zucker-Levin AR, Williams JL, et al. Principal component analysis of knee kinematics and kinetics after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Gait & Posture, 2012,36(3):609—613.
- [2] Mihelic R, Jurdana H, Jotanovic Z, et al. Long-term results of anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison with non-operative treatment with a follow-up of 17—20 years[J]. International Orthopaedics, 2011,35(7):1093—1097.
- [3] Øiestad BE, Holm I, Engebretsen L, et al. The prevalence of patellofemoral osteoarthritis 12 years after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013,21(4):942—949.
- [4] Struewer J, Frangen TM, Ishaque B, et al. Knee function and prevalence of osteoarthritis after isolated anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone graft: long-term follow-up[J]. International Orthopaedics, 2012, 36(1):171—177.
- [5] Leiter JR, Gourlay R, McRae S, de Korompay N, et al. Long-term follow-up of ACL reconstruction with hamstring autograft[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22 (5):1061—1069.
- [6] The Atlas of Standard Radiographs of Arthritis[J]. Rheumatology(Oxford), 2005, 44 Suppl 4:iv46—iv72
- [7] Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis[J]. Annals of the Rheumatic Diseases, 1957,16(4): 494—502.
- [8] Imhauser C, Mauro C, Choi D, et al. Abnormal tibiofemoral contact stress and its association with altered kinematics after center-center anterior cruciate ligament reconstruction: an in vitro study[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2013,41(4):815—825.
- [9] Netravali NA, Giori NJ, Andriacchi TP. Partial medial meniscectomy and rotational differences at the knee during walking[J]. Journal of Biomechanics, 2010,43(15):2948—2953.
- [10] Andriacchi TP, Mundermann A. The role of ambulatory mechanics in the initiation and progression of knee osteoarthritis[J]. Curr Opin Rheumatol, 2006,18(5):514—518.
- [11] Schipplein OD, Andriacchi TP. Interaction between active and passive knee stabilizers during level walking[J]. Journal of Orthopaedic Research, 1991,9(1):113—119.
- [12] Butler RJ, Minick KI, Ferber R, et al. Gait mechanics after ACL reconstruction: implications for the early onset of knee osteoarthritis[J]. British Journal of Sports Medicine, 2009,43(5):366—370.
- [13] Amin S, Luepongsak N, McGibbon CA, et al. Knee adduction moment and development of chronic knee pain in elders[J]. Arthritis and Rheumatism, 2004,51(3):371—376.
- [14] Heegaard JH, Leyvraz PF, Hovey CB. A computer model to simulate patellar biomechanics following total knee replacement: the effects of femoral component alignment[J]. Clinical Biomechanics, 2001,16(5):415—423.
- [15] Deneweth JM, Bey MJ, McLean SG, et al. Tibiofemoral joint kinematics of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee during a single-legged hop landing[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2010,38(9):1820—1828.
- [16] Keays SL, Newcombe PA, Bullock-Saxton JE, et al. Factors involved in the development of osteoarthritis after anterior cruciate ligament surgery[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2010,38(3):455—463.
- [17] Ait Si Selmi T, Fithian D, Neyret P. The evolution of osteoarthritis in 103 patients with ACL reconstruction at 17 years follow-up[J]. The Knee, 2006,13(5):353—358.

- [18] Meunier A, Odensten M, Good L. Long-term results after primary repair or non-surgical treatment of anterior cruciate ligament rupture: a randomized study with a 15-year follow-up[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2007,17(3):230—237.
- [19] Oiestad BE, Holm I, Aune AK, et al. Knee function and prevalence of knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study with 10 to 15 years of follow-up[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2010,38(11):2201—2210.
- [20] Nakata K, Shino K, Horibe S, et al. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using fresh-frozen bone plug-free allogeneic tendons: 10-year follow-up[J]. Arthroscopy, 2008,24(3):285—291.
- [21] Aglietti P, Zaccherotti G, De Biase P, et al. A comparison between medial meniscus repair, partial meniscectomy, and normal meniscus in anterior cruciate ligament reconstructed knees[J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 1994, (307):165—173.
- [22] Leys T, Salmon L, Waller A, et al. Clinical Results and Risk Factors for Reinjury 15 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Study of Hamstring and Patellar Tendon Grafts[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2011,40(3):595—605.
- [23] Ahn JH, Kim JG, Wang JH, et al. Long-term results of anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone: an analysis of the factors affecting the development of osteoarthritis[J]. Arthroscopy, 2012,28(8):1114—1123.
- [24] Keays SL, Bullock-Saxton JE, Keays AC, et al. A 6-year follow-up of the effect of graft site on strength, stability, range of motion, function, and joint degeneration after anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus semitendinosus and Gracilis tendon graft[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2007,35(5):729—739.
- [25] Mohtadi NG, Chan DS, Dainty KN, et al. Patellar tendon versus hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament rupture in adults[J]. The Cochrane Database of Systematic Reviews, 2011,(9):CD005960.
- [26] Jonsson H, Riklund-Ahlstrom K, Lind J. Positive pivot shift after ACL reconstruction predicts later osteoarthritis: 63 patients followed 5-9 years after surgery[J]. Acta Orthop Scand, 2004,75(5):594—599.
- [27] Sajovic M, Strahovnik A, Dernovsek MZ, et al. Quality of life and clinical outcome comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: an 11-year follow-up of a randomized controlled trial[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2011,39(10):2161—2169.
- [28] Mascarenhas R, Tranovich MJ, Kropf EJ, et al. Bone-patellar tendon-bone autograft versus hamstring autograft anterior cruciate ligament reconstruction in the young athlete: a retrospective matched analysis with 2-10 year follow-up[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2012,20(8):1520—1527.
- [29] Gerhard P, Bolt R, Duck K, et al. Long-term results of arthroscopically assisted anatomical single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft: are there any predictors for the development of osteoarthritis[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2013,21(4):957—964.
- [30] Ferretti A, Monaco E, Giannetti S, et al. A medium to long-term follow-up of ACL reconstruction using double gracilis and semitendinosus grafts[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2011,19(3):473—478.
- [31] Tajima G, Iriuchishima T, Ingham SJ, et al. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction restores patellofemoral contact areas and pressures more closely than nonanatomic single-bundle reconstruction[J]. Arthroscopy, 2010,26(10):1302—1310.
- [32] Kanamori A, Zeminski J, Rudy TW, et al. The effect of axial tibial torque on the function of the anterior cruciate ligament[J]. Arthroscopy, 2002,18(4):394—398.
- [33] Zantop T, Herbst M, Raschke MJ, et al. The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2007,35 (2):223—227.
- [34] Lee S, Kim H, Jang J, et al. Comparison of anterior and rotatory laxity using navigation between single- and double-bundle ACL reconstruction: prospective randomized trial[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2012,20(4):752—761.
- [35] Izawa T, Okazaki K, Tashiro Y, et al. Comparison of rotatory stability after anterior cruciate ligament reconstruction between single-bundle and double-bundle techniques[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2011,39(7):1470—1477.
- [36] Hemmerich A, van der Merwe W, Batterham M, et al. Double-bundle ACL surgery demonstrates superior rotational kinematics to single-bundle technique during dynamic task[J]. Clinical Biomechanics, 2011,26(10):998—1004.
- [37] Zaffagnini S, Bruni D, Marcheggiani Muccioli GM, et al. Single-bundle patellar tendon versus non-anatomical double-bundle hamstrings ACL reconstruction: a prospective randomized study at 8-year minimum follow-up[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2011,19(3):390—397.
- [38] Suomalainen P, Jarvela T, Paakkala A, et al. Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized study with 5-year results [J]. The American Journal of Sports Medicine, 2012,40(7):1511—1518.