

· 文献综述 ·

前交叉韧带重建术替代腱固定技术新进展

陈朝祥 综述 陈志伟 曹盛俊 审校

(南华大学附属第一医院骨科, 衡阳 421001)

中图分类号: R687.3

文献标识: A

文章编号: 1009-6604(2007)07-0643-03

前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)重建常用自体替代腱为骨-肌腱-骨(bone-patellar tendon-bone, BPTB)、股四头肌腱-髌骨(quadriceps tendon-patellar bone, QTPB)、Hamstring 腱。替代腱的固定有各式各样的方法, BPTB 和 QTPB 通常采用内镶螺钉和挤压钉固定, Hamstring 腱的固定方法有:缝合、内扣器、垫环器、固定锚、U 形钉、钉板器、腱内固定器、横钉和内镶钉^[1]。这些固定方法都有各自的优点与不足之处。近几年来,替代腱的固定技术出现新的动态和观点,本文就此方面做一综述。

1 固定方法

1.1 挤压固定(press-fit fixation)

利用自体骨栓与替代腱在骨隧道的挤压产生固定作用。Dargel 等^[2]采用 BPTB 和 QTPB 作为替代腱,生物力学测试表明挤压固定安全可靠,关节稳定性良好;替代腱骨块的宽度和深度对挤压固定的可靠性具有重要影响。Jagodzinski 等^[3]采用 Hamstring 腱运用骨栓挤压固定配合外侧肌腱结固定,经生物力学测试表明固定安全可靠。Halder 等^[4]认为髌腱移植重建 ACL,采用内镶螺钉固定,不适当的螺钉插入会减少关节的稳定性,或损害股骨后侧骨皮质,或使金属物移植于关节,在翻修时,移除螺钉不仅困难重重,而且导致骨缺损。他们采用挤压固定重建 40 例 ACL,取得了良好效果,避免了采用内镶螺钉固定导致的并发症,能促进腱-骨愈合。Dargel 等^[5]通过组织形态学和 X 射线显微摄像也证实了在挤压固定中骨-骨紧密接触,促进腱-骨愈合。相对骨栓挤压固定,出现了结挤压固定(knot/press-fit)。半腱肌腱和股薄肌腱打结形成两环形结构,在股骨钻出瓶颈样隧道,其狭窄的末端指向髌间窝,此处可紧密包容肌腱结;在远端肌腱褥固定于胫骨骨桥。Kilger 等^[6]用 8 具新鲜尸体分别采用结挤压固定和内扣器固定重建 ACL。结挤压固定重建在胫前负荷、旋转负荷与 ACL 完好的膝关节和采用内扣器重建无显著性差异。实验表明结挤压固定强度为 (37.8 ± 9.6) N/mm,抗拉力为 (540 ± 97.7) N,这与其他固定方法在文献中报道的相近。这种固定方法无须植入固定装置,不仅能降低成本,而且腱与骨接触充分,有利于腱-骨愈合,适用于所有初次 ACL 重建者。

1.2 内镶螺钉固定(interference screw fixation)

内镶螺钉固定已被广泛运用,通常采用钛合金螺钉和生物可吸收螺钉,后者更是被广泛运用于临床,并被认为是固定的金标准。Drogset 等^[7]分别采用金属内镶螺钉和生物可吸收螺钉固定重建 41 例 ACL,均取得良好的临床疗效,但在万方数据

术后并发症方面,生物可吸收螺钉明显优于金属螺钉。Piltz 等^[8]运用可吸收聚交酯膨胀螺钉(bioabsorbable poly-D, L-lactide expansion bolt),经生物力学测试固定力量可靠,固定强度优于生物可吸收螺钉。Piltz 等认为聚交酯膨胀螺钉固定与生物可吸收螺钉固定观念相同,力量相当,与生物可吸收螺钉相比,能减少对替代腱的切割。因此,聚交酯膨胀螺钉为一合适可用的固定器,能弥补生物可吸收螺钉固定的不足,特别适用于当不能用生物可吸收螺钉固定时。螺钉的几何形状在 ACL 重建术中的抗拉力已被关注。Mann 等^[9]用牛胫骨近段标本做生物力学测试,四股肌腱分别用锥形钉与非锥形钉内镶固定。螺钉均为不锈钢材料,只有锥形与非锥形形状上差异。结果表明,锥形内镶螺钉抗拉力、插入转矩明显优于非锥形螺钉。在 ACL 重建术中,锥形内镶钉特别适用 hamstring 腱的胫骨端固定,也适用于合并有髌骨不稳的股骨端固定。在骨隧道壁用螺旋金属环加强,然后再用与之相匹配的内镶螺钉固定,即为加固门固定(evolgate fixation)。Ferretti 等^[10]采用加固门固定(试验组)和内镶螺钉固定(标准组)在猪胫骨标本上做对比研究,结果表明试验组平均最大载荷力明显高于标准组,循环负荷下,在强度和肌腱移位上试验组也优于标准组。Ferretti 等认为加固门固定特别适用于胫骨隧道固定,因为胫骨隧道位于胫骨近端松质骨内,内镶螺钉固定后因骨隧道壁为松质骨而影响固定力度,加固门固定则解决了这个问题。

1.3 联合固定(hybrid fixation)

采用 2 种固定方法固定腱的一端。Au 等^[11]用猪做动物实验模型,分别联合运用内镶螺钉、内扣器固定和单用钛合金螺钉固定。实验表明联合固定最大抗拉力为 (588 ± 37) N,明显高于单用内镶螺钉固定 (516 ± 37) N;联合固定强度 (52.1 ± 12.8) N/mm 和内镶螺钉固定 (56.5 ± 10.2) N/mm 接近。Hill 等^[12]也认为采用互补的固定方法能防止术后肌腱在骨隧道中的滑动,能增加术后关节的稳定性。Hill 等分别采用 $7 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$ 内镶螺钉固定(标准组)和内镶螺钉加 U 形钉固定(试验组)重建 56 例女性 ACL,术后 2 年随访标准组肌腱平均滑出 1.8 mm,试验组肌腱平均滑出 1.1 mm;Lachman 试验 0 等级标准组为 63%,试验组为 86%;术后膝关节疼痛标准组为 7%,试验组为 29%。因此, Hill 等认为采用补充的方法固定能显著提高术后膝关节的稳定性,但也增加术后膝部疼痛的风险。

1.4 横钉固定(interlock cross-fit fixation)

内镶螺钉固定后再加用穿过内镶螺钉的横钉固定能显著提高肌腱的抗拉力。Berg 等^[13]采用 hamstring 腱在股骨

运用双皮质螺钉横行式固定,在胫骨应用内镶螺钉联合横钉固定重建 ACL,取得了满意疗效。Berg 等认为横行式固定能把肌腱固定于 ACL 的解剖止点。

2 固定疗效

固定疗效优劣一直是关注的焦点,也是 ACL 重建术及术后康复的重要环节。Espejo-Baena 等^[14]用猪股骨标本做生物力学测试,四股肌腱分别采用可吸收螺钉内镶固定(bioabsorbable interference screw, BIS)、生物螺钉横杆式固定(bio-Transfix cross-pin, BTCP)、双皮质螺钉横行固定(biosteon cross-pin, BCP)、栓桩法固定(without hardware system, WHS)。结果表明最大抗拉力 BIS 组为(369.4 ± 120.1) N, BTCP 组为(990.9 ± 242.6) N, BCP 组为(905.1 ± 158.8) N, WHS 组为(684.4 ± 119.7) N。结果表明 BTCP 固定和 BCP 固定抗拉力无显著性差异, BIS 固定和 WHS 固定无显著性差异。BTCP 固定和 BCP 固定强度分别为(117.6 ± 22.5) N/mm、(112.6 ± 22.5) N/mm 与 BIS 固定(68.5 ± 13) N/mm 和 WHS 固定(79.4 ± 15.2) N/mm 有显著性差异。生物力学测试表明 BTCP 固定和 BCP 固定较 BIS 固定和 WHS 固定优越,而 WHS 固定又优于 BIS 固定。

Abmad 等^[15]采用猪的股骨做循环负荷测试,三股肌腱分别采用 BIS、内扣器(Endobutton)、Rigidfix、BTCP 固定。测试结果:肌腱移位 Rigidfix 为(6.02 ± 2.12) mm, BIS 固定为(5.44 ± 3.25) mm 与内扣器固定(1.75 ± 0.97) mm 和 BTCP 固定(1.14 ± 0.53) mm 有显著性差异;平均最大抗拉力 BIS 固定最低,为(539 ± 114) N, Rigidfix 固定为(737 ± 142) N, BTCP 固定为(746 ± 119) N, 内扣器固定为(864 ± 164) N。因此, Abmad 等认为在固定生物力学上 BTCP 固定和内扣器固定优于 BIS 固定和 Rigidfix 固定。

然而 Rose 等^[16]在股骨分别应用 BIS 固定($n=30$ 例)和 BTCP 固定($n=38$ 例)重建 68 例 ACL, 术后随访 3、6、12 个月,参照国际膝关节委员会拟定标准(International Knee Documentation Committee, IKDC), BIS 固定 A 级 12 例, B 级 13 例, C 级 5 例; BTCP 固定 A 级 17 例, B 级 19 例, C 级 2 例; OAK 评分、Tegner 关节活动评分和 Lysholm 评分 2 组均无显著性差异。

内镶螺钉固定被认为是 ACL 重建术肌腱固定的金标准。Camillieri 等^[17]用牛作生物力学测试, 髌腱移植分别用 BIS 和股骨髁上横行钉固定。结果表明股骨髁上横行钉固定最大抗拉力和强度分别为(410 ± 164) N、(49.6 ± 28) N/mm; BIS 固定分别为(497 ± 216) N、(61 ± 37.8) N/mm, 二者无显著性差异。

Hayes 等^[18]进行内镶螺钉中央固定与周围固定生物力学测试。结果表明固定位于四股肌腱之间的中央固定,在固定强度、移位负荷、最大抗拉力均高于固定位于四股肌腱与骨隧道间的侧压固定。在最大抗拉力测试中,周围固定所有的失败模型均为肌腱在钉-腱交界处的滑出,而中央固定 87.5% 肌腱断裂、12.5% 肌腱在腱-骨交界处滑出。

3 固定材料

在固定材料上,生物可吸收材料明显优于金属材料,前者不仅符合生物力学要求,而且固定后不影响患者术后做 MRI 检查。好的固定材料不仅能提高固定效果,而且能减少术后并发症的发生。

3.1 聚乳酸羟基磷灰石复合材料 (poly-L-lactic/hydroxyapatite blend, PLLA + HA)

Robinson 等^[19]分别应用聚乳酸羟基磷灰石复合材料(试验组)、聚乳酸 (poly-L-lactic, PLLA) (标准组) 做成的生物可吸收螺钉做胫骨固定。采用 CT 扫描平均随访 30.9 月,胫骨骨隧道术后扩大发生率试验组为 29.9%, 标准组为 46%, 同时发现试验组 21% 骨隧道有硬化表现,而标准组 73% 骨隧道有硬化表现。提示聚乳酸羟基磷灰石复合材料不仅能减少术后骨隧道扩大,而且能降低骨隧道壁硬化,促进腱-骨愈合。

3.2 聚交酯三磷酸钙 (poly-L-lactide/tri-calcium phosphate, PLLA/TCP)

Weimann 等^[20]采用 hamstring 腱分别应用聚交酯三磷酸钙螺钉横杆式悬吊固定(试验组)和生物可吸收螺钉内镶固定(标准组)。做循环负荷测试,循环 1000 次至 250 N。结果表明试验组平均肌腱滑出 2.6 mm ($1.8 \sim 3.3$ mm), 标准组 4.1 mm ($2.3 \sim 6.0$ mm), 当循环至 400 N 时,试验组固定良好,标准组固定失败。证明聚交酯三磷酸钙螺钉具有良好的强度及初期稳定性。

3.3 骨栓 (bone peg)

骨栓是挤压固定的重要材料,通常采用的是自体材料,目前,也有采用人工骨或同种异体骨的报道^[21],但尚处于临床研究阶段,临床疗效还有待检验。

4 固定并发症

4.1 骨隧道扩大

骨隧道扩大是 ACL 重建术最常见的并发症。Hoher 等^[22]认为置入腱在膝关节运动过程中可产生明显的纵向的“活塞”效应 (bungee effect) 和横向的“雨刷”效应 (windshield wiper effect) 是造成膝关节稳定性下降和骨隧道扩大的主要原因。Fauno 等^[23]研究表明置入腱固定的位置和固定的类型是影响骨隧道扩大的因素,固定的位置与 ACL 解剖起止点越远越容易使术后骨隧道扩大。缝合法、内扣器、垫环器、固定锚、U 形钉、钉板器等均属皮质骨外固定方法,固定点均远离 ACL 解剖起止点。Robinson 等^[19]发现固定的材料类型也是影响骨隧道扩大的因素,生物可吸收材料优于金属材料。

4.2 固定钉意外

常见的固定钉意外为固定钉断裂、变形、松动、固定钉尾端残留于关节腔内、残留于髌上囊、固定钉突破骨壁或割断韧带。固定钉断裂、变形多见于生物可吸收螺钉行 Transfix 固定。Cossey 等^[24]采用 MRI 对 49 例生物可吸收螺钉 Transfix 固定进行 ACL 重建随访表明:术后平均 28 周 (4 ~ 54 周) 所有固定钉都能看见,术后平均 20 周 (9 ~ 47 周) 时,5 例固定钉断裂、3 例固定钉变形。但这些患者都无膝关节不稳的临床表现,都能从事受伤前的体育活动。

4.3 骨折

骨折在 ACL 重建术中非常少见,在运用 BPTB 作为替代腱时,有并发髌骨骨折的报道,胫骨骨折还未见相关文献报道。Wilson 等^[25]报道应用 BPTB 作为替代腱术后并发股骨骨折的病例,认为术后股骨骨折除了股骨隧道导致应力集中外,术后膝关节压力上升是导致股骨骨折的主要原因。

4.4 囊性变及异位骨化

Tsuda 等^[26]报道 1 例 ACL 重建术后 2 年出现胫前多室

囊肿,手术探查证实膝关节腔通过胫骨骨髓道与病灶相通,为关节液渗透所至。应用 BPTB 作为替代腱时,有并发病骨下异位骨化的报道^[27]。

4.5 髂胫束摩擦综合征 (iliotibial band friction syndrome, ITBFS)

Pelfort 等^[28]报道 2 例采用 Transfix 固定行 ACL 重建术后 3 个月出现 ITBFS。MRI 发现固定钉位置不正确和破裂,无膝关节不稳的临床表现,第 2 次手术取出固定钉后症状消失。

总之,关节镜下 ACL 重建术已成为常规手术,替代腱的固定是该手术中最重要的环节。选择一种操作简单、固定可靠、材料优质、并发症少的固定方法是手术成功的关键,是患者术后康复的保障。

参考文献

- 夏春,周江南.前交叉韧带重建术 Hamstring 腱的固定.中国微创外科杂志,2005,5(5):347-349.
- Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Schneider T, et al. Biomechanical testing of quadriceps tendon-patellar bone grafts: an alternative graft source for press-fit anterior cruciate ligament reconstruction? Arch Orthop Trauma Surg, 2006, 126(4):265-270.
- Jagodzinski M, Behfar V, Hurschler C, et al. Femoral press-fit fixation of the hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 2004, 32(7):1723-1730.
- Halder AM, Ludwig S, Neumann W. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using the double press-fit technique: an alternative to interference screw fixation. Arthroscopy, 2002, 18(9):974-982.
- Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Schmidt J, et al. Histomorphology and microradiography of quadriceps tendon-patellar bone grafts in press-fit anterior cruciate ligament reconstruction. J Orthop Res, 2005, 23(5):1206-1210.
- Kilger RH, Thomas M, Hanford S, et al. The effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament using the novel knot/press-fit technique: a cadaveric study. Am J Sports Med, 2005, 33(6):856-863.
- Drogset JO, Grontvedt T, Jessen V, et al. Comparison of in vitro and in vivo complement activation by metal and bioabsorbable screws used in anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 2006, 22(5):489-96.
- Piltz S, Steinbauer T, Meyer L. Bioabsorbable expansion bolt fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Orthop Relat Res, 2004, 418:225-230.
- Mann CJ, Costi JJ, Stanley RM, et al. The effect of screw taper on interference fit during load to failure at the soft tissue/bone interface. Knee, 2005, 12(5):370-376.
- Ferretti A, Contedua F, Labianca L. Evolgate fixation of doubled flexor graft in anterior cruciate ligament reconstruction: biomechanical evaluation with cyclic loading. Am J Sports Med, 2005, 33(4):574-582.
- Au AG, Otto DD, Raso VJ, et al. Investigation of a hybrid method of soft tissue graft fixation for anterior cruciate ligament reconstruction. Knee, 2005, 12(2):149-153.
- Hill PF, Russell VJ, Salmon LJ, et al. The influence of supplementary tibial fixation on laxity measurements after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons in female patients. Am J Sports Med, 2005, 33(1):94-101.
- Berg TL, Paulos LE. Endoscopic ACL reconstruction using stryker biosteon cross-pin femoral fixation and interlock cross-pin tibial fixation. Surg Technol Int, 2004, 12:239-244.
- Espejo-Baena A, Ezquerro F, de la Blanca AP, et al. Comparison of initial mechanical properties of 4 hamstring graft femoral fixation systems using nonpermanent hardware for anterior cruciate ligament reconstruction: an in vitro animal study. Arthroscopy, 2006, 22(4):433-440.
- Ahmad CS, Gardner TR, Groh M, et al. Ahmad CS, Gardner TR. Mechanical properties of soft tissue femoral fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 2004, 32(3):635-640.
- Rose T, Hepp P, Venus J, et al. Prospective randomized clinical comparison of femoral transfixation versus bioscrew fixation in hamstring tendon ACL reconstruction - a preliminary report. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2006, 13:1-9.
- Camillieri G, McFarland EG, Jasper LE, et al. A biomechanical evaluation of trancondylar femoral fixation of anterior cruciate ligament grafts. Am J Sports Med, 2004, 32(4):950-955.
- Hayes DA, Watts MC, Tevelin GA. Central versus peripheral tibial screw placement in hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: in vitro biomechanics. Arthroscopy, 2005, 21(6):703-706.
- Robinson J, Huber C, Jaraj P, et al. Reduced bone tunnel enlargement post hamstring ACL reconstruction with poly-L-lactic acid/hydroxyapatite bioabsorbable screws. Knee, 2006, 13(2):127-131.
- Weimann A, Rodieck M, Zantop T, et al. Primary stability of hamstring graft fixation with biodegradable suspension versus interference screws. Arthroscopy, 2005, 21(3):266-274.
- Said HG, Baloch K, Green M. A new technique for femoral and tibial tunnel bone grafting using the OATS harvesters in revision anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 2006, 22(7):796-799.
- Hober J, Moller HD, Fu FH. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1998, 6(4):231-240.
- Fauno P, Kaalund S. Tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction is influenced by the type of graft fixation used: a prospective randomized study. Arthroscopy, 2005, 21(11):1337-1341.
- Cossey AJ, Kalairajah Y, Morcom R, et al. Magnetic resonance imaging evaluation of biodegradable transfemoral fixation used in anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 2006, 22(2):199-204.
- Wilson TC, Rosenblum WJ, Johnson DL. Fracture of the femoral tunnel after an anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 2004, 20(5):45-47.
- Tsuda E, Ishibashi Y, Tazawa K, et al. Pretibial cyst formation after anterior cruciate ligament reconstruction with a hamstring tendon autograft. Arthroscopy, 2006, 22(6):691-696.
- Valencia H, Gavin C. Infrapatellar heterotopic ossification after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2006, 13.
- Pelfort X, Monllau JC, Puig L, et al. Iliotibial band friction syndrome after anterior cruciate ligament reconstruction using the transfix device: report of two cases and review of the literature. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2005, 21:1-4.

(收稿日期:2006-06-22)

(修回日期:2006-08-29)

(责任编辑:李贺琼)