

# 前交叉韧带重建术中 Hamstring 腱的固定

夏 春 周江南<sup>①</sup>

( 厦门大学中山医院骨科 ,厦门 361004 )  
中图分类号 :R686 文献标识 :A 文章编号 :1009 - 6604( 2005 )05 - 0347 - 03

替代腱的固定是前交叉韧带( anterior cruciate ligament ,ACL )重建术的重要环节 ,也是最薄弱环节 ,是术后活动和康复项目开展的最主要的限制因素。当前康复锻炼的趋势是强调早期肌肉训练与负重行走 ,这就要求 Hamstring 腱的固定器材具有较高的生物力学强度。固定对 ACL 重建术的成功和术后活动有重要作用。

## 1 Hamstring 腱固定的发展过程

Hamstring 腱的固定史是一个由关节外固定逐步向关节内固定的发展过程。早期 Hamstring 腱固定主要是缝合固定法 :Hamstring 腱彼此缝合、与周围组织缝合、将 Hamstring 腱通过连接材料( 如缝线 )固定于皮质骨上的螺纹钉、垫环器( washer )和钮扣上 ,或者直接固定于 U 形钉上 ,这些方法均需要切开皮肤将 Hamstring 腱固定于皮质骨上 ,故称之为关节外固定方法。内扣器( endobutton )是最早出现的关节内固定 Hamstring 腱的固定方法。它的优点是 :不需切开大腿软组织 ,将 Hamstring 腱固定到股骨髓上的皮质骨上 ;由于其固定点在皮质骨上 ,不论有无骨质疏松 ,均可以提供较强大的固定力 ,还可以缩短 Hamstring 腱体长度即可仅用半腱肌腱 ,在制作股骨隧道时 ,即使出现其后

壁破裂 ,仍可提供较好的固定。因此 ,内扣器在临床上得到了广泛应用<sup>[ 1 ]</sup>。然而 ,上述固定方法均为皮质骨外固定( 图 1 )。皮质骨外固定多需使用连接材料将 Hamstring 腱固定到这些固定器上 ,因此 ,连接材料扮演着重要角色<sup>[ 1 2 ]</sup>。皮质骨外固定由于远离愈合处 ,易出现 Hamstring 腱与骨间愈合慢 ,韧带 - 骨间结合强度下降或不愈合发生<sup>[ 1 ]</sup>和骨隧道扩大等。近年来 ,Hamstring 腱的固定方法已有较大改进。新的可直接固定软组织 - 骨界面的 RCI( round threaded ) - 钝性螺纹内镶钉<sup>[ 3 ]</sup>和横钉<sup>[ 4 ]</sup>以及利用不同骨隧道孔径的自体阻塞固定法( press - fit )<sup>[ 5 ]</sup>已用于临床 ,这类固定器可明显缩短固定点与 ACL 起止点的距离 ,进而增加固定的稳定性和减少术后骨隧道扩大。

## 2 常用的 Hamstring 腱固定器

Hamstring 腱的常用固定方法有 :缝合、内扣器、垫环器、固定锚( anchor )、U 形钉、钉板器、腱内固定器、横钉和内镶钉( 图 1 )。

## 3 常用 Hamstring 腱固定器的生物力学参数

见表 1<sup>[ 6 ]</sup>。

表 1 常用股侧固定器的初始固定的生物力学参数(  $\bar{x} \pm s$  )

参数	可吸收内镶钉	内扣器	可吸收 LinX 栓	横钉	髌腱内镶钉
骨隧道内的移动( mm )	0.35 ± 0.15	0.55 ± 0.17	0.54 ± 0.27	0.44 ± 0.23	0.34 ± 0.15
循环 1 000 次最大移动( mm )	4.34 ± 3.16	5.82 ± 1.81	2.20 ± 0.95	2.37 ± 1.43	1.53 ± 0.42
循环 20 次后最大移动的百分比( % )	42	79	71	59	62
最大载荷( N )	562 ± 69	644 ± 91	687 ± 129	934 ± 296	710 ± 224
强度( N/mm )	257 ± 37	182 ± 20	230 ± 32	240 ± 74	298 ± 36
断裂时移位( mm )	3.00 ± 0.66	6.27 ± 2.16	3.74 ± 1.05	7.37 ± 3.71	3.17 ± 0.87

可吸收内镶钉固定 Hamstring 腱的断裂部位为固定部位的抽出 ;内扣器固定 Hamstring 腱的断裂部位为聚酯带( tape )的撕裂 ,LinX 栓的断裂部位为 LinX 栓与栓眼的交接部破裂 ;横钉的断裂部位多为钉尖松质骨破坏或横钉弯曲致 Hamstring 腱滑脱。

## 4 内镶钉固定 Hamstring 腱

一般来讲 ,改良型内镶钉固定 Hamstring 腱时 ,可吸收钉比金属钉的固定作用强大 ,且其强度也低于固定髌腱的强度。Weiler 等<sup>[ 7 ]</sup>用 36 个胫骨近段标本做

<sup>①</sup> ( 中南大学湘雅医院骨科 ,长沙 410008 )

生物力学测试, 3 股半腱肌腱分别用可吸收与金属内镶钉固定, 可吸收内镶钉的平均最大抗拉力为( 507 ± 93 )N, 金属钉为( 419 ± 71 )N。Kousa 等<sup>[8]</sup>对猪实验研究显示, 可吸收内镶钉固定 Hamstring 腱的股侧平均最大抽出载荷为 589 N, 金属内镶钉的 546 N。Weiler 等<sup>[9]</sup>在牛的胫骨上使用可吸收内镶钉与金属内镶钉固定 3 股半腱肌腱, 行最大抽出载荷测量, 并与髌腱 - 骨比较, 结果显示: 可吸收内镶钉( 507 ± 93 )N, 高于金属内镶钉( 419 ± 77 )N; 固定髌腱时, 可吸收内镶钉( 713 ± 210 )N, 金属内镶钉( 822 ± 130 )N。可以看出, 内镶钉固定髌腱比固定 Hamstring 腱强大。然而, Kocabey 等<sup>[3]</sup>在 7 具中青年人的尸体, 侧 - 侧比较了内镶钉固定同种异体髌腱骨与可吸收内镶钉( 10 mm × 28 mm )固定 Hamstring 腱骨复合体的生物力学参数, 在循环载荷 10 次后, 测定的结果显示: 在从胫骨抽出试验中, 髌腱组最大载荷力和强度分别为( 620. 8 ± 209 )N 和( 69. 8 ± 29 )N/mm, 与可吸收内镶钉固定 Hamstring 腱组( 601. 2 ± 140 )N 和( 47. 1 ± 31. 6 )N/mm 无明显差异, 但 Hamstring 腱组在抽出前的移位为( 15. 1 ± 4. 9 )mm, 明显大于髌腱组( 9. 2 ± 1. 3 )mm。作者认为内镶钉在固定软组织 - 骨间与骨 - 骨间的强度差别不大。Shino 等<sup>[10]</sup>研究了内镶钉偏中固定与中央固定 Hamstring 腱的力学特性, 结果显示: 固定部位在 Hamstring 腱 4 股中间者的中央固定, 其固定强度明显高于固定在 Hamstring 腱与骨隧道间的侧压固定(  $P < 0. 05$  ), 但二者在平均最大载荷和移位方面无明显差异。另外, Weiler 等<sup>[9]</sup>发现在 Hamstring 腱上加上小块胫骨时, 其固定强度明显增高, 可吸收钉的载荷达到( 717 ± 90 )N, 金属钉( 602 ± 117 )N, 此情形下内镶钉在固定软组织 - 骨间的固定强度与骨 - 骨间固定强度无明显差别。内镶钉固定 Hamstring 腱时, Hamstring 腱在骨隧道内的纵移位和横向移位均小于内扣器、缝合环( Suture - Disc ), 固定锚等皮质外固定器<sup>[11~13]</sup>。Coleridge 等<sup>[14]</sup>在尸体胫骨标本上比较了垫环器、腱内固定器、RCI 钉、U 形钉和双皮质内镶钉固定 Hamstring 腱的生物力学特性, 结果显示: 在 Hamstring 腱平均延长 0. 4 mm 时, 各固定器在循环载荷下无明显差别。作者认为在常规循环载荷下, 内镶钉固定作用比文献报道的结果要强, 对好动的青年人仍可能是安全的固定方式。综上所述, 虽然内镶钉固定 Hamstring 腱的强度比固定髌腱 - 骨弱, 但与现有的其它常用的软组织 - 骨间固定( 如内扣器等 )相比, 其原始固定强度、最大载荷、最大移动和有效固定下的骨隧道内的移动等生物力学特性均显示出其优势。但是, 与 Hamstring 腱本身具有优异的生物力学特性相比, 仍然远不够理想。

### 5 Hamstring 腱固定的效果

在临床应用中, 软组织 - 骨间的皮质骨外固定, 易出现替代腱的撞击症和植入部骨隧道扩大, 影响了其固定效能。Zysk 等<sup>[15]</sup>对 35 例股骨侧用内扣器、胫骨

侧为固定锚固定 3 股半腱肌腱重建 ACL 的患者, 进行了为期 2 ~ 3 年的随访观察, 发现有 26 例股骨骨隧道明显扩大, 平均骨隧道直径扩大 2. 5 ~ 4. 5 mm 20 例, > 4. 5 mm 6 例; 有 23 例胫骨骨隧道明显扩大, 平均直径扩大 2. 5 ~ 4. 5 mm 的有 18 例, > 4. 5 mm 5 例。Jansson 等<sup>[16]</sup>对 14 例用内扣器固定的 Hamstring 腱重建 ACL 的患者, 在术后 3 个月、1 年、2 年 3 个时段拍 X 线片测量, 发现在 2 年期其股骨和胫骨骨隧道分别扩大了 33% 和 23%。Clatworthy 等<sup>[17]</sup>比较了 Hamstring 腱( 38 例 )与髌腱骨( 35 例 )重建 ACL 后的骨隧道变化, 经 X 线显示和 MRI 证实, 术后 1 年 Hamstring 腱组的股骨和胫骨骨隧道的面积分别平均增加了 100. 4% 和 73. 9% , 而髌腱组骨隧道面积分别减少了 25% 和 2. 1% ; 两组术后 1 年的骨隧道面积均有显著差别(  $P < 0. 0001$  ), 提示 Hamstring 腱与骨隧道间愈合慢。替代腱植入部愈合慢和骨隧道扩大的原因尚不清楚。Linsalata 等<sup>[18]</sup>发现: 固定的位置距 ACL 解剖起止点越远, 骨隧道扩大发生率越高。Ishibashi 等<sup>[19]</sup>的临床观察发现: 固定点接近于 ACL 解剖起止点的 ACL 重建关节, 其稳定性明显好于远离 ACL 解剖起止点的 ACL 重建关节。由于缝合法、内扣器、垫环器、固定锚等皮质骨外固定方法, 使植入腱的固定点远离 ACL 解剖起止点( 图 2 ), 因此植入腱( 如 Hamstring 腱 )在膝关节运动过程中可产生明显的纵向的“ 活塞 ”效应和横向的“ 雨刷 ”效应, 可能是造成膝关节稳定性下降和骨隧道扩大的主要原因。

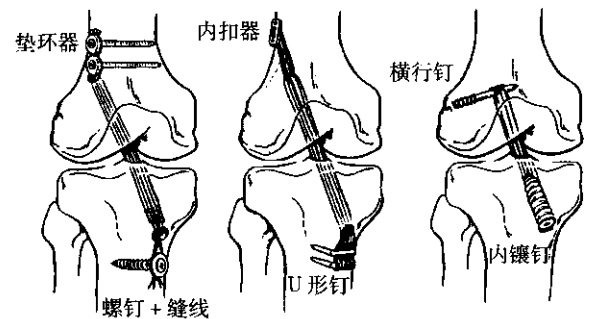


图 1 常用固定器<sup>[6]</sup>

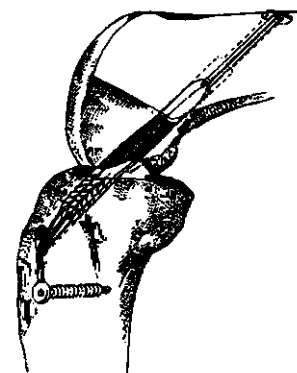


图 2 皮质外固定器<sup>[21]</sup>



图 3 解剖固定器

改良的内镶钉(RCI 钉)可明显缩短固定点与 ACL 起止点的距离,或接近正常 ACL 的解剖起止点(图 3),被称为解剖固定("anatomical" fixation)<sup>[20]</sup>。Fules 等<sup>[22]</sup>用一种新的 MRI 评估方法评定了 24 例用可吸收 Soffix 固定的 Hamstring 腱重建 ACL 术后骨隧道扩大情况,在平均 6 个月后,胫骨隧道的截面积平均只扩大了 33%。Buelow 等<sup>[20]</sup>对 60 例皮质骨外固定(股侧内扣器、胫侧垫环器)与解剖固定(可吸收内镶钉)4 股 Hamstring 腱重建 ACL 的患者,分别在术后当时、6 个月和 24 个月进行了 X 线的术后骨隧道扩大的预期研究,结果,解剖固定组术后当时测得的骨隧道面积比钻孔面积增大了 75%,6 个月时增大了 31%,6~24 个月间骨隧道的面积基本保持不变,而皮质骨外固定组术后当时测得的骨隧道面积与钻孔面积基本一致,6 个月时骨隧道的面积比术后骨隧道面积扩大了 65%,24 个月时比术后面积扩大了 47%。因此,解剖固定可增加固定的稳定性,减少纵向的“活塞”效应和横向的“雨刷”效应。

总之,Hamstring 腱的固定方法在 ACL 重建术中具有重要意义,正确选择和使用固定方法,不但可以促使患者早期功能锻炼、负重行走以及较早返回原工作与活动中,而且可以防止重建术的失败以及获得优良的疗效。由于现有的 Hamstring 腱重建 ACL 的固定方法均有各自的不足之处,因此要求医生在选择固定器时,清楚地认识特定固定器的特性和缺点,正确和熟练地使用之。一般而言,在股骨固定时,多选用内镶钉、横钉和内扣器;在胫骨固定时,多选用内镶钉和垫环器。

## 参考文献

- 1 Nebelung W, Becker R, Merkel M, et al. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus tendon using with Endobutton fixation on the femoral side. *Arthroscopy* ,1998 ,14 :810 -815.
- 2 Gobbi A, Mahajan S, Tuy B, et al. Hamstring graft tibial fixation : biomechanical properties of different linkage systems. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002 ,10 :330 -334.
- 3 Kocabey Y, Klein S, Nyland J, et al. Tibial fixation comparison of semitendinosus - bone composite allografts fixed with bioabsorbable screws and bone - patella tendon - bone grafts fixed with titanium screws. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004 ,12 :88 -93.
- 4 Clark R, Olsen RE, Larson BJ, et al. Cross - pin femoral fixation : a new technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Arthroscopy* ,1998 ,14 :258 -267.
- 5 Paessler HH, Mastrokalos DS. Anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendons, bone patellar tendon or quadriceps tendon - graft with press - fit fixation without hardware. A new and innovative procedure. *Orthop Clin North Am* 2003 ,34 :49 -64.
- 6 Martin SD, Martin TL, Brown CH. Anterior cruciate ligament graft fixation. *Orthop Clin North Am* 2002 ,34 :685 -696.
- 7 Weiler A, Hoffmann RF, Stahelin AC, et al. Hamstring tendon fixation using interference screws : a biomechanical study in calf tibial bone. *Arthroscopy* ,1998 ,14 :29 -37.
- 8 Kousa P, Jarvinen TL, Vihavainen M, et al. The fixation strength of

- six hamstring tendon graft fixation devices in anterior cruciate ligament reconstruction. Part I : femoral site. *Am J Sports Med* ,2003 ,31 :174 -181.
- 9 Weiler A, Hoffmann RF, Sudkamp NP, et al. Replacement of the anterior cruciate ligament. Biomechanical studies for patellar and semitendinosus tendon fixation with a poly(D, L - lactide) interference screw. *Unfallchirurg* ,1999 ,102 :115 -123.
- 10 Shino K, Pfister DS. Comparison of eccentric and concentric screw placement for hamstring graft fixation in the tibial tunnel. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000 ,8 :73 -75.
- 11 Tsuda E, Fukuda Y, Loh JC, et al. The effect of soft - tissue graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction on graft - tunnel motion under anterior tibial loading. *Arthroscopy* ,2002 ,18 :960 -967.
- 12 Adam F, Pape D, Schiel K, et al. Biomechanical properties of patellar and hamstring graft tibial fixation techniques in anterior cruciate ligament reconstruction : experimental study with roentgen stereometric analysis. *Am J Sports Med* 2004 ,32 :71 -78.
- 13 Scheffler SU, Sudkamp NP, Gockenjan A, et al. Biomechanical comparison of hamstring and patellar tendon graft anterior cruciate ligament reconstruction techniques : the impact of fixation level and fixation method under cyclic loading. *Arthroscopy* ,2002 ,18 :304 -315.
- 14 Coleridge SD, Amis AA. A comparison of five tibial - fixation systems in hamstring - graft anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004 ,12 :391 -397.
- 15 Zysk SP, Kruger A, Baur A, et al. Tripled semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction with Endobutton fixation : a 2 - 3 - year follow - up study of 35 patients. *Acta Orthop Scand* 2000 ,71 :381 -386.
- 16 Jansson KA, Harilainen A, Sandelin J, et al. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft and Endobutton fixation technique. a clinical, radiographic and magnetic resonance imaging study with 2 years follow - up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* ,1999 ,7 :290 -295.
- 17 Clatworthy MG, Annear P, Bulow JU, et al. Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction : a prospective evaluation of hamstring and patella tendon grafts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* ,1999 ,7 :138 -145.
- 18 L'insalata JC, Klatt B, Fu FH, et al. Tunnel expansion following anterior cruciate ligament reconstruction : a comparison of hamstring and patellar tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* ,1997 ,5 :234 -238.
- 19 Ishibashi Y, Rudi TW, Livsay GA, et al. The effect of anterior cruciate ligament graft fixation site at the tibia on knee stability : using a robotic testing system. *Arthroscopy* ,1997 ,13 :177 -182.
- 20 Buelow JU, Siebold R, Ellermann A. A prospective evaluation of tunnel enlargement in anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings : extracortical versus anatomical fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002 ,10 :80 -85.
- 21 Chen L, Cooley V, Roeseberg T. ACL reconstruction with hamstring tendon. *Orthop Clin North Am* 2002 ,34 :9 -18.
- 22 Fules PJ, Madhav RT, Goddard RK, et al. Evaluation of tibial bone tunnel enlargement using MRI scan cross - sectional area measurement after autologous hamstring tendon ACL replacement. *Knee* 2003 ,10 :87 -91.

( 收稿日期 2004 - 07 - 13 )

( 修回日期 2004 - 10 - 12 )