

前交叉韧带重建术后胫骨隧道的临床研究*

张 强 张春礼** 徐 虎 王迎春 孙芳菲 李晓建

(第四军医大学西京骨科医院运动损伤科, 西安 710032)

【摘要】 **目的** 通过双源 CT (dual-source computed tomography, DSCT) 三维重建前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 胫骨止点印迹及胫骨骨道, 比较胫骨端单双束面积覆盖率以及自然印迹与骨道中心点相对位置, 总结规律, 为临床改进关节镜下 ACL 重建手术, 实现解剖重建提供依据。 **方法** 对 14 例双束重建及 20 例单束重建术后患者双侧膝关节进行 DSCT 扫描。64 排工作站 (GE, Volume Share2-AW4.4 版本软件) 三维重建膝关节胫骨平台模型, 再现胫骨平台 ACL 自然印迹及骨道。圈画、测量自然印迹、骨道面积等, 比较单、双束骨道面积覆盖率及单、双束骨道中心点与自然印迹中心点相对位置。 **结果** (1) 术后面积覆盖率比较: 单束 (50.50 ± 13.58)%, 双束 (61.07 ± 11.53)% ($t = 2.370, P = 0.024$), 双束面积覆盖率显著大于单束。(2) 单束: 矢状面上, 骨道中心点相对位置 (43.80 ± 5.56)%, 自然印迹中心点相对位置 (44.90 ± 6.69)%, 无显著性差异 ($t = 0.631, P = 0.536$); 冠状面上, 骨道中心点相对位置 (55.15 ± 2.96)%, 自然印迹中心点相对位置 (51.85 ± 2.80)%, 有显著性差异 ($t = 5.592, P = 0.001$)。 (3) 双束: 矢状面上, 前内束 (anteromedial bundle, AMB) 骨道中心点相对位置 (37.00 ± 6.00)%, 自然印迹中心点相对位置 (37.43 ± 9.84)%, 无显著性差异 ($t = 0.120, P = 0.908$); 冠状面上, AMB 骨道中心点位置 (53.00 ± 2.00)%, 自然印迹中心点相对位置 (51.14 ± 1.83)%, 有显著性差异 ($t = 4.192, P = 0.001$)。矢状面上, 后外束 (posterolateral bundle, PLB) 中心点相对位置 (55.00 ± 7.00)%, 自然印迹中心点相对位置 (40.79 ± 6.42)%, 有显著性差异 ($t = 9.121, P = 0.001$); 冠状面上, PLB 中心点相对位置 (56.00 ± 2.00)%, 自然印迹中心点相对位置 (51.64 ± 2.12)%, 有显著性差异 ($t = 7.280, P = 0.001$)。 **结论** (1) ACL 胫骨骨道双束重建面积覆盖率大于单束重建, 要实现 ACL 解剖重建需尽可能采用个体化双束重建技术。(2) 双源 CT 三维重建可以帮助我们评估术后骨道与自然印迹相对位置关系, 对改进关节镜下 ACL 重建手术有指导意义。

【关键词】 前交叉韧带; 胫骨印迹; 双源 CT; 三维重建; 胫骨骨道

中图分类号: R686.5

文献标识: A

文章编号: 1009-6604(2013)06-0543-04

Clinical Research on Tibial Tunnel after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Zhang Qiang, Zhang Chunli, Xu Hu, et al. Department of Orthopaedics, Xijing Hospital, Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China

【Abstract】 **Objective** To provide basis for the improvement of arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) through comparison of coverage rate and tunnel positions between single and double-bundle on tibial plateau by dual-source computed tomography (DSCT) three-dimensional imaging. **Methods** DSCT scans were performed on 14 pairs of double-bundle and 20 pairs of single-bundle reconstruction knees after arthroscopic reconstruction of ACL. ACL tibial footprints and tunnels were reconstructed on tibial plateau by 64-slice spiral CT workstation (GE, Volume Share2-AW 4.4 version). The area of ACL tibial footprint and tibial tunnel were marked and measured. The coverage rate of single and double-bundle on tibial plateau and the tunnels position were compared and calculated. **Results** (1) The coverage rate after surgery in single bundle was (50.50 ± 13.58)% while (61.07 ± 11.53)% in double bundle. There was significant difference ($t = 2.370, P = 0.024$) between the two groups. (2) The tunnel center in ACL single-bundle reconstruction was located at a mean of 43.80% in sagittal plane and 55.15% in frontal plane, whereas the natural footprint center located at 44.90% in sagittal plane and 51.85% in frontal plane. There was significant difference in frontal plane ($t = 5.592, P = 0.001$) but no significant difference in sagittal plane ($t = 0.631, P = 0.536$). (3) In ACL double-bundle reconstruction, the center of AMB (anteromedial bundle) tibial tunnel was located at a mean of 37.00% of anterior-to-posterior plane and 53.00% of lateral-to-medial plane. The center of natural footprint was located at 37.43% in sagittal plane and 51.14% in frontal plane. No significant difference was found in sagittal plane ($t = 0.120, P = 0.908$) while significant difference was observed in frontal plane ($t = 4.192, P = 0.001$). The center of PLB (posterolateral bundle) tibial tunnel was located at a mean of 55.00% in sagittal plane and 56.00% in frontal plane while the center of natural footprint was located at 40.79% in sagittal plane and 51.64% in frontal plane. There was significant difference in sagittal plane ($t = 9.121, P = 0.001$) and frontal plane ($t = 7.280, P = 0.001$).

* 基金项目: 陕西省社会发展基金 (2010K13-01-01)

** 通讯作者, E-mail: zhangcl816@sohu.com

Conclusions The coverage rate of ACL on tibial tunnel was larger in double bundle reconstruction than in single bundle. In order to anatomically reconstruct ACL, individualized reconstruction technique should be adopted. Moreover, the dual-source three-dimensional computed tomography (DSCT) can help us to evaluate the relative location of tibial tunnel and ACL footprint which can provide meaningful guidance for arthroscopic reconstruction of the ACL.

[Key Words] Anterior cruciate ligament; Tibial footprint; Dual-source CT; 3 dementional reconstruction; Tibial tunnel

正常前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 胫骨端呈扇形扩大, 其直径约为体部 3.5 倍; 而 ACL 重建手术中移植物一般均为上下等宽, 移植物直径小于正常止点, 使得实际胫骨端隧道仅占正常止点的一部分, 导致胫骨端止点定位存在各种变化的可能。早期, 医生倾向于选择偏前内侧定位, 发现移植物在膝关节完全伸直时前方纤维撞击髁间窝顶, 使得关节伸直受限、移植物磨损、前向松弛度增加和膝前痛等; 后来倾向在正常 ACL 胫骨止点中心或偏后的位置定位, 但过于偏后的止点会使移植物伸直时张力增加和撞击后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL)^[1]。因此, ACL 移植重建胫骨止点位置正确与否是预防移植物髁间窝撞击和后交叉韧带撞击的关键因素。近年来, 双束重建的报道越来越多^[2], 其优点在于可以更好地恢复正常的 ACL 解剖结构, 有助于恢复膝关节的旋转稳定性^[3]。本研究旨在采用双源 CT (dual-source computed tomography, DSCT) 三维重建方法, 就 ACL 胫骨单、双束骨道面积覆盖率, 以及单、双束骨道中心点与自然印迹中心点相对位置的关系这两项参数做一术后评估, 指导改进手术。

1 材料与方法

1.1 研究对象

本组 34 例为 2010 年 5 月~12 月 ACL 重建手术患者。男 19 例, 女 15 例。年龄 18~50 岁, 平均 28.5 岁。14 例双束 ACL 重建及 20 例单束 ACL 重建患侧膝关节。纳入标准: 患者有明确膝关节外伤史, 主观感觉有膝关节松动不稳等症状。物理检查抽屉试验阳性, 膝关节 MRI 检查提示 ACL 断裂。单、双束手术方案的选择: 患者年龄偏小 (18~40 岁), 对术后患膝运动期望值较高, 术中见无髁间窝狭窄者选择双束重建; 其他选单束重建。

1.2 设备参数

西门子双源 CT, 双能扫描参数: A 球管和 B 球管的管电流分别为 56 mAs 和 234 mAs, 电压分别为 140 kV 和 80 kV, 准直 0.6 mm, 螺距 0.7, 有效层厚 0.75 mm, 旋转时间 0.5 s, 扫描时间 18~20 s。

1.3 胫骨骨道建立技术

1.3.1 单束重建 依据残端中心、外侧半月板游离缘延长线、后交叉韧带前方约 7 mm 三项指标用汽化仪做标记, 膝关节过伸用髁间窝顶做前后、内外微调, 屈膝 90°, 前内侧入路置入胫骨导向器固定于

50°, 尖端置于标记点后钻入 2.4 mm 的导针, 伸膝测试观察导针位置合适后, 用与移植物相同直径的钻头钻取胫骨隧道。

1.3.2 双束重建 髁间窝顶定位法确定不发生撞击的最前点为前内束 (anteromedial bundle, AMB), 残端的后边界内、PCL 与胫骨外侧髁间嵴和 AMB 定位导针所构成的三角形中央为后外束 (posterolateral bundle, PLB) 胫骨隧道, 将胫骨定位器分别设置在 45°、55° 钻取隧道, 两隧道内口之间保持 1~2 mm 的骨桥。所有胫骨骨道重建均按以上步骤进行。

1.4 胫骨平台三维重建

术后 3 天双膝关节行双源 CT 扫描, 原始数据传至 64 排工作站 (GE, Volume Share2-AW4.4 版本软件), 采用容积再现技术, 三维重建膝关节胫骨平台。调整胫骨平台位置使其垂直于水平面 (图 1a、图 2a)。所有模型均严格按照统一步骤重建, 确保三维模型标准化。

1.5 ACL 胫骨止点自然印迹的确定与测量方法

与我们以前报道的方法相近^[4]。

1.5.1 ACL 胫骨止点印迹特点 附着区为一表面光滑、色白、质密、凹陷、形态不规则、灰度一致但与周围不同、有明显边界的区域 (图 1a、图 2a)。

1.5.2 印迹的测量 膝关节模型使用 Photoshop 7.0 简体中文正式版软件圈画出 ACL 印迹自然印迹及骨道, 标明各自中心点 (图 1b、图 2b)。根据自然印迹及单、双束骨道轮廓分别测量各自面积, 计算单双束骨道面积覆盖率 (图 1c、2c)。

1.5.3 统一测量方法 按照 Lorenz 等^[5]的方法, 骨道及自然印迹中心点位置采用相对位置百分比方法, 使所测得的数据具有可比性。统一规定胫骨平台最外侧及前侧为 0%, 最内侧及后侧为 100%。比较骨道中心点与自然印迹中心点之间的位置关系: 差值百分比 % = 骨道中心点 % - 自然印迹中心点 %。差值为正说明骨道中心点在自然印迹中心点后、内侧; 差值为负说明骨道中心点在自然印迹中心点前、外侧。规定双束重建两骨道中心点连线 (图 2c 的 AP 线) 与胫骨平台矢状面交角在矢状面内侧为正, 外侧为负。

1.5.4 测量结果与实物大小关系 本实验所采用的扫描眼均为 16.0 cm, 使膝关节三维模型较实物放大 1.67 倍, 在 Photoshop 7.0 简体中文正式版软件上测得数据后除以 1.67 转化为实物大小。

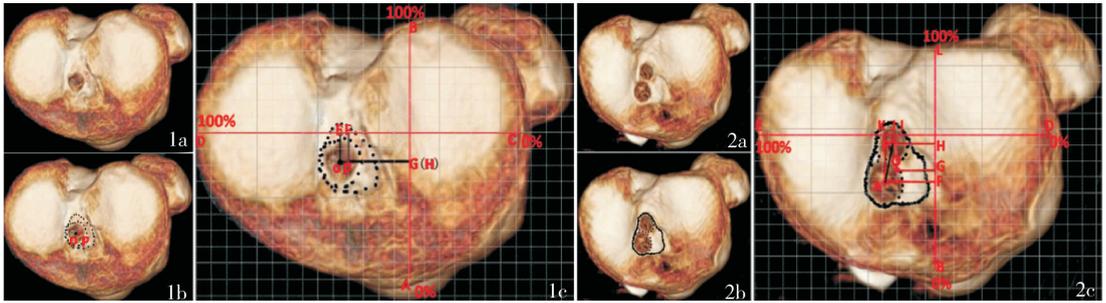


图 1a 单束术后骨道 图 1b 根据胫骨平台 ACL 自然印迹和术后骨道印迹勾画出自然印迹和骨道轮廓。O 点为骨道中心点,P 点为自然印迹中心点 图 1c AB 为胫骨平台矢状面最大直径,CD 为冠状面最大直径,A、C 两点定义为 0%,B、D 两点定义为 100%。O 点在 AB、CD 上的垂直点分别为 G、E;P 点在 AB、CD 上的垂直点分别为 H、F 图 2a 双束术后骨道 图 2b 根据胫骨平台 ACL 自然印迹和术后骨道印迹勾画出自然印迹和骨道轮廓 图 2c BL 为胫骨平台矢状面最大直径,DE 为冠状面最大直径,B、D 两点定义为 0%,E、L 两点定义为 100%。A 点为 AMB 骨道中心点,P 点为 PLB 骨道中心点。O 点为 ACL 胫骨平台止点自然印迹中心点。A 点在 BL、DE 上的垂直点分别为 F、K;P 点在 BL、DE 上的垂直点分别为 H、J;O 点在 BL、DE 上的垂直点分别为 G、I

1.6 统计学处理

应用 SPSS13.0 统计学软件,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,双束骨道中心点角度与 ACL 印迹中心点角度比较及单束骨道中心点相对位置与印迹中心点相对位置比较采用配对 *t* 检验,单双束面积覆盖率比较采用独立样本 *t* 检验;*P* < 0.05 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 骨道中心点在胫骨平台上的相对位置

见表 1。在矢状面双束 AMB 以及单束骨道中心点相对位置与自然印迹中心点相对位置无显著性差异,其余均有显著性差异。

表 1 骨道中心点在胫骨平台上的相对位置($\bar{x} \pm s$)

项目	矢状面			冠状面		
	AMB(<i>n</i> = 14)	PLB(<i>n</i> = 14)	单束(<i>n</i> = 20)	AMB(<i>n</i> = 14)	PLB(<i>n</i> = 14)	单束(<i>n</i> = 20)
骨道中心点相对位置	37.00 ± 6.00	55.00 ± 7.00	43.80 ± 5.56	53.00 ± 2.00	56.00 ± 2.00	55.15 ± 2.96
自然印迹中心点相对位置	37.43 ± 9.84	40.79 ± 6.42	44.90 ± 6.69	51.14 ± 1.83	51.64 ± 2.12	51.85 ± 2.80
<i>t</i> 值	0.120	9.121	0.631	4.192	7.280	5.592
<i>P</i> 值	0.908	0.001	0.536	0.001	0.001	0.001

AMB:前内束;PLB:后外束

2.2 术后面积覆盖率比较

术后面积覆盖率单束 (50.50 ± 13.58)% (*n* = 20),双束 (61.07 ± 11.53)% (*n* = 14),有显著性差异 (*t* = 2.370, *P* = 0.024)。

3 讨论

ACL 解剖重建首要就是恢复 ACL 印迹的自然形态。其中重要的一项就是尽可能恢复 ACL 胫骨的自然解剖附着点。本研究的目的是通过 DSCT 三维重建术后患者 ACL 胫骨止点自然印迹、骨道,测量它们面积,比较单、双束骨道面积覆盖率,比较骨道与自然印迹相对位置的关系,总结规律,为临床改进手术提供依据。

我们选择双源 CT 扫描是因为 DSCT 双能量成像可以应用到正常人群中;可以测量 ACL 损伤高发年龄段;可以在正常人及患者中做大样本研究;可以

任意选择我们感兴趣的平面视野;可以选择和关节镜下手术视野的平面一致,使得测量出来的数据结果可以立即应用到术中骨道定位中去,对临床手术具有很好的指导意义;其容积再现技术能够很好地显示出 ACL 止点的解剖特点。

回顾文献,传统尸体上及影像学测量 ACL 胫骨止点自然印迹形态学特点的方法已经被很多作者描述报道。尸体上,Colombet 等^[6]报道 ACL 胫骨止点自然印迹相对位置:矢状面 AMB 为 36%,PLB 为 52%。Tsukada 等^[7]报道 ACL 胫骨止点自然印迹相对位置:AMB 矢状面为 38%,冠状面为 53.5%;PLB 矢状面为 50%,冠状面为 49%。影像学上,Lorenz 等^[5]报道 ACL 胫骨止点自然印迹相对位置:AMB 矢状面为 41%,冠状面为 52%;PLB 矢状面为 52%,冠状面为 50%。我们的研究结果:双束重建胫骨平

(下转第 551 页)

(上接第 545 页)

台 AMB 骨道中心点相对位置均值矢状面为 37% , 冠状面为 53% ; PLB 矢状面为 55% , 冠状面为 56% 。我们的结果 AMB 相对位置与 Tsukada 等^[7] 报道的几乎一致, 与以上其他作者报道的结果也很相近, 说明我们选择的 AMB 骨道位置是比较理想的。我们的研究结果 PLB 相对位置百分比值较以上作者报道的数值大, 说明 PLB 骨道位置的选择稍偏内偏后了一点, 提示我们再次手术定位时在原来的基础上再适当偏外偏前一点。面积覆盖率比较提示双束覆盖率大于单束, 从尽可能恢复 ACL 解剖的角度看, 建议解剖双束重建。单束矢状面骨道中心点位置与自然印迹中心点位置无显著性差异, 说明在矢状面上单束的骨道选择还是比较理想的。单束冠状面有显著性差异, 说明在冠状面上单束的骨道选择还不是很理想。经统计 20 例单束重建患者中, 冠状面上骨道中心点位置 4 例与印迹中心点完全符合, 其他 16 例均不同程度偏内, 提示我们下次手术时需在原骨道定位的基础上偏外一点。

综上: (1) 双束重建较单束重建更能恢复 ACL 胫骨止点自然印迹解剖结构, ACL 重建要想达到更加接近解剖重建, 骨道定位及重建方法尽可能的施行因人而异的个体化双束重建技术。(2) 双源 CT 三维重建分析骨道与自然印迹相对位置关系对我们

术后评估、改进手术有重要指导意义。

参考文献

- 1 Lawhorn KW, Howell SM. Correct placement of tibial and femoral tunnels for anterior cruciate ligament reconstruction using the transtibial technique. *Tech Knee Surg*, 2003, 1: 43 - 52.
- 2 Amis AA, Jakob RP. Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1998, 6(suppl 1): S2 - S12.
- 3 Jarvela T. Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2007, 15(5): 500 - 507.
- 4 张强, 张春礼, 徐虎, 等. 双源 CT 三维重建前交叉韧带胫骨止点印迹的临床研究. *中国微创外科杂志*, 2012, 12(2): 164 - 167.
- 5 Lorenz S, Elser F, Mitterer M, et al. Anterior Cruciate Lig Radiologic Evaluation of the Insertion Sites of the 2 Functional Bundles of the Anterior Cruciate Ligament Using 3-dimensional Computed Tomography. *Am J Sports Med*, 2009, 37: 2368 - 2376.
- 6 Colombet P, Robinson J, Christel P, et al. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: a cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy*, 2006, 22(9): 984 - 992.
- 7 Tsukada H, Ishibashi Y, Tsuda E, et al. Anatomical analysis of the anterior cruciate ligament femoral and tibial footprints. *J Orthop Sci*, 2008, 13(2): 122 - 129.

(收稿日期: 2012 - 10 - 16)

(修回日期: 2013 - 03 - 13)

(责任编辑: 王惠群)