

## ◆ 骨骼肌肉影像学

## MRI features of anterior cruciate ligament healthy grafts with single bundle autologous four strands hamstring tendons

GAO Lixiang<sup>1</sup>, LI Jie<sup>2</sup>, YUAN Huishu<sup>1</sup>, ZHENG Zhuozhao<sup>2\*</sup>

(1. Department of Radiology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China;

2. Department of Radiology, Beijing Tsinghua Changgung Hospital, Beijing 102218, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore MRI manifestations change regularity of anterior cruciate ligament healthy grafts with single bundle autologous four strands hamstring tendons at different postoperative periods. **Methods** MRI data of 45 patients (52 case-times) with healthy grafts confirmed by second-look arthroscopy were retrospectively analyzed. And they were divided into three groups based on the time between postoperative MRI and the first operation. There were 14 case-times of group A ( $\leq 12$  months), 19 case-times of group B ( $> 12$  months and  $\leq 24$  months), 19 case-times of group C ( $> 24$  months). The morphology (continuity, striped appearance, tension), signal, thickness and width of the health grafts were assessed. The differences among three groups were analyzed by statistical comparison. **Results** All the health grafts were demonstrated as single bundle ligament and with good continuity in MR images of 52 times. There were no statistically significant differences in the occurrence ratio of striped appearance and relaxation among three groups (all  $P > 0.05$ ). There were 49 times (49/52, 94.23%) exhibited different-level high signal in PDWI or T2WI images. The difference of signal score of three groups had statistically significant ( $F = 4.635$ ,  $P = 0.014$ ). The difference of signal score between group A and group B had no statistically significance ( $P = 0.864$ ), but they were both significantly higher than group C (both  $P < 0.05$ ). Among the three groups, there was no statistically significant differences in the thickness and width of health grafts. (both  $P > 0.05$ ). **Conclusion** MRI can clearly reflect the systemic transfer regularity of anterior cruciate ligament healthy grafts with single bundle autologous four strands hamstring tendons. It is a valuable and convenient method in postoperative follow up.

**[Key words]** Anterior cruciate ligament; Reconstruction; Magnetic resonance imaging

DOI:10.13929/j.1003-3289.2016.08.030

## 自体四股腘绳肌腱前交叉韧带单束重建术后健康假体的 MRI 表现

高丽香<sup>1</sup>, 李 洁<sup>2</sup>, 袁慧书<sup>1</sup>, 郑卓肇<sup>2\*</sup>

(1. 北京大学第三医院放射科, 北京 100191; 2. 北京清华长庚医院放射科, 北京 102218)

**[摘要]** **目的** 探讨在自体四股腘绳肌腱前交叉韧带单束重建术后不同时间段健康假体的 MRI 表现变化规律。 **方法** 回顾性分析 45 例患者共 52 例次经术后二次关节镜证实的健康假体 MRI 资料, 依据术后随访 MRI 距离首次韧带假体重建术的时间分为 3 组: A 组(14 例次),  $\leq 12$  个月; B 组(19 例次),  $> 12$  个月且  $\leq 24$  个月; C 组(19 例次),  $> 24$  个月。评估假体的形态学改变(连续性、条纹状外观、假体张力)、假体信号、假体的厚度和宽度, 并进行统计学分析。 **结果** 52 例次假体 MR 图像均表现为单束韧带结构, 连续性完好。3 组韧带假体出现条纹状和松弛的比率差异均无统计学意义( $P$  均  $>$

**[基金项目]** 首都临床特色应用研究基金(Z121107001012120)。

**[第一作者]** 高丽香(1990—), 女, 河北沧州人, 在读硕士。研究方向: 肌骨关节影像学。E-mail: gaolixiang9008@163.com

**[通信作者]** 郑卓肇, 北京清华长庚医院放射科, 102218。E-mail: zzhuozhao@aliyun.com

**[收稿日期]** 2015-10-12 **[修回日期]** 2016-05-16

0.05)。52 例次假体 PDWI 或 T2WI 图像中 49 例次(49/52, 94.23%)内部出现不同程度的高信号。3 组假体的信号得分差异有统计学意义( $F=4.635, P=0.014$ )。A 组和 B 组假体的信号得分差异无统计学意义( $P=0.864$ ),但两者均明显大于 C 组( $P$ 均 $>0.05$ )。3 组韧带假体的厚度和宽度测量值差异均无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。**结论** MR 检查可准确反映前交叉韧带重建术后四股腘绳肌腱单束假体的组织转化规律,是有效的随访手段。

**[关键词]** 前交叉韧带;重建;磁共振成像

**[中图分类号]** R686.5; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2016)08-1263-04

前交叉韧带断裂为最常见的膝关节损伤之一,常规治疗手段为关节镜下前交叉韧带重建术。前交叉韧带重建术分为单束重建和双束重建,使用的假体类型多种多样,目前主要采用自体四股腘绳肌腱(半腱肌腱和股薄肌腱)进行解剖单束重建<sup>[1]</sup>。前交叉韧带重建术后, MRI 随访是了解前交叉韧带假体状况的一种常用的影像学检查手段,可区分健康假体和功能不全假体<sup>[2]</sup>。然而,术后健康假体的 MRI 表现受手术方式、假体类型和术后随访时间等因素的影响,具有可变性,认识并熟悉这种可变性是进行前交叉韧带假体 MRI 随访的先决条件。虽然已有研究<sup>[3-6]</sup>报道前交叉韧带假体的 MRI 随访表现,但经术后二次关节镜证实假体状况的研究较少<sup>[7-8]</sup>。本研究回顾性分析 45 例患者共 52 例次经术后二次关节镜证实的健康前交叉韧带四股腘绳肌腱单束假体 MRI 表现,旨在探讨健康假体在术后不同时间 MRI 表现的变化规律。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集 2012 年 8 月—2015 年 6 月于我院接受前交叉韧带重建术的 45 例患者共 52 例次手术后的 MRI 资料,其中男 25 例,女 20 例,年龄 17~51 岁,平均(28.1±0.1)岁,右膝关节 20 例(共 24 例次),左膝关节 25 例(共 28 例次)。根据术后随访 MRI 距离韧带假体重建术的时间间隔不同,分为 3 组:①A 组(14 例次),间隔 $\leq 12$ 个月(5~12个月,中位时间 8 个月);②B 组(19 例次),间隔 $>12$ 个月且 $\leq 24$ 个月(13~24个月,中位时间 18 个月);③C 组(19 例次),间隔 $>24$ 个月(26~75个月,中位时间 40 个月)。纳入标准:①因前交叉韧带断裂而接受自体四股腘绳肌腱单束重建术;②于我院进行术后 MRI 随访;③于我院接受术后二次关节镜检查,证实韧带假体的连续性完好、张力良好、滑膜化和血管化充分。排除标准:①年龄 $>60$ 岁且伴有严重膝关节退变者;②股骨或胫骨骨道位置不佳者;③临床资料不完整者。本研究获得我院医学伦理委员会批准。

**1.2 仪器与方法** 采用 Siemens Magnetom Sonata

1.5T 或 Siemens Magnetom Trio with TIM system 3.0T MR 扫描仪,膝关节表面线圈。扫描范围自髌上囊至胫骨粗隆。扫描序列及参数:矢状位自旋回波或快速自旋回波 T1WI, TR 500~750 ms, TE 12~17 ms;矢状位快速自旋回波双回波序列质子密度加权像(proton density weighted image, PDWI)和 T2WI, TR 3 100~3 500 ms, TE 13~32 ms、80~81 ms;冠状位脂肪饱和快速自旋回波 PDWI, TR 2 000~2 560 ms, TE 27~34ms;轴位脂肪饱和快速自旋回波 PDWI, TR 2 330~3 370 ms, TE 26~33 ms。各序列 FOV 均为 160 mm×160 mm,层厚 3.5~4.0 mm,层间隔 0.4 mm,矩阵不低于 220×256。

**1.3 图像分析** 由 2 名放射科医师对所有 MRI 图像进行评价,意见不一致时协商达成共识。观察前交叉韧带假体的关节内部分,即自胫骨骨道内口至股骨骨道内口。记录以下信息:①假体形态学改变,包括连续性、条纹状外观及假体张力。当假体能自胫骨骨道内口完整追踪至股骨骨道内口,且 PDWI 或 T2WI 图像无明确纤维局限性中断时,记录为连续性完好;PDWI 或 T2WI 图像显示假体内部出现明显的单条或多条线状高信号,平行于假体长轴走行,记录为条纹状外观;假体张力分为正常和松弛,前者指矢状位图像显示假体紧张、无弓形变,后者指假体后弓或变长、纤曲。②假体信号评分,于矢状位 PDWI 或 T2WI 图像中将假体等分为上、中、下 3 部分;记录每部分的信号评分。0 分,均匀的低信号,类似后交叉韧带;1 分,局限性信号增高,累及范围 $<$ 假体厚度的 50%;2 分,局限性信号增高,累及范围 $\geq$ 假体厚度的 50%;3 分,信号弥漫增高,累及整个假体;将假体 3 部分的评分相加,即为假体信号得分。③假体的厚度和宽度,于矢状位 PDWI 或 T2WI 图像测量假体厚度,测量点为假体中部,垂直于假体长轴测得前后径,即为假体厚度;于冠状位 PDWI 图像测量假体宽度,选取假体中部,垂直于假体长轴测得左右径,即为假体宽度。

**1.4 统计学分析** 采用 SPSS 13.0 统计分析软件,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,计数资料以百分率表示。采用

Fisher 精确概率检验比较组间假体出现条纹状外观和松弛的比率。组间假体信号得分差异采用单因素方差分析,组间两两比较采用 LSD 法。组间假体厚度和宽度比较采用成组设计的多样本 Kruskal-Wallis 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

52 例次假体 MR 图像均表现为单束韧带结构,连续性完好。43 例次(43/52, 82.69%)假体 PDWI 或 T2WI 图像表现为条纹状(图 1A、1B),9 例次(9/52, 17.31%)无条纹状改变。39 例次(39/52, 75.00%)假体张力正常,13 例次(13/52, 25.00%)假体松弛(图 1B、1C)。3 组韧带假体出现条纹状外观和松弛的比例差异均无统计学意义(P 均>0.05,表 1)。

表 1 各组 MR 图像中韧带假体出现条纹状和松弛的次数比较(例次)

组别	条纹状	松弛
A 组(n=14)	11	2
B 组(n=19)	16	8
C 组(n=19)	16	3
P 值	1.000	0.122

PDWI 或 T2WI 图像中,49 例次(49/52, 94.23%)假体内部出现不同程度的高信号(图 1A、1C)。A、B、C 组假体的信号评分分别为(4.429±1.869)、(4.316±2.212)、(2.723±1.408)分,3 组间差异有统计学意义(F=4.635, P=0.014);A 组与 B 组间差异无统计学意义(P=0.864),但两者均明显大于 C 组(P 均<0.05)。

3 组 MR 图像中韧带假体的厚度和宽度测量值差异均无统计学意义(P 均>0.05,表 2)。

表 2 各组 MR 图像中韧带假体的厚度和宽度测量值比较(mm,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	厚度	宽度
A 组(n=14)	8.30±2.31	7.25±1.24
B 组(n=19)	8.22±1.77	7.25±1.65
C 组(n=19)	7.31±1.48	6.28±0.89
P 值	0.302	0.061

3 讨论

前交叉韧带的重建材料包括自体肌腱、异体肌腱和人工韧带等,目前以自体腘绳肌腱假体最为常用。自体腘绳肌腱由半腱肌腱和股薄肌腱组成,手术时将肌腱端编织缝合、预张处理后,各自对折构成四股,然后引入骨道进行固定。自体腘绳肌腱假体的优势在于其生物性能良好,取腱操作简便,手术创伤小,且临床效果可靠。

前交叉韧带重建后,MRI 显示健康假体的形态和信号与天然前交叉韧带存在一定差别,这与假体的种类、手术方式和术后随访时间密切相关。假体在体内通常历经假体坏死、再血管化、细胞增殖、胶原沉积及塑型阶段,此组织转化期大约持续 2 年,其 MRI 也表现出特定的变化规律<sup>[9]</sup>。既往研究<sup>[10]</sup>多基于临床随访来确定假体完好,但并不能准确反映韧带假体的状态。本研究所有前交叉韧带假体的完好性均经二次关节镜检查证实。

本研究中,健康四股腘绳肌腱单束假体在 MRI 随访中均表现为连续性完好的单束韧带结构,82.69%(43/52)呈现出条纹状外观,其在 3 组中的出现比例差异均无统计学意义(P 均>0.05)。一般认为,假体条纹状外观是四股腘绳肌腱单束假体最常见的 MRI 表

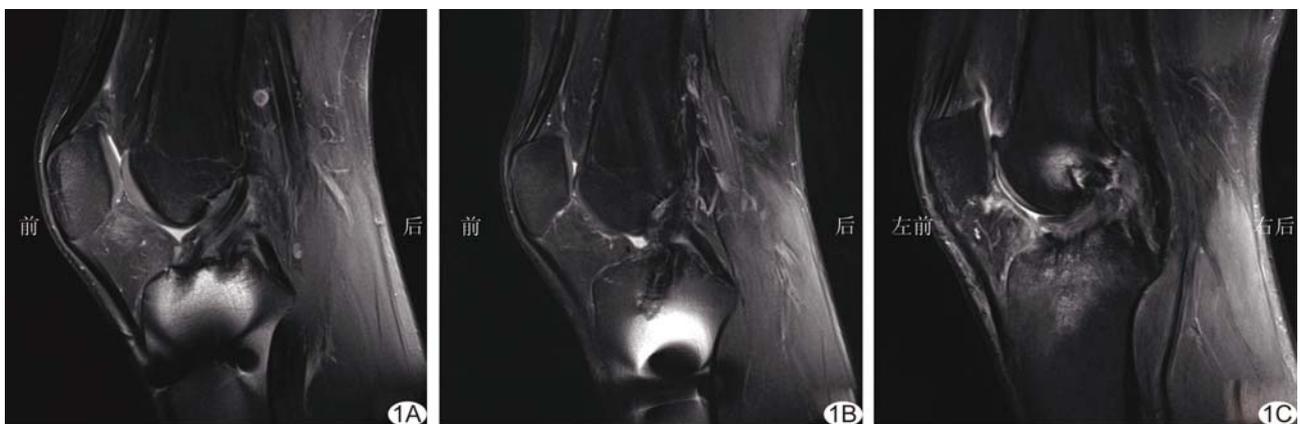


图 1 矢状位 PDWI 序列显示前交叉韧带假体 A. 假体呈条纹状外观,信号增高; B. 假体松弛,张力减低,呈条纹状外观; C. 假体松弛,信号增高

现形式, 原因为假体内各股肌腱纤维没有完全组织融合导致沿假体长轴出现纵向条纹。本研究 C 组 MR 图像中有 84.21% (16/19) 韧带假体呈条纹状外观, 提示即使四股腓绳肌腱单束假体已基本完成组织转化, 各股也不能实现完全的组织融合。但 Hong 等<sup>[7]</sup>研究发现绝大多数的自体骨-髌腱-骨单束假体也表现出条纹状外观, 提示假体周围的再血管化可能也是导致条纹状外观的原因。本研究 MR 图像中 25.00% (13/52) 韧带假体松弛, 但纤维连续性完好, 其出现率在 3 组间差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 这可能与手术操作、术后康复及患者的运动方式有关。

本研究 52 例次 MR 检查中, 49 例次 (49/52, 94.23%) 假体内部在 PDWI 或 T2WI 中出现不同程度的高信号, 分析原因主要是假体的组织转化成熟过程所致。研究<sup>[9]</sup>报道, 在重建术后的最初 3 个月, 自体假体通常保持原肌腱的信号特征, T1WI 和 T2WI 均表现为均匀的低信号带状; 随着假体坏死、假体周围进行性的再血管化、假体内部细胞增殖和胶原沉积, T1WI 和 T2WI 显示假体内部出现不同程度的高信号, 此过程约持续至术后 2 年; 随着假体再塑型的完成, 假体 T1WI 和 T2WI 信号强度再次下降。本研究 A 组和 B 组假体的信号得分差异无统计学意义 ( $P = 0.864$ ), 但两者均高于 C 组 ( $P$  均  $< 0.05$ ), 基本反映了上述假体的成熟过程。此外, 假体预张 (牵拉) 导致的胶原结构细微改变或退变, 也可能是假体内出现高信号的原因。

有关假体厚度和宽度变化规律的研究较少。理论上, 在假体成熟过程中, 假体周围的毛细血管化、纤维化、假体内部水分的变化都可能影响其宽度和厚度, 但本研究中 3 组韧带假体的厚度和宽度测量值差异均无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ )。窦永峰等<sup>[8]</sup>在术后 24 个月内的随访中, 亦发现假体矢状位直径虽有先减小后增加的趋势, 但差异并无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ )。

综上所述, 健康四股腓绳肌腱单束假体的 MR 图像均表现为连续性完好的单束韧带, 多数呈现条纹状外观, 少数出现松弛改变, 多数假体内部 PDWI 或

T2WI 图像呈不同程度的高信号。术后 12 个月内、术后 24 个月内及术后 24 个月后, 健康假体形态、厚度和宽度无明显变化, 但 24 个月后假体内部的高信号明显降低。MR 检查可准确反映前交叉韧带重建术后四股腓绳肌腱单束假体的组织转化规律, 是有效的随访手段。

### [参考文献]

- [1] Mascarenhas R, Cvetanovich GL, Sayegh ET, et al. Does double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction improve post-operative knee stability compared with single-bundle techniques? A systematic review of overlapping meta-analyses. *Arthroscopy*, 2015, 31(6):1185-1196.
- [2] 高丽香, 袁慧书, 郑卓肇. 前交叉韧带假体断裂的 MRI 征象分析. *中华放射学杂志*, 2015, 49(2):121-125.
- [3] Howell SM, Knox KE, Farley TE, et al. Revascularization of a human anterior cruciate ligament graft during the first two years of implantation. *Am J Sports Med*, 1995, 23(1):42-49.
- [4] 李梅, 李明华, 丁小龙, 等. 前交叉韧带重建术后 MRI 评价和临床相关性研究. *中国医学计算机成像杂志*, 2005, 11(6):400-403.
- [5] Horton LK, Jacobson JA, Lin J, et al. MR imaging of anterior cruciate ligament reconstruction graft. *AJR Am J Roentgenol*, 2000, 175(4):1091-97.
- [6] Jansson KA, Karjalainen PT, Harilainen A, et al. MRI of anterior cruciate ligament repair with patellar and hamstring tendon autografts. *Skeletal Radiol*, 2001, 30(1):8-14.
- [7] Hong SJ, Ahn JM, Ahn JH, et al. Postoperative MR findings of the healthy ACL grafts: Correlation with second look arthroscopy. *Clin Imaging*, 2005, 29(1):55-59.
- [8] 窦永峰, 耿晓鹏, 陈百成, 等. MR 成像评价不同材料前交叉韧带重建后移植物完整性: 和关节镜再观察的比较. *中国组织工程研究与临床康复*, 2010, 14(12):2253-2256.
- [9] Saupé N, White LM, Chiavaras MM, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction grafts: MR imaging features at long-term follow-up—correlation with functional and clinical evaluation. *Radiology*, 2008, 249(2):581-590.
- [10] Passler JM, Babinski K, Schippinger G. Failure of clinical methods in assessing graft integrity after anterior cruciate ligament reconstruction: An arthroscopic evaluation. *Arthroscopy*, 1999, 15(1): 27-34.