

论 著

磁共振超短回波时间-T2*技术在前交叉韧带重建后会肌腱移植韧带化评估中的应用*

董鑫鑫* 于志国 周怀明
崔文汉哈尔滨市第二医院核磁共振室
(黑龙江 哈尔滨 150000)

【摘要】目的 探讨磁共振(MRI)超短回波时间-T2*技术在前交叉韧带重建后会肌腱移植(ACLR)韧带化评估中的应用效果。**方法** 选取2019年8月至2023年1月拟在我院行前交叉韧带重建术的118例患者为研究对象(研究组),另选取同期在我院体检的健康志愿者32例为对照组,均对膝关节行MRI-UTE-T2技术检查及临床评分,探索MRI-UTE-T2技术检查在前交叉韧带重建后会肌腱移植韧带化评估中的效果。**结果** 两组FM、TM、TL、P、TrF软骨区域T2值比较无显著差异($P>0.05$),研究组术后1个月、研究组术后6个月、研究组术后12个月在FM负重区、FL、FL负重区的T2值均显著大于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** ACL患者在ACLR术后膝关节软骨功能得到显著改善,MRI-UTE-T2技术的应用在ACLR术后移植植物韧带化评估中有一定价值。

【关键词】 磁共振超短回波时间; T2技术;
前交叉韧带重建; 会肌腱移植韧带化
【中图分类号】 R445.2
【文献标识码】 A
【基金项目】 黑龙江省中医药科研项目
(ZHY2023-165)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.09.052

Application of Ultra-short Echo Time Magnetic Resonance T2* Technique in the Evaluation of Ligamentization of Tendon Grafts after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*

DONG Xin-xin*, YU Zhi-guo, ZHOU Huai-ming, CUI Wen-han.

Department of Nuclear Magnetic Resonance, the Second Hospital of Harbin, Harbin 150000, Heilongjiang Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the application of ultra-short echo time-T2 * technique of magnetic resonance imaging (MRI) in the evaluation of ligamentization of tendon transplantation (ACLR) after anterior cruciate ligament reconstruction. **Methods** A total of 118 patients who planned to undergo anterior cruciate ligament reconstruction in our hospital from August 2019 to January 2023 were selected as study subjects (study group), and 32 healthy volunteers who underwent physical examination in our hospital during the same period were selected as control group. MRI UTE-T2 technology and clinical scores were performed on knee joint. To explore the efficacy of MRI-UTE-T2 technique in the evaluation of ligamentization of tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction. **Results** There were no significant differences in the T2 values of FM, TM, TL, P and TrF cartilage areas between the two groups ($P>0.05$). The T2 values of FM, FL and FL weight-bearing areas in the study group at 1 month, 6 months and 12 months after surgery were significantly higher than those in the control group, with statistical significance ($P<0.05$). **Conclusion** The knee cartilage function of ACL patients is significantly improved after ACLR, and the application of MRI-UTE-T2 technique is of certain value in the evaluation of ACL graft ligamentization after ACLR.

Keywords: Magnetic Resonance Ultra-short Echo Time; T2 Technology; Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; The Tendon Graft Will Be Ligamentated

前交叉韧带(ACL)在受损后,膝关节松弛,占膝关节损伤半数以上,肌腱移植ACL重建(ACLR)为临床常见治疗方式,对术后移植植物成熟度的评估在术后康复治疗中有重要作用^[1-2]。当前临床主要采用常规MRI、临床功能评分及病理学检查对ACLR移植植物成熟度进行评估,其中病理学检查方式为评估移植植物成熟情况“金标准”,但作为有创操作,患者耐受度及接受程度均较低^[2-3]。临床功能评分可有效评估患者膝关节功能稳定性,但受到检测者主观态度影响,导致敏感性较低^[4-5]。MRI检测不存在电离辐射,可实现对整个膝关节术前、术后软骨损伤的评价,并为临床治疗及干预提供干预措施,在疾病的康复及预后中具有重要意义,但常规MRI难以对移植植物进行定量评估,因此寻找科学、合理的检测方式是当前研究重点^[6-7]。近年来磁共振超短回波时间(MRI-UTE)-T2技术逐渐应用在临床上,在关节软骨的检测中,MRI-UTE-T2技术的应用可显示软骨深层,清晰显示软骨全层线状高信号^[8-9]。但MRI-UTE-T2技术在ACLR术后移植植物成熟度的评估中应用较少,本研究分析MRI-UTE-T2技术在ACLR会肌腱移植韧带化中的评估效果,旨在为临床治疗及干预术后恢复提供客观依据,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2019年8月至2023年1月拟在我院行ACLR的118例患者一般临床资料,选取2019年8月至2023年1月拟在我院行前交叉韧带重建术的118例患者为研究对象(研究组),另选取同期在我院体检的健康志愿者32例为对照组,其中研究组男62例,女56例;年龄17~68岁,平均年龄(42.61±5.33)岁。对照组男17例,女15例;年龄18~67岁,平均年龄(42.49±5.87)岁。两组在一般资料方面比较无统计学差异($P>0.05$),有可比性。本研究经伦理委员会批准。

纳入标准: 研究组为均拟在我院行ACLR术治疗者,对照组为健康体检者;无对侧膝关节外伤史者;依从性良好;患者均知情同意。排除标准: 膝关节手术史者;MRI检查禁忌症者;类风湿性关节炎、痛风者。

1.2 方法 研究组在术后1个月、6个月、12个月行MRI-UTE-T2技术检查: 采用Philips 1.5Achieva Nova Dual超导磁共振成像检查,相控阵脊柱线圈,患者取仰卧位,获取冠状面STIR、矢状面FS-PD序列、轴面形态学扫描结果。参数设置: STIR in cor: 5000ms TR, 78.0ms TE, 150°翻转角, 250Hz带宽, 15cm×15cm FOV, 4.0mm层厚, 1min22s成像时间; FS-PD in ax: 3500ms TR, 32.0ms TE, 150°翻转角, 252Hz带宽, 15cm×15cm FOV, 4.0mm层厚, 2min1s成像时间; FS-PD in sag: 3000ms TR, 33.0ms TE, 150°翻转角, 240Hz带宽, 15cm×15cm FOV, 4.0mm层厚, 2min32s成像时间; T2: 1680ms TR, 13.9ms、27.7ms、41.5ms、55.3ms、69.1ms

【第一作者】 董鑫鑫, 女, 主治医师, 主要研究方向: 核磁共振。E-mail: dxx19811023@qq.com

【通讯作者】 董鑫鑫

TE, 180°翻转角, 228Hz带宽, 16cm×16cm FOV, 3.0mm层厚, 5min48s成像时间。

对照组行单次膝关节MRI-UTE-T2技术检查, 序列同研究组。

1.3 检测区域分区 将膝关节软骨分成6个感兴趣区(ROI): 股骨内侧(FM)、胫骨内侧(TM)、股骨外侧(FL)、胫骨外侧(TL)、髌骨(P)、股骨滑车(TrF), 以半月板作为参照, 进一步划分出FM负重区、FL负重区。

1.4 图像处理 将图像输入PACS图像处理软件, 选择膝关节内外侧3个连续矢状面ROI软骨, 均由同一放射医师勾画并对该医师设盲处理, 勾画中避开关节液及软骨下骨板, 去除极值, 取得连续层面T2值即为对应ROI的T2值。

1.5 观察指标 观察并记录受试者FM、FM负重区、TM、FL、FL

负重区、TL、P、TrF区域T2值。

1.6 统计学方法 采用SPSS 20.0软件处理数据, 计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 多组间计量资料比较采用F检验, 两两比较采用LSD-t检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 受试者膝关节软骨T2值比较 两组FM、TM、TL、P、TrF软骨区域T2值比较无显著差异($P > 0.05$), 研究组术后1个月、研究组术后6个月、研究组术后12个月在FM负重区、FL、FL负重区的T2值均显著大于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表1。

2.2 典型病例 ACLR组患者, 男, 49岁, 因左膝ACL损伤接受ACLR, 在围术期行MRI-UTE-T2技术检查, 见图a-f。

表1 受试者膝关节软骨T2值比较

扫描区域	对照组	研究组术后1个月	研究组术后6个月	研究组术后12个月	F	P
FM	38.56±4.11	39.41±4.62	39.55±4.16	40.58±5.97	2.087	0.102
FM负重区	32.16±4.05	36.17±5.15 ^①	40.22±4.27 ^{①②}	41.22±4.69 ^{①②③}	48.360	<0.001
TM	24.55±3.07	25.66±3.17	25.89±3.15	25.74±3.16	1.216	0.304
FL	40.15±6.33	41.25±5.47 ^①	46.39±4.57 ^{①②}	47.66±5.33 ^{①②③}	46.343	<0.001
FL负重区	33.64±5.11	40.25±6.17 ^①	47.36±4.74 ^{①②}	48.69±5.11 ^{①②③}	104.098	<0.001
TL	25.15±2.69	26.11±2.87	26.34±2.89	26.15±3.17	1.066	0.364
P	30.15±3.16	29.87±3.64	29.66±3.05	29.71±3.55	0.191	0.902
TrF	40.55±6.31	41.25±4.87	41.36±5.18	41.22±5.19	0.162	0.922

注: 与对照组比, ^① $P < 0.05$; 与术后1个月比, ^② $P < 0.05$; 与术后6个月比, ^③ $P < 0.05$ 。



图a-图b术前左膝关节矢状位PDWI-SPAIR示ACL正常结构消失、走行区结构紊乱并可见片絮状高信号; 图c-图e术后左膝关节矢状位PDWI-SPAIR示移植肌腱连续, 髌上囊及关节腔积液; 图f术后一个月左膝关节矢状位PDWI-SPAIR示移植肌腱连续、形态信号正常、股骨及胫骨骨髓水肿、骨质疏松, 髌上囊及关节腔积液。

3 讨论

ACLR术后移植在关节腔中成熟、重塑过程被称之为“韧带化”，代表肌腱移植逐渐向韧带化移植转化的成熟过程，期间移植物的细胞外基质成分(胶原纤维及胶原蛋白含量)、血管密度及细胞数量均会发生变化^[10]。当前采用何种检测手段对ACLR术后移植韧带化情况进行评估尚处在研究阶段。

MRI-UTE-T2技术克服了常规MRI仅能显示最表层缺点，可清晰显示关节软骨全层线状高信号，不仅可显示骨-软骨交界，还可定量分析生化成分，在关节软骨形态结构出现变化之前对生化成分微变化进行监测，为临床诊断及治疗提供依据^[11-14]。近年来研究提出，MRI-UTE-T2技术可测量质子自旋作用获得活体组织T2值，进一步对软组织中胶原纤维、胶原蛋白含量及水含量进行评估^[15-16]。本研究将MRI-UTE-T2技术应用在ACLR术后移植评估中发现，研究组术后1个月、研究组术后6个月、研究组术后12个月在FM负重区、FL、FL负重区的T2值均显著大于对照组，提示ACL患者在ACLR术后膝关节软组织功能有一定改善，且MRI-UTE-T2技术中T2值的测量可为ACLR术后移植韧带化评估提供客观依据，与范广涛等^[17]研究结果相似。在本研究中研究组术后6个月及12个月FM负重区、FL、FL负重区的T2值均高于术后3个月，但术后6个月及12个月FM负重区、FL、FL负重区的T2值比较无差异，分析可能是因为术后1个月到6个月移植为早期炎症坏死阶段，而术后6个月，移植则进入重塑阶段，T2值升高^[18-19]。

综上所述，MRI-UTE-T2技术在ACLR术后移植韧带化评估中具有一定价值，但研究样本量为单一医院取样，所得结果可能存在一定局限性，有待扩大样本研究区域进行验证。

参考文献

- [1] 李智伟, 刘中冲, 刘兆芹, 等. 前交叉韧带重建术后移植角度和位置的MRI定量分析[J]. 实用放射学杂志, 2021, 37(11): 1870-1873.
- [2] 代文. 3D-MRI PDWI-SPAIR在诊断膝关节ACL损伤的价值观察[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(4): 136-138.
- [3] 杨峰, 赵惠钰, 李洪秋, 等. 三维双回波稳态序列在前交叉韧带重建术前评估软骨损伤中应用价值[J]. 临床军医杂志, 2021, 49(2): 148-150.
- [4] 汪益, 董启榕, 许建铭, 等. 负重位磁共振成像对前交叉韧带重建术后膝关节稳定性的评估[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(27): 2130-2134.
- [5] 李培, 李品品, 杨荣丽, 等. 扩散张量成像在前交叉韧带重建术后及随访中的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2021, 37(9): 1508-1511.
- [6] 蔡钰, 戴慧, 赵俊功. 基于3.0T MRI探讨膝关节半月板术后发生软骨损伤的相关性因素[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(1): 151-154.
- [7] 杨匡洋, 王昌兵. MRI评价自体骨-髌韧带-骨与股四头肌腱行前交叉韧带重建后移植成熟度及膝关节的功能[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(6): 963-968.
- [8] 宋宇, 宁刚, 李学胜, 等. 磁共振超短回波时间及梯度回波序列在早产儿肺部应用研究[J]. 磁共振成像, 2022, 13(6): 102-107.

- [9] 刘俊谷, 张进. 超短回波时间磁共振成像技术在骨肌系统中的应用进展[J]. 磁共振成像, 2020, 11(2): 158-160.
- [10] 贺明庆, 陈前永, 朱友志. 前交叉韧带重建术后移植MRI信号表现与二次关节镜结果的一致性[J]. 临床骨科杂志, 2019, 22(6): 697-700.
- [11] 张旭阳, 于楠, 张喜荣, 等. 磁共振超短回波时间序列的应用研究进展[J]. 磁共振成像, 2022, 13(2): 163-166.
- [12] 胡忆文, 陶虹月, 乔洋, 等. T2-mapping评估前交叉韧带重建术后膝关节软骨变性的定量研究[J]. 放射学实践, 2020, 35(1): 74-80.
- [13] 鄢含坤, 陈文革, 夏正东, 等. 3.0T MRI和关节镜检查对膝关节软骨病变的评估[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(7): 166-168.
- [14] 殷书泰, 梁凯轶, 陈芙蓉, 等. 磁共振3D-FSE-CUBE序列诊断踝关节软骨损伤观察[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(10): 160-161.
- [15] 刘俊谷, 张进. 超短回波时间磁共振成像技术在骨肌系统中的应用进展[J]. 磁共振成像, 2020, 11(2): 158-160.
- [16] Yang J, Shao H, Ma Y, et al. Quantitative ultrashort echo time magnetization transfer (UTE-MT) for diagnosis of early cartilage degeneration: comparison with UTE-T2* and T2 mapping[J]. Quant Imaging Med Surg, 2020, 10(1): 171-183.
- [17] 范广涛, 施政良, 黄益龙, 等. MR T2*mapping定量评估膝关节前交叉韧带重建术后移植成熟度[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(11): 1699-1703.
- [18] Jerban S, Ma Y, Wei Z, et al. Quantitative magnetic resonance imaging of cortical and trabecular bone[J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2020, 24(4): 386-401.
- [19] Wu M, Ma YJ, Kasibhatla A, et al. Convincing evidence for magic angle less-sensitive quantitative T1ρ imaging of articular cartilage using the 3D ultrashort echo time cones adiabatic T1ρ (3D UTE cones-AdiabT1ρ) sequence[J]. Magn Reson Med, 2020, 84(5): 2551-2560.

(收稿日期: 2023-11-08)

(校对编辑: 姚丽娜)