

· 骨骼肌肉影像学 ·

MR T₂-star 定量评估前交叉韧带重建术后早中期膝关节软骨情况

乔洋, 陶虹月, 李宏, 华英汇, 陈爽

【摘要】 目的:采用 MR T₂-star 成像技术定量评估自体 and 异体前交叉韧带重建(ACLR)术后早期及中期膝关节软骨退变情况。**方法:**搜集 2013—2015 年在本院运动医学科行单侧自体或异体 ACLR 术的 39 例患者的病例资料,其中 26 例自体韧带移植为 A 组,13 例异体韧带移植为 B 组。对所有患者术后 3~12 月(早期)及 12~24 月(中期)分别进行膝关节 MRI 扫描及临床疗效评分。MRI 扫描序列主要为 PD-FS、T₂-star。将膝关节软骨分为 6 个区,分别为:股骨内侧(MF)、股骨外侧(LF)、胫骨内侧(MT)、胫骨外侧(LT)、髌骨(Pa)及滑车(Tr),定量测量各区软骨的 T₂-star 弛豫时间。临床疗效采用常用的 Lysholm 评分进行评估。用配对样本 *t* 检验分别比较自体、异体 ACLR 术后早期和中期膝关节软骨的 T₂-star 值及 Lysholm 评分的差异;用独立样本 *t* 检验分别比较术后早期、中期时自体 and 异体 ACLR 膝关节软骨的 T₂-star 值及 Lysholm 评分的差异。结果:在 A 组和 B 组中,MF、LF、MT、LT 软骨 T₂* 值中期高于早期(A 组 MF:2.213±2.290 LF:1.259±1.971 MT:1.403±1.719 LT:0.953±1.678,*P*<0.05;B 组 MF:2.973±1.908 LF:2.046±2.048 MT:2.162±2.062 LT:2.535±1.595,*P*<0.05),差异有统计学意义;Pa、Tr 软骨 T₂* 值在中期和早期差异无统计学意义(*P*>0.05);Lysholm 评分中期高于早期(A 组 11.692±3.609,*P*<0.05;B 组 12.538±4.034,*P*<0.05),差异有统计意义。ACLR 术后早期及中期的 MF、LF、MT、LT、Pa、Tr 软骨 T₂* 值在两组之间差异无统计学意义(*P*>0.05)。两组间 Lysholm 评分差异亦无统计学意义(*P*>0.05)。结论:ACLR 术后早中期患者临床症状改善,但膝关节软骨呈逐渐变性改变;自体、异体移植术对软骨变性的影响没有差异。MRI T₂-star 能从组织生化构成方面定量监测 ACLR 术后软骨退变情况并指导临床决策。

【关键词】膝关节;关节疾病;前交叉韧带重建;磁共振成像;

【中图分类号】R445.2; R684 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-0313(2017)03-0283-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.03.017

Assessment of knee joint cartilage status with quantitative MRI T₂-star sequence after anterior cruciate ligament reconstruction

QIAO Yang, TAO Hong-yue, LI Hong, et al. Department of Radiology, Huashan Hospital Affiliated of Fudan University, Shanghai 200040, China

【Abstract】 Objective: Magnetic resonance imaging (MRI) T₂-star sequence was used to assess the short-term and middle-term post-surgery cartilage degeneration status of the knee joint after autograft or allograft anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR). **Methods:** The clinical materials of thirty-nine patients with unilateral autograft or allograft ACLR performed in our hospital during the period of 2013~2015 were recruited, which were divided into two groups (Group A: 26 cases with autograft, Group B: 13 cases with allograft). All participants underwent quantitative MRI scanning for knee joint and scores for clinical outcome were evaluated in 3~12 months (short-term follow-up) and 12~24 months (middle-term follow-up) after surgery. The cartilage of the knee joint was divided into 6 areas: medial femur (MF), lateral femur (LF), medial tibia (MT), lateral tibia (LT), patella (Pa) and trochlea (Tr). T₂-star relaxation time of different cartilage areas were quantitatively measured. Lysholm score system (LKSS) was used to evaluate the clinical outcome. Paired samples *t* test was used to compare the difference of T₂* value of cartilages short term and middle term after autograft or allograft ACLR and Lysholm score as well. Also independent samples *t* test was used to compare the differences of T₂* value and Lysholm scores between the autograft and allograft group in the two terms after surgery. **Results:** In Group A and B, the T₂* values of MF, LF, MT, LT cartilage in middle term were higher than that of short term, with statistical difference (Group A MF: 2.213±2.290 LF: 1.259±1.971 MT: 1.403±1.719 LT: 0.953±1.678, *P*<0.05; Group B MF: 2.973±1.908 LF: 2.046±2.048 MT: 2.162±2.062 LT: 2.535±1.595, *P*<0.05), while the Tr and Pa cartilage showed no statistical difference in T₂* values between the two terms (*P*>0.05). As for Lysholm score system, also the score of middle term was higher than that of short term (Group A 11.692±3.609 *P*<0.05; Group B 12.538±4.034, *P*<0.05), with significant statistical difference (*P*<0.05). After ACLR surgery, the T₂* values of MF, LF, MT, LT, PA, Tr of middle term

作者单位: 200040 上海, 复旦大学附属华山医院影像科(乔洋, 陶虹月, 陈爽), 运动医学科(李宏, 华英汇)

作者简介: 乔洋(1991—), 女, 辽宁辽阳人, 硕士, 主要从事骨骼肌肉影像学研究。

通讯作者: 陈爽, E-mail: shuang6895@aliyun.com

基金项目: 国家自然科学基金(81671652); 上海市科委自然科学基金项目(16ZR1404600); 国家青年科学基金(81501440)

and short term showed no statistical difference between the two group ($P>0.05$), and the Lysholm score as well ($P>0.05$). **Conclusion:** The clinical symptoms relieved in short-term and middle-term after ACLR surgery, while the cartilages degenerated gradually. No difference for cartilage degeneration was existed after autograft and allograft ACLR. MRI T_2 -star sequence could quantitatively monitor the cartilage degeneration process from the respects of biochemical structure and could be used as guidance of the clinical intervention after ACLR.

【Key words】 Knee joint; Joint diseases; Anterior cruciate ligament reconstruction; Magnetic resonance imaging

前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)断裂是最常见的膝关节损伤,常发生于年轻活动人群^[1]。ACL 损伤无法自愈,并且会改变膝关节生物力学特征,显著降低其稳定性^[2]。应用自体或异体肌腱行前交叉韧带重建(anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR)已被证明是维持膝关节正常的生物力学稳定性,防止继发半月板及软骨损伤的重要方式^[3]。然而,研究表明,ACLR 术后患者膝关节患骨关节炎(osteoarthritis, OA)的风险仍然有所增加,且多数患者损伤十年后已无法维持正常的膝关节功能^[4-5]。但相关研究依然较少,病变机制亦不明确,因而,及早发现 ACLR 术后膝关节软骨的退变并进一步指导临床决策显得格外重要。

MRI 具有多方位、多序列、多参数成像及组织分辨力高等优点,是目前唯一能有效显示关节软骨的无创性手段。随着近年磁共振技术的发展,用 MR 序列定量评估关节软骨的组织、功能学特征也成为了可能。 T_2 -star(T_2^*)就是代表之一,它能够反映软骨的含水量及胶原纤维结构的改变,并兼具成像时间短、空间分辨力高等优点,因而能在软骨损伤或退变的早期反映其内部分子水平的变化并进行定量评估^[6]。为此,本研究应用定量 MR T_2^* 序列评估并比较成年人自体 and 异体 ACLR 术后早期及中期膝关节软骨的 T_2^* 值,进而评估软骨退变情况以及 T_2^* 序列在早期发现软骨改变情况的应用价值,并结合临床疗效评分,为 ACLR 患者提供更好的预后评估及治疗指导。

材料与方法

1. 研究对象

本研究已通过本院伦理审查委员会审核,并且所有参与者已签署知情同意书。搜集本院运动医学科 2013—2015 年行 ACLR 的 39 例患者的病例资料,并分为两组:A 组,自体肌腱移植 26 例;B 组,异体肌腱移植 13 例),对这些患者术后 3~12 月(早期)及 12~24 月(中期)分别进行两次膝关节 MRI 扫描及临床疗效评分。所有的 ACLR 患者随访至术后一年以上,均恢复了日常活动且没有膝关节不稳定的迹象。MRI 扫描之前,所有的参与者休息 1 小时以上,以保证 MR 扫描在软骨状态稳定时进行。A 组患者平均年龄

(30.65±6.96)岁、BMI 为 23.984±2.45、早期随访时间为(6.04±2.80)个月、中期随访时间为(12.77±1.03)个月;B 组患者平均年龄(31.31±5.62)岁、BMI 23.904±2.04、早期随访时间(5.92±1.71)个月、中期随访时间为(13.00±0.71)个月。A 组与 B 组患者年龄、BMI 及随访时间没有明显差异。

纳入标准:①临床诊断为 ACL 损伤;②符合 ACLR 适应症;③年龄<50 岁;④体质量指数(body mass index, BMI)小于 28;⑤病史<12 个月。排除标准:①术中关节镜下所见Ⅲ~Ⅳ度膝关节软骨损伤;②多韧带手术;③骨关节炎;④同侧膝关节手术史;⑤ ACLR 术后韧带再撕裂。

2. 手术方法

所有手术由同一位高年资的外科医生于关节镜下完成,采用自体腓绳肌腱或异体胫骨前肌腱进行单束 ACLR。本研究中的患者损伤至 ACLR 手术的时间大约为 3 个月。关节镜检查确诊后,首先进行半月板损伤的治疗(12 例完整半月板,15 例行半月板切除术,12 例行半月板修补)。对于自体韧带重建术,需取患者本人半腱肌和股薄肌腱制备至少 12 厘米长的 4 股腓绳肌腱移植术。对于异体韧带重建术,于手术当天预先将新鲜冰冻的胫骨前肌腱(Osteolink)置于无菌生理溶液中,室温下解冻。手术时,经胫骨根据解剖重建标准制备胫骨和股骨隧道。随后将移植术拉入骨隧道中,股骨端移植术由悬吊钢板 Endo Button(Smith & Nephew)固定,胫骨端移植术由生物挤压螺钉(De Puy Mitek)固定并加固。所有患者均按照相同的计划进行术后恢复。术后 3 周内进行非负重康复训练,随后 3 周内可以扶拐进行部分负重训练,大约术后 6 个月后进行适当体育活动。

3. MRI 扫描及测量方法

采用 Siemens Verio 3.0T 高场 MR 仪及后处理工作站(VB17 软件),选用膝关节专用线圈,膝关节取伸直位,仰卧位足先进,以矢状面作为主要观察平面, T_2 -star 序列扫描参数:视野 160 mm×160 mm,层厚 3.0 mm; TR 445 ms; TE 4.36 ms, 11.90 ms, 19.44 ms, 26.98 ms, 34.52 ms;体素 0.4 mm×0.4 mm×3.0 mm;翻转角 60°。

4. 定量 MRI 测量方法

膝关节软骨可为三个部分,外侧胫股关节、内侧胫股关节以及髌股关节;包含 6 个对应的软骨板:股骨内侧(medial femur, MF)、股骨外侧(lateral femoral, LF)、胫骨内侧(medial tibia, MT)、胫骨外侧(lateral tibia, LT)、髌骨(patella, Pa)及滑车(trochlea, Tr),分析标准根据 MR 图像确定。

所有 MRI 的测量和计算均由同一位富有经验的放射科医生完成,以确保数据的一致性。用多回波图像计算各软骨板 T_2^* 值,并用 Siemens 软件包(NU-MARIS/4 和 SyngomMR B17)制作 T_2^* 值伪彩图。取各软骨板正中的 3~4 层图像,手动描绘软骨范围并计算 T_2^* 值,剔除极值后记平均值为该软骨板 T_2^* 值。重复测量 2 次。进行描绘时注意避开关节滑液及软骨下骨导致的部分容积效应影响。

5. 临床评分

临床疗效采用国际通用的 Lysholm 评分从疼痛、不安定度、闭锁感、肿胀度、跛行、楼梯攀爬、蹲姿、支撑物使用这 8 个方面对患者膝关节功能进行系统评估,总分为 0~100 分,100 分为最佳。95 分以上为优秀,85~94 分为良好,65~84 分为尚可,小于 65 分为差。

6. 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行数据录入和统计学分析。数据以均数±标准差表示,用配对样本 t 检验分别比较 A 组、B 组早期和中期膝关节软骨的定量 MRI T_2^* 值及 Lysholm 评分的差异;用独立样本 t 检验分别比较术后早期、中期时 A 组与 B 组膝关节软骨的 T_2^* 值及 Lysholm 评分的差异,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。由于 Tr 软骨 T_2^* 值不符合正态分布,故对该软骨的比较采用非参数检验。

结 果

本研究共随访 39 例,早期平均随访(6.00±2.47)

表 2 术后早期及中期两组膝关节软骨的 T_2^* 值及 Lysholm 评分

参数	自体(A 组)	异体(B 组)	t 值	P 值
术后早期				
MF	24.150±2.952	23.365±2.974	-0.779	0.444
LF	23.819±3.107	24.204±3.3382	-0.354	0.725
MT	16.633±2.202	15.677±2.140	1.290	0.205
LT	17.083±2.182	16.050±2.971	1.233	0.225
Pa	24.417±2.274	22.608±3.701	1.891	0.066
Tr	25.229±3.681	25.550±4.067	—	0.531
Lysholm	73.692±4.889	73.539±3.821	0.099	0.922
术后中期				
MF	26.363±1.969	26.338±3.000	0.031	0.975
LF	25.078±3.163	26.250±2.655	-1.147	0.259
MT	18.035±2.524	17.838±1.803	0.251	0.803
LT	18.035±2.618	18.585±2.109	-0.656	0.516
Pa	24.945±2.484	23.273±3.890	1.634	0.111
Tr	26.553±3.588	27.496±2.307	—	0.634
Lysholm	85.385±4.883	86.077±4.051	-0.440	0.662

个月,中期平均随访(12.85±0.93)月。两次随访的 MRI 定量测量结果及 Lysholm 评分见表 1、2。A 组与 B 组中 MF、LF、MT、LT 软骨板的 T_2^* 值中期大于早期,差异有统计学意义($P<0.05$);对于 Pa、Tr 软骨板 T_2^* 值中期大于早期,但两组个体间 T_2^* 值差别较大,标准差较大,差异没有统计学意义($P>0.05$),见图 1、2。Lysholm 评分中期高于早期,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 1。术后早期、中期时,A 组和 B 组间 MF、LF、MT、LT、Pa、Tr 软骨板的 T_2^* 值差异没有统计学意义($P>0.05$);Lysholm 评分差异没有统计学意义($P>0.05$),见表 2。

本研究中 A 组及 B 组中分别有 9 例及 6 例行半月板切除术,应用连续性校正卡方检验, $\chi^2=0.122$, $P=0.727>0.05$,两组行半月板切除术患者比例无明显差异。

表 1 两组术后中期和早期 T_2^* 差值及 Lysholm 评分

参数	中期和早期 T_2^* 差值/ Lysholm 评分	t 值	P 值
A 组			
MF	2.213±2.290	-4.928	0.000
LF	1.259±1.971	-3.256	0.003
MT	1.403±1.719	-4.162	0.000
LT	0.953±1.678	-2.895	0.008
Pa	0.528±1.844	-1.460	0.157
Tr	—	—	0.094
Lysholm 差值	11.692±3.609	-16.522	0.000
B 组			
MF	2.973±1.908	-5.617	0.000
LF	2.046±2.048	-3.602	0.004
MT	2.162±2.062	-3.779	0.003
LT	2.535±1.595	-5.728	0.000
Pa	0.665±5.041	-0.476	0.643
Tr	—	—	0.093
Lysholm 差值	12.538±4.034	-11.208	0.000

讨 论

1. 研究背景

ACLR 术作为 ACL 的主要治疗方案,其后期疗效评价,尤其是对软骨情况的评价,对于 ACL 患者后期的治疗方案有着重要的指导意义。Louboutin 等^[7]进行了为期 20 年的随访,发现 ACL 重建术后与非手术治疗相比 OA 的风险降低了。Hollis 等^[8]在一个 37 年的队列研究中也发现,ACL 重建术对关节软骨起到了保护作用。然而,多数患者 ACL 损伤十年后已无法维持正常膝关节功能,ACLR 术后患者发生创伤后骨关节炎的几率仍然较大。原因可能是:①由于重建组手术与单纯切开手术相比软骨暴露时间较长,在一定程度上会增加对软骨的损伤;②重建手

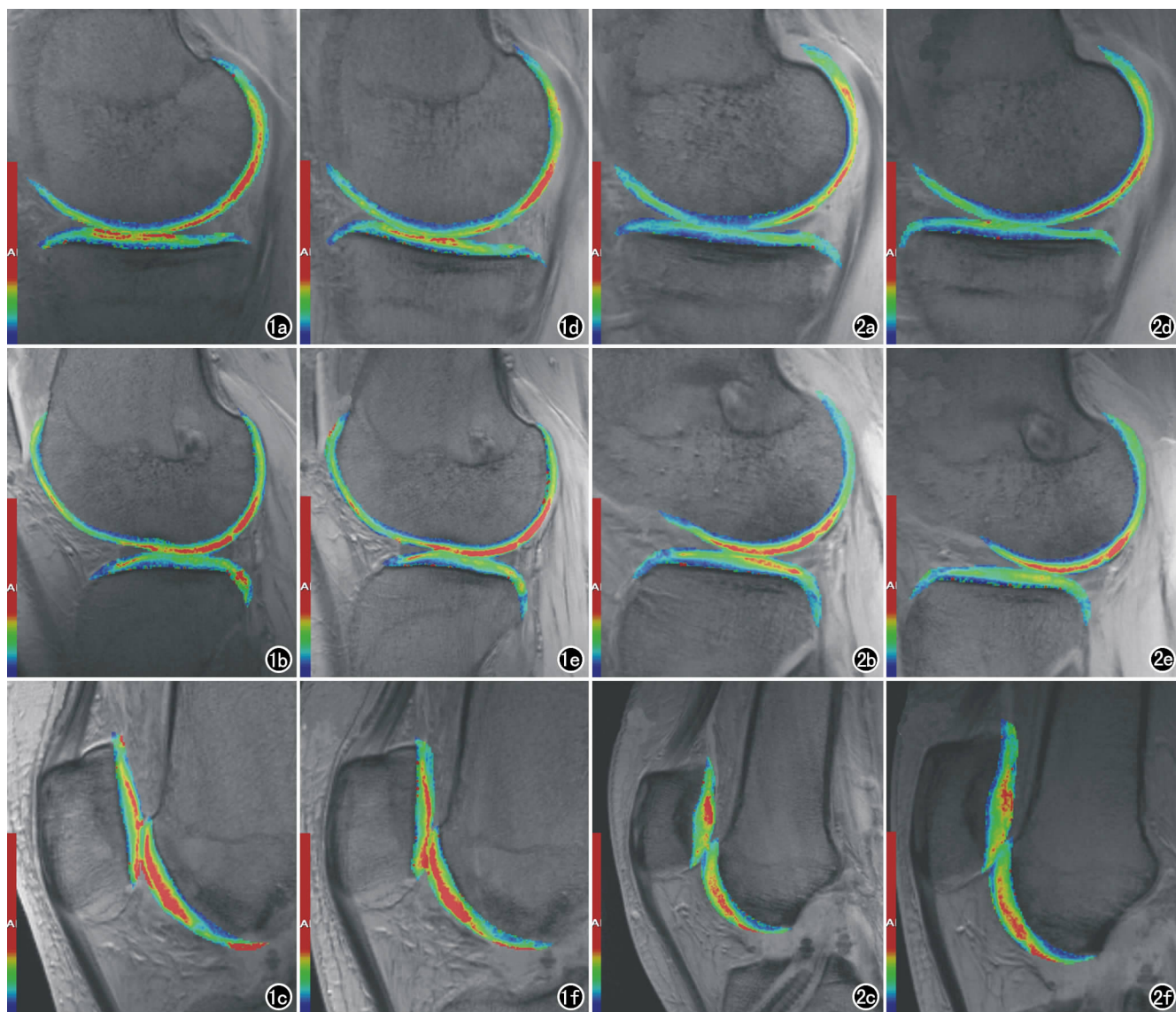


图 1 自体 ACLR(A 组)患者膝关节 T_2^* 矢状面扫描。a) 术后中期内侧胫股关节; b) 术后中期外侧胫股关节; c) 术后中期髌股关节; d) 术后早期内侧胫股关节; e) 术后早期外侧胫股关节; f) 术后早期髌股关节。由左侧色阶参照图可以看出, T_2^* -mapping 显示术后中期胫股关节软骨红色区域略广, 即 T_2^* 值略高; 髌骨关节软骨差异不明显。图 2 异体 ACLR(B 组)患者膝关节 T_2^* 矢状面扫描。a) 术后中期内侧胫股关节; b) 术后中期外侧胫股关节; c) 术后中期髌股关节; d) 术后早期内侧胫股关节; e) 术后早期外侧胫股关节; f) 术后早期髌股关节。由左侧色阶参照图可以看出, T_2^* -mapping 显示术后中期胫股关节软骨红色区域略广, 即 T_2^* 值略高; 髌骨关节软骨差异不明显。

术后, 关节囊及钻孔骨道有血液渗入关节腔, 其中含有大量的细胞因子, 从而造成关节软骨的退行性变^[9]。③以往的研究表明, ACLR 不可能完全恢复膝关节的正常活动, 尤其是在内侧关节^[10], 这可能会导致关节负重由原本的负重区转移到非负重区软骨的区域, 进而造成软骨损伤。因此, 以无创的方式早期发现 ACLR 术后的软骨退变有助于指导患者今后的临床治疗方式。研究 ACLR 后膝关节软骨的退变情况显得十分重要。

随着 MRI 技术的发展, 对关节软骨的评估已从形态学发展为功能学, 并开始对软骨组织的生化构成进行定量研究。软骨退变过程中, 软骨基质中水、胶原纤

维和蛋白聚糖这三个主要成分发生了改变。软骨含水量早期明显增加, 而随软骨变性的进展而最终减少^[11]; 蛋白聚糖含量和胶原纤维网络结构则随着软骨退变持续的变化——蛋白聚糖含量下降, 胶原纤维结构混乱和破坏^[12]。因此, 蛋白聚糖含量和胶原纤维网络结构是评价软骨退变的最具特异性的标志物。各项 MR 成像技术中, 对软骨基质胶原纤维结构和含水量非常敏感的包括 DWI、DTI、 T_2 mapping 和 T_2^* mapping。 T_2^* mapping 采用多回波梯度回波序列形成 T_2^* 对比的图像, 因缺乏自旋回波序列 180° 重聚焦脉冲对失相位效应的影响, 故测得的 T_2^* 值不仅反映了组织相邻质子间自旋-自旋弛豫, 同时也反映了由磁场

不均匀性导致相位偏移所产生的横向弛豫,因此 T_2^* 值要短于 T_2 值^[13]。两者之间的关系可由等式: $1/T_2^* = 1/T_2 + \gamma\Delta B$ 表示,式中 $1/T$ 项是弛豫率, $1/T_2$ 指的是组织固有的弛豫率, $\gamma\Delta B$ 代表的是磁场不均匀性的影响(其中常数 γ 即旋磁比, ΔB 是邻近质子产生的局部小磁场强度)。由于序列设计上的天然相关性, T_2^* 与 T_2 mapping 对于软骨显微成分的改变有着相似的评估价值^[14],都能够在不需对比剂的情况下反映关节软骨含水量及胶原纤维结构。 T_2 mapping 是目前国内外应用较广泛且成熟的反映关节软骨分子结构的 MR 成像技术之一。 T_2^* 有着三维采集、高信噪比、高空间分辨力且快速成像的优点,并且由于 T_2^* 值能够反映磁场的均匀性,因此比 T_2 值的敏感度更高^[14]。而应用 T_2^* 定量评估关节软骨的国内外研究仍较少,本研究应用 T_2^* 定量评估 ACLR 术后的软骨变化情况,探究 T_2^* 在该领域的应用价值,并且可进一步应用于临床,以早期发现软骨的退化并为临床提供量化数据。

2. 研究结果分析

本研究的主要发现是,在术后早中期,患者 MF、LF、MT、LT 软骨板的 T_2^* 值随着时间升高,说明患者膝关节软骨胶原结构及含水量改变,软骨发生退变;而 Pa、Tr 软骨板则未见明显变化。同时,在 ACLR 术后早期及中期,自体与异体韧带移植后患者各个软骨板的 T_2^* 值没有明显差异,说明两种移植术膝关节软骨退变的影响无明显差异。

Port 等^[15]应用 T_2 mapping 分析了 42 例膝关节急性 ACL 损伤的患者,发现随访 1 年后股骨外侧和髌骨软骨的 T_2 值显著升高。Li 等^[16]用 T_2 mapping 对 ACLR 术后 2~3 年的患者膝关节软骨板进行定量评估,发现的 T_2 值明显高于正常对照组。这意味着软骨的纤维结构发生了破坏,ACL 损伤重建术后依然会出现软骨退变。同时,Marik 等^[17]发现,踝关节骨关节炎患者软骨 T_2^* 与 T_2 值明显高于健康志愿者, T_2^* 和 T_2 mapping 有着相似的评估结果,这与 Welsch 等^[18]的研究结果相同,说明 T_2^* 与 T_2 在评价软骨退变方面有着相似的意义。Williams 等^[19]的研究更表明, T_2^* 值能够反映具有更短 T_2 弛豫时间的软骨成分,因此 T_2^* mapping 对软骨退变的评估比 T_2 mapping 更加敏感。进一步支持了本研究应用 T_2^* 序列研究得出 ACLR 术后早中期软骨发生退变的结论。

此外,在本研究中 MF 软骨板 T_2^* 值的差异较大,这表明内侧股骨更易发生早期软骨退变,可能提示了术后关节活动的异常。以往的研究也表明,ACL 重建不可能完全恢复膝关节的正常活动,尤其是在关节内侧^[10,20],这可能会导致关节负重由原本的负重区转移

到非负重区软骨。Li 等^[21]的研究也发现了这一点。Ji-Hoon 等^[22]的研究也表明,内侧股骨的软骨退变更明显。本研究中 Pa、Tr 软骨板未见明显退变,其原因可能是因髌股关节相比于股胫关节软骨,其应力程度较低,关节接触面也较其他关节少,ACLR 术后软骨受到的影响不明显;且其内部胶原纤维的方向、数量、蛋白多糖及水的含量与股骨远端及胫骨平台软骨不同, T_2^* 值的增高不甚明显。

以往许多研究对比过自体与异体 ACLR 术后患者的情况,结果表明,无论是临床表现还是影像学特征,两种方式都没有明显的差异^[23-25]。本研究的对于软骨 T_2^* 值的定量评估结果也支持这一结论。

患者的临床疗效评分方面,术后早期,有 1 例(3.8%)自体 ACLR 患者评分低于 65 分,临床疗效差;25 例(96.2%)自体 and 13 例(100%)异体 ACLR 患者评分为 65~84 分,临床疗效尚可。术后中期,有 8 例(30.8%)自体 and 5 例(38.5%)异体 ACLR 患者评分 65~84 分,临床疗效尚可;17 例(65.4%)自体 and 7 例(53.8%)异体 ACLR 患者评分为 85~94 分,临床疗效良好;1 例(3.8%)自体 and 1 例(7.7%)异体 ACLR 患者评大于 95 分,临床疗效优秀。在术后早中期,患者临床疗效评分随着时间增加而增加,说明术后患者的临床症状出现明显好转。而自体异体韧带移植术后患者的评分没有明显的差异,这与之前的研究相仿^[24-25],说明两种移植术对临床疗效的影响没有明显差异。

3. 优势和不足

本研究仍有一些局限性。第一,没有使用 ACLR 患者的对侧膝盖作为对照组。使用对侧肢体的软骨参数一直被认为是估算软骨改变的最适方法,可以比较 ACLR 术后与正常软骨退变情况的差异,充实研究结果。第二,没有完全除外不同半月板状态对软骨变化的影响。本研究纳入的病例中有 12 例完整半月板,15 例性半月板切除术,12 例行半月板修补,虽然两组行半月板切除术患者的比例无显著差异,但仍无法排除不同半月板状态的影响。Li16 等^[16]的研究也没有排除此项因素。接下来的实验中,笔者将进一步增大样本量,探究软骨的变化和半月板的状态之间的关系。第三,研究纳入的病例数较少,尤其是异体 ACLR 病例,统计学意义不够充分,还应进一步增加病例数。第四,只进行了术后两年内随访,没有进行远期的随访,不能比较长期的软骨退变情况,ACLR 术后远期软骨的变化还需进一步随访研究。第五,研究序列较单一,缺乏对比。相关研究表明^[17-19], T_2^* 与 T_2 在评价软骨退变方面有着相似的意义,且 T_2^* mapping 对软骨退变的评估比 T_2 mapping 更加敏感。因此,本研究结论

能够一定程度上涵盖 T_2 mapping。接下来的研究中,将进一步应用 T_1 rho、UTE 以及 T_2 mapping 等序列进行横向对比来充实笔者的结论。

综上所述, ACLR 术后早中期,患者临床症状得到了改善,但膝关节软骨呈逐渐变性改变;自体、异体移植术对软骨变性的影响没有明显差异。MRI T_2 -star 序列能从组织生化构成方面定量监测 ACLR 术后软骨的退变情况并指导临床决策。

参考文献:

- [1] Spindler KP, Wright RW. Clinical practice. Anterior cruciate ligament tear[J]. N Engl J Med, 2008, 359(20): 2135-2142.
- [2] Van de Velde SK, Bingham JT, Hosseini A, et al. Increased tibiofemoral cartilage contact deformation in patients with anterior cruciate ligament deficiency[J]. Arthritis Rheum, 2009, 60(12): 3693-3702.
- [3] Hui C, Salmon LJ, Kok A, et al. Fifteen-year outcome of endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft for "isolated" anterior cruciate ligament tear[J]. Am J Sports Med, 2011, 39(1): 89-98.
- [4] Oiestad BE, Holm I, Aune AK, et al. Knee function and prevalence of knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study with 10 to 15 years of follow-up[J]. Am J Sports Med, 2010, 38(11): 2201-2210.
- [5] Oiestad BE, Holm I, Engebretsen L, et al. The association between radiographic knee osteoarthritis and knee symptoms, function and quality of life 10—15 years after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Br J Sports Med, 2011, 45(7): 583-588.
- [6] Bittersohl B, Miese FR, Hosalkar HS, et al. T_2 star mapping of hip joint cartilage in various histological grades of degeneration[J]. Osteoarthritis, 2012, 20(7): 653-660.
- [7] Louboutin H, Debarge R, Richou J, et al. Osteoarthritis in patients with anterior cruciate ligament rupture: a review of risk factors[J]. Knee, 2009, 16(4): 239-244.
- [8] Hollis JM, Takai S, Adams DJ, et al. The effects of knee motion and external loading on the length of the anterior cruciate ligament (ACL): a kinematic study[J]. J Biomech Eng, 1991, 113(2): 208-214.
- [9] 赵海南, 姚伟武, 姜铃霞, 等. 兔膝关节软骨退变的磁共振 T_2 、 T_2^* 图成像定量测定[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2013, 19(4): 385-389.
- [10] Carpenter RD, Majumdar S, Ma CB. Magnetic resonance imaging of 3-dimensional in vivo tibiofemoral kinematics in anterior cruciate ligament-reconstructed knees[J]. Arthroscopy, 2009, 25(7): 760-766.
- [11] Bullough PG. Joints[M]//Mills SE. Histology for pathologists. 3rd edn. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007: 97-121.
- [12] Lohmander LS. Markers of altered metabolism in osteoarthritis[J]. J Rheumatol Suppl, 2004, 70(4): 28-35.
- [13] Chavhan GB, Babyn PS, Thomas B, et al. Principles, techniques, and applications of T_2^* -based MR imaging and its special applications[J]. Radiographics, 2009, 29(5): 1433-1449.
- [14] Mamisch TC, Hughes T, Mosher TJ, et al. T_2 star relaxation times for assessment of articular cartilage at 3T: a feasibility study[J]. Skeletal Radiol, 2012, 41(3): 287-292.
- [15] Potter HG, Jain SK, Ma Y, et al. Cartilage injury after acute, isolated anterior cruciate ligament tear: Immediate and longitudinal effect with clinical/MRI follow-up[J]. Am J Sports Med, 2012, 40(2): 276-285.
- [16] Li H, Tao HY, Hua YH, et al. Quantitative magnetic resonance imaging assessment of cartilage status: a comparison between young men with and without anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Arthroscopy, 2013, 29(12): 2012-2019.
- [17] Marik W, Apprich S, Welsch GH. Biochemical evaluation of articular cartilage in patients with osteochondrosisdissecans by means of quantitative T_2 - and T_2^* -mapping at 3T MRI: a feasibility study[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(5): 923-927.
- [18] Welsch GH, Mamisch TC, Hughes T, et al. Advanced morphological and biochemical magnetic resonance imaging of cartilage repair procedures in the knee joint at 3 Tesla[J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2008, 12(3): 196-211.
- [19] Williams A, Qian Y, Bear D, et al. Assessing degeneration of human articular cartilage with ultra-short echo time (UTE) T_2^* mapping[J]. Osteoarthritis Cartil, 2010, 18(4): 539-546.
- [20] Seon JK, Gadikota HR, Kozanek M, et al. The effect of anterior cruciate ligament reconstruction on kinematics of the knee with combined anterior cruciate ligament injury and subtotal medial meniscectomy: an in vitro robotic investigation[J]. Arthroscopy, 2009, 25(2): 123-130.
- [21] Li XJ, Kuo D, Theologis A. Cartilage in anterior cruciate ligament-reconstructed knees: MR imaging T_1 and T_2 -initial experience with 1-year follow-up[J]. Radiology, 2011, 258(2): 505-514.
- [22] Bae JH, Hosseini A, Wang Y, et al. Articular cartilage of the knee 3 years after ACL reconstruction A quantitative T_2 relaxationometry analysis of 10 knees[J]. Acta Orthop, 2015, 86(5): 605-610.
- [23] Lamblin CJ, Waterman BR, Lubowitz JH. Anterior cruciate ligament reconstruction with autografts compared with non-irradiated, non-chemically treated allografts[J]. Arthroscopy, 2013, 29(6): 1113-1122.
- [24] Mariscalco MW, Magnussen RA, Mehta D, et al. Autograft versus nonirradiated allograft tissue for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review[J]. Am J Sports Med, 2014, 42(2): 492-499.
- [25] Yao LW, Wang Q, Zhang L, et al. Patellar tendon autograft versus patellar tendon allograft in anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2015, 25(2): 355-365.

(收稿日期: 2016-05-09)