T2\* mapping技术定量评估早期骨关节炎半月板与软骨的临床应用

Quantitily assess meniscus and cartilage by T2\* mapping in osteoarthritis

梁学恒 Liang Xueheng 杨全Yang Quan 刘丹 Liu Dan 余洁 Yu Jie

通讯作者 杨全，男， 重庆医科大学附属永川医院，硕士生导师，副教授，主任医师，1965年5月，硕士，MRI与CT技术研究

第一作者 梁学恒，男，重庆医科大学影像医学与核医学在读研究生，1991年2月

作者单位 重庆医科大学附属永川医院放射科，重庆市永川区萱花路439号，402160

Department of Radiology,Chongqing Medical University Affiliated Yongchuan Hospital,Yongchuan,Chongqing 402160

Correspondent Author :Yang Quan

**摘要**

**目的** 利用T2\* mapping评估膝关节骨性关节炎（OA）的软骨与半月板并分析半月板退变与软骨损伤的相关性。

**方法** 收集65例早期OA患者均行常规MR、多回波梯度回波T2\* mapping扫描。测量病例组中内、外侧半月板损伤在Stoller分级中软骨与半月板T2\*值。

**结果** 内侧半月板损伤中， MM 1级组T2\*值[（10.33± 2.82）ms]高于MM 0级[（8.95±1.73）ms]（P＜0.05）；MM 2、3级组T2\*值[（13.31±2.27）ms]均高于MM 0级组、MM 1级组（P＜0.05）；外侧半月板损伤中， MM 1级组T2\*值[（10.63±2.58）ms]高于MM 0级[（8.65±2.61）ms]（P＜0.05）；MM 2、3级组T2\*值[（13.59±2.41）ms]均高于MM 0级组、MM 1级组（P＜0.05）。内侧半月板损伤中，2、3级组MFC与MT的T2\*值均高于0级组、1级组的T2\*值（P＜0.05）；外侧半月板损伤中， 2、3级组LT高于0级、1级组软骨单元T2\*值（P＜0.05）。内侧半月板T2\*值与内侧股骨髁、内侧胫骨软骨单元T2\*值成正相关（r=0.45，r=0.62）；外侧半月板T2\*值与外侧胫骨软骨单元T2\*值呈正相关（r=0.51）。

**结论** T2\* mapping能够定量监测半月板退变，OA半月板损伤与邻近软骨损伤呈正相关。

关键词：T2\* mapping；骨关节炎；软骨 ；半月板

**Abstract**

**Objective** To assess meniscus and cartilage with T2\* mapping and analysis relationship between meniscal degeneration and cartilage damage in osteoarthritis(OA).

**Methods**：Totally 65 patients with early OA underwent routine convertional MR sequences and mutil-echo gradient echo sequence for T2\* mapping.Measure the menicus T2\* value and cartilage T2\* value in different Stoller grade group.

**Results** In medial meniscal tear, The T2\* value of MM 1 group（10.63±2.58）ms was higher than the T2\* value of MM 0 group（8.95±1.73）ms. The T2\* value of MM 2、3 group（13.31±2.27）ms higer than MM 1 and MM 1 group，the difference was statistically significant. In lateral meniscal tear ,The T2\* value of MM 1 group（10.33± 2.82）ms was higher than the T2\* value of MM 0 group（8.65±2.61）ms .The T2\* value of MM 2、3 group（13.59±2.41）ms higer than MM 1 and MM 1 group,the difference was statistically significant.The T2\* value of MFC and MT in 2、3 grade was higher than The T2\* value of MFC and MT in 0 grade and 1 grade in MM tear,the difference was statistically significant. The T2\* value of LT in 2、3 grade was higher than The T2\* value of LT in 0 grade and 1 grade in LM tear,the difference was statistically significant.The T2\* value of MM and The T2\* value of MFC and MT was positive correlation（r=0.45，r=0.62）. The T2\* value of LM and The T2\* value of LT also was positive correlation（r=0.51）.

**Conclusion** T2\* mapping can monitor meniscal degeneration in OA.There is positive correlation between meniscal tear and adjacent to cartilage damage.

Keywords： T2\* mapping OA Cartilage Meniscus

膝关节骨性关节炎（osteoarthritis,OA）是全世界中年老年人常见的引起膝关节疼痛以及功能障碍的疾病。国外研究表明膝关节半月板损伤或功能丧失会进一步加速OA的加重的进程，OA与半月板损伤有着密切的联系[[1](#_ENREF_1" \o "Berthiaume, 2005 #22)]。T2\*mapping是目前最新的软骨生理磁共振成像技术，与其他成像技术相比，T2\* mapping具有快速成像、高图像分辨率以及能够实现对软骨各向同性的3D评估的特点，与T2 mapping一样它也可以很容易的运用于临床MRI系统中并通过相关软件进行实现。本研究应用T2\*-mapping对膝关节半月板以及软骨进行T2\*值的测量，研究T2\* mapping在早期OA中半月板与软骨的定量评估以及 OA半月板损伤与软骨退变之间的相关性。

1. 资料与方法

1.1 临床资料 收集2016年8月至2016年11月到我院就诊的117名膝关节骨OA患者的临床病史及影像学资料，纳入标准为：1.膝关节疼痛及功能障碍时间大于2个月；2.X线片膝关节Kellgren-lawrence分级1~2级3.关节活动有摩擦音；排除标准：1.外伤、骨折、肿瘤；2.有膝关节手术史；3.类风湿性关节炎及糖尿病患者。最后纳入患者65例（共92个膝关节，126个损伤半月板），其中男30例，女16例，年龄40~70岁，平均57.2±12.57岁，BMI平均23.6±2.43，在我院行3.0T膝关节MR常规检查以及T2\* mapping检查。

1.2 仪器与方法

 采用 SIMENIS Verio 3.0 T MR， 膝关节8通道线圈， 采集矢状位 T1W1 （ TR 619 ms ， TE 11 ms， 层厚4.0 mm ， 层间距2.5 mm ，FOV 18×18 cm ， 矩阵512×512， 激励次数NEX 1 ），矢状位和冠状位脂肪抑制质子密度（fat suppressed proton density,FS-PD） 像（ TR 2245 ms ， TE 32 ms， 层厚3 mm ， 层间距3.2mm ，FOV 18cm×18 cm ， 矩阵512×512， NEX 1） ； 矢状位和冠状位 T2\* mapping采用8回波GRE序列扫描， 参数：TR 812 ms ，TE为6.5 、15.6、28.9、35.4、43.2、52.7、63.1、72.8 ms， 层厚5mm， 层间距2 mm， FOV cm， 矩阵512 512 ，NEX 2。

* 1. 图像处理

所有图像均传输至工作站PACS系统进行图像融合，获得的T2\* mapping图像与15.6 ms

解剖像进行融合，调整色阶，红色表示T2\*值高，蓝色表示T2\*值低，并将图像导入Image J进行图像感兴趣区（ROI）的选取并测量T2\*值。承重股胫关节根据Peterfy等[[2](#_ENREF_2" \o "Peterfy, 2004 #23)]研究的方法划分12个亚区：将股胫关节面分为股骨外侧髁（lateral femoral condyle ，LFC）、股骨内侧髁（medial femoral condyle ，MFC）、胫骨外侧（lateral tibia ，LT）、胫骨内侧（medial tibia ，MT），在每一个矢状位关节面又分为前、中、后三个亚区，并选取相应ROI；在内侧半月板与外侧半月板前后角分别选取ROI；每个ROI测量三次取平均值，算出每个软骨单元与半月板的平均值。

* 1. 图像评价

由2名放射学专家在不知扫描技术及病情的情况下进行阅片，评价半月板的信号及形

态，如图1所示；半月板退变依据Stoller[[3](#_ENREF_3" \o "Stoller, 1987 #24)]标准进行分级：0级： 正常半月板， 表现为均匀低信号， 形态规则；1级： 半月板内局小球形或椭圆形高信号， 病变为接触半月板所对应的关节面；2级： 半月板内高信号呈水平线状， 可达半月板关节囊边缘， 但不接触半月板关节面；3级： 半月板内高信号达半月板关节面。若一侧半月板存在2个或2个以上Stoller分级，以最高级别为准。

1.5 统计学分析 采用SPSS19.0软件，计量资料用x ± s表示，釆用单因素方差分析比较半月板1度组、半月板2度组与半月板3度组软骨单元以及相应半月板T2\*值的统计学差异，再采用配对t检验两两进行比较；采用是Spearman相关分析进行半月板T2\*值与软骨T2\*值的相关性分析。P＜0.05认为差异有统计学意义。

2.结果

本研究纳入92个膝关节184个内外半月板。其中内、外侧半月板前后角损伤分级与相应软骨T2\*值、半月板T2\*值统计如表1、2所示，内侧股骨、内侧胫骨软骨单元的T2\*值在内侧半月板损伤分级中经单因素方差分析差异有统计学意义（P=0.006，P＜0.05），其中内侧半月板损伤2、3级组MFC的T2\*值[（35.89±3.62 ）ms]高于0级组、1级组，两组比较差异具有统计学意义（P=0.013，P=0.024）；MT的T2\*值[（36.55±5.07）ms]高于0级组、1级组，两组比较差异有统计学意义（P=0.002，P=0.011），其余软骨单元分级组T2\*值方差分析无统计学差异，P＞0.05。在外侧半月板损伤分级与相应软骨T2\*值， Stoller 2、3级组LT软骨单元（33.57±4.65 ms）显著高于0级、1级组（30.35±4.06，31.64±4.32），差异具有统计学意义（P＜0.05）；其余软骨单元分级组中T2\*值无统计学意义（P＞0.05）。

 内侧半月板损伤中，半月板T2\*值在Stoller分级组的方差分析，差异有统计学意义（P＜0.05），且MM 1级组T2\*值[（10.33± 2.82）ms]高于MM 0级[（8.95±1.73）ms]，两组比较差异具有统计学意义（P＜0.05）；MM 2—4级组T2\*值[（13.31±2.27）ms]均高于MM 0级组、MM 1级组，比较差异具有统计学意义（P＜0.05）。外侧半月板损伤中，半月板T2\*值在Stoller分级组的方差分析，差异有统计学意义（P＜0.05）； MM 1级组T2\*值[（10.63±2.58）ms]高于MM 0级[（8.65±2.61）ms]，两组比较差异具有统计学意义（P＜0.05）；MM 2—4级组T2\*值[（13.59±2.41）ms]均高于MM 0级组、MM 1级组，比较差异具有统计学意义（P＜0.05）。内侧半月板T2\*值与内侧股骨髁、内侧胫骨软骨单元T2\*值成正相关（r=0.45，r=0.62，P＜0.05）；外侧半月板T2\*值与外侧胫骨软骨单元T2\*值呈正相关（r=0.51，P＜0.05）。

3.讨论

研究表明早期OA软骨的组织与生理改变包括了胶原网格的破坏、蛋白多糖量减少以及水渗透性的增加[[4](#_ENREF_4" \o "Binks, 2013 #13)]。在软骨出现形态学改变之前，软骨生理MRI成像技术能够发现软骨细胞外基质（extra cellular matrix，ECM）、氨基葡萄糖分子（glycosaminoglycans ，GAGs）生理方面的改变。诸多研究表明软骨ECM中的胶原蛋白与GAG对于软骨功能结构的稳定有着非常重要的作用，不断发展的MRI新技术运用于发现胶原蛋白与GAG这两样高分子物质的改变。

T2\* mapping成像技术是在T2 mapping成像基础上研究出来的，与T2 mapping不同，T2\* mapping采用多回波梯度序列，因为没有180°聚相位脉冲，故T2\*能够反映自旋—自旋弛豫，具有成像较快的特点。T2\* mapping与T2 mapping一样，主要受水含量、胶原网格结构的影响，从而可用于评估软骨的生理组成改变。Newbloud等[[5](#_ENREF_5" \o "Newbould, 2012 #25)]研究表明T2\*值在OA患者膝关节软骨较正常组T2\*值升高，且有显著差异。然而也有一些研究表明膝关节软骨退变T2\*值较正常人减少，这可能因为T2\* mapping缺乏180°聚相位脉冲，造成T2\*弛豫时间对回波及磁化传递的敏感性降低[[6](#_ENREF_6" \o "Mamisch, 2012 #26)]。

膝关节内、外侧半月板是两个月牙形的纤维软骨，位于胫骨平台内侧和外侧面。从半月板的形状及[部位](http://baike.baidu.com/view/2171520.htm%22%20%5Ct%20%22_blank)来看，半月板的功能即在于稳定膝关节，传递膝关节负荷力，促进关节内营养。由于半月板所起到的稳定载荷作用，保证了膝关节长年负重运动而不致损伤。半月板与关节软骨一样，也是有胶原蛋白、蛋白多糖以及水组成的透明软骨，但两者成分组成比例并不一致[[7](#_ENREF_7" \o "Fukuta, 2002 #27)]。国外研究表明半月板损伤与OA进程有显著的相关性，在OA发生时，半月板也会进行性发生退变，导致半月板透明软骨组成成分及形态发生相应的改变[[8](#_ENREF_8" \o "Ding, 2007 #28), [9](#_ENREF_9" \o "Englund, 2009 #29)]。Isabel等[[10](#_ENREF_10" \o "Rauscher, 2008 #30)]在轻度OA、重度OA、健康者运用T1ρ与T2 mapping定量评估半月板，证实T1ρ、T2 mapping能够监测出OA半月板退变的进程 。T2\* mapping机制可能是由于半月板中的胶原成分减少时， T2 值随之增加， 同时半月板的水肿也会扩大这一效应。半月板内部胶原成分的改变与胶原纤维的破坏均会造成水分子含量的增加，从而半月板早期变性与撕裂可被T2\* mapping敏感的测定出[[11](#_ENREF_11" \o "陈鹏翅, 2016 #33)]。

本研究在Stoller2、3级并未细分，原因是由于2、3均为半月板线样撕裂，其形态改变一致。T2\*值均在内外侧半月板Stoller0级、1级、2、3级均存在显著差异（P＜0.05）。结果表明T2\* mapping在半月板撕裂的2—3级与早期半月板退变能够进行分辨。依据半月板中胶原纤维与含水量的改变，T2\* mapping可定量检测随着半月板变性到半月板撕裂的过程，可认为半月板早期退变是造半月板撕裂的重要因素。

本研究关于OA组中半月板与软骨T2\*值之间的关系见表1、2，在内侧半月板Stoller2、3级组内侧股骨髁、内侧胫骨软骨单元T2\*值显著高于其余分级组相应的软骨单元；而在外侧半月板Stoller2、3级组内侧胫骨软骨单元T2\*显著高于其余分级组。可能是因为半月板撕裂及承受的重力会对邻近软骨造成损伤从而导致T2\*值的改变[[12](#_ENREF_12" \o "Hsu, 1990 #31)]。此外，本研究证实了半月板损伤的T2\*值与邻近软骨损伤T2\*值呈正相关。故本研究证实了半月板损伤对邻近软骨造成损伤的重要因素。

总之，T2\* mapping成像技术可以对早期OA半月板退变进行定量分析，并可分析出半月板损伤与相邻OA软骨之间的关系，且两者呈正相关。对于OA的早期临床诊断、缓解病程以及改善预后有着重要意义。

表1 内侧半月板Stoller分级中软骨单元与半月板T2\*值

|  |
| --- |
|  软骨T2\*值 半月板T2\*值 |
| 半月板分级 | LFC | MFC | LT | MT | LM | MM |
| MM 0级 | 31.28±4.28 | 32.96±4.73 | 30.35±4.06 | 30.68±4.21 | 8.73±2.53 | 8.95±1.73 |
| MM 1级 | 32.84±3.59 | 33.35±4.24 | 31.64±4.32 | 32.16±3.39 | 9.12±2.84 | 10.33±2.82\* |
| P值（vs 0级） |  |  |  |  |  |  0.018 |
| MM 2、3级 | 33.57±4.43 | 35.89±3.62\*~ | 31.80±5.25 | 36.55±5.07\*~ | 9.20±2.45 | 13.31±2.27\*~ |
| P值（vs 0级） |  | 0.013 |  | 0.002 |  | ＜0.001 |
| P值（vs 1级） |  | 0.024 |  | 0.011 |  |  ＜0.001 |

\*：与Stoller 0级比较有统计学差异（P＜0.05）。

#：与Stoller 1级比较有统计学差异（P＜0.05）。

表2 外侧半月板Stoller分级中软骨单元与半月板T2\* 值

|  |
| --- |
|  软骨T2\*值 半月板T2\*值 |
| 半月板分级 | LFC | MFC | LT | MT | LM | MM |
| LM 0级 | 32.37±4.56 | 32.21±4.34 | 30.35±4.06 | 31.12±3.78 | 8.65±2.61 | 8.86±2.73 |
| LM 1级 | 32.69±5.34 | 32.52±3.68 | 31.64±4.32 | 32.16±4.81 | 10.63±2.58\* | 9.31±2.82 |
| P值（vs 0级） |  |  |  |  |  0.004 |  |
| LM 2、3级 | 33.57±4.12 | 32.07±4.75 | 33.57±4.65\*，# | 32.35±4.20 | 13.59±2.41\*，# | 9.43±3.38 |
| P值（vs 0级） |  |  |  0.028 |  |  ＜0.001 |  |
| P值（vs 1级） |  |  |  0.037 |  |  ＜0.001 |  |

\*：与Stoller 0级比较有统计学差异（P＜0.05）。

#：与Stoller 1级比较有统计学差异（P＜0.05）。



图 1 患者60岁，OA男性 图1A 矢状位FS-PD序列，示右膝内侧半月板前后角见线状高信号，不接触关节面，Stoller 2 级。



图 1 b 矢状位T2\* mapping示内侧半月板T2\*值为11.23 ms，内侧股骨髁、内侧胫骨软骨单元T2\*值为35.84 ms、36.30 ms。

**参考文献**

1. Berthiaume MJ, Raynauld JP, Martel-Pelletier J, et al. Meniscal tear and extrusion are strongly associated with progression of symptomatic knee osteoarthritis as assessed by quantitative magnetic resonance imaging. *Ann Rheum Dis* 2005; **64**(4): 556-63.

2. Peterfy CG, Guermazi A, Zaim S, et al. Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2004; **12**(3): 177-90.

3. Stoller DW, Martin C, Crues 3rd J, Kaplan L, Mink JH. Meniscal tears: pathologic correlation with MR imaging. *Radiology* 1987; **163**(3): 731-5.

4. Binks DA, Hodgson RJ, Ries ME, et al. Quantitative parametric MRI of articular cartilage: a review of progress and open challenges. *Br J Radiol* 2013; **86**(1023): 20120163.

5. Newbould RD, Miller SR, Toms LD, et al. T2\* measurement of the knee articular cartilage in osteoarthritis at 3T. *J Magn Reson Imaging* 2012; **35**(6): 1422-9.

6. Mamisch TC, Hughes T, Mosher TJ, et al. T2 star relaxation times for assessment of articular cartilage at 3 T: a feasibility study. *Skeletal Radiol* 2012; **41**(3): 287-92.

7. Fukuta S, Masaki K, Korai F. Prevalence of abnormal findings in magnetic resonance images of asymptomatic knees. *J Orthop Sci* 2002; **7**(3): 287-91.

8. Ding C, Martel-Pelletier J, Pelletier JP, et al. Meniscal tear as an osteoarthritis risk factor in a largely non-osteoarthritic cohort: a cross-sectional study. *J Rheumatol* 2007; **34**(4): 776-84.

9. Englund M, Guermazi A, Roemer FW, et al. Meniscal tear in knees without surgery and the development of radiographic osteoarthritis among middle-aged and elderly persons: The Multicenter Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum* 2009; **60**(3): 831-9.

10. Rauscher I, Stahl R, Cheng J, et al. Meniscal measurements of T1rho and T2 at MR imaging in healthy subjects and patients with osteoarthritis. *Radiology* 2008; **249**(2): 591-600.

11. 陈鹏翅, 宋玲玲, 聂红昉, 黄明明, 眭贺. 定量T2-mapping对半月板损伤的评估. *临床放射学杂志* 2016; (9).

12. Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, Chao EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1990; (255): 215-27.