

## T2\* mapping 定量评估早期骨关节炎半月板与软骨的相关性

梁学恒, 杨全, 余洁, 文兵

(重庆医科大学附属永川医院放射科, 重庆 402160)

**【摘要】** 目的 利用T2\* mapping 评估早期膝关节骨性关节炎(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2016年8~11月在重庆医科大学附属永川医院骨科就诊的65例早期OA患者, 均行常规MR、多回波梯度回波T2\* mapping 扫描。并测量所有患者内、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], MM 2、3级组T2\*值[(13.31±2.27) ms]均高于MM 0级组、MM 1级组, 差异均有统计学意义( $P<0.05$ ); 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], MM 2、3级组T2\*值[(13.59±2.41) ms]均高于MM 0级组、MM 1级组, 差异均有统计学意义( $P<0.05$ ); 内侧半月板损伤中, 2、3级组股骨内侧踝(MFC)与胫骨内侧(MT)的T2\*值均高于0级组、1级组的T2\*值, 外侧半月板损伤中, 2、3级组胫骨外侧(LT)高于0级、1级组软骨单元T2\*值, 差异均有统计学意义( $P<0.05$ ); 内侧半月板T2\*值与内侧股骨髁、内侧胫骨软骨单元T2\*值呈正相关( $r=0.45$ ,  $r=0.56$ ); 外侧半月板T2\*值与外侧胫骨软骨单元T2\*值呈正相关( $r=0.40$ )。结论 T2\* mapping 能够定量监测OA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

**【中图分类号】** R684.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6350(2017)16-2631-04

**Quantitative assessment of the correlation between meniscus and cartilage in early osteoarthritis with T2\* mapping.** LIANG Xue-heng, YANG Quan, YU Jie, WEN Bin. Department of Radiology, Yongchuan Hospital of Chongqing Medical University, Yongchuan 402160, Chongqing, CHINA

**【Abstract】 Objective** To assess the correlation between meniscus and cartilage in early osteoarthritis (OA) with T2\* mapping. **Methods** A total of 65 patients with early OA, who admitted to Department of Radiology of Yongchuan Hospital of Chongqing Medical University and underwent routine conventional MR sequences and multi-echo gradient echo sequence for T2\* mapping, were selected as the research subjects. The T2\* values of meniscus and cartilage in Stoller grade score system for internal and lateral meniscus injury of the patients were measured. **Results** For medial meniscal tear, the T2\* value of medial meniscus (MM) 1 group was (10.33±2.82) ms, which was significantly higher than (8.95±1.73) ms of MM 0 group ( $P<0.05$ ). The T2\* value of MM 2 and 3 group was (13.31±2.27) ms, which was significantly higher than the T2\* value of MM 0 and MM 1 group ( $P<0.05$ ). For lateral meniscal tear, the T2\* value of MM 1 group was (10.63±2.58) ms, which was significantly higher than (8.65±2.61) ms of MM 0 group ( $P<0.05$ ). The T2\* value of MM 2 and 3 group was (13.59±2.41) ms, which was significantly higher than MM 0 and MM 1 group ( $P<0.05$ ). For medial meniscal tear, the T2\* value of medial femoral condyle (MFC) and medial tibial (MT) in 2 and 3 grade was significantly higher than that in 0 grade and 1 grade; For lateral meniscal tear, the T2\* value of lateral meniscus (LT) in 2 and 3 grade was significantly higher than that in 0 grade and 1 grade ( $P<0.05$ ). The T2\* value of the medial meniscus was positively correlated with the T2\* values of the MFC and MT ( $r=0.45$ ,  $r=0.56$ ); The T2\* value of the lateral meniscus (LM) was positively correlated with the T2\* value of the LT ( $r=0.40$ ). **Conclusion** T2\* mapping can quantitatively monitor the meniscal degeneration in early OA. There is a positive correlation between meniscal tear and adjacent cartilage damage.

**【Key words】** T2\* mapping; Osteoarthritis (OA); Cartilage; Meniscus

膝关节骨性关节炎(osteoarthritis, OA)是全世界中老年老年人常见的引起膝关节疼痛以及功能障碍的疾病。研究表明膝关节半月板损伤或功能退变会进一步加速OA的进程, OA与半月板损伤有着密切的相关性<sup>[1]</sup>。因此, 如何对早期OA进行诊断与及时的干预治疗就尤为重要。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软骨各向同性的3D评估的优点, 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 一般资料 收集2016年8~11月到重庆医科大学附属永川医院骨科就诊的117例膝关节骨早期OA患者的临床病史及影像学资料, 纳入标准为: 膝关

节疼痛及功能障碍时间大于2个月;X线片膝关节Kellgren-lawrence分级1~2级;关节活动有摩擦音;排除标准:外伤、骨折、肿瘤;有膝关节手术史;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,140个损伤半月板),其中男性39例,女性26例,年龄40~70岁,平均(57.20±12.57)岁,BMI平均(23.6±2.43) kg/m<sup>2</sup>,在我院行3.0T膝关节MR常规检查以及T2\* mapping检查。本研究经医院伦理委员会讨论并同意,受试者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用SIMENIS Verio 3.0T 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 cm×18 cm,矩阵512×512,采集,激励次数NEX1),矢状位和冠状位脂肪抑制质子密度(fat suppressed proton density, FS-PD)像(TR 2 245 ms, TE 32 ms,层厚3 mm,层间距3.2 mm,FOV 18 cm×18 cm,矩阵512×512,NEX1);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 ms、15.6 ms、28.9 ms、35.4 ms、43.2 ms、52.7 ms、63.1 ms、72.8 ms,层厚5 mm,层间距2 mm,FOV 18 cm×18 cm,矩阵512×512,NEX2。

1.3 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<sup>[2]</sup>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(medial meniscus, MM)与外侧半月板(lateral meniscus, LM)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。

1.4 图像评价 由2名经验丰富的骨关节影像专家在不知扫描技术及病情的情况下阅片,评价半月板的信号及形态。半月板退变依据Stoller<sup>[3]</sup>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:半月板内小片形或椭圆形高信号,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。如果一侧半月板存在2个或2个以上的Stoller分级,以最高级别为准。

1.5 统计学方法 采用SPSS19.0统计软件,计量资料以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,多组比较采用单因素方差分析,两组间比较采用t检验;采用Pearson系数进行相关性分析。 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 膝关节MRI半月板分级 本研究纳入92个膝关节184个内外侧半月板。其中Stoller 0级44个,Stoller 1级35个,Stoller 2级63个,Stoller 3级42个,66.42% (93/140)的半月板损伤发生在内侧半月板的前角或后角,见图1、图2。

2.2 内侧半月板Stoller分级中软骨单元与半月板T2\*值 内侧股骨、内侧胫骨软骨单元及内侧半月板的T2\*值在内侧半月板损伤分级中差异有统计学意义( $P<0.05$ ),其中内侧半月板损伤中,2、3级组MFC及MT的T2\*值均高于0级组及1级组,且差异均有统计学意义( $P<0.05$ ) (见表1)。MM 1级组T2\*值高于MM 0级,MM 2、3级组T2\*值高于MM 0级组、MM 1级组,差异均具有统计学意义( $P<0.05$ ),见表1。

2.3 外侧半月板Stoller分级中软骨单元与半月板T2\*值 外侧胫骨软骨单元及外侧半月板T2\*值在外侧半月板损伤分级中差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),LT 2、3级组LT软骨单元高于0级、1级组,MM 1级组T2\*值高于MM 0级,MM 2、3级组T2\*值均高于MM 0级组、MM 1级组,差异均具有统计学意义( $P<0.05$ ),见表2。

表1 内侧半月板Stoller分级中软骨单元与半月板T2\*值( $\bar{x}\pm s$ )

组别	LFC (ms)	MFC (ms)	LT (ms)	MT (ms)	LM (ms)	MM (ms)
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 <sup>a</sup>
MM 2、3级	33.57±4.43	35.89±3.62 <sup>ab</sup>	31.80±5.25	36.55±5.07 <sup>ab</sup>	9.20±2.45	13.31±2.27 <sup>ab</sup>
F值	3.745	5.362	2.542	5.697	2.341	6.413
P值	0.078	0.006	0.143	0.002	0.162	<0.001

注:与MM 0级组比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与MM 1级组比较,<sup>b</sup> $P<0.05$ 。

表2 外侧半月板Stoller分级中软骨单元与半月板T2\*值( $\bar{x}\pm s$ )

组别	LFC (ms)	MFC (ms)	LT (ms)	MT (ms)	LM (ms)	MM (ms)
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 <sup>a</sup>	9.31±2.82
LM 2、3级	33.57±4.12	32.07±4.75	33.57±4.65 <sup>ab</sup>	32.35±4.20	13.59±2.41 <sup>ab</sup>	9.43±3.38
F值	3.263	2.276	4.256	3.523	6.368	4.029
P值	0.081	0.149	0.028	0.073	<0.001	0.064

注:与LM 0级组比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与LM 1级组比较,<sup>b</sup> $P<0.05$ 。

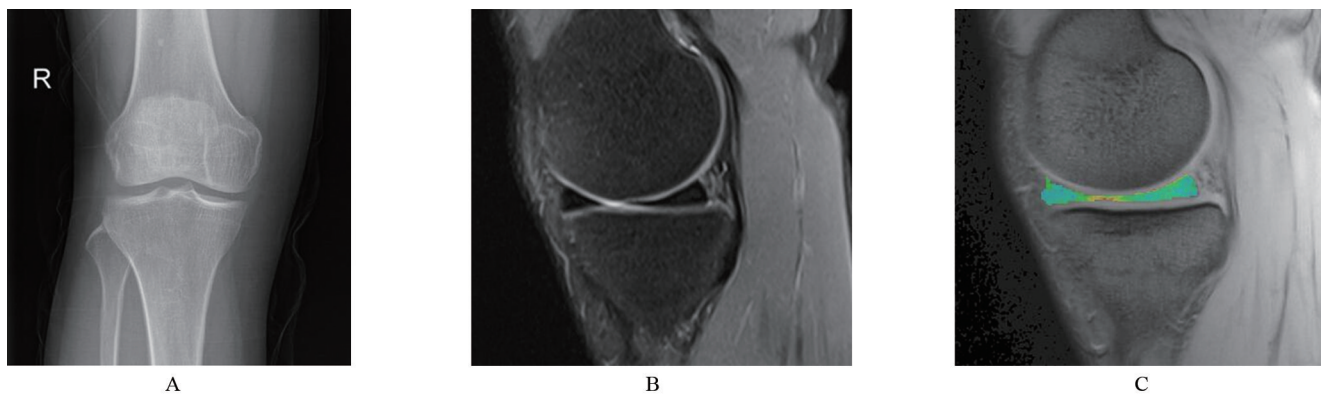


图1 患者46岁,OA,女性

注:A,右膝关节X正位片,膝关节间隙清晰,有骨赘形成,关节间隙未见狭窄,KL 1级;B,矢状位FS-PD序列,示右膝内侧半月板前后角见点片状高信号,Stoller 1级;C,矢状位T2\* mapping,内侧半月板测定T2\*值为10.78 ms。

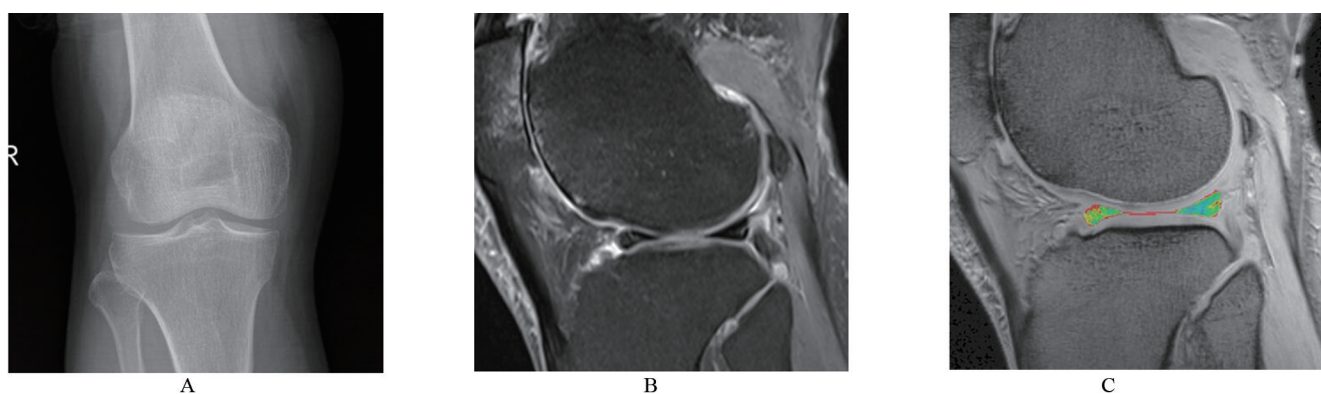


图2 患者62岁,OA男性

注:A,右膝关节X线正位片,可见少量骨赘形成,关节间隙可疑狭窄,KL 2级;B,矢状位FS-PD序列,示右膝外侧半月板前后角见线状高信号,不接触关节面,Stoller 2级;C,矢状位T2\* mapping示外侧半月板T2\*值为12.23 ms。

2.4 软骨单元T2\*值与半月板T2\*值的相关性 内侧半月板T2\*值与内侧股骨髁、内侧胫骨软骨单元T2\*值呈正相关( $r=0.45$ ,  $P=0.028$ ;  $r=0.56$ ,  $P=0.011$ );外侧半月板T2\*值与外侧胫骨软骨单元T2\*值呈正相关( $r=0.40$ ,  $P=0.036$ )。

### 3 讨论

研究表明早期OA软骨的组织与生理改变包含了胶原网络的破坏、蛋白多糖量减少以及水渗透性的增加<sup>[4]</sup>。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)等生理方面的改变。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十分重要的作用,目前不断发展的MRI技术定量检测胶原蛋白与GAG等软骨高分子物质含量的改变。

T2\* mapping 成像技术是在T2 mapping 成像的基础上开发出来的,与T2 mapping 成像方式并不相同,T2\* mapping 采用的是多回波梯度序列,由于没有180是聚相位脉冲,故T2\*能够反映自旋—自旋弛豫,并且具有成像较快的特点。T2\* mapping 与T2 mapping 类似,T2 值主要受水含量、胶原网格结构的影响,从而可

用于定量评估软骨的生理成分改变。Newbloud等<sup>[5]</sup>研究表明T2\*值在早期OA患者膝关节软骨较正常组T2\*值升高,且差异有统计学意义。然而也有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<sup>[6]</sup>。

膝关节半月板是两个月牙形的纤维软骨,位于胫骨平台内外侧面。从半月板的形状及部位来看,半月板的功能是为了稳定膝关节,传递膝关节负荷力以及保持关节内营养。由于半月板所起到的稳定载荷作用,维持了膝关节负重运动而不致损伤。半月板与关节软骨类似,同样含有胶原蛋白、蛋白多糖以及水分子组成的透明软骨,但两者成分组成比例并不一致<sup>[7]</sup>。国外研究表明半月板损伤与OA进程有相关性,当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<sup>[8-9]</sup>。Rauscher等<sup>[10]</sup>在轻度OA、重度OA、健康者运用T1康与T2 mapping 对半月板进行定量评估,证实了T1月、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,同时半月板的水肿使得T2 值进一步增加。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,因此半月板早期变性与其撕裂可被T2\* mapping敏感的检测出<sup>[11]</sup>。

本研究在Stoller 2、3级并未细分,原因在于2、3均为半月板线样撕裂,其形态改变相似。T2\*值在内外侧半月板Stoller 0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半月级与早期半月板退变能够进行分辨。根据在OA患者中半月板中胶原纤维与含水量的改变,T2\* mapping可定量检测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。因此,在临床上运用T2\* mapping可能会成为诊断及检测半月板退变的方法。定量MRI在评估半月板上较关节镜更具有优势,因为关节镜只能在半月板表面观察,而MR能够检查整个半月板的情况;此外膝关节半月板后角在关节镜下难以观察,会降低半月板损伤的检出率<sup>[12]</sup>。最后,关节镜仅能检查出半月板损伤,但定量MRI能够检查出半月板早期的退变,早期检测出可以通过内科治疗干预患者后期进行外科手术的机会,大大减轻其负担。

本研究为了排除重度OA KL 2~4级对于软骨T2\*值的影响,故纳入轻度OA KL分级做为研究组。关于早期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Stoller 2、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Stoller 2、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在身体力学上会对邻近软骨造成更大的重力作用从而导致T2\*值的改变<sup>[13]</sup>。此外,本研究相关性分析也说明了半月板损伤的T2\*值与邻近软骨损伤T2\*值呈正相关。故本研究运用MRI的T2\* mapping技术证实了半月板退变会对邻近软骨造成更严重的损伤,从而在临床上对早期OA的诊断与治疗策略提供了一定的帮助。

本研究样本量较小,年龄跨度较大,未限定年龄范围;且未设立健康对照组,不能较好地说明软骨及半月板T2\*值是否异常。未来我们会进一步增加样本量,设立对照组,进一步完善研究。总之,T2\* mapping MR成像技术可以对早期OA患者半月板退变进

行定量评估,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。T2\* mapping对于早期OA患者的临床诊断、严重程度定量以及评估预后有着重要意义。

#### 参考文献

- [1] Collins JE, Losina E, Nevitt MC, et al. Semiquantitative imaging biomarkers of knee osteoarthritis progression: data from the foundation for the national institutes of health osteoarthritis biomarkers consortium [J]. *Arthritis Rheumatol*, 2016, 68(10): 2422-2431.
- [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): 177-190.
- [3] Stoller DW, Martin C, Crues JV 3rd, et al. Meniscal tears: pathologic correlation with MR imaging [J]. *Radiology*, 1987, 163(3): 731-735.
- [4] Binks DA, Hodgson RJ, Ries ME, et al. Quantitative parametric MRI of articular cartilage: a review of progress and open challenges [J]. *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]. *J Magn Reson Imaging*, 2012, 35(6): 1422-1429.
- [6] Mamisch TC, Hughes T, Mosher TJ, et al. T2 star relaxation times for assessment of articular cartilage at 3 T: a feasibility study [J]. *Skeletal Radiol*, 2012, 41(3): 287-292.
- [7] Gallo MC, Wyatt C, Pedroia V, et al. T1ρ and T2 relaxation times are associated with progression of hip osteoarthritis [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2016, 24(8): 1399-1407.
- [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]. *J Rheumatol*, 2007, 34(4): 776-784.
- [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 [J]. *Arthritis Rheum*, 2009, 60(3): 831-839.
- [10] Rauscher I, Stahl R, Cheng J, et al. Meniscal measurements of T1ρ and T2 at MR imaging in healthy subjects and patients with osteoarthritis [J]. *Radiology*, 2008, 249(2): 591-600.
- [11] 陈鹏翹, 宋玲玲, 聂红昉, 等. 定量T2-mapping对半月板损伤的评估 [J]. *临床放射学杂志*, 2016, 35(9): 1411-1414.
- [12] Baum T, Joseph GB, Arulananandan A, et al. Association of magnetic resonance imaging-based knee cartilage T2 measurements and focal knee lesions with knee pain: data from the Osteoarthritis Initiative [J]. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 2012, 64(2): 248-255.
- [13] Rowbotham EL, Grainger AJ. Magnetic resonance imaging of arthritis of the knee [J]. *Semin Musculoskelet Radiol*, 2017, 21(2): 113-121.

(收稿日期:2017-02-08)