

论 著

3.0 T磁共振T2*定量分析评价膝关节骨性关节炎临床应用价值*

1. 北京大学深圳医院医学影像科

2. 北京大学深圳医院妇产科

(广东 深圳 518036)

石 桥¹ 冯 飞¹ 支丽萍²戚玉龙¹ 晏 迪¹ 刘 阳¹李中华¹

【摘要】目的 探讨3.0 T磁共振T2* mapping成像技术定量分析膝关节骨性关节炎的临床应用价值。**方法** 选取2012年10月-2015年5月临床诊断为膝关节骨性关节炎患者46例, 对照组为正常健康志愿者7名。所有患者及对照组均行基于FLASH(梯度回波)的多回波序列的T2* mapping扫描。常规扫描均按照MRI标准扫描规程进行。分别测量膝关节承重面、非承重面软骨区、髌骨软骨关节接触面与非接触面T2*值, 比较不同程度膝关节OA及膝关节不同部位T2*值的差别。**结果** 正常成人、轻度OA、重度OA膝关节软骨T2* mapping伪彩图表现不同。正常成人膝关节承重面软骨T2*值分别为股骨内侧髁(26.46 ± 2.55), 股骨外侧髁(26.51 ± 1.21), 内侧胫骨平台(23.10 ± 2.19), 外侧胫骨平台(25.36 ± 3.17); 各部位差异无显著性; 非承重面软骨T2*值分别为股前(34.36 ± 6.18), 股后(38.08 ± 7.07)。正常组与轻度OA组、重度OA组承重面各测量点T2*值比较差异有显著性($P < 0.05$), 轻度OA组与中度OA组承重面各测量点T2*值比较差异有显著性($P < 0.05$)。**结论** 膝关节软骨T2* mapping可早期提示膝关节软骨损伤、变性, 并可通过T2*值对膝关节OA程度进行评估。

【关键词】 膝, 骨性关节炎; 软骨, 关节; 磁共振成像; 3T; T2*弛豫时间

【中图分类号】 R684.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 深圳市科技计划项目 (201203010)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.10.030

通讯作者: 石 桥

The Clinical Value of 3.0T MRI T2* Mapping Quantitative Analysis for Diagnosis of Knee Osteoarthritis*

SHI Qiao¹, FENG Fei¹, ZHI Li-ping², et al., 1 Department of Radiology, Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen, Guangdong 518036; 2 Department of Obstetrics and Gynecology, Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen, Guangdong 518036

[Abstract] Objective To evaluate the clinical value of 3.0 T MRI T2* mapping quantitative analysis for diagnosis of knee osteoarthritis. **Methods** The study group included forty-six patients (thirty-two males and fourteen females) with knee osteoarthritis, average age was 41.2 ± 15.5 years. Seven normal healthy volunteers attended as control group. All patients and controls underwent T2* mapping imaging based on FLASH (gradient echo) of the multi-echo sequence. T2* value of knee cartilage of each compartment was measured, T2* value of cartilage of normal control group, mild OA group and severe OA group on different knee compartments were compared, respectively. **Results** T2* mapping imaging could display the different performance between normal adult, mild OA, severe OA knee cartilage. T2* value of bearing surface of normal adult knee cartilage was medial femoral condyle (26.46 ± 2.55), the lateral femoral condyle (26.51 ± 1.21), the medial tibial plateau (23.10 ± 2.19) and the lateral tibial plateau (25.36 ± 3.17), respectively, no significant difference between all parts of them ($F=3.72$, $P>0.05$). T2* value of forepart and posterior part of condyle cartilage were (34.36 ± 6.18) and (38.08 ± 7.07), respectively. All cartilage compartments of bearing surface showed significant increase ($P<0.05$) in T2* value between normal control group, mild OA group and severe OA group. No significant difference ($P>0.05$) was found between normal group, mild OA group and severe OA group on non-load-bearing surface and the patellar cartilage in T2* values. **Conclusion** MRI T2* mapping quantitative analysis may provide early evidence of articular cartilage damage, degeneration, and assess the degree of knee OA.

[Key words] Knee; Osteoarthritis; Cartilage, Articular; Magnetic Resonance Imaging; 3T; T2* Relaxation Time

目前MRI已成为膝关节骨性关节炎(Osteoarthritis, OA)的常规检查方法。相对于过去常规X线和关节镜检查, MRI具有无创、敏感等优点, 但是对于早期膝关节软骨损伤的评价仍然较为困难。T2* mapping作为一种软骨生化成像技术, 相对于过去研究较多的T2 mapping技术具有成像时间更短、空间分辨率更高等优点。本研究采用T2* mapping技术对不同程度膝关节OA软骨损伤进行定量分析, 研究其临床应用价值。

1 材料与方法

1.1 研究对象 选取2012年10月~2015年5月临床诊断为膝关节骨性关节炎患者46例, 在我院行3.0 T MRI检查。其中男性32例, 女性14例, 年龄 41.2 ± 15.5 岁。入组标准: 以临床症状: 膝关节疼痛及功能障碍; 性别、年龄不限。排除标准: 1) 急性外伤、骨折; 2) 伴有其他内科病如: 糖尿病、类风湿性关节炎等等。3) 膝关节肿瘤或手术病史。对照组为正常健康志愿者7名。按照Kellgren-Lawrence放射学诊断标准将OA分为: 0级: 正常; I级: 关节间隙可疑变窄, 可能有

骨赘；II级：有明显骨赘，关节间隙可疑变窄；III级：中等量骨赘，关节间隙变窄较明显，有硬化性改变；IV级：大量骨赘，关节间隙明显变窄，严重硬化性病变及明显畸形^[1]。I、II级为轻度OA，共21例，III、IV级为重度OA，共25例。

1.2 方法

1.2.1 使用Siemens spectral 3.0T超导磁共振成像仪，18通道膝关节线圈。患者静坐30分钟后开始扫描，取仰卧位，头先进，膝关节自然伸直或轻度外旋10°~15°。常规MRI扫描序列包括质子加权像、STIR，冠状位、矢状位扫描。完成后行基于FLASH(梯度回波)多回波序列的T2* mapping扫描。T2* mapping扫描方法及参数：T2 mapping-FLASH成像：TR=784 ms，TE=4.84/12.37/19.91/27.48/34.99/42.53ms，翻转角60°，层厚3.0mm，层间隔0.6mm，FOV：160×160mm，矩阵：384×384，NEX：1，并行采集因子：2采集时间：1:33s。常规扫描均按照MRI标准扫描规程进行。对照组正常健康成人膝关节7例，行常规膝关节MRI成像及T2* mapping成像。

1.2.2 图像重建及分析：(1)所有图像信息均传输到工作站利用Mapit软件包(Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany)

及PACS系统进行图像处理及分析，选择TE=12.37 ms解剖图与T2* mapping图像融合，调整合适观察色阶，色阶由蓝色、绿色至红色代表T2*逐渐升高。图形工作站使用Siemens Syngo MMWP ver: 1.8。两名高年资MRI医师，在不知道扫描技术及病情的情况下阅片。(2)数据测量：分别于膝关节承重面、非承重面软骨区放置ROI，测量3次，取平均值，注意避开积液、囊变及出血区域。承重面测量位置为股骨内侧髁、股骨外侧髁、内侧胫骨平台、外侧胫骨平台，ROI放置到软骨异常信号区，如未观察到软骨异常信号区则直接在上述每个区域测量3个点，取均值。非承重面分别测量股前、股后及髌骨软骨关节接触面与非接触面，每个区域测量3个点，取均值。(3)数据统计与分析：采用SPSS18.0 统计包进行统计分析。采用单因素方差分析(ANOVA)，均数间两两比较采用LSD法对比正常组与病变各组软骨T2*弛豫时间值之间的差异性。P<0.05为差异具有显著性。

2 结 果

2.1 使用mappit软件包生成膝关节软骨伪彩图。正常成人膝关节软骨T2* mapping伪彩图显示为厚度均匀，软骨关节面连续光

滑，均匀蓝绿色的带状结构(图1、2)可见分层色阶逐渐过渡。轻度OA软骨伪彩图表现为关节软骨内信号欠均匀，在蓝绿色背景下出现斑点状绿色、红色信号，以关节承重面及髌骨关节面较为明显(图3、4)；重度OA关节软骨明显变薄，软骨面见局限性缺损，软骨伪彩图显示条片状红色信号影(图5、6)。

2.2 膝关节软骨定量分析 正常成人膝关节承重面软骨T2*值分别为股骨内侧髁(26.46±2.55)，股骨外侧髁(26.51±1.21)，内侧胫骨平台(23.10±2.19)，外侧胫骨平台(25.36±3.17)；各部位差异无显著性(F=3.72，P>0.05)；非承重面软骨T2*值分别为股前(34.36±6.18)，股后(38.08±7.07)。正常组与轻度OA组、重度OA组承重面各测量点T2*值比较差异有显著性(P<0.05)，轻度OA组与中度OA组承重面各测量点T2*值比较差异有显著性(P<0.05)。正常组与轻度OA组、重度OA组非承重面及髌软骨各测量点T2*值比较无显著性差异(P>0.05)(表1)。

3 讨 论

3.1 膝关节软骨T2*定量分析的基本原理 膝关节软骨

表1 正常组与不同分级膝关节OA软骨T2*值比较 (x̄ ± S)

部位		正常组a	轻度OA组b	重度OA组c	Pab	Pac	Pbc
承重面	股骨内侧髁	26.46 ± 2.55	32.29 ± 4.45	41.25 ± 5.91	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	股骨外侧髁	26.51 ± 1.21	33.54 ± 2.85	40.96 ± 6.23	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	内侧胫骨平台	23.10 ± 2.19	29.09 ± 3.74	36.43 ± 5.11	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	外侧胫骨平台	25.36 ± 3.17	32.08 ± 4.60	35.08 ± 7.14	< 0.05	< 0.05	0.09
非承重面	股前	34.36 ± 6.18	36.29 ± 4.44	36.93 ± 4.12	0.33	0.19	0.64
	股后	38.08 ± 7.07	35.97 ± 4.67	35.57 ± 5.23	0.36	0.27	0.80
髌骨软骨(髌股关节接触面)		30.00 ± 4.97	33.05 ± 5.73	34.90 ± 8.33	0.32	0.11	0.38
髌骨软骨(髌股关节非接触面)		33.45 ± 4.77	34.07 ± 6.72	32.70 ± 7.15	0.83	0.79	0.49

注：Pab: 正常组与轻度OA组比较差异显著性；Pac: 正常组与重度OA组比较差异显著性；Pbc: 轻度OA组与重度OA组比较差异显著性

是透明软骨,由外向里分为四层:表层(切线层)、中间层(过渡带)、深层(放射带)和钙化层。其组织学结构的变化从多方面影响T2值的变化。研究发现,从软骨深部到关节表面,T2值逐渐延长。深层软骨的T2值的变化范围在30~45ms,平均值为 $36.8\text{ms} \pm 1.4$;而浅层软骨在41~65ms之间,平均值为 50.8 ± 3.2 ,差异具有显著性意义^[2]。按照T2与T2*的计算公式, $1/T2^* = 1/T2 + \gamma \Delta B$,T2*衰减总是快于T2衰减,T2*总是小于T2。T2*同样也存在类似于T2在不同软骨分层T2*值变化的表现,有研究使用MRI量化参数图即MRI软骨生化成像技术能够很好地显示这种分层^[3]。由于T2-mapping成像技术花费较长的扫描时间,围绕其使用多回波SE序列技术产生一些如交叉串扰、180°相位重聚脉冲

产生信号波动等问题,直接影响T2信号强度;T2* mapping多回波成像使用的GRE序列采用小于90°射频脉冲对成像组织进行激发,在相同参数条件下其成像速度较SE序列快。

考虑到在OA不同阶段由于关节软骨退变程度不同,直接导致软骨厚度发生变化,有的中重度OA患者关节软骨近消失,如仍然按照以往的研究测量软骨浅层、深层T2*,可能因软骨厚度不同导致测量时受到邻近关节液或软骨下骨质影响而显著影响测量结果,故测量时不再区分软骨分层,而在测量时由浅至深测量3个ROI,取平均值代表该测量位置的T2*值,正常健康成人组T2*值在膝关节承重面为 $23.10 \pm 2.19 \sim 26.51 \pm 1.21$,非承重面为 $34.36 \pm 6.18 \sim 38.08 \pm 7.07$,结果与文献报道

^[4]基本一致。

3.2 T2*值定量分析膝关节OA的严重程度 近期的文献认为T2^[5]与T2* mapping^[6]定量分析能够用来诊断膝关节软骨损伤,但是膝关节软骨的T2与T2*弛豫时间与性别、年龄、软骨位置等多种因素相关^[5],另外,软骨内组成水分的变化主要影响T2弛豫时间,而T2*弛豫时间除了受到软骨内水分的影响还与胶原纤维组成相关^[3],通常,患者年龄越大,软骨内总含水量减少而蛋白聚糖含量相对增加^[7-8]。本研究结果显示轻度OA膝关节软骨T2*值与正常对照组有显著性差异,而此时X线未能显示软骨的变化,关节间隙、关节骨质增生及关节面硬化等表现均不明显,提示T2*值的定量分析能早期提示关节软骨生化结构的变化;在OA发病的早期,软骨细胞具有一定修复能力,在

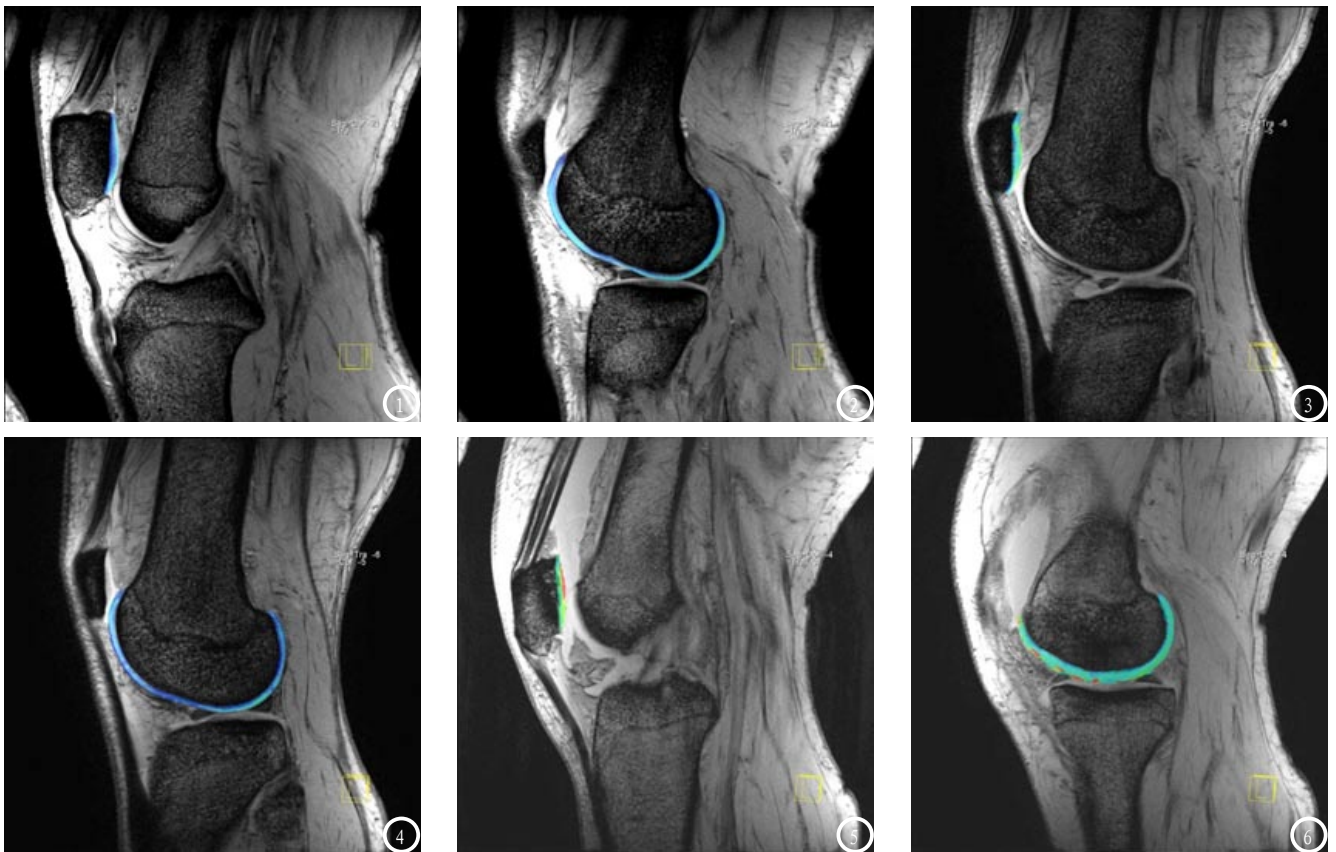


图1-6 正常组、轻度OA、重度OA膝关节软骨成像(色阶由蓝色、绿色至红色代表T2*值逐渐升高)。图1-2 33岁正常男性膝关节软骨T2* mapping伪彩图显示为厚度均匀,软骨关节面连续光滑,均匀蓝绿色的分层带状结构。图3-4 39岁男性,左膝不适1年,X线平片未见明显异常。软骨伪彩图表现为关节软骨内信号欠均匀,在蓝绿色背景下出现斑点状绿色信号,以关节承重面及髌骨关节面较为明显,诊断为轻度OA。图5-6 47岁女性,左膝疼痛伴运动障碍,膝关节软骨明显变薄,软骨面见局限性缺损,软骨伪彩图显示条片状红色信号影,诊断为重度OA。

产生新的软骨细胞的同时,其细胞活性亦可增加,合成大量新的软骨基质以阻止软骨病变得进展,促进损伤软骨得愈合,因此,早期诊断膝关节OA,有助于患者及早采取措施,通过调整运动习惯、对症治疗的方式,避免早期OA的进展。目前文献报道的轻度OA患者与重度OA患者T2*值的研究存在一定分歧,有研究认为轻度OA组与重度OA组之间软骨T2*值之间无显著性差异,作者将这种现象的产生解释为轻度OA组T2*值增高,证明关节软骨细胞外基质已出现改变,而重度OA组的进展不再局限于软骨胞外基质的变化,而主要涉及软骨下骨髓水肿、硬化等,因此T2*值不再作为重度OA主要标志^[1];但本研究结果仍然提示轻度与重度OA间T2*值存在显著性差异,这可能与测量的ROI位置、方法有关。因此,通过对T2*定量分析仍有可能提示膝关节软骨损伤程度,这与部分研究者采用T2 mapping技术定量分析得出的结论类似^[9]。结合膝关节骨质增生、关节面下骨质改变等形态学变化有助于重度OA的程度判断,并且提示临床及时治疗,有助于减轻、延缓OA的进程。

3.3 膝关节不同部位软骨的T2*定量分析 既往很多研究对于髌骨、膝关节承重面的T2*值进行了研究,结论基本一致。随着OA的进展,髌软骨、膝关节承重面软骨的T2*值均发生不同程度的升高。但是本研究对于膝关节非承重面及髌骨非关节接触面的软骨

T2*定量分析显示正常对照组膝关节非承重面及髌骨非关节接触面的软骨T2*值与轻、重度OA间无显著性差异,提示膝关节的非生理状态下的过度劳损可能是膝关节OA发生、进展的重要原因。另外,由于没有与关节镜对照,而使用膝关节的Kellgren-Lawrence分级作为分组标准,也可能影响结果的准确性。

本研究的不足之处在于病例数量有限,未能按照年龄分组进行分析对照研究;另外也无法保证每例患者在检查前的职业、生活及运动习惯一致,导致潜在的偏倚发生。病例影像学表现未能与关节镜进行对照,另外由于研究周期有限,未能对术后或治疗后软骨进行对照分析。

4 结 论

基于上述研究结果,膝关节软骨T2* mapping可早期提示膝关节软骨损伤、变性,并可通过T2*值对膝关节OA程度进行评估,为临床制定相应治疗方案,延缓膝关节OA进展及改善预后提供依据。

参考文献

- [1]Dunn TC, Lu Y, Jin H, et al. T2 relaxation time of cartilage at MR imaging: comparison with severity of knee osteoarthritis[J]. Radiology, 2004, 232(2): 592-598.
- [2]Frank LR, Wong EC, Luh WM, et al. Articular Cartilage

in the knee: Mapping of the physiologic Parameters at MR Imaging with a Local Gradient Coil-Preliminary Result [J]. Radiology, 1999, 210(1): 241-246.

- [3]王彩云.磁共振关节软骨成像新技术-MapIt[J].磁共振成像, 2011, 2(2): 152-156.
- [4]姜铃霞,姚伟武,杨世坝,等.正常人胫股关节软骨T2及T2*弛豫值的比较研究[J].中国医学计算机成像杂志, 2012, 18: 238-242.
- [5]Hannila I, Raina SS, Tervonen O, et al. Patellar cartilage lesions: comparison of magnetic resonance imaging and T2 relaxation-time mapping[J]. Acta Radiol, 2007, 48(4): 444-8.
- [6]林志春,翟磊,陈燕萍,等.重T2 GRE多回波序列在膝关节软骨病变中的应用[J].南方医科大学学报, 2011; 31(6): 1095-1100.
- [7]Waterton JC, Solloway S, Foster JE, et al. Diurnal variation in the femoral articular cartilage of the knee in young adult humans[J]. Magn Reson Med, 2000, 43(1): 126-32.
- [8]Panula HE, Hyttinen MM, Arokoski JP, et al. Articular cartilage superficial zone collagen birefringence reduced and cartilage thickness increased before surface fibrillation in experimental osteoarthritis [J]. Ann Rheum Dis, 1998, 57: 237-45.
- [9]龙斌,董进,宋少辉,等.3.0 T MRI T2 mapping成像对膝关节软骨退变的临床价值[J].中国CT和MRI杂志. 2015, 1(3): 90-91, 105.

(本文编辑:汪兵)

【收稿日期】2015-09-06