

## ❖ 骨骼肌肉影像学

## MR T1 $\rho$ imaging in quantitative assessment of cartilage injury in patients with femur head necrosis

LENG Xiaoming<sup>1,2</sup>, HAN Xiaorui<sup>3</sup>, XU Ling<sup>4</sup>, ZENG Daohui<sup>2</sup>, LIU Sirun<sup>5\*</sup>

(1. Jinan University, Guangzhou 510630, China; 2. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510405, China; 3. First Clinical Medical College, Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510405, China; 4. Department of Ultrasound, Guangdong Provincial Maternity and Child Hospital, Guangzhou 510010, China; 5. Imaging Center, the First Affiliated Hospital of Jinan University, Guangzhou 510630, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the value of MR T1 $\rho$  imaging in quantitative assessment of cartilage injury in patients with femur head necrosis. **Methods** Forty-seven newly diagnosed patients with femur head necrosis and twenty-four normal volunteers (control group) underwent conventional MRI and T1 $\rho$  examinations. Through the workstation post-processing, the quantitative parameters of T1 $\rho$  was calculated. The T1 $\rho$  were compared among control group and patients with different ARCO stages. The correlation between T1 $\rho$  value and ARCO stage was analyzed. **Results** In all 47 cases, there were 6 cases in stage I, 13 in stage II, 28 in stage III. The differences of T1 $\rho$  among control group and patients groups with stage I, II, III were statistically significant ( $F=5.73$ ,  $P<0.01$ ). The differences between stage III and control group, stage I, stage II were significant (all  $P<0.05$ ), and there were no significant differences between the other groups (all  $P>0.05$ ). The value of T1 $\rho$  showed positive correlation with ARCO stage ( $r_s=0.75$ ,  $P<0.01$ ). **Conclusion** MR T1 $\rho$  imaging can be used for the quantitative assessment of cartilage injury in patients with femur head necrosis.

**[Key words]** Magnetic resonance imaging; T1 $\rho$  imaging; Cartilage; Femur head necrosis

DOI:10.13929/j.1003-3289.201606138

## 磁共振 T1 $\rho$ 成像定量评估股骨头坏死患者软骨损伤

冷晓明<sup>1,2</sup>, 韩晓蕊<sup>3</sup>, 徐玲<sup>4</sup>, 曾道辉<sup>2</sup>, 刘斯润<sup>5\*</sup>

(1. 暨南大学, 广东 广州 510630; 2. 广州中医药大学第一附属医院影像科, 广东 广州 510405; 3. 广州中医药大学第一临床医学院, 广东 广州 510405; 4. 广东省妇幼保健院超声诊断科, 广东 广州 510010; 5. 暨南大学附属第一医院影像中心, 广东 广州 510630)

**[摘要]** **目的** 探讨磁共振 T1 $\rho$  成像技术定量评估股骨头坏死患者软骨损伤的应用价值。 **方法** 对 47 例股骨头坏死初治患者及 24 名健康志愿者(对照组)行常规 MR 和 T1 $\rho$  检查, 通过工作站后处理计算定量参数 T1 $\rho$  值。比较对照组及不同国际骨循环研究会(ARCO)分期患者的 T1 $\rho$  值, 并分析 T1 $\rho$  值与 ARCO 分期的相关性。 **结果** 47 例股骨头坏死患者中, ARCO I 期 6 例, II 期 13 例, III 期 28 例。对照组、I 期、II 期、III 期患者的 T1 $\rho$  值差异有统计学意义 ( $F=5.73$ ,  $P<0.01$ ); III 期与对照组、I 期及 II 期的 T1 $\rho$  值差异有统计学意义 ( $P$  均  $<0.05$ ), 其余两两比较差异均无统计学意义 ( $P$  均  $>0.05$ )。T1 $\rho$  值与 ARCO 分期呈正相关 ( $r_s=0.75$ ,  $P<0.01$ )。 **结论** T1 $\rho$  成像技术可用于定量评估股骨头坏死患者的软

**[基金项目]** 广东省科技计划项目(2014A020212594)。

**[第一作者]** 冷晓明(1970—), 男, 辽宁丹东人, 博士, 副主任医师。研究方向: 肌骨影像学。E-mail: 359551056@qq.com

**[通信作者]** 刘斯润, 暨南大学附属第一医院影像中心, 510630。E-mail: tlsr@jnu.edu.cn

**[收稿日期]** 2016-06-25 **[修回日期]** 2016-11-03

骨损伤程度。

[关键词] 磁共振成像; T1ρ 成像; 软骨; 股骨头坏死

[中图分类号] R445.2; R714.257 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)01-0093-04

股骨头坏死是骨科常见的难治疾病,随着病情进展到终末期,髋关节置换成为唯一的治疗手段<sup>[1]</sup>。一般认为关节软骨病变系骨结构塌陷破坏后引起的,但股骨头未塌陷时,软骨是否改变及如何改变的研究较少,而其对髋治疗的选择及预后评估有重要的作用<sup>[2-3]</sup>。MR 检查已经广泛应用于评价软骨损伤,但传统的 MR 检查方法显示软骨形态改变时,已提示软骨出现不可逆损伤。MR T1ρ 成像技术是近年来出现的新技术,已被尝试用于活体检测软骨基质的生化改变<sup>[4]</sup>。本研究通过 T1ρ 成像技术定量检测不同分期股骨头坏死的软骨损伤情况,探讨软骨损伤与 ARCO 分期的相关性,以期为临床治疗方案的选择提供参考。

### 1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2013 年 2 月—2015 年 2 月广州中医药大学第一附属医院诊治的 47 例股骨头坏死患者,男 26 例,女 21 例,年龄 16~58 岁,中位年龄 42 岁,治疗前均接受 X 线、MR 检查,并参照 Brittberg 等<sup>[5]</sup>提出的诊断标准及国际骨循环研究会 (Association Research Circulation Osseous, ARCO) 的分期标准<sup>[6]</sup>,进行 ARCO 分期。选择股骨头坏死 ARCO I~III 期的患者纳入研究。排除标准:①关节感染及外伤所致股骨头坏死;②检查前接受有创检查及治疗者;③ ARCO IV 期患者。同期招募 24 名健康志愿者作为对照组,男 13 名,女 11 名,年龄 19~60 岁,中位年龄 41 岁。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 GE HDxt 3.0T MR 扫描仪,相控阵体部线圈,对两侧髋关节同时进行扫描。扫描序列包括轴位、冠状位脂肪抑制 T2W、矢状位 T1W、冠状位可变容积加速肝脏采集 (liver acquisition with volume acceleration, LAVA)、多回波梯度回波 (multiple-echo recalled gradient-echo, MERGE)、T1ρ 序列。轴位脂肪抑制 T2W 序列的扫描参数为 TR 2 900 ms, TE 85 ms,

FOV 310 mm×310 mm,层厚 3 mm,层间距 0.6 mm。冠状位脂肪抑制 T2W 序列的扫描参数为 TR 2 517 ms, TE 42 ms, FOV 360 mm×360 mm,层厚 3 mm,层间距 0.3 mm。矢状位 T1W 序列的扫描参数为 TR 617 ms, TE 16 ms, FOV 260 mm×260 mm,层厚 4 mm,层间距 0.5 mm。冠状位 LAVA 序列的扫描参数为 TR 4.2 ms, TE 1.1 ms, FOV 310 mm×310 mm,层厚 3.6 mm。T1ρ 序列的扫描参数为最短 TR, TE 1.3 ms, FOV 350 mm×320 mm,层厚 4 mm,层间距 0.5 mm,翻转角 50°,自旋锁定频率 300 Hz,自旋锁定时间 0、10、40、80 ms,采集次数 1 次。MERGE 序列扫描参数为 TR 405 ms, TE 10 ms, FOV 350 mm×320 mm,层厚 4 mm,层间距 0.5 mm。

1.3 图像处理 T1ρ 定量分析采用 GE AW 4.5 工作站内置软件 T2 MAP。具体步骤:①生成 T1ρ 伪彩图;②将 MERGE 图像和 T1ρ 伪彩图拟合,获得更清晰的伪彩图像;③勾画股骨头软骨 ROI,计算定量参数 T1ρ 值。ROI 放置原则:①尽可能避开股骨头圆韧带的干扰,选取股骨头中心持重线 -30°~30° 范围之间的软骨进行测量<sup>[7]</sup>;②ROI 为圆形,面积为 4~6 mm<sup>2</sup>,最大程度包括股骨头软骨部分,III 期患者难以明确分界者则尽量选择靠近股骨头一侧;尽量减少软骨下皮质骨及髌臼软骨的干扰;③于每个髋关节软骨测量 3 处 T1ρ 值,分别测量正中持重线处、正中持重线 -30° 及 30° 处,最后取其平均值。所有数据均由 2 名放射科医师独立测量。见图 1。

1.4 图像分析 由 2 名放射科副主任医师参照 AR-

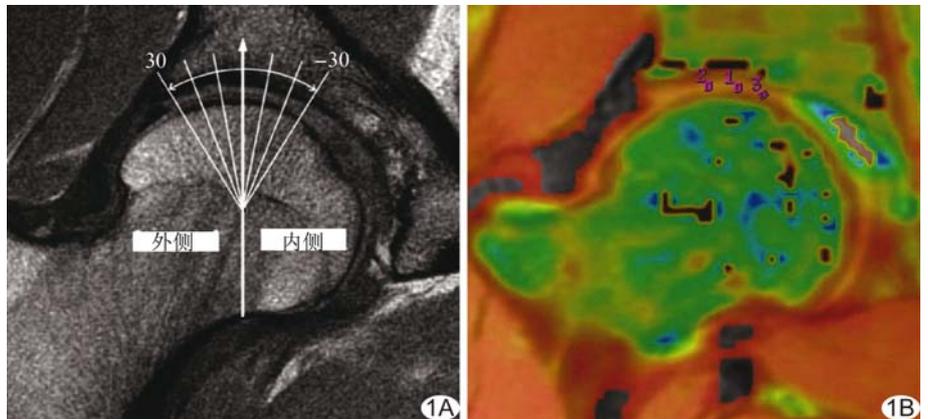


图 1 股骨头软骨 T1ρ 值测量图 A. 软骨测量范围模式图; B. T1ρ 伪彩图,设置 ROI,测量 T1ρ 值

CO 分期标准<sup>[5]</sup>进行分期,意见不一致时经协商统一。  
I 期: X 线检查正常, MR 扫描可发现病灶; II 期: X 线检查发现异常, 但股骨头无塌陷、髋臼无改变; III 期: 早期表现为新月征, 晚期表现为股骨头塌陷。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用单因素方差分析比较对照组、ARCO I 期、II 期、III 期的 T1 $\rho$  值, 两两比较采用 LSD-t 检验, 采用 Spearman 秩相关分析分析 T1 $\rho$  值与 ARCO 分期的相关性,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

47 例患者中, ARCO I 期 6 例, II 期 13 例, III 期 28 例。

2.1 T1 $\rho$  伪彩图 正常股骨头软骨色层厚薄均匀, 色阶分布均匀, 界限清楚, 表面光整, 呈淡红色分布于股骨头表面; ARCO I 期软骨色阶欠均匀, 界限尚清楚, 表面尚光整, 未见明显变薄; ARCO II 期坏死股骨头软骨稍变薄, 色阶欠均匀, 界限部分欠清, 表面欠光整; ARCO III 期坏死股骨头软骨明显变薄, 色阶不均, 界限不清、表面不光整, 难以勾勒出软骨形态。见图 2、3。

2.2 T1 $\rho$  定量参数值 对照组、ARCO I 期、II 期、III 期的 T1 $\rho$  值分别为 (38.22  $\pm$  5.65) ms、(37.81  $\pm$  4.69) ms、(42.21  $\pm$  9.26) ms、(57.87  $\pm$  11.46) ms, 差

异有统计学意义 ( $F = 5.73, P < 0.01$ ), III 期与对照组、I 期及 II 期的 T1 $\rho$  值比较差异有统计学意义 ( $P$  均  $< 0.05$ ), 其余两两比较差异均无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ )。

2.3 相关性分析 T1 $\rho$  值与 ARCO 分期呈正相关 ( $r_s = 0.75, P < 0.001$ )。

## 3 讨论

解剖学上, 软骨、软骨下皮质骨及软骨下小梁骨被认为是紧密相邻的组织结构, 其在功能上相互协同、相互影响, 组成一个功能单元体。当软骨下小梁骨发生坏死时, 关节负荷的传导与分布途径发生改变, 使相邻的软骨下皮质骨和软骨易遭受机械性损伤; 同时, 小梁骨坏死必然会导致软骨下区的微循环障碍, 软骨下皮质骨至软骨的交通管道被堵塞, 软骨下皮质骨和软骨营养的获取及代谢物的排出困难, 使其易于遭受代谢性损伤<sup>[1,3]</sup>。目前关于股骨头坏死的研究较多, 但对股骨头坏死关节软骨改变的报道较少。众所周知, 当软骨活性丧失或受损时, 整个关节将无法行使正常功能。有研究<sup>[1]</sup>表明, 即使较大范围或较晚期的骨坏死, 其关节软骨也有可能保留力学功能, 使选择保髋治疗成为可能。因此, 关节软骨的状况将直接或间接影响治疗方案的选择, 本研究旨在从影像学角度采用 MR T1 $\rho$  成像技术定量检测股骨头坏死关节软骨的损伤情况。

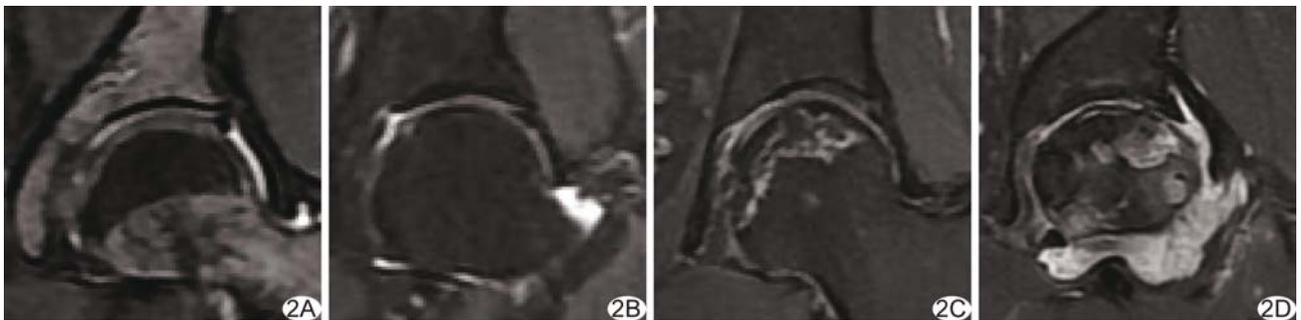


图 2 脂肪抑制 T2WI 图像 对照组(A)、I 期(B)、II 期(C)、III 期(D)的关节软骨逐渐变薄

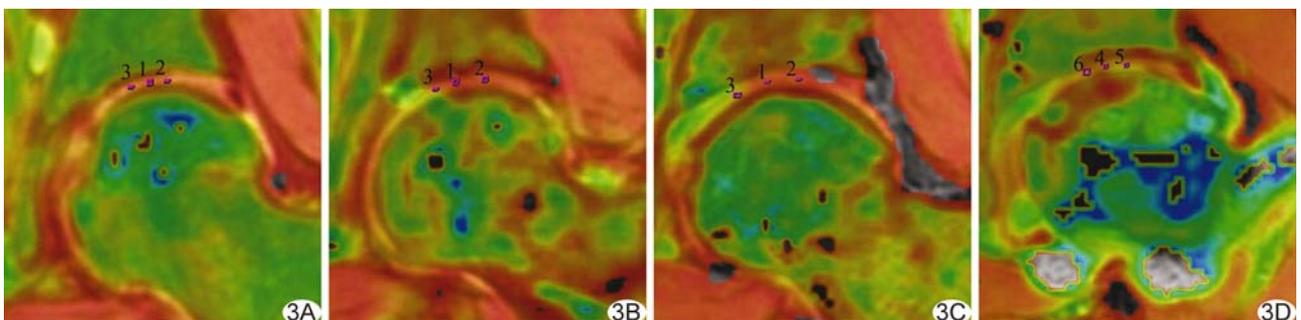


图 3 T1 $\rho$  伪彩图 A. 对照组色阶均匀, 界限清晰, 表面光整; B. I 期色阶欠均匀, 界限清晰, 表面光整; C. II 期关节软骨变薄, 色阶欠均匀, 界限欠清, 表面欠光整; D. III 期软骨损伤最显著, 色阶明显不均匀, 界限不清, 表面不光整, 难以勾勒出软骨形态

MRI 是唯一具有足够对比度可直接显示软骨的成像技术。T1 $\rho$  成像技术<sup>[8-10]</sup>可以在形态学损害发生前反映软骨基质的变化及其性质,其描述的是水分子与软骨大分子物质间的相互交换作用,对蛋白多糖的变化比较敏感,因此 T1 $\rho$  是反映软骨变化的无创性生物指标,已被应用于膝关节软骨的测量中<sup>[11-13]</sup>。T1 $\rho$  为旋转坐标系下的自旋晶格弛豫时间,利用后处理软件可测量不同 ROI 的 T1 $\rho$  值。MERGE 序列<sup>[14]</sup>是一种梯度回波序列,为多回波合并的 GRE 序列,采用小角度( $<90^\circ$ )射频脉冲激发和较短 TR,同时使用反转梯度替代 180 $^\circ$ 射频脉冲,具有较高的信噪比及空间分辨率,磁敏感伪影较小。此外, MERGE 序列可以增加组织间的对比,使含结合水的组织信号增强,而含饱和状态的自由水的信号衰减。因此,本研究将 T1 $\rho$  图像与 MERGE 图像进行拟合<sup>[15]</sup>,以期提高图像的空间分辨率及组织间的对比,减少化学位移伪影及图像变形,获得更高质量的 T1 $\rho$  图。

本研究选择 ARCO I ~ III 期的股骨头患者作为研究对象,主要因股骨头坏死进展至 IV 期已经合并骨性关节炎,其软骨损伤多认为是骨性关节炎所致,而本研究主要关注股骨头坏死对软骨造成的损伤,因此排除了 IV 期患者。本研究结果显示 T1 $\rho$  伪彩图可以区分不同分期的股骨头坏死,且股骨头坏死 ARCO III 期的 T1 $\rho$  值明显高于正常、ARCO I 期及 II 期者,表明股骨头坏死 ARCO III 期软骨损伤最显著。T1 $\rho$  值与 ARCO 分期呈正相关,即随着 ARCO 分期的进展,股骨头软骨损伤呈逐渐加重的趋势。

目前,关于关节软骨形态学的成像序列已逐渐标准化,但在定量分析的成像序列方面经验还较少,本研究存在一定的局限性:①于髋关节 T1 $\rho$  图像上分割股骨和髌臼软骨层时较困难,部分 III 期患者关节面塌陷,关节软骨变薄,难以分界,此时应尽量选择靠近股骨头一侧测量,尽量减少软骨下皮质骨及髌臼软骨的干扰;②T1 $\rho$  对蛋白多糖含量变化敏感,但对胶原及水含量变化不敏感,需结合其他技术以全面观察关节软骨的变化;③样本量相对较少,且仅有部分 III 期患者进行全髋关节置换,获得了病理结果, I、II 期患者均缺乏病理学证实。联合多种 MR 成像技术对软骨损伤进行大样本研究是今后研究的重点。

总之,本研究发现股骨头坏死 ARCO III 期软骨损伤最显著,随着 ARCO 分期的进展,软骨损伤呈逐渐加重的趋势。T1 $\rho$  成像技术可从形态学及定量学角度对股骨头坏死软骨损伤进行分析,使对坏死股骨头软骨早期损伤的诊断和检测成为可能,可为临床股骨头

坏死治疗方案的选择提供更全面的参考依据。

### [参考文献]

- [1] 刘朝晖,郭万首,杨东,等. 软骨延迟增强核磁成像法检测 II 期、III 期股骨头坏死软骨改变. 中华医学杂志, 2011, 91(21):1467-1470.
- [2] 吴涛,张君娜,朱鸢祥,等. 动脉灌注酸性成纤维细胞生长因子治疗兔股骨头缺血性坏死模型. 中国医学影像技术, 2015, 31(8): 1155-1158.
- [3] Ding H, Gao YS, Chen SB, et al. Free vascularized fibular grafting benefits severely collapsed femoral head in concomitant with osteoarthritis in very young adults: A prospective study. J Reconstr Microsurg, 2013, 29(6):387-392.
- [4] Goto H, Iwama Y, Fujii M, et al. A preliminary study of the T1rho values of normal knee cartilage using 3T-MRI. Eur J Radiol, 2012, 81(7):e796-e803.
- [5] Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85-A(Suppl 2):58-69.
- [6] Gontero RP, Bedoya ME, Benavente E, et al. Osteonecrosis in systemic lupus erythematosus. Reumatol Clin, 2015, 11(3): 151-155.
- [7] Yamamoto S, Watanabe A, Nakamura J, et al. Quantitative T2 mapping of femoral head cartilage in systemic lupus erythematosus patients with noncollapsed osteonecrosis of the femoral head associated with corticosteroid therapy. J Magn Reson Imaging, 2011, 34(5):1151-1158.
- [8] 沈思,王昊,张景,等. 磁共振 T1 $\rho$  成像对运动员与普通青年人群髌骨软骨对照分析. 中国介入影像与治疗学, 2015, 12(6): 353-356.
- [9] Lotz JC, Haughton V, Boden SD, et al. New treatments and imaging strategies in degenerative disease of the intervertebral disks. Radiology, 2012, 264(1):6-19.
- [10] Rane S, Spear JT, Zu ZL, et al. Functional MRI using spin lock editing preparation pulses. Magn Reson Imaging, 2014, 32(7): 813-818.
- [11] 陈玲,梁文,金显跃,等. MR T1 $\rho$  成像技术早期诊断膝骨性关节炎早期软骨损伤. 中国医学影像技术, 2015, 31(2):290-293.
- [12] 张晓贝,樊天佑,邱卫东. 膝关节软骨的影像学检查进展. 中国中西医结合影像学杂志, 2015, 13(6):706-708.
- [13] Takayama Y, Hatakenaka M, Tsushima HA, et al. T1 $\rho$  is superior to T2 mapping for the evaluation of articular cartilage denaturalization with osteoarthritis: Radiological-pathological correlation after total knee arthroplasty. Eur J Radiol, 2013, 82(4):e192-e198.
- [14] 邢小炜,钱琦,金平,等. 1.5T 磁共振 FSE、MERGE 序列横断位 T2WI 在颈椎病检查中的应用研究. 现代实用医学, 2014, 26(8): 975-976.
- [15] Nardo L, Carballido-Gamio J, Tang S, et al. Quantitative assessment of morphology, T1 $\rho$ , and T2 of shoulder cartilage using MRI. Eur Radiol, 2016, 26(12):4656-4663.