

论著

核磁共振T2 mapping成像评估前交叉韧带重建术后股骨髁软骨对吻损伤的定量研究*

北京大学深圳医院医学影像科

(广东 深圳 518036)

周雯 黄嵘 戚玉龙
戴鲁平

【摘要】目的 探究核磁共振(MRI)T2 mapping成像对膝关节前交叉韧带重建术后股骨髁软骨对吻损伤临床转归的评估价值。**方法** 选取2013年7月至2015年6月在我院接受前交叉韧带(ACL)重建,且在术后3个月、半年、1年规律复查膝关节MRI患者共计39例。成像序列包括冠状位TSE-T2WI、矢状位TSE-T1WI、TSE-PDWI及TSE-3D-SPC-FS。完成扫描后基于梯度回波序列进行T2 Mapping扫描。测量项目包括:评估股骨髁对吻损伤的ICRS(国际软骨修复协会)分级,局部软骨厚度及T2 Mapping下的T2值。**结果** 与术前相比,术后三个月时软骨损伤分级明显降低($\chi^2=6.317$, $P=0.042$)。而术后三个月与半年($\chi^2=4.452$, $P=0.108$),术后半年与一年($\chi^2=5.638$, $P=0.058$)相比无显著性差异。在术后不同随访期测量对吻损伤部位软骨厚度中,术前术后在矢状面前($F=0.067$, $P=0.797$)、中($F=0.086$, $P=0.832$)、后部($F=0.073$, $P=0.688$)的比较均无显著性差异。在T2 Mapping测量中,对吻损伤部位的软骨T2 Mapping图像显示关节软骨连续但不完整,局部信号混杂不均,色阶部分呈橘红色或红色,T2值明显增高。但对损伤局部的T2值进行术前术后比较,结果亦无统计学差异($F=0.375$, $P=0.093$)。**结论** T2 Mapping技术可以有效地评估前交叉韧带重建术后软骨损伤的变化情况:在术后一年的观察期中,术后3个月对吻损伤的骨髓水肿逐渐消失,但软骨厚度和T2值无明显变化。

【关键词】膝关节; 前交叉韧带重建

【中图分类号】R322.7+2

【文献标识码】A

【基金项目】深圳市卫生和计生生育委员会立项项目,编号201303042

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.10.035

通讯作者: 黄 崇

The Quantified Study on Cartilage Kissing Lesion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using MRI T2 Mapping Technique*

ZHOU Wen, HUANG Rong, QI Yu-long, et al., Department of Medical Imaging, Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen 518036, Guangdong Province, China

[Abstract] **Objective** To analyze radiological changes of femoral condylar cartilage kissing lesion after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using magnetic resonance(MRI) T2 Mapping technique. **Methods** From June 2013 to July 2015, 39 cases(37 male, 2 female) who accept ACL reconstruction were included. All the patients accept MR scan before operation and at 3 months, six months, 1 year after surgery. The technique of MR scan were: Routine 2D-MRI (coronal TSE-T2WI, sagittal TSE-T1WI, sagittal TSE-PDWI sequence) and 3D-MRI (sagittal TSE-3D-SPC-FS sequence) scan. Mapping T2 scan is performed based on gradient echo sequence after complete scanning. Measurement items included: assessment of the ICRS(International cartilage repaire society) Grading, cartilage thickness and T2 value of the kissing lesion site femoral condyle. **Results** The ICRS Grading was significantly reduced ($\chi^2=6.317$, $P=0.042$) at three months postoperatively compared with initial injury. However, the grading of three months and six months comparison($\chi^2=4.452$, $P=0.108$),and six months to one year comparison($\chi^2=5.638$, $P=0.058$) had no significant difference. In the follow-up time, cartilage thickness of the kissing lesion site had no significant change among all periods(front: $F=0.067$ $P=0.797$, middle: $F=0.086$ $P=0.832$, back: $F=0.073$ $P=0.688$). In T2 Mapping measurement: Kissing lesion revealed continuous articulation but incomplete cartilage. In T2 mapping image the local signal mixed uneven and gradations of color is orange or red, T2 value increased significantly. However, there was no significant difference in the preoperative and postoperative values of T2 Mapping ($F=0.375$, $P=0.093$). **Conclusion** Mapping T2 technique can effectively evaluate the changes of cartilage injury combined with anterior cruciate ligament injury. 3 months after surgery, the edema of the bone marrow was gradually disappeared, but there was no significant change in cartilage thickness and T2 value.

[Key words] Knee; Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; Cartilage Injury

随着体育运动的不断发展,前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤的发生率明显上升^[1-2]。ACL是膝关节重要的稳定结构,维持膝关节大约86%的限制力作用。ACL损伤后可表现不稳。造成远期半月板的损伤以及关节软骨的损伤、退变,甚至导致骨性关节炎^[3-4]。目前关节镜下ACL重建术已成为治疗ACL损伤的主要方法。长期的研究结果表明,接受了前交叉韧带重建的患者群,由于膝关节稳定结构的恢复,其关节退变的程度将明显低于前交叉韧带缺损(ACL defect)的患者群。

由于目前尚缺乏一个ACL重建术后的动态监测软骨损伤和退变的敏感指标^[5-6]。虽然二次关节镜检(second look)作为评价前交叉韧带重建术后移关节内退行性变的“金标准(Golden Standard)”,但其作为有创性检查限制了它作为纵向观察工具的可行性。而MRI可以显示软骨的形态学变化,T2 mapping在显示早期形态学改变之前软骨退变病灶的能力尤为突出^[7]。T2 mapping成像通过测量磁共振T2弛豫时间来定量分析关节软骨内组织成分的变化^[8]。故本研究选择了急性前交叉韧带断裂时伴发的股骨外髁软骨损伤(对吻损伤)部位,拟使用T2

Mapping MR技术评价ACL重建术后股骨髁损伤的变化规律, 以利临床评估。

1 材料与方法

1.1 一般资料 2013年7月至2015年6月在我院接受ACL重建, 且规律复查膝关节MRI患者共计86例。排除非急性创伤(伤后首次接受MR检查<3周), 接受ACL重建手术前同侧膝关节有手术史者, 术侧膝关节MRI图像金属伪影重影响观察者, 术中对软骨损伤进行手术治疗者, 本次研究共纳入病例39例。(男性37例, 女性2例, 平均年龄(33.7±3.8)岁)。本组病例中: 6例同期行内、外侧半月板修复术, 4例同期行内侧半月板修复术, 3例同期行外侧半月板修复术, 1例同期行内侧副韧带重建术。上述患者前交叉韧带移植均采用自体半腱肌、股薄肌混合同种异体肌腱。上述患者均在术后三个月, 半年, 一年接受规律MR检查。

1.2 仪器及参数 检查均在3.0T超导磁共振成像仪(Siemens, Spectra)上完成, 采用18通道膝关节专用线圈(Extremity 18 channel)。受检者取仰卧位, 头先进, 膝关节轻度外旋10°~15°。成像序列包括冠状位TSE-T2WI、矢状位TSE-T1WI、TSE-PDWI及TSE-3D-SPC-FS。完成扫描后基于梯度回波序列进行T2 mapping扫描。T2 mapping扫描参数: TR=784ms, 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: 并行采集因子, 采集时间1:33s。

图像处理: 利用Leonardo(Siemens)工作站以Mapit软件包对图像数据进行后处理, 用颜色编码获取膝关节股骨软骨的

T2 mapping伪彩图像。分析不同时期T2 mapping图像, 确认软骨异常病灶。将色彩和彩色尺度条相比进行分级, 在T2伪彩图上将病灶用肉眼分为3个等级, 一级(20~40ms)表现为绿色, 二级(41~60ms)表现为黄色, 三级(61~80ms)表现为红色, 即色阶由绿色至红色代表T2值逐渐升高。解剖图与T2 mapping图像进行融合。

1.3 MR评估测量指标 两名高年资MRI医师在不知道受检者病情的情况下阅片。

关节软骨损伤的评估采用国际软骨修复协会软骨损伤分级系统(ICRS)的MR分型^[9]: 0级: 关节软骨表面光滑, 信号均一, 软骨下骨信号正常; I级: 软骨表面光滑, 软骨下骨局部高信号; II级: 软骨局部变薄、缺损, 损伤深度小于软骨全层厚度的一半; III级: 软骨损伤深度超过全层厚度的一半; IV级: 软骨全层缺损合并软骨下骨暴露。在MR横断面、矢状面、冠状面上进行测量, 记录三个层面中评级最高者。

数据测量: 以显示对吻损伤最大显示层面为测量侧面, 在此层面上将对吻损伤前缘等分为前、中、后三点为测量点, 测量软骨厚度为软骨表面至“潮线”(tidemark)的距离。潮线即软骨深层的钙化层和骨皮质与软骨的交界处。取平均值, 避开积液、囊变和缺血区域。由于前交叉韧带损伤后关节软骨发生不同程度损伤、退变, 因此测量时不区分软骨分层, 而是由浅至深测量3个ROI, 取平均值代表该测量位置的T2值。

1.4 统计学分析 使用PASW18.0(SPSS Inc IBM, Chicago, USA)软件包进行分析。计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示。对不同时间点测量的软骨厚度及T2值的组间资

料行应用单因素方差分析(One-Way ANOVA), 应用最小显著差法(LSD-t检验)进行组间两两比较。软骨损伤ICRS分级计数的组间比较采用Chi-Square检验或精确概率法, 本组数据采用独立样本t检验, 以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

采用ICRS关节软骨损伤的MRI分级标准对本组患者术前、术后三个月, 半年, 一年对吻损伤部位进行分级。由于术前对吻损伤部位大多可见于软骨下骨至松质骨的骨髓水肿, 故术前ICRS分级大多为I, II级。待术后三个月后, 骨髓水肿逐渐消退, 损伤分级改善, 但部分累及软骨面的损伤仍继续存在。术前测量0级2, I级25例, II级12例; 术后三个月0级10例, I级20例, II级9例; 术后半年: 0级19例, I级14例, II级6例; 术后一年: 0级29例, I级6例, II级4例。(图1)采用卡方检验比较术后三个月, 半年, 一年软骨损伤分级变化。与术前相比, 术后三个月时软骨损伤分级明显降低($\chi^2=6.317$, P=0.042)。而术后三个月与半年($\chi^2=4.452$, P=0.0108), 术后半年与一年($\chi^2=5.638$, P=0.058)相比无显著性差异。

在术后不同随访期测量对吻损伤部位软骨厚度中, 由于损伤中部为受伤机制的主要着力点, 故在MR观察中可以发现部分病例在矢状位的中部髁间软骨面凹陷。但术前术后在矢状面前(F=0.067, P=0.797)、中(F=0.086, P=0.832)、后部(F=0.073, P=0.688)的比较均无显著性差异。在T2 Mapping测量中, 正常膝关节软骨T2 Mapping图像显示关节软骨连续完整, 信号均匀一致, 色阶呈绿色(图

2-3)。而对吻损伤部位的软骨T2 Mapping图像显示关节软骨连续但不完整,局部信号混杂不均,色阶部分呈橘红色或红色,T2值明显增高(图4-7)。但对损伤局部的T2值进行术前术后比较,结果亦无统计学差异($F=0.375$, $P=0.093$),见表1。

3 讨 论

3.1 MR评估软骨损伤分级的进展与临床意义 传统磁共振成像对软骨损伤的评估仅局限于晚期较为严重的关节面磨损及软骨剥脱(ICRS III-IV期)。通过高分辨率磁共振图像用于量化膝关节软骨体积及厚度。3.0T的核磁共振扫描同时应用脂肪抑制扰相梯度回波、快速双回波或稳态水激发(DESS)等序列,获得软骨周围组织良好对比度的MR图像,通过区域增长、边缘检测等半自动图像分割技术,通过对感兴趣区域(ROI)体素计算软骨体积,测量软骨厚度。Eckstein等^[10]总结这些技术在不同观察者之间的重复性变化范围约1~9%。磁共振成像的软骨体积测量,可以纵向量化膝关节软骨损失,并能建立膝关节软骨损失与其他组织的退行性改变之间的联系。

近年来,磁共振成像新技术(如T2 Mapping)可以提供软骨基质变化的相关信息,使早期检测软骨退变成为可能。关节软骨T2 mapping成像通过测量不同回波时间的MR信号强度计算得出值。T2 mapping能敏感地反映软

骨胶原变化。大多数研究认为胶原排列方向和胶原含量共同决定软骨的T2值,部分研究认为蛋白多糖和水含量也影响软骨T2值。软骨组织中,水分子分布与胶原纤维排列方向平行,不同软骨层次的胶原纤维排列不同,导致水分子的分布各向异性而产生稳定的磁化矢量夹角,这是软骨磁共振图像的魔角效应(magic angle effect)^[11]。软骨T2受水化和胶原基质的完整性影响;然而,T2和蛋白多糖含量之间的关系仍然存在争议。透明质酸酶降解(不改变胶原网络结构)诱导大鼠髌骨软骨的蛋白多糖损失,与整体T2显着增高有关^[12]。Nishioka等^[13]研究表明,T2 Mapping计数可以监测到ACL断裂导致的ICRS分级I级的轻度软骨损伤,且其与关节镜探查具有较高的一致性。Lammentausta等^[14]的体外研究表明,人髌骨软骨的T2弛豫时间与杨氏模量呈显着正相关,这也提示,T2定量或可预测软骨的力学性能,T2-map具有检测ACL重建术后软骨力学性能改变的潜能。

3.2 ACL重建后对吻损伤的评估及临床意义解读 在急性前交叉韧带断裂病例中,常见的伴随损伤是股骨外髁骨软骨挫伤。其主要的发生机制是前交叉韧带断裂瞬间,膝关节在旋转暴力的作用下,股骨髁相对于胫骨平台出现旋转半脱位,此时股骨外髁撞击胫骨平台,出现骨软骨损伤。据文献报告,该类型的损伤在急性前交叉韧带断裂病例中占到20~35%^[15]。这种特殊机制的

损伤也被称为对吻损伤(Kissing Lesion)。其在MR表现为股骨外髁前关节面出现片状软骨损伤影像,并伴有局部软骨下骨和骨髓水肿。该类型的软骨损伤是前交叉韧带稳定性缺失的特异性表现^[16]。

在陈旧性前交叉韧带损伤的患者中,常出现“打软腿”,“复发性膝关节扭伤”的症状。从生物力学角度解释,上述症状正式在无前交叉韧带稳定的基础上,外力作用使得股骨髁和胫骨平台再次“半脱位”的结果。在此病理过程中,股骨外髁会多次受到上述致畸暴力的撞击,加重损伤。甚至有学者认为,股骨髁的对吻损伤是ACL缺损膝关节远期骨关节炎发生的主要原因^[17]。

由于传统磁共振成像对软骨损伤的评估仅局限于晚期较为严重的关节面磨损及软骨剥脱(Outerbridge III-V期)。而新的MR技术对早期软骨损伤的评估效能尚有待探究,故本研究选取与ACL损伤相关性最高的软骨损伤部位作为研究对象。在膝关节三维运动的生物力学分析中,如患者ACL缺如,膝关节会在不稳定的运动状态下出现股骨外髁关节面相对于胫骨平台出现“异常活动”,局部的应力增加,并在长期反复的行走中,出现局部的软骨应力集中,最终导致软骨磨损的关节退变。在本研究中,因术前对吻损伤部位均有不同程度的软骨下骨损伤和骨髓水肿信号。故ICRS分级集中在I, II级。随着伤后制动及手术治疗,骨髓水肿大多在3~6个月消退,软骨损伤分级逐渐下降。但本组病例中,在术后一年仍存在部分T2 Mapping检测到的软骨损伤,且累及了软骨浅层1/2的厚度(4例)。在T2 Mapping对软骨T2值的检测中,对吻损伤部位的软骨T2值在术后1年内并无明显进展,这

表1 术后不同时间段对吻损伤部位软骨厚度及T2 Mapping测量结果

	软骨厚度			T2 Mapping
	前	中	后	
术前	3.21 ± 0.85	2.31 ± 0.57	3.14 ± 0.63	37.41 ± 4.12
术后3个月	3.17 ± 0.76	2.17 ± 0.45	3.09 ± 0.47	39.37 ± 6.15
术后6个月	3.11 ± 0.53	2.21 ± 0.39	3.11 ± 0.52	41.06 ± 3.83
术后1年	3.16 ± 0.69	2.26 ± 0.42	3.07 ± 0.51	40.16 ± 2.71
F	0.067	0.086	0.073	0.375
P	0.797	0.832	0.688	0.093

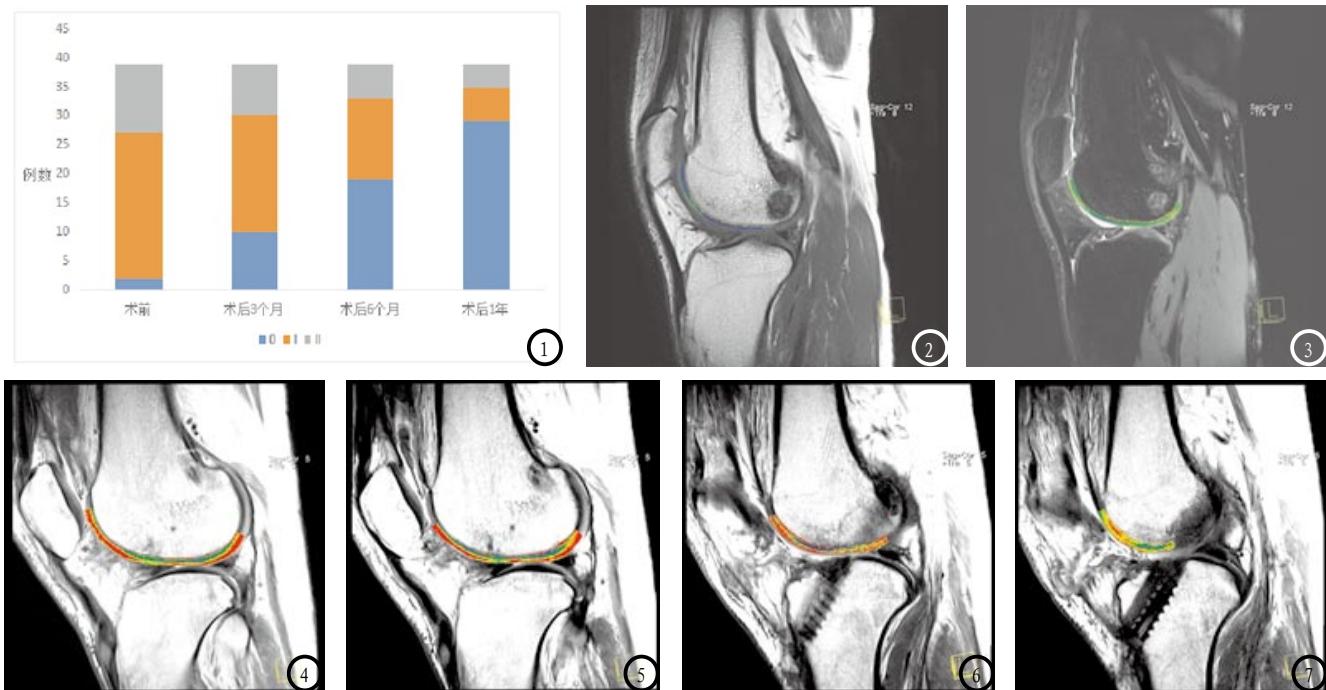


图1 不同随访时间患者ICRS分级的堆栈条形图。图2-3 膝关节T2 mapping伪彩图显示关节软骨连续完整,厚度均匀,关节面连续光滑,信号均匀一致,色阶呈以绿色为主的分层带状结构。图4-7 对吻损伤部位的软骨T2 Mapping图像显示关节软骨明显变薄,软骨面见局限性缺损,局部信号混杂不均,色阶部分呈橘红色或红色。

也提示早期稳定性的恢复确实对软骨损伤有积极的保护作用。

上述结果可以从两方面解读: (1) 术后早期由于膝关节在支具保护和免负重的保护状态,患侧股骨髁软骨损伤部位处于低应力状态,故软骨及软骨下骨在静息状态下骨髓水肿消失,处于恢复状态。(2) 在ACL重建后,并发挥其稳定左右后,膝关节恢复了正常的运动轨迹,病理性的异常活动消失,股骨髁局部的软骨损伤不再进展。但Potter等^[18]历经10年以上的随访发现:在无半月板损伤的ACL断裂病例中,术后10年的随访仍然观察到软骨损伤的影像学进展。结合本研究,在术后短期(1年)内关节软骨的损伤虽无明显进展,但软骨面也未见明显的好转迹象。

上述研究结果也可以拓展MR技术应用于ACL重建术后评估的意义:如术后定期复查中发现股骨外髁软骨对吻损伤后局部状态无好转,甚至存在局部软骨厚度继续下降,则需在临床中重新评估膝关节的稳定性,以排除膝关节

仍存在前后向不稳定(移植物松动,失效)或因为骨道位置不良(过顶位重建,髁间窝撞击等)残留前后向或旋转不稳定^[19]。而采用该技术对ACL重建术后关节软骨状态的评估,本身也具有较高的临床参考价值。

3.3 本研究的不足与展望

ACL重建术后关节内软骨的临床转归和变化规律一直是临床和基础研究的重点, MRI成像对上述研究有着重要的参考价值。在本研究中,如能对ACL重建术后膝关节内软骨变化进行3~5年的长期随访,则更能说明关节软骨的动态变化规律。另,如果纳入患者健侧膝关节软骨的MR测量对比,则更具有临床价值。

参考文献

- [1] 教英芳,史和福.运动员前交叉韧带损伤的流行病学研究[J].体育科学,2000,20(4):47-48.
- [2] Granan, L. P., et al., The Scandinavian ACL registries 2004-2007: baseline epidemiology [J]. Acta Orthopaedica, 2009, 80(5): 563-567.
- [3] Biau, D. J., et al., ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores [J]. Clinical Orthopaedics & Related Research, 2007, 458(458): 180-187.
- [4] Howell, S. M. and M. A. Taylor, Failure of reconstruction of the anterior cruciate ligament due to impingement by the intercondylar roof [J]. Journal of Bone & Joint Surgery, 1993, 75(7): 1044-1055.
- [5] Ntoulia, A., et al., Evaluation with contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the anterior cruciate ligament graft during its healing process: a two-year prospective study [J]. Skeletal Radiology, 2013, 42(4): 541-552.
- [6] Hodrick, et al., ACL Reconstruction Failure and Posterolateral Corner [J]. Sports Medicine & Arthroscopy Review, 2005, 13(13): 103-108.
- [7] Palmierismith, R. M., E. M. Wojtys, and H. G. Potter, Early Cartilage Changes After Anterior Cruciate Ligament Injury: Evaluation With Imaging and Serum Biomarkers-A Pilot Study [J]. Arthroscopy the Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 2016, 32(7):

- 1309-1318.
- [8] Koller, U., et al., Magnetic resonance mapping of the rim of articular cartilage defects of the patella [J]. International Orthopaedics, 2014, 38(1): 67-72.
- [9] Brittberg, M. and C.S. Winalski, Evaluation of cartilage injuries and repair [J]. Journal of Bone & Joint Surgery American Volume, 2003, 85-A Suppl 2 (supplement 2): 58-69.
- [10] Eckstein, F., et al., Magnetic resonance imaging (MRI) of articular cartilage in knee osteoarthritis (OA): morphological assessment [J]. Osteoarthritis & Cartilage, 2006, 14(14 Suppl A): 46-75.
- [11] Mosher, T.J. and B.J. Dardzinski, Cartilage MRI T2 Relaxation Time Mapping: Overview and Applications [J]. Seminars in Musculoskeletal Radiology, 2004, 8(4): 355-368.
- [12] Watrin-Pinzano, A., et al., Effect of proteoglycan depletion on T2 mapping in rat patellar cartilage [J]. Radiology, 2005, 234(1): 162-170.
- [13] Nishioka, H., et al., Detecting ICRS grade 1 cartilage lesions in anterior cruciate ligament injury using T1 and T2 mapping [J]. European Journal of Radiology, 2013, 82(9): 1499-1505.
- [14] Lammentausta, E., et al., T2 relaxation time and delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage (dGEMRIC) of human patellar cartilage at 1.5 T and 9.4 T: Relationships with tissue mechanical properties [J]. Journal of Orthopaedic Research Official Publication of the Orthopaedic Research Society, 2006, 24(3): 366-374.
- [15] Sonja Eagle, B.S., H.G. Potter, and M.F. Koff, Morphologic and quantitative magnetic resonance imaging of knee articular cartilage for the assessment of post-traumatic osteoarthritis [J]. Journal of Orthopaedic Research, 2016.
- [16] Andriacchi, T.P., et al., Rotational changes at the knee after ACL injury cause cartilage thinning [J]. Clinical Orthopaedics & Related Research, 2006, 442(442): 39-44.
- [17] Kessler, M.A., et al., Function, osteoarthritis and activity after ACL-rupture: 11 years follow-up results of conservative versus reconstructive treatment [J]. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 2008, 16(5): 442-448.
- [18] Potter, H.G., et al., Cartilage Injury After Acute, Isolated Anterior Cruciate Ligament Tear Immediate and Longitudinal Effect With Clinical/MRI Follow-up [J]. American Journal of Sports Medicine, 2011, 40(2): 276-285.
- [19] Hjermundrud, V., et al., Full-thickness cartilage lesion do not affect knee function in patients with ACL injury [J]. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy Official Journal of the Esska, 2010, 18(3): 298-303.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】 2016-08-26

(上接第 85 页)

- [5] 高军, 李基根, 周全, 等. 中晚期胰腺癌MRI诊断 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2004, 2(2): 43-45.
- [6] 陈为军, 张宝华, 刘亚飞, 摆, 酣, 碰, 坠, 陨, 诊, 断, 椎管内血管淋巴管瘤一例 [J]. 解放军医药杂志, 2011, 23(2): 55-62.
- [7] 丁建辉, 彭卫军, 唐峰, 等. 富血供肝转移瘤的MRI表现和特点 [J]. 中国癌症杂志, 2009, 16(12): 1060-1063.
- [8] 张敏燕, 王殊义, 等. 正电子发射计算机断层显像/核磁共振: 分子影像学技术新进展 [J]. 中国组织工程研究
- 究, 2013, 17(9): 1687-1695.
- [9] 方驰华, 刘军. 医学影像技术的进步对肝脏外科的影响 [J]. 肝胆外科杂志, 2013, 21(2): 89-93.
- [10] 郭成明, 郝文丽, 等. MRI在鞍区肿瘤诊断与鉴别诊断中的应用价值 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2013, 13(5): 257-259.
- [11] 徐鹏举, 严福华. 肝脏血管瘤的不常见CT和MRI表现 [J]. 放射学实践, 2009, 24(4): 364-368.
- [12] 郭冬梅. 肝脏病变MRI诊断与计算机辅助诊断 [D]. 大连理工大学, 2011.
- [13] 李肃; 徐坚民; 李莹, 等. 肝细胞癌MR动态增强表现与病理的
- 相关性研究 [J], 临床放射学杂志. 2002(12): 951-954.
- [14] 马鼎, 乔继红, 王全华. MRI在诊断肝脏局灶性病变中的应用 [J]. 中国实用医药, 2015, 10(9): 104-105.
- [15] 张荣恒, 张维博. MRI在诊断颈椎外伤中的应用价值 [J]. 实用诊断学与治疗杂志, 2007, 21(6): 93-94.
- [16] 王霄英, 杨德文, 蒋学祥, 等. MRI动态增强扫描对垂体微腺瘤的诊断意义 [J]. 中国医学影像技术, 2000, 4(16): 262-264.

(本文编辑: 唐润辉)

【收稿日期】 2016-08-24