

3D-UTE 评价腰椎间盘软骨终板缺损与椎间盘退变的相关性

蒋小莉, 查云飞, 王娇, 邢栋, 刘昌盛, 邱丽

【摘要】 目的:采用磁共振超短回波成像(3D-UTE)技术评价腰椎软骨终板缺损与腰椎间盘退变的相关性。**方法:**本研究共招募志愿者 50 例,共扫描腰椎椎间盘 250 个,腰椎软骨终板 500 个。受检者行常规腰椎 MRI 检查评价椎间盘 Pfirrmann 分级,以 3D-UTE 序列显示腰椎间盘终板软骨完整性。按照有无邻近软骨终板缺损将腰椎间盘分为 4 组,分别为无邻近终板软骨缺损组(A 组)、只有头侧终板软骨缺损组(B 组)、只有尾侧终板软骨缺损组(C 组)及头尾侧终板软骨皆缺损组(D 组)。评价软骨终板完整性与椎间盘 Pfirrmann 分级的相关性。**结果:**A 组有椎间盘 53 个,其中 Pfirrmann I 级 49 个,II 级 4 个;B 组有椎间盘 62 个,其中 Pfirrmann I 级 6 个,II 级 55 个,III 级 1 个;C 组有椎间盘 70 个,其中 Pfirrmann I 级 6 个,II 级 63 个,III 级 1 个;D 组有椎间盘 65 个,其中 Pfirrmann II 级 39 个,III 级 26 个。Kendall 等级相关检验显示椎间盘终板软骨缺损程度越严重,腰椎间盘退变程度越重($H=0.67, P<0.01$)。**结论:**3D-UTE 可以显示腰椎间盘软骨终板的完整性,椎间盘终板软骨缺损与腰椎间盘退变程度密切相关。

【关键词】 软骨终板; 腰椎间盘退行性变; 磁共振成像

【中图分类号】 R681.5; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)08-0952-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.09.015

Study of correlation between cartilaginous endplate defects and intervertebral disc degeneration of lumbar spine with MR 3D-UTE technique JIANG Xiao-li, ZHA Yun-fei, WANG Jiao, et al. Department of Radiology, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the correlation between cartilaginous endplate (CEP) defects and inter-vertebral disc degeneration of lumbar spine with MR 3D-UTE technique. **Methods:** 50 healthy volunteers were recruited. Conventional MRI was performed, totally 250 inter-vertebral discs and 500 CEP of lumbar spine were scanned. Pfirrmann classification was used to evaluate the inter-vertebral disc. MR 3D-Ultrashort echo time (3D-UTE) technique was used to display the integrity of CEP. According to whether CEP defect was existed, there were: Group A: no CEP defect was existed; Group B: only cranial CEP defect; existed; Group C: only caudal CEP defect existed; and Group D: both cranial and caudal CEP defects were presented. The correlation between CEP integrity and the Pfirrmann classification of inter-vertebral disc degeneration was evaluated with the Kendall rank correlation test. **Results:** In this study, there were Group A, 53 discs (Pfirrmann I, $n=49$; Pfirrmann II, $n=4$); Group B, 62 discs (Pfirrmann I, $n=6$; Pfirrmann II, $n=55$; Pfirrmann III, $n=1$); Group C, 70 discs (Pfirrmann I, $n=6$; Pfirrmann II, $n=63$; Pfirrmann III, $n=1$) and Group D, 65 discs (Pfirrmann II, $n=39$; Pfirrmann III, $n=26$). The Kendall rank correlation test showed that the more serious the degree of CEP defect, the more severe the lumbar disc degeneration ($H=0.67, P<0.01$). **Conclusion:** The integrity of CEP could be displayed on MR 3D-UTE sequence, the CEP defect was highly associated with inter-vertebral disc degeneration of lumbar spine.

【Key words】 Cartilaginous endplate; Intervertebral disc degeneration; Magnetic resonance imaging

腰椎间盘退变是引起中老年人群下腰痛常见病[1],腰椎间盘退变发生、发展与椎间盘的营养供给密切相关。腰椎间盘软骨终板(cartilaginous endplate, CEP)是椎间盘营养途径的关键结构,其形态和功能在腰椎间盘退变过程中发挥重要作用。国内外研究结果显示 CEP 形态与椎间盘退变之间存在相关性[2-5],但是,CEP 短 T2 弛豫时间特性限制了常规 MRI 对 CEP 形态的显示。磁共振超短回波成像技术(ultrashort

timetoecho, UTE)为 CEP 形态学的研究提供了一种新方法[6]。目前, MRI 评价椎间盘软骨终板完整性与椎间盘退变程度的相关性研究尚未见报道。本文采用 3D-UTE 评价软骨终板缺损与腰椎间盘退变程度的相关性,旨在为椎间盘退变的病理生理机制提供可视化的影像学依据。

材料与方法

1. 研究对象

2014 年 9 月—2015 年 2 月临床以腰背痛或坐骨神经痛行腰椎 MRI 检查的患者 50 例,其中男 28 例,女 22 例,年龄 18~59 岁,平均年龄(45.11 ± 12.51)

作者单位: 430060 武汉, 武汉大学人民医院放射科

作者简介: 蒋小莉(1983—)女, 湖北荆门人, 硕士, 主治医师, 主要从事血管及肌肉骨骼影像诊断工作。

通讯作者: 查云飞, E-mail: zhayunfei999@126.com

基金项目: 湖北省自然科学基金资助项目(2013CFB242); 湖北省卫生厅科研资助项目(JX6B68)

岁。所有患者均无幽闭恐惧症、早孕及心脏起搏器,排除合并恶性肿瘤疾病、血液病及其它系统性疾病病史患者,排除体重指数 $>28\text{ kg/m}^2$ 、长期服用药物、绝经后行雌激素替代治疗及影像学检查确诊的腰椎急慢性骨折、畸形、良恶性肿瘤患者。

2. 检查方法

MRI 检查采用 3.0T 超导型 MR 机(MR Discovery750 Plus, GE Medical Systems),全脊柱相控阵线圈进行检查。

所有受检者均先行常规腰椎 MRI,序列包括:矢状面 FRFSE-T₂WI, TR 2036 ms, TE 120 ms, 矩阵 352×320, 回波链长 21;矢状面 FRFSE-T₁WI, TR 503.0 ms, TE 11.8 ms, 矩阵 320×224, 回波链长 3, 层厚 4.0 mm, 层间隔 0.5 mm, 激励次数 2, 扫描时间共约 3 分 15 秒。

腰椎软骨终板的形态学检查采用三维超短回波时间双回波脉冲序列,以椎体正中矢状面为中心层面行腰 1—骶 1 椎体的矢状面扫描, TR 25.5 ms, TE1、TE2 分别为 0.03 ms 和 6.0 ms, 视野 220 mm×220 mm, 矩阵 512×512, 激励次数 1, 共扫描 12 个层块, 层块厚 4.0 mm, 层间隔 0 mm, 翻转角 10°, 带宽 83.33 kHz。扫描时间约 10 分 53 秒。

3. 图像分析

50 例受检者腰椎 1—骶椎 1 相邻椎间盘共 250 个, 邻近上下软骨终板共 500 个。腰椎常规矢状面 T₂WI 图像由两位医师采用改良的 Pfirrmann 分级方法^[7]进行椎间盘退变分级:Ⅰ级,椎间盘整体结构均质, T₂WI 呈高亮信号;Ⅱ级,椎间盘结构非均质, 信号稍高, 伴或不伴水平带, 髓核与纤维环分界清晰;Ⅲ级, 椎间隙变窄。两位具有 5 年以上肌骨影像诊断经验的放射医师对分级结果进行判定, 若出现不同意见则协商确定。

腰椎原始 UTE 图像可按回波时间不同分为两组, 利用 AW 4.6 工作站(GE Healthcare, USA)的 SUB/ADD 软件对两组不同回波时间的图像减影, 从而获得只含或主要含短 T₂成份的减影像。减影像上腰椎终板区清晰的带状高信号即为软骨终板, 软骨终板邻近的椎间盘及骨性终板呈低信号, 软骨终板高信号连续性中断则提示软骨终板缺损(图 1~4)。以腰椎间盘上方的软骨终板为头侧软骨终板, 其下方的则为尾侧软骨终板, 并按腰椎间盘有无邻近软骨终板缺损将其分为 4 组: A 组, 软骨终板无缺损(图 2); B 组, 软骨终板头侧缺损(图 3); C 组, 软骨终板尾侧缺损; D 组, 软骨终板头尾侧均缺损(图 4)。

4. 统计学处理

采用 SPSS 17.0 统计软件进行统计学分析, 终板

软骨完整性分组与椎间盘退变 Pfirrmann 分级的相关性分析采用 Kendall 等级相关检验, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义; 各终板软骨完整性组间 Pfirrmann 分级的比较采用多个独立样本的秩和检验(Kruskal-Wallis H 检验), 进一步两两比较采用 Bonferroni 法。

结 果

50 例受检者软骨终板无缺损的椎间盘 53 个(21.2%), 软骨终板缺损的椎间盘 197 个(78.8%), 其中软骨终板头侧缺损的椎间盘 62 个(24.8%), 尾侧缺损的椎间盘 70 个(28.0%), 头尾两侧均缺损的椎间盘 65 个(26.0%)。

软骨终板完整组椎间盘 Pfirrmann Ⅰ级 49 个(92.45%), Ⅱ级 4 个(7.55%); 头侧软骨终板缺损组椎间盘 Pfirrmann Ⅰ级 6 个(9.68%), Ⅱ级 55 个(88.71%), Ⅲ级 1 个(1.61%); 尾侧软骨终板缺损组椎间盘 Pfirrmann Ⅰ级 6 个(8.57%), Ⅱ级 63 个(90%), Ⅲ级 1 个(1.43%); 头尾侧软骨终板均缺损组椎间盘 Pfirrmann Ⅱ级 39 个(60%), Ⅲ级 26 个(40%)。

经 Kendall 等级相关检验分析腰椎间盘终板软骨缺损程度与腰椎间盘退变的关系, $H=0.67, P<0.01$, 说明两者之间呈正相关, 即椎间盘终板软骨缺损程度越严重, 其腰椎间盘退变程度越严重(表 1)。经 Kruskal-Wallis H 检验证明各终板软骨完整性组间 Pfirrmann 分级的差异有统计学意义($H=158.141, P=0.000$), 进一步两两分析显示, 除 B、C 组间差异无统计学意义外, 其余各组间差异均有统计学意义($P<0.05$, 表 2)。

表 1 软骨终板缺损与椎间盘退变 Pfirrmann 分级相关性分析 (例)

分组	例数	椎间盘退变 Pfirrmann 分级		
		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
A 组	53	49	4	0
B 组	62	6	55	1
C 组	70	6	63	1
D 组	65	0	39	26

注: H 值=0.67, P 值=0.00。

表 2 4 个不同软骨终板缺损组间分级的两两比较

对比组	H	P 值	检验水准修正值 α	检验结果
A 组与 B 组	77.287	0.000	0.008	*
A 组与 C 组	84.534	0.000	0.008	*
A 组与 D 组	91.056	0.000	0.008	*
B 组与 C 组	0.029	0.864	0.008	NS
B 组与 D 组	31.543	0.000	0.008	*
C 组与 D 组	34.211	0.000	0.008	*

注: * $P<0.008$, 差异有统计学意义; NS 代表差异无统计学意义。

讨 论

CEP 是覆盖在腰椎间盘边缘的软骨, 作为椎间盘

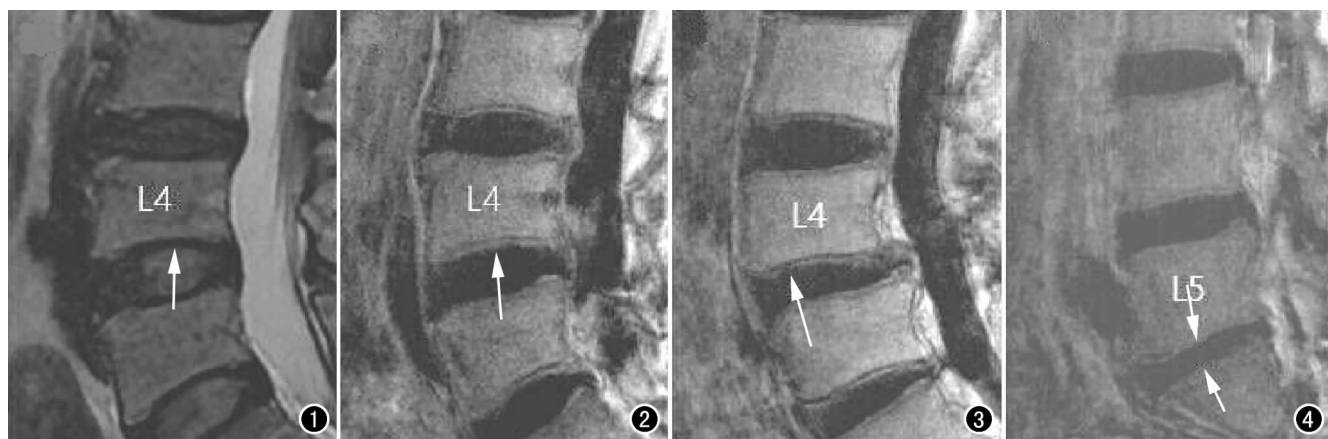


图 1 常规腰椎 T₂WI 图像示软骨终板区呈低信号(箭),软骨终板形态难以显示。图 2 腰椎 3D-UTE 图像示软骨终板呈带状高信号(箭),且 L₄—L₅ 椎间盘头尾侧终板软骨完整性良好,将该椎间盘纳入 A 组。图 3 腰椎 3D-UTE 图像示 L₄—L₅ 椎间盘头侧软骨终板高信号连续性中断(箭),提示头侧软骨终板缺损,将该椎间盘纳入 B 组。图 4 腰椎 3D-UTE 图像示 L₅—S₁ 椎间盘头侧与尾侧软骨终板高信号变薄、缺损(箭),将该椎间盘纳入 D 组。

与骨性椎体的交界部位,与髓核、纤维环一起构成腰椎间盘结构。腰椎间盘退变是一个多因素参与的复杂过程,腰椎间盘经纤维环途径或终板弥散途径获取营养供应受阻是导致腰椎间盘退变的主要原因^[8]。终板弥散途径中,营养通过椎体毛细血管-椎体软骨区血管腔隙-骨性终板-CEP 弥散路径进入椎间盘、内层纤维环和髓核,椎间盘早期退变伴有髓核区域水分减少及蛋白多糖浓度下降^[9-10]。若 CEP 结构完整性受损或弥散受限,引起终板弥散途径营养运输受阻,将会导致或加剧腰椎间盘退变。研究表明 CEP 细胞的凋亡率远高于髓核细胞,推测 CEP 退变早于髓核,CEP 退变将会导致腰椎间盘退变^[11]。本研究结果证实随着 CEP 的完整性受损程度增加,腰椎间盘 Pfirrmann 分级增高。

CEP 因短 T₂ 弛豫时间,常规 MRI 显示为低信号,UTE 已经成为 CEP 形态学评价的新工具^[12-13]。Bae 等^[12]在人尸体标本上证明 UTE 可以显示软骨终板的形态。大量动物实验和人类尸检报告证明椎体软骨终板的破坏会导致椎间盘退变^[14-16],但是终板软骨的破坏、断裂、微骨折主要还是通过尸体解剖病理学得到证实^[17-19]。Law 等^[13]已经证明 UTE 可用于活体 CEP 缺损的显示,并研究其与 Schneiderman 椎间盘退变评分的相关性,证实 CEP 缺损时发生椎间盘退变的概率较高。本研究基于 Law 等^[13]的研究基础上,采用 UTE 扫描患者腰椎间盘结构,进一步将 CEP 缺损分为头侧、尾侧、双侧缺损,发现 CEP 受损越严重,腰椎间盘 Pfirrmann 分级越高,即软骨终板形态与腰椎间盘退变程度密切相关。随着软骨终板缺损程度的加剧,腰椎间盘处于持续营养供应不足状态,引起相应的椎间盘细胞凋亡,加剧了患者腰椎间盘退变程度,椎

间盘的 Pfirrmann 分级也越高。另外,3D-UTE 序列在显示终板软骨完整性方面,所获得的图像清晰,容易判断,降低了缺损程度的误判率。因此,对缺损的软骨终板进行早期干预,有可能是腰椎间盘退变潜在的基础治疗方向。

本研究局限性:①样本量较少,未按年龄进行分层研究;②未进一步开展患者椎体软骨终板骨髓区的灌注与软骨终板形态学变化的相关性研究;③未研究其他因素与椎间盘退变 Pfirrmann 分级的相关性。

综上所述,3D-UTE 可以显示腰椎间盘软骨终板的完整性,椎间盘终板软骨缺损程度与腰椎间盘退变程度呈正相关。

参考文献:

- [1] 祝静雅,王晓明. 扩散张量成像对健康成人腰椎间盘与年龄及解剖部位的相关性研究[J]. 磁共振成像, 2015, 6(7): 518-523.
- [2] 李丽,周治国,王敏,等. ADC 值评估腰椎间盘退变程度的研究[J]. 放射学实践, 2013, 28(12): 1279-1282.
- [3] 陆华拓,徐永清,王非. 椎间盘软骨终板退变及其相关研究的进展[J]. 西南国防医药, 2009, 19(6): 654-656.
- [4] Moon SM, Yoder JH, Wright AC, et al. Evaluation of intervertebral disc cartilaginous endplate structure using magnetic resonance imaging[J]. Eur Spine J, 2013, 22(8): 1820-1828.
- [5] Benneker LM, Heini PF, Alini M, et al. 2004 Young Investigator Award Winner: vertebral endplate marrow contact channel occlusions and intervertebral disc degeneration [J]. Spine (philadelphia), 2005, 30(2): 167-173.
- [6] Omoumi P, Bae WC, Du J, et al. Meniscal calcifications: Morphologic and quantitative evaluation by using 2D inversion-recovery ultrashort echo time and 3D ultrashort echo time 3.0T MR imaging techniques-Feasibility study [J]. Radiology, 2012, 264(1): 260-268.
- [7] Pfirrmann CW, Metzendorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration[J]. Spine

- (Phila Pa 1976), 2001, 26(17):1873-1878.
- [8] Rodriguez AG, Rodriguez-Soto AE, Burghardt AJ, et al. Morphology of the human vertebral endplate[J]. J Orthop Res, 2012, 30(2):280-287.
- [9] 方元, 刘兰祥, 李京龙, 等. 磁共振波谱成像、T₂ 弛豫时间、扩散加权成像对腰椎间盘退变的初步研究[J]. 磁共振成像, 2011, 2(4):278-282.
- [10] 沈思, 王昊, 史长征, 等. 青年人群腰椎间盘磁共振 T₂* mapping 成像[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(11):2164-2167.
- [11] 王非, 瞿东滨, 金大地. 椎间盘软骨终板退变及其相关研究进展[J]. 中华骨科杂志, 2003, 23(9):544-546.
- [12] Bae WC, Stantum S, Zhang Z, et al. Morphology of the cartilaginous endplates in human intervertebral disks with ultrashort echo time MR imaging[J]. Radiology, 2013, 266(2):564-574.
- [13] Law T, Anthony MP, Chan Q, et al. Ultrashort time-to-echo MRI of the cartilaginous endplate: technique and association with intervertebral disc degeneration[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2013, 57(4):427-434.
- [14] Cinotti G, Della RC, Romeo S, et al. Degenerative changes of porcine intervertebral disc induced by vertebral endplate injuries[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(2):174-180.
- [15] Przybyla A, Pollintine P, Bedzinski R, et al. Outer annulus tears have less effect than endplate fracture on stress distributions inside intervertebral discs: relevance to disc degeneration[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2006, 21(10):1013-1019.
- [16] Kjaer P, Leboeuf-Yde C, Korsholm L, et al. Magnetic resonance imaging and low back pain in adults: a diagnostic imaging study of 40-year-old men and women[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(10):1173-1180.
- [17] Visuri T, Pihlajamäki HK, Mattila VM, et al. Elongated patellae at the final stage of Osgood-Schlatter disease: a radiographic study[J]. Knee, 2007, 14(3):198-203.
- [18] de Schepper EI, Damen J, van Meurs JB, et al. The association between lumbar disc degeneration and low back pain: the influence of age, gender, and individual radiographic features[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(5):531-536.
- [19] Hall-Craggs MA, Porter J, Gatehouse PD, et al. Ultrashort echo time (UTE) MRI of the spine in thalassaemia[J]. Br J Radiol, 2004, 77(914):104-110.

(收稿日期:2015-03-16 修回日期:2015-05-15)

· 书讯 ·

《儿科影像病例点评 200 例》由武汉市儿童医院邵剑波教授和深圳市人民医院杨敏洁教授主译,上海交通大学附属上海儿童医学中心朱铭教授审校的《儿科影像病例点评 200 例》一书,于 2013 年 5 月由北京大学医学出版社出版。该书是《Pediatric Imaging-Case Review Series》第 2 版,原著主编 Thierry A. G. M. Huisman。

该书得到了 Johns Hopkins 医院和大学儿科医生们的支持和帮助。本书共分基础篇、提高篇和挑战篇 3 部分,具有 4 个显著特点:①收录的儿科病例数量达 200 例,涉及面广,几乎覆盖了各个系统疾病与类型;②语言简练流畅,书写手法新颖独特。首先以提问的方式切入主题,再逐个问题一一对应回复,重点突出,简明扼要,便于记忆;③点评内容丰富,涵盖多学科知识与新技术,除影像学外,还包括胚胎学、遗传学、解剖学、生理学、病理学、新生儿学、儿科学、外科学、产科学及产前诊断学等;④病例图片清晰、征象突出,直观可信,易于诊断与鉴别诊断,有利于在临床工作中推广应用。

欲购此书者请将 110 元(含包装、挂号邮寄费)寄至:武汉市香港路 100 号,武汉市儿童医院 CT·MRI 科 郑楠楠(联系电话:027-82433396 或 15827102185),邮编 430016。敬请在留言栏中附上联系人电话。

《肿瘤影像诊断图谱》由周纯武教授主编,于 2011 年 6 月由人民卫生出版社出版发行。该书是由中国医学科学院肿瘤医院领衔,北京天坛医院和北京积水潭医院参与共同编纂完成。全书共 9 篇 47 章涵盖头颈、胸、腹、盆腔、乳腺、中枢神经系统、骨与软组织多个系统的肿瘤及肿瘤样病变,涉及超声、CT、MRI、PET-CT 等多种影像手段,图片丰富、文字精练、内容精良、印刷精美,堪称肿瘤影像诊断的经典工具书。定价 228 元。购书热线:010-67605754 65264830 59787586 59787592。

《骨骼肌肉病变 CT 与 MR 对比临床应用》由南昌大学第一附属医院龚洪翰、曾献军、何来昌教授主编,人民卫生出版社出版,并在全国发行。本书采用 CT 与 MR 对比的方式进行撰写,对骨骼肌肉同一疾病,在同一时间、同一层面进行扫描的 CT 与 MR 所见进行对比,通过大量的病种病例的 CT 与 MR 图像对比,让读者更好地理解 CT 与 MR 两种不同成像技术在骨骼肌肉病变应用的优势与限度。本书既适用于影像专业诊断人员,也适用于骨科专业人员。

龚洪翰教授任总主编的《CT 与 MR 对比临床应用系列丛书》共五部,已先后出版了《颅脑病变 CT 与 MR 对比临床应用》、《胸部病变 CT 与 MR 对比临床应用》、《腹部病变 CT 与 MR 对比临床应用》三部,本书是第四部。《耳鼻咽喉-头颈、眼、口腔病变 CT 与 MR 对比临床应用》将于明年出版。

《骨骼肌肉病变 CT 与 MR 对比临床应用》一书为 16 开精装本,全书约 130 余万字。定价 150 元,全国新华书店均有销售,也欢迎来函来电向我院购买,免费邮寄。联系人:徐珍珍;地址:330006 南昌市永外正街 17 号 南昌大学第一附属医院;联系电话:0791-88693825 或 88692582,传真:0791-88623153。邮箱:1059245012@qq.com。