

· 临床研究 ·

基于UTE成像技术评估软骨终板损伤的可行性研究

纪执琳, 时 寅, 邹月芬*

南京医科大学第一附属医院放射科, 江苏 南京 210029

[摘要] 目的: 研究超短回波序列(ultra-short echo time, UTE)评估软骨终板(cartilage endplate, CEP)损伤的可行性。方法: 对36例下腰痛患者进行UTE序列及常规腰椎磁共振序列扫描, 选取其中85个CEP。将所得到的UTE图像处理成更清晰的UTE CEP图像, 并通过计算图像的信噪比(signal to noise ratio, SNR)及对比信噪比(contrast to noise ratio, CNR)来评价图像质量。在UTE CEP图像的基础上, 参考Rajasekaran分级并根据CEP及骨性终板的形态将终板分为6级。两位肌骨放射方向医师独立评估终板损伤, 评估结果应用Cohen's kappa分析检验一致性。最后评估85个终板Modic改变的分布情况。结果: UTE CEP图像的SNR及CNR(平均SNR: 33.06 ± 2.92 ; 平均CNR: 9.4 ± 2.08)高, 证明图像具有较高的成像质量。两位肌骨放射医师独立评估6级终板形态的Cohen's kappa系数为0.816。85个终板中34个存在Modic改变, Cochran-Armitage分析示终板损伤与Modic改变间存在线性趋势($P < 0.0005$)。结论: UTE成像可能会成为临床上评价CEP损伤较为有效的方式。评估Modic改变的分布情况, 发现损伤越严重的终板越容易出现Modic改变。

[关键词] 超短回波序列; 终板; 软骨终板; 骨性终板; 磁共振成像; Modic改变

[中图分类号] R445.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2022)03-370-06

doi: 10.7655/NYDXBNS20220310

The assessment of cartilage endplate damage using UTE imaging

JI Zhilin, SHI Yin, ZOU Yuefen*

Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

[Abstract] **Objective:** This study aims to investigate the feasibility of ultra-short echo time (UTE) imaging for assessing the cartilage endplate (CEP) damage. **Methods:** MR imaging of 85 CEPs from 36 patients with low back pain was performed at 3T MR using UTE imaging and routine lumbar MR sequences. UTE image of CEP was postprocessed into subtracted UTE image. Signal to noise ratio (SNR) and contrast to noise ratio (CNR) were calculated to evaluate the subtracted UTE image quality. Based on the subtracted UTE images and Rajasekaran grading, the endplates were classified into six grades according to the damage of CEP and bony endplate. Two musculoskeletal radiologists assessed the grade of endplate damage based on the subtracted UTE images. Agreement between two radiologists was determined using Cohen's kappa analysis. The distribution of Modic change in 85 endplates were evaluated. **Results:** The resultant subtracted UTE image quality was confirmed by high SNR and CNR (mean SNR: 33.06 ± 2.92 ; mean CNR: 9.4 ± 2.08). Six grades of endplates were evaluated by two radiologists in substantial agreement with Cohen's kappa of 0.816. Modic changes were found in 34 of 85 endplates. Cochran-Armitage analysis showed linear trend between the degree of endplate damage and Modic change ($P < 0.0005$). **Conclusion:** UTE imaging might be considered as an effective tool to assess the CEP damage in clinic. The distribution of Modic changes shows that the more serious the damage of endplate, the more likely Modic changes appear.

[Key words] ultra-short echo time; endplate; cartilage endplate; bony endplate; magnetic resonance imaging; Modic change

[J Nanjing Med Univ, 2022, 42(03): 370-375]

下腰痛严重影响了人们的生活质量, 引起下腰

痛的因素包括椎间盘退变、创伤、代谢性疾病及恶性肿瘤等, 其中椎间盘退变为主要因素^[1], 软骨终板(cartilage endplate, CEP)是椎间盘组成中较脆弱的结构, 其损伤被认为是引起椎间盘退变最重要的原

[基金项目] 国家自然科学基金(81701652)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: zouyuefencd@126.com

因之一。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)在观察腰椎退变中应用广泛, MRI上所显示的 CEP病变在病理上证实, 主要包括变薄、缺损和钙化等^[2], Rajasekaran 等^[3]在 MRI 中 T1 加权成像的基础上, 将所观察患者的终板依据完整程度分为 6 级, 并据此计算终板总分, 进而辅助临床治疗。然而, 他们观察的是终板整体, 而未明确区分出 CEP 及骨性终板(bony vertebral endplate, VEP)。Chen 等^[4]推测 CEP 的损伤会导致邻近的 VEP 损伤, 因此, 细致地区分出 CEP 及 VEP 是必要的, 这有助于观察损伤是否累及 VEP, 并能较早地预测 Modic 改变的发生, 进而提早采取临床干预。CEP 是具有超短 T2 弛豫时间的组织, 其在传统 MR 序列上表现为低信号, 与同样表现为低信号的 VEP 难以区分^[5]。目前, 已有大量文献报道超短回波序列(ultra-short echo time, UTE)能够清晰显示 CEP 的形态^[6-7], 但尚未有 UTE 相关以终板分级为基础细化 CEP 损伤表现的研究, 本文旨在探讨利用 UTE 成像特点结合终板分级探究其显示 CEP 损伤程度的可行性, 并对 Modic 改变的分布情况加以分析。

1 对象和方法

1.1 对象

本研究纳入 2020 年 4 月—2020 年 12 月 36 例下腰痛患者, 包括男 18 例, 女 18 例, 年龄: 20~85 岁, 平均年龄(47±19)岁。纳入标准: 患者无脊柱手术及放疗史, 无脊柱畸形、无外伤、无良性或恶性椎体肿瘤、无血液病及其他全身疾病, 无 MR 检查禁忌证, 排除不符合要求者。本研究经医院伦理委员会批准(2014-SR-050), 所有入组患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 MR 扫描方法及序列

采用 GE MR750w 3.0T MR 扫描仪, 8 通道大型柔性阵列线圈。受检者取仰卧位, 行常规腰椎矢状位 FSE 序列 T1WI, 矢状位、脂肪抑制矢状位 FSE 序

列 T2WI 及含有长、短 TE 时间的 UTE 序列扫描, 各序列扫描均包含 L1-S1 椎体。

UTE 序列参数如下: FOV 360 mm×360 mm, 短、长 TE 分别为 0.03 ms 和 6 ms, TR 12.5 ms, 矩阵 360×360, 层厚 4.0 mm, 扫描 20 层, NEX 1, 带宽 83.33 Mhz, 翻转角 15°, 扫描时间为 2 min 48 s。矢状位 FSE 序列 T1WI: FOV 320 mm×320 mm, TE 85 ms, TR 472 ms, 矩阵 320×320, 层厚 4.0 mm, 扫描 15 层, 带宽 62.50 Mhz; 矢状位 FSE 序列 T2WI: FOV 320 mm×320 mm, TE 120 ms, TR 2 588 ms, 矩阵 320×320, 层厚 4.0 mm, 扫描 15 层, 带宽 31.25 Mhz。矢状位脂肪抑制 FSE 序列 T2WI: FOV 256 mm×256 mm, TE 85 ms, TR 2 000 ms, 矩阵 256×256, 层厚 2.0 mm, 扫描 15 层, NEX 2, 带宽 41.67 Mhz, 总扫描时间为 6 min 2 s。

1.2.2 终板分级

参考 Rajasekaran 等^[3]在 T1 加权成像基础上的终板分级(表 1)。为方便后续讨论, 将该分级命名为 Rajasekaran 分级。本研究在 UTE 图像基础上细致观察 CEP 完整程度及 VEP 受累程度后, 参考并细化 Rajasekaran 分级得出 6 级终板形态表现。

I 级为正常的 CEP, CEP 及 VEP 连续性好, 无 Modic 改变; II 级为 CEP 局部或整体变薄, 但连续性可, 无中断或缺损, VEP 连续性好, 无 Modic 改变; III 级为 CEP 局部凹陷, 但连续性尚完整, VEP 连续, 无 Modic 改变; IV 级 CEP 开始出现缺损, CEP 连续性中断, 其损伤面积小于总面积的 25%, VEP 此时可能受累, 伴或不伴有 Modic 改变; V 级 CEP 损伤面积小于总面积的 50%, VEP 受累, Modic 改变出现; VI 级 CEP 损伤面积大于总面积的 50%或累及整个 CEP, VEP 受累, 伴随 Modic 改变。

1.2.3 数据分析

所有获得的 UTE 图像均在 GE 医疗系统的 ADW4.6 工作站进行分析。

采用双回波技术, 通过剪影法(即短 TE 图像减去长 TE 图像)获得了对比度更清晰的 UTE CEP 图

表 1 Rajasekaran 分级
Table 1 Rajasekaran grading

分级	定义	是否存在 Modic 改变
I 级	正常终板, 终板连续性好	无 Modic 改变
II 级	终板变薄, 但没有中断及缺损	无 Modic 改变
III 级	终板伴有局灶性缺损但终板整体轮廓存在	无 Modic 改变
IV 级	终板缺损面积小于总面积的 25%	存在 Modic 改变
V 级	终板缺损面积达总面积的 50%	存在 Modic 改变
VI 级	终板损伤大于 50%甚至累及整个终板	存在 Modic 改变

像,从而更加准确地评估以结合水为主的 CEP。为评价图像质量,UTE 图像的信噪比(signal to noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR)计算应用公式如下:

$$SNR_x = |S_x - S_{背景}| / s \quad [公式 1]$$

$$CNR_{x,y} = |S_x - S_y| / s \quad [公式 2]$$

S_x 、 S_y 和 $S_{背景}$ 分别表示 CEP 最清晰区域感兴趣区的均值 x 、邻近 CEP 选取最大对比度区域的均值 y 和背景的信号强度均值, s 为背景噪声的标准差。

两名肌骨方向放射科医师在 UTE CEP 图像上独立进行双盲分析评估 CEP 及 VEP 的形态,并根据上述细化后的 Rajasekaran 分级标准评估终板整体损伤的严重程度^[3],当结果不一致时,由两名医师共同商议决定。

1.2.4 Modic 改变

Modic I 型为骨髓水肿期,在 MRI 上终板呈现为 T1 低信号, T2 高信号; Modic II 型为脂肪组织所代替, T1、T2 序列均表现为高信号; Modic III 型为终板软骨硬化, T1、T2 序列均表现为低信号。评估终板 Modic 改变主要依据有无以上改变,若不存在任意一型,即判断为无 Modic 改变。

1.3 统计学方法

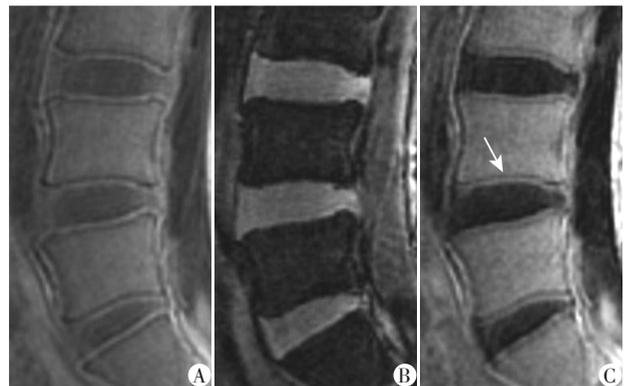
采用 SPSS 26.0 统计学软件进行统计分析。运用 Cohen's Kappa 分析两名放射科医师在独立评估 CEP 损伤程度的一致性。采用 Cochran-Armitage 检验分析终板损伤程度与 Modic 改变分布情况的关系。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 可行性分析

剔除存在伪影及质量不佳的部分图像后,本研究在 36 例患者的 63 个椎间盘中筛选了 85 个终板。UTE CEP 图像清晰显示了 CEP 的形态结构(图 1),平均 SNR 33.06 ± 2.92 , 平均 CNR 9.4 ± 2.08 , SNR 和 CNR 高,证明图像质量高。

以细化后的 Rajasekaran 分级为基础,根据 UTE CEP 图像显示的 CEP 完整程度及 VEP 受累程度评估终板整体,两位肌骨方向放射科医师对终板的 6 级评估结果如下。医师 1: I 级 15 例; II 级 15 例; III 级 14 例; IV 级 16 例; V 级 11 例; VI 级 14 例。医师 2: I 级 17 例; II 级 15 例; III 级 15 例; IV 级 13 例; V 级 11 例; VI 级 14 例。评估结果不一致的终板经两位医师讨论得出最终分级,最终 85 个终板评估结果为: I 级 15 例; II 级 15 例; III 级 14 例; IV 级 16 例; V



A: TE 时间为 0.03 ms 时获得的 UTE 图像; B: TE 时间为 6 ms 时获得 UTE 图像; C: 经剪影法(A 图像减 B 图像)得到的 UTE 终板图像, CEP(白色箭头)显示为高信号, 相邻的 VEP 为低信号。

图 1 正常终板 UTE 图像

Figure 1 UTE images of normal endplates

级 11 例; VI 级 14 例(图 2)。两位医师评估终板损伤的一致性较高[Cohen's kappa 系数为 0.816(95%CI: 0.724~0.908), $P < 0.001$]。

2.2 终板损伤与 Modic 改变的关联性

Modic 改变评估结果如下: 85 个终板中 51 个终板无 Modic 改变, 34 个终板存在 Modic 改变; 参照本研究细化后的 Rajasekaran 分级评估结果, I、II、III 级终板均不存在 Modic 改变, V、VI 级终板均存在 Modic 改变; 在 16 例 IV 级终板中, 7 个不存在 Modic 改变, 9 个存在 Modic 改变。Cochran-Armitage 检验分析示 $P < 0.000 5$, 说明终板损伤程度与 Modic 改变存在线性趋势, 即终板损伤程度越重, 越容易出现 Modic 改变(表 2)。

3 讨论

CEP 病变被认为是引起椎间盘退变而引起下腰痛的主要原因之一^[8]。CEP 在椎间盘与椎体之间运输营养物质时发挥重要作用^[9], 当 CEP 发生病变(包括变薄、缺损和钙化)时会阻碍营养物质向椎间盘输送, 其损伤后引起的椎间盘内营养供给减少被认为是椎间盘退变发生的主要因素。MRI 是一种评估腰椎病变的理想技术, 能够清晰展示椎间盘的解剖结构, 在组织间具有良好对比度, 没有辐射^[10]。Rajasekaran 等^[3]根据传统磁共振 T1WI 将终板分为 6 个等级(表 1), 并据此计算终板总分, 以 5 分作为“临界点”, 当总分超过 5 分, 椎间盘的机械环境和营养途径被破坏, 此时将不再适合干细胞、基因及合成生长因子这些生物治疗及新兴治疗措施, 仅能采用手术治疗, 然而他们观察的是整个终板, 并未区分 CEP 和 VEP。Chen 等^[4]认为 VEP 病变可能与相

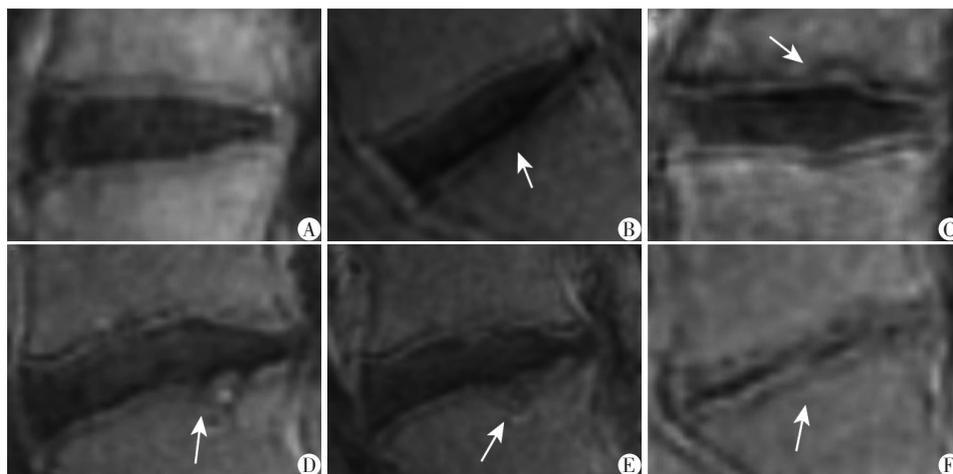


图2 UTE图像上6级终板典型表现
A: I级, CEP及VEP形态正常; B: II级, CEP局部变薄(白色箭头); C: III级, CEP虽有局灶凹陷(白色箭头), 但VEP完整, 终板整体仍是完整的; D、E: IV级(D)和V级(E), 终板损伤可见(白色箭头), 邻近见正常CEP及VEP; F: VI级, CEP及VEP几乎完全缺损(白色箭头), 伴椎间盘明显塌陷。

Figure 2 Representative subtracted UTE images of 6 endplate grades

表2 85个终板Modic改变分布情况

Table 2 Distribution of Modic changes of 85 endplates (n)

分级	Modic 改变		合计
	无	存在	
I 级	15	0	15
II 级	15	0	15
III 级	14	0	14
IV 级	7	9	16
V 级	0	11	11
VI 级	0	14	14
合计	51	34	85

邻的 CEP 病变有关, CEP 的完整性在一定程度上可反映 VEP 的完整性。CEP 具有短 T2 弛豫时间的特征, 在传统 MRI 上呈现为类似 VEP 的低信号^[11], 若仅存在 CEP 缺损而未累及 VEP, 那么常规 T1、T2 加权图像不能清晰区分两者并导致错误的终板评估分级, 后续将错误计算终板总分, 从而可能延误治疗。

本研究使用 UTE 成像技术来显示 CEP 这一具有短 T2 弛豫时间结构, 并将所得到的短 TE 图像减去长 TE 图像, 获得高质量、对比度强的 UTE CEP 图像, 在此图像上, 以结合水为主的 CEP 为高信号, VEP 为低信号, 应用后处理剪影技术去除了相邻髓核、纤维环的影响, 清晰显示 CEP 和 VEP, 且易于区分, 本研究中两位放射医师间一致性的高评估系数证明 UTE 成像技术评估 CEP 具有可行性。

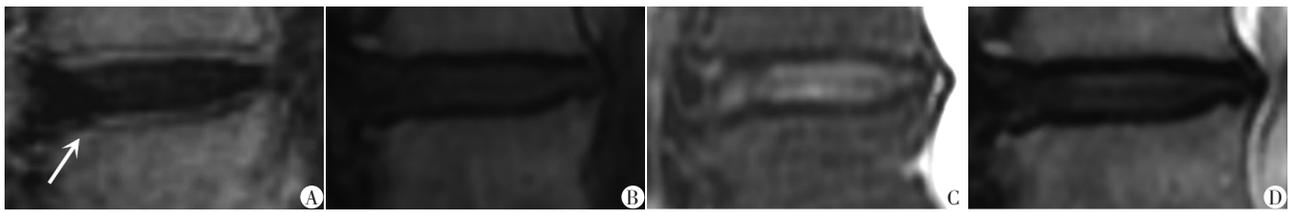
Chen 等^[4] 研究表明, CEP 损伤是 VEP 损伤的启动因素, 当损伤累及到 VEP 时, 髓核突出表现为特征性的 schmorl 结节, 并可同时累及椎体骨髓(可有

骨髓水肿等表现), 此时可有 Modic 改变, 此为 Rajasekarank 分级中 III 级和 IV 级的区分点。

Rajasekarank 分级 III 级定义为终板虽有局灶性损伤但轮廓完好, 此类病例在本研究 UTE CEP 图像上显示为 CEP 有局部凹陷, 但整体尚连续且 VEP 未受累(图 2C), 因此椎体骨髓水肿未见, 未出现 Modic 改变。

Rajasekarank 分级 IV 级定义为终板缺损面积小于终板总面积的 25%, 且伴有 Modic 改变。此类病例在本研究 UTE 图像上显示为 CEP 损伤面积小于总面积的 25%, VEP 受累并累及椎体骨髓, Modic 改变出现(图 2D)。UTE 图像显示本研究 IV 级中还有 7 例 CEP 损伤面积小于 25%, 甚至仅为局灶性损伤, 这类 CEP 局灶性损伤病例在使用 T1WI 图像观察时均呈阴性表现, 但可以在 UTE 图像上明确显示出 CEP 的局部中断(图 3), 并可见尚未累及或未完全累及 VEP, 未出现 Modic 改变。笔者推测此时可能处于损伤早期, 即 CEP 损伤至 VEP 损伤的过渡期, 此时 VEP 并未或并未完全累及, 故无 Modic 改变, 因此本研究 Modic 改变并不作为 III 级与 IV 级的区分点。由此也可以反映出应用 UTE 成像技术不仅可以观察到常规 T1WI 中被忽略的病变, 正确计算终板损伤总分, 还可以较早观测 VEP 及椎体骨髓即将受累的迹象, 进而较早地采取临床干预, 减轻或减免患者的下腰痛症状。

Chen 等^[4] 在 UTE 图像上观察 CEP 损伤的形态, 然而他们仅是描述 CEP 形态上的不规则、变薄及缺损等表现, 而未区分 CEP 损伤的严重程度, 也未对



A: CEP局灶性缺损(白色箭头); B: T1加权图像呈阴性表现; C: T2压脂图像; D: T2加权图像, B~D图示损伤的终板附近未见Modic改变,提示损伤未累及椎体骨髓。

图3 CEP局灶性缺损UTE图像及常规MR图像表现

Figure 3 UTE and conventional MR images of focal defect in CEP

损伤面积具体量化。本研究在UTE图像上观察CEP的损伤程度、评估损伤面积,并观察VEP及椎体骨髓是否受累,是对Rajasekaran分级的细致探讨。Määttä等^[12]在Rajasekaran分级基础上研究了Modic改变与终板损伤的关联性,而本研究使用UTE成像技术不仅区分出了CEP与VEP,且可以看到Modic改变形成伴VEP损伤,对Modic改变形成过程有所补充。

最后,本研究还评估了85个终板中Modic改变存在的情况(表2)。Modic改变与下腰痛相关^[13-14],终板损伤后引起的Modic改变也是下腰痛患者的病因之一^[15-16]。I、II、III级终板均不存在Modic改变,V、VI级终板均存在Modic改变,Cochran-Armitage分析示损伤越严重的终板越容易出现Modic改变,但在IV级终板损伤的病例中,7例不存在Modic改变,9例存在Modic改变,本研究通过UTE图像发现这7例无Modic改变的病例均是仅累及CEP,但VEP未有或并未完全累及,椎体骨髓未受累(图3)。

为了针对性地观察CEP损伤以及对应终板与Modic改变间的关系,本研究排除了其他腰椎实质性病变及外伤等,以消除其他因素对CEP的影响。本研究的局限性主要在于未获得与分级相对应的组织学病理结果,并且样本量不大,后续研究将继续扩大样本量。此外,将计算椎间盘上下终板损伤总分并评估对应椎间盘的退变程度,观察两者之间的关系,以期获得新发现。

综上所述,UTE成像技术观察CEP具有可行性,可辅助临床评估CEP损伤程度,量化CEP损伤面积。此外,评估Modic改变的分布情况发现损伤越严重的终板越容易出现Modic改变。

[参考文献]

- [1] LIVSHITS G, POPHAM M, MALKIN I, et al. Lumbar disc degeneration and genetic factors are the main risk factors for low back pain in women: the UK twin spine study [J]. *Ann Rheum Dis*, 2011, 70(10): 1740-1745
- [2] CAO Y, GUO Q W, WAN Y D. Significant association between the T2 values of vertebral cartilage endplates and pfirrmann grading [J]. *Orthop Surg*, 2020, 12(4): 1164-1172
- [3] RAJASEKARAN S, VENKATADASS K, NARESH BABU J, et al. Pharmacological enhancement of disc diffusion and differentiation of healthy, ageing and degenerated discs: results from *in-vivo* serial post-contrast MRI studies in 365 human lumbar discs [J]. *Eur Spine J*, 2008, 17(5): 626-643
- [4] CHEN K C, TRAN B, BISWAS R, et al. Evaluation of the Disco - vertebral junction using ultrashort time - to - echo magnetic resonance imaging: inter-reader agreement and association with vertebral endplate lesions [J]. *Skeletal Radiol*, 2016, 45(9): 1249-1256
- [5] BAE W C, BISWAS R, CHEN K, et al. UTE MRI of the osteochondral junction [J]. *Curr Radiol Rep*, 2014, 2(2): 35
- [6] BERG-JOHANSEN B, HAN M, FIELDS A J, et al. Cartilage endplate thickness variation measured by ultrashort echo-time MRI is associated with adjacent disc degeneration [J]. *Spine*, 2018, 43(10): E592-E600
- [7] KIM Y J, CHA J G, SHIN Y S, et al. 3D ultrashort TE MRI for evaluation of cartilaginous endplate of cervical disk *in vivo*: feasibility and correlation with disk degeneration in T2-weighted spin-echo sequence [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 210(5): 1131-1140
- [8] LIU L, HE J Y, LIU C, et al. Cartilage intermediate layer protein affects the progression of intervertebral disc degeneration by regulating the extracellular microenvironment (Review) [J]. *Int J Mol Med*, 2021, 47(2): 475-484
- [9] WONG J, SAMPSON S L, BELL-BRIONES H, et al. Nutrient supply and nucleus pulposus cell function: effects of the transport properties of the cartilage endplate and potential implications for intradiscal biologic therapy [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2019, 27(6): 956-964
- [10] CHOU R, QASEEM A, SNOW V, et al. Diagnosis and treatment of low back pain: a joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society [J]. *Ann Intern Med*, 2007, 147

- (7):478-491
- [11] 陈宁,郎宁,袁慧书. 超短回波时间MRI用于腰椎间盘软骨终板成像[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(6):899-903
- [12] MÄÄTTÄ J H, RADE M, FREIDIN M B, et al. Strong association between vertebral endplate defect and Modic change in the general population [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):16630
- [13] XU L, CHU B, FENG Y, et al. Modic changes in lumbar spine: prevalence and distribution patterns of end plate oedema and end plate sclerosis[J]. *Br J Radiol*, 2016, 89(1060):20150650
- [14] 倪婷,徐磊,冯阳,等. 腰椎终板Modic改变与椎间盘退变对应关系及二者与下腰痛关系的分析[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2019, 39(2):237-241
- [15] DUDLI S, FIELDS A J, SAMARTZIS D, et al. Pathobiology of Modic changes [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(11):3723-3734
- [16] MU X, PENG W, YU C, et al. Modic changes of the lumbar spine-their association with the lumbar sagittal parameters: a retrospective imaging study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1):220
- [收稿日期] 2021-08-07
(本文编辑:陈汐敏)

(上接第369页)

- intest *Oncol*, 2020, 12(9):1005-1013
- [13] KAWACHI J, KASHIWAGI H, SHIMOYAMA R, et al. Comparison of efficacies of the self-expandable metallic stent versus transanal drainage tube and emergency surgery for malignant left-sided colon obstruction [J]. *Asian J Surg*, 2018, 41(5):498-505
- [14] AREZZO A, BALAGUE C, TARGARONA E, et al. Colonic stenting as a bridge to surgery versus emergency surgery for malignant colonic obstruction: results of a multicentre randomised controlled trial (ESCO trial) [J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(8):3297-3305
- [15] VAN HOOFT J E, BEMELMAN W A, OLDENBURG B, et al. Colonic stenting versus emergency surgery for acute left-sided malignant colonic obstruction: a multicentre randomised trial [J]. *Lancet Oncol*, 2011, 12(4):344-352
- [16] PIRLET I A, SLIM K, KWIATKOWSKI F, et al. Emergency preoperative stenting versus surgery for acute left-sided malignant colonic obstruction: a multicenter randomized controlled trial [J]. *Surg Endosc*, 2011, 25(6):1814-1821
- [17] ENDO S, KUMAMOTO K, ENOMOTO T, et al. Comparison of survival and perioperative outcome of the colonic stent and the transanal decompression tube placement and emergency surgery for left-sided obstructive colorectal cancer: a retrospective multi-center observational study "The CODOMO study" [J]. *Int J Colorectal Dis*, 2021, 36(5):987-998
- [18] KANG S I, OH H K, YOO J S, et al. Oncologic outcomes of preoperative stent insertion first versus immediate surgery for obstructing left-sided colorectal cancer [J]. *Surg Oncol*, 2018, 27(2):216-224
- [19] AVLUND T H, ERICHSEN R, RAVN S, et al. The prognostic impact of bowel perforation following self-expanding metal stent as a bridge to surgery in colorectal cancer obstruction [J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(1):328-336
- [20] HO K S, QUAH H M, LIM J F, et al. Endoscopic stenting and elective surgery versus emergency surgery for left-sided malignant colonic obstruction: a prospective randomized trial [J]. *Int J Colorectal Dis*, 2012, 27(3):355-362
- [21] CHOI J H, LEE Y J, KIM E S, et al. Covered self-expandable metal stents are more associated with complications in the management of malignant colorectal obstruction [J]. *Surg Endosc*, 2013, 27(9):3220-3227
- [收稿日期] 2021-07-01
(本文编辑:陈汐敏)