

## 动态增强 MRI 评价脊柱肿瘤血供与 DSA 的相关性

张永秋, 董伟华, 刘洪超, 孟小茜, 刘士远

**【摘要】** 目的 确定动态增强磁共振成像(DCE-MRI)在评价脊柱肿瘤血供与 DSA 染色的相关性。方法 40 例诊断为脊柱肿瘤的患者在行栓塞术前作 MR 检查。根据血管造影表现,肿瘤分为富血供组、中等血供组和乏血供组。通过对肿瘤强化区域的感兴趣区(ROI)分析,应用常规 MR 的强化程度和 DCE-MRI 参数评价肿瘤血供。结果 40 例肿瘤分为乏血供组(16 例)、中等血供组(12 例)和富血供组(12 例)。MRI 强化程度在乏血供组和富血供组间没有统计学差异( $P>0.05$ )。而 DCE-MRI 在两组间显示差异有统计学意义( $P<0.01$ )。而且相对于 MRI 强化程度,DCE-MRI 参数与 DSA 的关系更加密切。RSlopemax 临界值为 1.325 时预测乏血供肿瘤的特异度和灵敏度最高,分别为 100%和 87.5%,而临界值为 1.85 时用于预测富血供肿瘤的特异度和灵敏度最高,分别为 100%和 96.4%。结论 与常规 MRI 相比,DCE-MRI 可以更准确地评价脊柱肿瘤血供,而且显示与 DSA 更好的相关性。

**【关键词】** 磁共振成像; 动态; 脊柱肿瘤; 栓塞; 新生血管

中图分类号:R681.53 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2016)-03-0214-06

Correlation between dynamic contrast-enhanced MRI findings and DSA manifestations in the evaluation of blood supply of spinal tumors ZHANG Yong-qiu, DONG Wei-hua, LIU Hong-chao, MENG Xiao-qi, LIU Shi-yuan. Department of Medical Imaging, Affiliated Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

Corresponding author: LIU Shi-yuan, E-mail: cjr.liushiyan@vip.163.com

**【Abstract】** Objective To investigate the clinical application of dynamic contrast-enhanced MRI (DCE-MRI) in evaluating the blood supply of spinal tumors and to discuss the correlation between DCE-MRI findings and DSA manifestations. Methods Preoperative DCE-MRI was performed in 40 patients with spinal tumors. According to the angiographic manifestations, the tumors were classified into hypervascular group, moderate blood supply group and hypovascular group. By analyzing the region of interest (ROI) in enhanced area, the blood supply of tumor was evaluated by the enhancement degree on routine MRI as well as by the parameters of DCE-MRI. Results The forty spinal tumors were divided into hypovascular group ( $n=16$ ), moderate blood supply group ( $n=12$ ) and hypervascular group ( $n=12$ ). No statistically significant difference in MRI enhancement degree existed between the hypovascular group and the hypervascular group ( $P>0.05$ ). DCE-MRI parameters provided much better evaluation ability in differentiating the hypovascular from the hypervascular lesions, and the difference between the two groups was statistically significant ( $P<0.01$ ). Compared with MRI enhancement degree, DCE-MRI parameters were more closely correlated with DSA manifestations. When the cut-off value of RSlopemax was 1.325, the specificity and sensitivity for predicting the hypovascular tumors were the highest (100% and 87.5% respectively), while if the cut-off value of RSlopemax was 1.85 the specificity and sensitivity for predicting the hypervascular tumors were the highest (100% and 96.4% respectively). Conclusion Compared with the conventional MRI, DCE-MRI can more accurately evaluate the blood supply of spinal tumors, and DCE-MRI parameters correlate well with DSA

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2016.03.008

作者单位: 200003 上海 第二军医大学附属长征医院影像科(张永秋、董伟华、刘洪超、孟小茜、刘士远);解放军第八五医院影像科(张永秋)

通信作者: 刘士远 E-mail: cjr.liushiyan@vip.163.com

manifestations.(J Intervent Radiol, 2016, 25: 214-219)

【Key words】 magnetic resonance imaging; dynamics; spinal neoplasm; embolization; neovascularization

在转移性或原发性脊柱肿瘤引起的脊髓压迫症的治疗中手术发挥着重要作用<sup>[1-3]</sup>。多种因素引起的术中失血是外科手术的一个最严峻的挑战<sup>[3-6]</sup>，一些回顾性研究发现术前栓塞可以减少术中失血，特别是富血供脊柱肿瘤例如转移肾细胞癌的术中出血，在肿瘤完全切除术中可以提高肿瘤和邻近组织的可视化，故而已经成为了一种标准的手术方式<sup>[6-8]</sup>。然而，术前 DSA 和栓塞都属有创性操作，不仅增加了成本，还增加了潜在的风险，例如脊髓梗死<sup>[9]</sup>、麻痹症状<sup>[10]</sup>等。而且，近期有研究表明术前栓塞对治疗乏血供脊柱肿瘤的意义不大<sup>[8]</sup>。因此，也许很有必要在术前区别富血供和乏血供脊柱肿瘤，因而可以避免不必要的 DSA 和栓塞以及潜在的并发症。但现有的常规 CT 和 MRI 都不能满足需求<sup>[8,11-12]</sup>。

动态增强磁共振成像(DCE-MRI)是一种成熟的技术，其可以在注射后立即测量组织中的钆浓度变化而且可以提供血管成像和灌注数据，已被广泛应用于脑和乳房的研究<sup>[13]</sup>。有研究已经揭示了DCE-MRI 在诊断、治疗和管理脑和乳房以外的疾病的潜在作用，应用于脊柱疾病，其可以提供脊柱肿瘤的脉管形成、灌注、毛细血管的通透性以及间质空间的体积等信息<sup>[14-15]</sup>。推测 DCE-MRI 可能比常规 MRI 更加准确地鉴别富血供和乏血供脊柱肿瘤，从而可能避免脊柱肿瘤术前的有创血管造影。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2012 年 7 月—2014 年 1 月，40 例患者中 40 个初诊位于 T1 和骶骨之间的孤立性病变，其中，男 24 例，女 16 例；年龄 16~74 岁，平均 47 岁。所有患者在术前 DSA 及栓塞之前的 1 周内进行 MRI 和 DCE-MRI。排除接受过电动装置或固定装置(因为会产生大量伪影)植入术的患者。所有病灶在栓塞术或经病理证实后的 3 d 内切除，切除的病灶均大于 1 cm，以便于选择感兴趣区(ROI)并避免部分容积平均伪影。本研究经医院审查委员会批准，所有患者或其监护人签署知情同意书。

### 1.2 方法

1.2.1 MR 成像 采用 Philips Achieva 3.0T TX MR, Sense Spine 15-ch 线圈。DCE-MRI 成像过程如下：注射对比剂前先采集 1 个时相图像作为蒙片，

然后用高压注射器经右侧肘静脉注入 Gd-DTPA，剂量为 0.1 mmol/kg 体重(相当于 1 ml/4.5 kg 体重，最大剂量 20 ml)，注射流率 2.0 ml/s；注射对比剂之后使用 20 ml 生理盐水以相同速度冲洗，对比剂注射的同时开始扫描，采用 T1 快速回波(TFE)序列，参数为：TR 3.0 ms, TE 1.38 ms, 施加 10° 翻转角，矩阵 208×167, FOV=30 cm。连续无间断扫描 20 期。根据病灶大小，动态扫描时间长短可能不等，每期 4~6 s，总计约 1 min 40 s。每期 100 幅图像，每例患者总计获得 2 000 幅动态扫描图像。

对所有患者，在注射钆特酸葡胺前以及注射后 3~5 min 获得常规 MR 成像序列，包括：T1 加权自旋回波序列，TR 450 ms、TE 7 ms，以及 T2 加权快速自旋回波序列，TR 3 260 ms、TE 90 ms，参数为：采集矩阵 200×300、视野 33 cm、矢状面上层厚 4~6 mm、层间距为 0.4 mm。

1.2.2 图像后处理 使用 Philips Extended MR 工作站配置的动态增强 View Forum EMR 分析软件对 DCE-MR 图像进行后处理。应用 ROI 方法对团注对比剂后 100 s 内的图像进行评估。ROI 的选择是以手动光标的方法在显示屏上勾画，这些操作由 1 名具有 5 年以上经验的骨组阅片医师完成。在所有序列上选取最佳 ROI。小心将 ROI 扩大至包含大部分病灶，同时又不包含病灶边缘、外观正常的骨髓、终板、退行性变以及血管(包括椎体静脉丛)。然后根据所选 ROI 的信号强度相对于时间绘制时间-信号强度曲线(TIC)，反映正常组织和肿瘤成分的不同增强模式。这些 TIC 代表了微血管灌注，是对比剂的药代动力学在第 1 次灌注中或灌注后即刻的图像模式。可以分为 4 种类型<sup>[16-17]</sup>：I 型表现为初始迅速上升的斜坡，而后是缓慢的上升阶段；II 型是早期阶段迅速上升，达到峰值后转为平稳状态；III 型表现为缓慢的倾斜曲线；IV 型表现为基本平坦的 TIC。在所生成的 TIC 上，应用 View Forum EMR 计算描述灌注功能的下列参数：增强的最大上升斜率(Slopemax)、绝对最大增强(Emax)、相对最大增强(ERmax)和到峰值增强时间(Tpeak)。斜率代表第 1 次灌注时组织的最大增强，其主要由血管和组织灌注确定。为了尽量减少患者的个体差异，我们还计算了病灶(Slopemaxlesion)和相邻正常椎体(Slopemax-normal)的 Slopemax 比率(RSlopemax)。绝对增强

(Emax)是与对比剂到达之前的组织中 SI 相比,增加的 SI 最大值,由此也可得到信号强度(SIpre, SImax)和时间(Tpre, Tpeak),其中 SIpre 定义为预对比信号强度,SImax 是最大对比增强对应的信号强度,Tpre 和 Tpeak 是分别对应于 SIpre 和 SImax 的时间。动态灌注参数可以用下面公式计算而得:

$$\text{Slopemax} = \frac{\text{SImax} - \text{SIpre}}{\text{SIpre} \times (\text{Tpeak} - \text{Tpr})} \times 100$$

$$\text{Emax} = \text{SImax} - \text{SIpre}$$

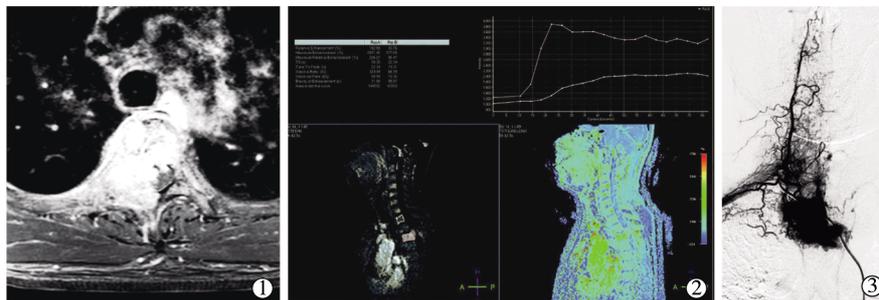
$$\text{ERmax} = \frac{\text{SImax} - \text{SIpre}}{\text{SIpre}} \times 100$$

$$\text{RSlopemax} = \frac{\text{Slopemax}_{\text{lesion}}}{\text{Slopemax}_{\text{normal}}}$$

1.2.3 MR 图像分析 脊柱肿瘤的诊断由 2 名具有 5 年以上脊柱 MRI 经验的放射科医师在盲法下进行。患者栓塞前接受钆增强 MRI 前后的肿瘤血供采用 Thix 的方法分为 3 级<sup>[12]</sup>。1 级:没有强化,或与相邻正常椎体比较有微弱的强化;2 级:中等强化;3 级:明显强化,或观察到流空血管、肿瘤内出血。

1.2.4 DSA 和血供分类 所有患者均在局部麻醉

后,通过经皮股动脉穿刺的方式进行脊柱血管造影。对每个供血血管都进行单平面 DSA 成像(Philips Allura FD 20)以得到病灶的血供,同时,通过 5 F 导管使用高压注射器注射非离子型对比剂(Lopamiro™, Iopamidol)后进行选择性血管造影。上胸段病变的血管造影包括评估双侧椎动脉、锁骨下动脉、甲状颈干、肋颈动脉和最上肋间动脉。对较低的胸椎和上腰椎病变,血管造影评估包括病变所在水平的双侧椎体以及至少 1 个相邻的上下椎体动脉。对于较低的腰骶病变,血管造影评估包括髂外和髂内动脉以及骶正中动脉。根据肿瘤的 DSA 染色,每个病灶都被赋予 1 个血供等级(1~3 级)。判定血供的标准如下<sup>[12]</sup>,1 级为乏血供,病变没有染色或仅有微弱的染色;2 级为中等血供,即中等染色,比邻近椎体染色稍明显;3 级为富血供,病灶有丰富的染色。由 2 名医师单独阅片。如意见不一致,由第 3 名医师对不一致的图像进行评估,然后采取多数的意见用于数据分析。该方法中对 MR 图像分析结果都是盲性的,见图 1。



①MRI 强化程度为 3 级;②ROI 的选择是以手动光标的方法在显示屏上勾画,其中红色 ROI 代表该病灶的增强最显著部位。邻近的椎体也用手工圈点作为参照组织(白色)。所选 ROI 的信号强度相对于时间绘制成时间-信号强度曲线(TIC)。所得 RSlopemax、Slopemax、Emax、ERmax 和 TTP 值分别为 4.89、324.49、2611.40、206.27 和 22.34;③右肋颈动脉的血管造影,显示有显著的肿瘤充盈及动静脉分流(3 级血供分布),认为是富血供肿瘤

图 1 39 岁男性上胸段病变(嗜铬细胞瘤)

### 1.3 统计学分析

统计分析采用 SPSS 18.0 软件。采用统计分析确定 MRI(常规 MRI 和 DCE-MRI 参数)和 DSA 染色间的关系。根据每个病灶的最终血管造影表现,我们研究了常规 MRI 强化程度分布和 DCE-MR 参数水平分布。所有数据均以平均值、标准差、最大值和最小值表示。同时,计算 Spearman 相关系数以确定血管造影评价血供与 MRI 强化程度之间的相关性。

结果可以分类为差(<0.4)、中(0.4~0.59)、强(0.6~0.79)或优(0.8 以上)<sup>[17]</sup>。我们将患者分为乏血供和非乏血供组(中等和富血供),或富血供和非富

血供组(中度和乏血供),并通过受试者工作特征曲线(ROC)分析以评估判断能力。而后,在 RSlopemax、Slopemax、Emax、ERmax 和 TTP 的整个范围内,对应每个临界值绘制灵敏度相对于(1-特异性)的曲线,即为 ROC 曲线,并评估曲线下面积(AUC)和置信区间(CI)。灵敏度和特异度总和最大的临界值被确定为左上角的点。P<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

根据 DSA 表现,40 个肿瘤分为乏血供组(1 级,16 例),中等血供组(2 级,12 例)和富血供组(3 级,12 例)。40 例患者病变的发病部位,其中发生在胸

椎 17 例, 腰椎 10 例, 骶椎 13 例。外科切除术后的病理学分布: ①恶性病变(33 例), 包括脊索瘤(5 例)、淋巴瘤(4 例)、骨肉瘤(2 例)、多形性细胞肉瘤(1 例)、恶性周围神经鞘膜瘤(1 例)以及转移瘤(14 例, 来自肾癌 3 例、肝细胞癌 5 例、肺癌 4 例和嗜铬细胞瘤 2 例)。②良性病变(7 例), 包括血管瘤(6 例)和骨瘤(1 例)。良性病变的患者的年龄平均 42 岁, 恶性病变的患者的年龄平均 54 岁, 差异具有统计学意义( $P=0.049$ )。

## 2.1 MRI 表现

根据 MRI 肿瘤血供分级, 40 个肿瘤分为 1 级( $n=3$ )、2 级( $n=17$ )和 3 级( $n=20$ )。在血管造影中表现为乏血供的病变( $n=16$ )中, 3 例为 1 级, 5 例为 2 级, 8 例为 3 级; 在中等血供病变( $n=12$ )中, 9 例为 2 级, 3 例为 3 级; 而在富血供病变( $n=12$ )中, 3 例为 2 级, 9 例为 3 级。DSA 染色和 MRI 增强之间的 Spearman 相关系数为 0.229( $P=0.155$ ), 表明与 DSA 染色之间的不相关。利用 MR 强化程度来鉴别乏血供( $P=0.057$ )和富血供病变( $P=0.619$ )差异无统计学意义。

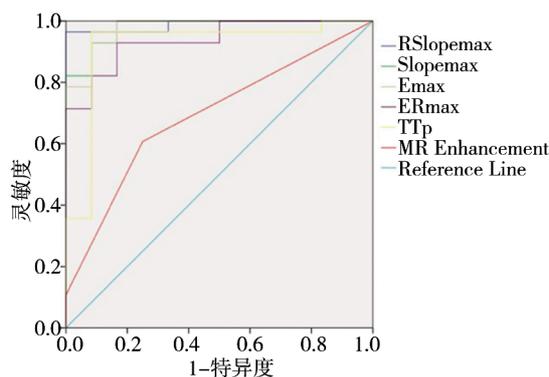
## 2.2 DCE-MRI 特征

在 DSA 中表现为乏血供的病灶( $n=16$ )中, 2 例为 II 型, 9 例为 III 型, 5 例为 IV 型; 在中等血供的病灶( $n=12$ )中, 4 例为 I 型, 8 例为 II 型; 而在富血供病灶( $n=12$ )中, 7 例为 I 型, 5 例为 II 型。在良性病灶( $n=7$ )中, 1 例为 I 型, 3 例为 II 型, 2 例为 III 型, 1 例为 IV 型。而在恶性病灶( $n=33$ )中, 9 例为 I 型, 12 例为 II 型, 8 例为 III 型, 4 例为 IV 型。DCE-MRI 各个参数和 DSA 染色之间的 Spearman 相关系数分别为: 0.899(RSlopemax)、0.847(Slopemax)、0.694(ERmax)和 -0.587(TTP), 表明 DCE-MRI 参数能很好地预测脊柱肿瘤的血供( $P<0.001$ )。

RSlopemax、Slopemax、Emax、ERmax 和 TTP 用于预测乏血供脊柱肿瘤的 AUC 分别为 0.971、0.930、0.792、0.818 和 0.732。RSlopemax 在临界值为 1.325 时的灵敏度和对应的最高特异度分别为 87.5% 和 100%, Slopemax 在临界值为 50.25(灵敏度为 81.2%, 特异度为 95.8%), Emax 在临界值为 660.88(灵敏度为 43.7%, 特异度为 95.8%), ERmax 在临界值为 119.15(灵敏度为 75.0%, 特异度为 87.5%), 而 TTP 在临界值为 65.185(灵敏度为 93.8%, 特异度为 62.5%) 时能得到最佳的诊断性能。

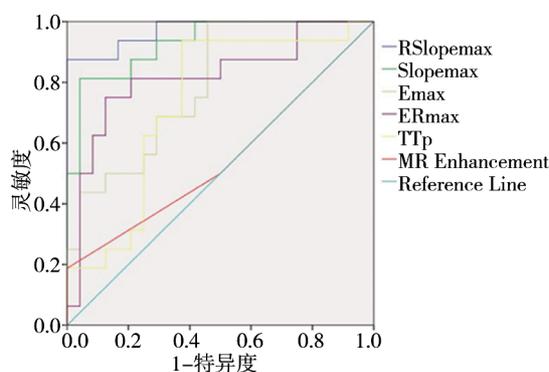
DCE-MRI 各个参数用于预测富血供脊柱肿瘤的 AUC 分别为 0.988、0.979、0.976、0.937 和 0.920。RSlopemax 临界值为 1.870 时的灵敏度和对应的特

异度分别为 100% 和 96.4%, 而 Slopemax 在临界值为 142.27(灵敏度为 83.3%, 特异度为 100%), Emax 在临界值为 1424.36(灵敏度为 83.3%, 特异度为 100%), ERmax 在临界值为 183.025(灵敏度为 83.3%, 特异度为 92.9%) 和 TTP 在临界值为 53.180(灵敏度为 91.7%, 特异度为 96.4%) 时能提供最佳的诊断性能。DCE-MRI 参数在预测乏血供(图 2)和富血供(图 3)肿瘤时提供了更好的诊断性能。如表 1 所示。



蓝线、绿线、棕线、紫线、黄线和红线分别代表 RSlopemax、Slopemax、Emax、ERmax、TTP 和 MR 强化程度的 ROC 曲线。DCE-MR 参数和 MR 强化程度的 ROC 曲线下面积(AUC) 如表 1 所示

图 2 用于判断乏血供脊柱肿瘤的 RSlopemax、Slopemax、Emax、ERmax、TTP 以及 MR 强化程度的 ROC 曲线



蓝线、绿线、棕线、紫线、黄线和红线分别代表 RSlopemax、Slopemax、Emax、ERmax、TTP 和 MR 强化程度的 ROC 曲线。DCE-MR 参数和 MR 强化程度的 ROC 曲线下面积(AUC) 如表 1 所示

图 3 用于判断富血供脊柱肿瘤的 RSlopemax、Slopemax、Emax、ERmax、TTP 以及 MR 强化程度的 ROC 曲线

## 3 讨论

在脊柱肿瘤血管栓塞术前鉴别血供程度有着显著的临床意义。由于会产生严重的伪影, 动态增强 CT 一般不用于脊柱肿瘤的血供评价, 而常规

表 1 动态增强曲线与常规 MR 评价脊柱肿瘤血供的 ROC 曲线参数对照

血供类型		AUC	95%CI	Sens(%)	Spec(%)	P value	Cutoff
乏血供	RSlopemax	0.971	0-1	87.5	100	<0.001*	1.325
	Slopemax	0.93	0.842-1	81.2	95.8	<0.001*	50.25
	Emax	0.792	0.654-0.929	43.7	95.8	0.002*	660.88
	ERmax	0.818	0.673-0.962	75	87.5	0.001*	119.15
	TTP	0.732	0.57-893	93.8	62.5	0.014*	65.185
	常规 MRI 强化	0.547	0.355-0.738	18.8	100	0.619	1.5
富血供	RSlopemax	0.988	0-1	100	96.4	<0.001*	1.87
	Slopemax	0.979	0-1	83.3	100	<0.001*	142.27
	Emax	0.976	0.864-1	83.3	100	<0.001*	1 424.36
	ERmax	0.937	0-1	83.3	92.9	<0.001*	183.025
	TTP	0.92	0-1	91.7	96.4	<0.001*	53.18
	常规 MRI 强化	0.692	0.520-0.864	75	60.7	0.057	2.5

\* 差异有显著统计学意义, AUC=曲线下面积, CI=置信区间, Sens=灵敏度, Spec=特异度, RSlopemax=病变与相邻正常椎体的最大斜率之比; Slopemax=最大斜率; Emax=最大强化值; ERmax=最大强化率; TTP=达峰时间

MRI 会产生较高的假阳性率,包括对比增强、血管的流空效应或瘤内出血,以及动静脉分流等,其阳性预测值只有 77%<sup>[11]</sup>。因此,在临床实践中,目前尚缺乏用于评估脊柱肿瘤血供的有效工具。

我们的研究表明 DCE-MRI 在富血供和乏血供脊柱肿瘤可以有不同表现。Khadem 等<sup>[14]</sup>回顾性研究中,比较应用常规 MRI 和 DCE-MRI 在 26 例患者中鉴别富血供和乏血供脊柱肿瘤转移。基于肿瘤病理学,他们的研究发现与常规 MR 成像相比,DCE-MR 成像可能是一个更准确的技术。然而,仍然有些问题需要注意。首先,他们是基于肿瘤病理学对肿瘤血供进行分类。众所周知,由于不同的血管生成,即使是同一病理类型的肿瘤也可能有不同的血供。我们认为用于评估血供的金标准的 DSA 表现,能够更可靠地反映肿瘤血管分布。其次,由于其应用在临床实践并没有广泛接受,我们没有对标准 MRI 增强信号进行定量分析。虽然存在以上的不同点,我们的结果仍与 Khadem 等<sup>[14]</sup>、Prabhu 等<sup>[11]</sup>和 Thiox 等<sup>[12]</sup>的结果相一致,都认为常规 MRI 不能有效地评价脊柱肿瘤的血供。Mazura 等<sup>[18]</sup>回顾性研究中,共入组 10 例患者的 11 个有病变的椎体,他们的结论也显示从 DCE-MRI 生成的脑血流速率与造影表现对诊断 DSA 具有统计学显著相关性,这与我们的结论相似。

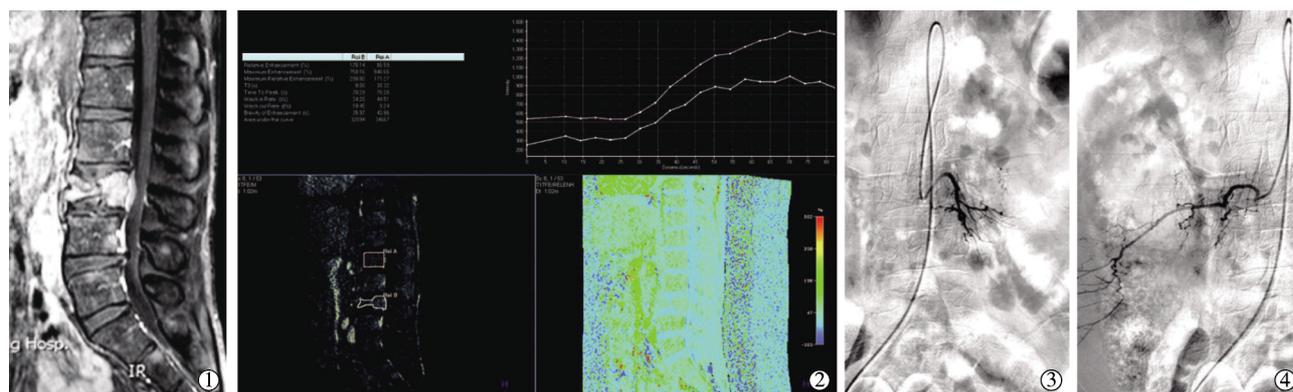
DCE-MRI 允许进行体内微循环的生理学成像,提供血管分布的相关信息。目前,它的应用方向主要用于肿瘤,包括肿瘤诊断、指导治疗计划、预测治疗反应和评估疗效。DCE-MRI 依赖于高时间分辨率的快速成像技术,并提供体内微血管环境相关的生理参数的定量估计。最近技术的进步,例如平行成像和高磁场部件,使我们能够在数秒钟的时间内获得连续的 DCE-MRI 图像,这是评估微血管循环的

关键。由于有更高的时间分辨率,DCE-MRI 扫描所需要的时间并不明显长于常规 MRI 扫描时间,在临床实践中是完全可以接受的。DCE-MRI 信号强度随时间变化可以体现肿瘤微环境的通透性和灌注的变化,而从 DCE-MRI 扫描获得的 DCE 参数可以确定不同的血流动力学特征,而且更能以定量的方式评价病变。我们的研究发现,RSlopemax、Slopemax、ERmax 和 Tpeak 在富血供和乏血供肿瘤间具有显著差异。

DCE-MRI 比常规标准 MRI 能更好地评估脊柱肿瘤的血供,主要基于以下原因。首先,注射对比剂后,常规 MRI 只能显示肿瘤某一点的通透性,而不是灌注的全过程。尤其当 TIC 显示为缓慢倾斜的曲线时(Ⅲ型),常规 MR 在扫描时会显示很高的强化程度,而与邻近的正常椎体相比,DSA 中正常血管造影常常表现为弱或中等强度的肿瘤染色(图 4)。我们的研究中,16 个判定为乏血供病变(Ⅲ型 TIC)中,有 5 例的常规 MR 增强表现为明显强化(3 级),这也是导致常规 MRI 的结果中具有较高的假阳性结果的一个原因。其次,DCE-MRI 可以提供定量数据,这更有利于血供的目标研究。而常规的 MR 通常不能提供定量分析。最后,虽然以前的研究发现,DCE-MRI 不能单独作为良性和恶性肿瘤的指标,其仍然可以与其它 MR 技术联合使用以提高诊断性能<sup>[19]</sup>。

此文中,我们引入了病灶和邻近正常骨组织的 Slopemax 的比率(RSlopemax)以尽量减少患者之间的个体差异。我们发现 RSlopemax 临界值为 1.325 和 1.870 时可以提供最佳的评价结果。我们相信这个参数可以用于术前脊柱肿瘤血供分级,并有助于选择治疗方案。

本文的不足之处包括样本量较小,而且感兴趣区域完全是手工选择的。此外,因为金属伪影,我们



①MRI 强化程度为 3 级;②所得 Rslopemax、slopemax、Emax、ERmax 和 TTP 值分别为 0.768、34.20、750.16、298.80 和 70.29;③④双侧腰动脉血管造影显示肿瘤的染色程度较低,相同于邻近正常椎体的充盈度(1 级血供分布),为乏血供肿瘤

图 4 67 岁男性腰椎病变患者的常规 MRI 增强(转移性肝癌)

排除了有植入内固定的患者。其它的局限性还包括缺乏客观的病理评估,如微血管密度等。因此,我们未来的研究目标是应用大规模的前瞻性研究来比较 DCE-MRI 参数与病理结果,我们相信这种研究也将证实 DCE-MRI 在鉴别富血供和乏血供脊柱肿瘤方面有较好的精确度。

总之,虽然本研究存在局限性,我们的结果仍然表明,与常规 MRI 相比,在没有增加扫描时间的同时,DEC-MRI 可以更加准确地评估脊柱肿瘤的血供,与 DSA 具有更好的相关性,在决定是否需要栓塞等术前评估中具有潜在临床价值。

#### [参考文献]

- [1] Nair S, Gobin YP, Leng LZ, et al. Preoperative embolization of hypervascular thoracic, lumbar, and sacral spinal column tumors technique and outcomes from a single center[J]. *Interv Neuroradiol*, 2013, 19: 377-385.
- [2] Mavrogenis AF, Rossi G, Rimondi E, et al. Palliative embolization for osteosarcoma[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24: 1351-1356.
- [3] 吴少杰, 唐 仪, 杨厚林, 等. 介入栓塞在脊柱肿瘤外科手术中的应用[J]. *介入放射学杂志*, 2014, 23: 993-996.
- [4] 吕银章, 王 南, 徐安辉, 等. 椎体肿瘤外科手术前经导管血管栓塞术的应用[J]. *介入放射学杂志*, 2014, 23: 1073-1076.
- [5] Corcos G, Dbjay J, Mastier C, et al. Cement leakage in percutaneous vertebroplasty for spinal metastases a retrospective evaluation of incidence and risk factors[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39: E332-E338.
- [6] Puvanesarajah V, Lina IA, Liauw JA, et al. Desmoid tumor formation following posterior spinal instrumentation placement[J]. *Evid Based Spine Care J*, 2013, 4: 137-142.
- [7] Ozkan E, Gupta S. Embolization of spinal tumors: vascular anatomy, indications, and technique[J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2011, 14: 129-140.
- [8] Robial N, Charles YP, Bogorin I, et al. Is preoperative embolization a prerequisite for spinal metastases surgical management? [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2012, 98: 536-542.
- [9] 欧阳强, 董伟华, 肖湘生, 等. 脊柱肿瘤术前靶动脉栓塞[J]. *介入放射学杂志*, 2004, 13: 43-45.
- [10] Jackson RJ, Loh SC, Gokaslan ZL. Metastatic renal cell carcinoma of the spine surgical treatment and results[J]. *J Neurosurg*, 2001, 94(1 Suppl): 18-24.
- [11] Prabhu VC, Bilsky MH, Jambhekar K, et al. Results of preoperative embolization for metastatic spinal neoplasms[J]. *J Neurosurg*, 2003, 98(2 Suppl): 156-164.
- [12] Thiex R, Harris MB, Sides C, et al. The role of preoperative transarterial embolization in spinal tumors. A large single-center experience[J]. *Spine J*, 2012, 13: 141-149.
- [13] 李二妮, 周纯武, 李 静, 等. 3.0 TMR 动态增强扫描对乳腺良恶性疾病的鉴别诊断价值[J]. *实用放射学杂志*, 2013, 29: 891-894.
- [14] Khadem NR, Karimi S, Peck KK, et al. Characterizing hypervascular and hypovascular metastases and normal bone marrow of the spine using dynamic contrast-enhanced MR imaging[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2012, 33: 2178-2185.
- [15] Fayad LM, Jacobs MA, Wang X, et al. Musculoskeletal tumors how to use anatomic, functional, and metabolic MR techniques [J]. *Radiology*, 2012, 265: 340-356.
- [16] Tokuda O, Hayashi N, Taguchi K, et al. Dynamic contrast-enhanced perfusion MR imaging of diseased vertebrae analysis of three parameters and the distribution of the time-intensity curve patterns[J]. *Skeletal Radiol*, 2005, 34: 632-638.
- [17] 李彩霞, 任 仙, 任翠萍, 等. MR 动态增强鉴别良恶性骨肿瘤及肿瘤样病变的价值[J]. *临床放射学杂志*, 2011, 30: 1497-1500.
- [18] Mazura JC, Karimi S, Pauliah M, et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance perfusion compared with digital subtraction angiography for the evaluation of extradural spinal metastases a pilot study[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39: E950-E954.
- [19] De Coninck T, Jans L, Sys G, et al. Dynamic contrast-enhanced MR imaging for differentiation between enchondroma and chondrosarcoma[J]. *Eur Radiol*, 2013, 23: 3140-3152.

(收稿日期:2015-12-02)

(本文编辑:俞瑞纲)