

DCE-MRI 纹理分析鉴别宫颈鳞癌与腺癌及预测分级的价值

谢元亮, 牡丹, 谢伟, 王翔, 江燕萍

【摘要】 目的:探讨基于动态增强 MRI(DCE-MRI)的影像组学特征鉴别宫颈鳞癌与腺癌及预测肿瘤分级的价值。**方法:**回顾性分析 2016 年 1 月—2018 年 6 月本院经手术病理证实且行子宫 DCE-MRI 的 39 例宫颈癌患者的临床和影像资料。分析宫颈癌的常规 MRI 表现,对 DCE-MRI 数据进行后处理,获得最大强化率(ME)和最大相对强化率(MRE)伪彩图,对病灶进行手动分割后提取一阶灰度直方图和二阶纹理特征共 64 个特征参数值。比较鳞癌与腺癌纹理特征参数值的差异,分析肿瘤纹理特征参数值与病理分级和分化程度的相关性。采用 ROC 曲线分析有统计学差异的纹理特征对腺癌和高 FIGO 分期的预测价值。**结果:**64 个纹理参数中,基于 MRE 图提取的 13 个纹理特征参数和基于 ME 图提取的 1 个纹理特征在鳞癌与腺癌间的差异有统计学意义($P < 0.05$)。在 MRE 图提取的纹理特征参数中,3 个灰度区域大小矩阵(GLSZM)和 2 个灰度游程长度矩阵(GLRLM)特征参数与肿瘤的 FIGO 分级呈正相关($r = 0.332 \sim 0.392$, $P = 0.014 \sim 0.039$)。多参数预测宫颈腺癌的 AUC 为 0.830(95%CI: 0.675~0.931),预测 FIGO II b~III a 宫颈癌的 AUC 为 0.737(95%CI: 0.572~0.865),预测低分化肿瘤的 AUC 为 0.705(95%CI: 0.537~0.840)。**结论:**基于 DCE-MRI 的纹理分析技术有助于在术前预测宫颈癌的组织病理学分型和 FIGO 分级,尤其是对腺癌与鳞癌的鉴别诊断有较大价值。

【关键词】 宫颈癌;磁共振成像;动态对比增强;影像组学;纹理分析;病理分级

【中图分类号】 R445.2;R737.33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)08-0835-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.08.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of texture analysis based on dynamic contrast-enhanced MRI for differentiating cervical adenocarcinoma from squamous cell carcinoma and its prediction of stages XIE Yuan-liang, DU Dan, XIE Wei, et al. Department of Radiology, the Central Hospital of Wuhan, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430014, China

【Abstract】 Objective: To explore the value for differentiating cervical adenocarcinoma (AC) from squamous cell carcinoma (SCC) and prediction of tumor stages using imaging histological features based on dynamic contrast enhanced MRI (DCE-MRI) scan. **Methods:** The clinical and imaging data of 39 cervical cancer patients proved by histopathology of our hospital from Jan 2016 to June 2018 were selected and analyzed. All underwent dynamic contrast enhanced MRI (DCE-MRI) scan before surgery. Conventional MRI characters were recorded and analyzed. Maximum enhancement (ME) map and maximum relative enhancement (MRE) map were obtained by postprocessing. Extraction of radiomic features were performed by manual segmentation of the whole lesion. Totally 64 texture features including histogram-based, second-class textural features were selected to compare between ACs and SCCs, and the correlations between radiomics features and tumors stages, differentiations were assessed respectively. ROC analysis in single texture feature and logistic regress model were used to evaluate the values of prediction for AC and higher FIGO stage of tumor. **Results:** Thirteen texture features on MRE map and one feature on ME map were shown to have statistical difference between SCC and AC ($P < 0.05$). Three gray-level size-zone matrix (GLSZM) and two gray-level run-length matrix (GLRLM) features were correlated with FIGO stages on MRE map ($r = 0.332 \sim 0.392$, $P = 0.014 \sim 0.039$). ROC analysis showed the AUCs of predictions of AC, FIGO II b ~ III a stages, and poor dif-

作者单位: 430014 武汉, 华中科技大学同济医学院附属武汉市中心医院放射科

作者简介: 谢元亮(1978—), 男, 江西于都人, 博士, 副主任医师, 主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 江燕萍, E-mail: yjp6@163.com

基金项目: 武汉市临床医学科研项目(WX14B07)

ferentiation of cervical cancer were 0.830 (95% CI: 0.675~0.931), 0.737 (95% CI: 0.572~0.865) and 0.705 (95% CI: 0.537~0.840) respectively. **Conclusion:** The radiomics features based on DCE-MRI can help to differentiate cervical adenocarcinoma from squamous cell carcinoma and to predict higher stages of local advanced cervical cancer before surgery, especially for the identification of AC.

【Key words】 Cervical cancer; Magnetic resonance imaging; Dynamic contrast-enhanced; Radiomics; Texture analysis; Pathological grade

子宫颈癌是女性生殖系统发病率最高的恶性肿瘤,组织学上主要为鳞状上皮癌,腺癌仅占 15%~20%^[1]。一般认为,腺癌对放射治疗的敏感性较鳞癌差,更易发生淋巴结转移和远处转移^[2]。MRI 对宫颈癌的诊断和分期具有很高的价值,但常规扫描序列对评估其组织类型和病理分级的价值有限^[3]。纹理分析通过数学和统计学分析,提取肿瘤的纹理特征参数进行客观、定量分析,能检测人眼不能识别的肿瘤组织的微观改变^[4]。近年来,基于表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)和动态增强(dynamic contrast enhancement, DCE)MRI 的纹理分析在肿瘤方面的应用研究逐渐增多^[5-6]。本研究拟采用全肿瘤容积纹理分析方法回顾性分析宫颈癌动态增强图像,探讨其在鉴别宫颈鳞癌与腺癌及预测 FIGO 分级中的价值。

材料与方法

1. 研究对象

将 2016 年 1 月—2018 年 6 月在我院住院治疗并有完整临床和病理资料的 51 例宫颈癌患者纳入分析。纳入标准:①术前、新辅助化疗和/或放疗前 2 周行 MRI 检查;②病理组织学结果为新辅助化疗或放疗前 2 周内获得;③使用 3.0T MR 成像仪。排除标准:①宫颈癌 FIGO Ia 期(4 例);②有活动性出血或阴道有填充物(2 例);③因各种伪影导致图像质量不合格(4 例);④合并子宫内膜癌、卵巢癌、直肠癌或膀胱癌(1 例);⑤宫内绝育器、妊娠状态(1 例)。共排除 12 例,最终纳入研究的共 39 例患者,年龄 33~76 岁,平均 49.3 岁。

2. MR 成像

使用 Philips Achieva TX 3.0T MR 成像仪和 32 通道体部相控阵线圈。受检者取仰卧位,头先进,双臂上举,适度充盈膀胱。扫描序列和参数如下。①横轴面和矢状面高分辨率 TSE T₂WI: TR 4800 ms, TE 120 ms, 视野 20 cm×20 cm, 矩阵 384×256, 层厚 3 mm, 间距 0.3 mm, 激励次数 4;②脂肪抑制盆腔横轴面和冠状面 TSE T₂WI: TR 550 ms, TE 3 ms, 层厚 4 mm, 间距 0.4 mm, 视野 350×320;③横轴面 TSE T₁WI: TR 550 ms, TE 14 ms, 层厚 4 mm, 间距

0.4 mm, 视野 35 cm×32 cm;④单次激发 SE-EPI 序列横轴面 DWI: TR 3800 ms, TE 98 ms, b 值取 0、600 和 1000 s/mm²;⑤DCE-MRI: TR 5.08 ms, TE 1.74 ms, 翻转角 15°, 视野 22 cm×20 cm, 体素大小 1.0 mm×1.0 mm×1.0 mm, 激励次数 1, 动态扫描 30 层, 扫描时间 4 min 26 s;⑥延迟扫描采用脂肪抑制 T₁WI, 扫描参数同平扫 T₁WI。对比剂为 Gd-DTPA, 采用双筒高压注射器经肘静脉团注, 剂量 0.1 mmol/kg, 注射流率 3 mL/s, 随后注射 20 mL 生理盐水。

3. 图像处理

将 MRI 数据传至高级工作站, 采用 DCE-MRI 数据生成最大强化值(maximum enhancement, ME)和最大强化率(maximum relative enhancement, MRE) mapping 灰度图。

4. 纹理分析

将 ME 和 MRE 图以 DICOM 格式导入基于 Matlab 程序平台开发的 Radiomics Tool 进行纹理特征的提取和分析。结合 T₂WI 及 T₁WI 增强图确认肿瘤边界, 首先在 T₂WI 上沿肿瘤边缘逐层手动勾画 ROI, 避开未被肿瘤填充的宫颈、宫腔和阴道后穹窿, 然后采用 ROI 映射方法, 使得 ME 和 MRE 图上的 ROI 与 T₂WI 图上的 ROI 一致。将肿瘤所有层面的 ROI 累加为一个 3D ROI(图 1~2), 计算其在 ME 和 MRE 图上的纹理特征:①一阶特征 4 个, 包括方差、偏度、峰度和熵;②灰度共生矩阵(gray-level co-occurrence matrix, GLCM)参数 4 个, 包括反差、自相关、能量和熵;③灰度游程长度矩阵(gray-level run-length matrix, GLRLM)参数 11 个, 包括短游程优势(short run emphasis, SRE)、长游程优势(long run emphasis, LRE)、灰度级分布(gray-level non-uniformity, GN)、游程分布(run length non-uniformity, RLN)、游程比(run percentage, RP)、低灰度游程优势(low grey-level run emphasis, LGRE)、高灰度游程优势(high grey-level run emphasis, HGRE)、短游程低灰度优势(short run low gray-level emphasis, SRLGE)、短游程高灰度优势(short run high gray-level emphasis, SRHGE)、长游程低灰度优势(long run low gray-level emphasis, LR-LGE)和长游程高灰度优势(long run high gray-level emphasis, LRHGE);④灰度区域大小矩阵(gray-level

size-zone matrix, GLSZM) 参数 13 个, 包括小区域优势 (small area emphasis, SAE)、大区域优势 (large area emphasis, LAE)、灰度级分布 (gray-level non-uniformity, GN)、区域大小分布 (zoom size non-uniformity, ZSN)、区域比 (zoon percentage, ZP)、低灰度区域优势 (low grey-level zoon emphasis, LGZE)、高灰度区域优势 (high grey-level zoon emphasis, HGZE)、小区域低灰度优势 (small area low grey-level emphasis, SALGE)、小区域高灰度优势 (small area high grey-level emphasis, SAHGE)、大区域低灰度优势 (large area low grey-level emphasis, LALGE)、大区域高灰度优势 (large area high grey-level emphasis, LAHGE)、灰度方差 (gray-level variance, GV) 和区域大小方差 (zoon size variance, ZV)。

5. 统计学分析

采用 SPSS 22.0 和 Medcalc 7.0 软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 非正态分布的数据采用中位数 (四分位数) 表示。计量资料的组间比较采用独立样本 Mann-Whitney U 检验; 肿瘤分级、分期与纹理特征的相关性采用 Spearman 相关分析; 采用二元 logistic 回归法对单因素分析中有统计学意义的变量进一步分析并预测概率, 使用受试者工作特征曲线 (ROC) 分析纹理特征预测宫颈腺癌、肿瘤分级和低分化肿瘤的诊断效能。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料及影像学征象的比较

39 例宫颈癌患者中鳞癌 30 例, 其中浸润性鳞癌 26 例, 乳头状癌 3 例, 梭形细胞鳞癌 1 例; 腺癌 9 例, 其中黏液腺癌 5 例, 恶性腺癌 2 例, 腺鳞癌 2 例。两组患者的基本临床特征和影像学特征及组间比较结果见表 1。

2. 鳞癌与腺癌的纹理特征差异

两组肿瘤在 MRE 和 ME 图像上提取的纹理参数值及组间比较结果见表 2。宫颈鳞癌的一阶统计特征中的偏度、方差和峰度, 灰度区域矩阵中的灰度方差 (GV)、小区域优势 (SAE)、低灰度区域优势 (LGZE) 和高灰度区域优势 (HGZE), 灰度游程长度矩阵中的短游程高灰度优势 (SRHGE)、长游程高灰度优势 (LRHGE) 和高灰度游程优势 (HGRE) 以及灰度共生矩阵中的反差 (contrast) 均显著性高于宫颈腺癌 ($P < 0.05$); 鳞癌的灰度区域矩阵中的大区域低灰度优势 (LALGE) 和小区域低灰度优势 (SALGE), 灰度游程长度矩阵中的低灰度游程优势 (LGRE) 和长游程低灰度优势 (LRLGE) 显著低于宫颈腺癌 ($P < 0.05$)。然

而, 在 ME 图提取的纹理特征中, 仅鳞癌的峰度高于腺癌 ($Z = 0.036, P < 0.05$), 其它特征的组间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 1 39 例宫颈癌临床和影像学特征

指标	鳞癌 (n=30)	腺癌 (n=9)	统计量	P 值
年龄 (岁)	55.8±10.2	59±11.0	$t = -0.820$	0.418
FIGO 分级			$\chi^2 = 1.0$	0.592 [*]
I b	6	2		
II a	14	4		
II b	5	2		
III a	5	1		
III b	0	0		
IV a	0	0		
肿瘤分化			$\chi^2 = 1.0$	0.501 [#]
高分化	6	1		
中分化	15	6		
低分化	9	2		
淋巴结转移率 (%)	20.0	30.0	$\chi^2 = 0.406$	0.338
SCC (μg/L)	7.4 (0.3~70.0)	1.0 (0.5~3.6)	$Z = -2.901$	0.003
最大信号强度	233 (185~360)	200 (130~230)	$Z = -3.084$	0.001
强化方式				
I 型	6	5	—	0.014 [‡]
II 型	20	3	—	—
III 型	4	1	—	—
T ₂ WI				
高信号	1	4	—	0.007 [‡]
稍高信号	29	5	—	—
坏死 (%)	20.0	55.6	—	0.052
ADC (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.953±0.0171	1.129±0.0551	$t = -2.120$	0.032

注: SCC: 鳞状上皮细胞癌抗原; [#] 鳞癌与腺癌低分化肿瘤组内占比的比较 (精确概率法); ^{*} 两组中 FIGO 分级 ≥ II b 肿瘤的组内占比的比较 (精确概率法); [‡] T₂W 上高信号病灶的组内占比的比较 (精确概率法); [§] 两组中 I 型强化组内占比的比较 (精确概率法)。

3. 影像纹理特征与肿瘤分级、分化的关系

Spearman 相关分析结果显示, 在 ME 图提取的纹理参数中, 共 5 个纹理特征与肿瘤的 FIGO 分级间具有相关性: 灰度区域大小矩阵中的 LAHGE ($r = 0.37, P = 0.02$) 和 GN ($r = 0.386, P = 0.015$); 灰度游程长度矩阵中的 GN ($r = 0.325, P = 0.044$) 和 RLN ($r = 0.444, P = 0.005$); 灰度共生矩阵中的自相关 ($r = 0.467, P = 0.003$)。在 MRE 图纹理参数中, 有 5 个纹理特征与肿瘤 FIGO 分级呈正相关, 包括灰度区域大小矩阵中的 LAHGE ($r = 0.38, P = 0.017$)、GN ($r = 0.354, P = 0.027$) 和 ZSN ($r = 0.332, P = 0.039$); 灰度游程长度矩阵中的 GN ($r = 0.392, P = 0.014$) 和 RLN ($r = 0.361, P = 0.024$)。在所有 ME 和 MRE 图提取的纹理特征中, 仅 ME 图上灰度共生矩阵的自相关 (correlation) 与肿瘤分化间具有相关关系 ($r = 0.383, P = 0.016$)。

4. ROC 曲线分析

对有统计学差异的纹理特征进行 ROC 曲线分析, 预测宫颈腺癌的曲线下面积 (area under curve, AUC) ≥ 0.5 的特征有灰度区域大小矩阵的 LALGE、LGZE 和 SALGE, 灰度游程长度矩阵的 LGRE 和 LRLGE, 其 AUC 分别为 0.733 (95% CI: 0.568 ~

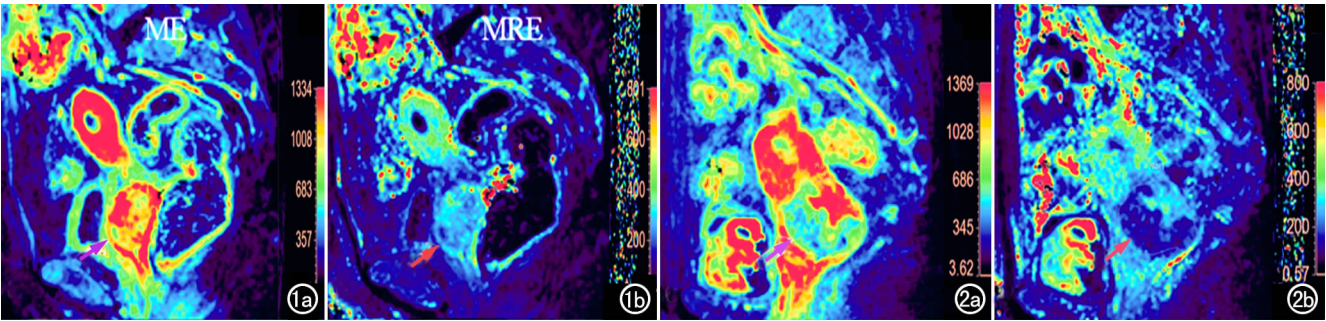


图 1 52 岁,高分化宫颈鳞癌(FIGO II a, 无淋巴转移,Ki-67 约 70%)。对比增强 mapping 伪彩图,显示肿瘤的强化程度较高且不均匀(箭)。a)ME 图;b)MRE 图。图 2 62 岁,中分化宫颈腺癌(FIGO II a,伴有淋巴转移,Ki-67 约 60%)。对比增强 mapping 伪彩图,显示肿瘤的强化程度较低且不均匀(箭)。a)ME 图;b)MRE 图。

0.862)、0.731(95%CI:0.566~0.860)、0.735(95%CI:0.570~0.863)、0.763(95%CI:0.600~0.884)和 0.780(95%CI:0.618~0.896)。对上述特征采用 Logistic 回归模型预测概率,多参数联合预测宫颈腺癌的 AUC 为 0.830(95%CI:0.675~0.931),方程为 $Y = 0.409LRLGE(GLRLM_{MRE}) + 0.389LGRE(GLRLM_{MRE}) + 0.353SALGE(GLSZM_{MRE}) + 0.343LGZE(GLSZM_{MRE}) + 0.34LALGE(GLSZM_{MRE}) - 1.165$ 。多参数联合预测 II b~III a 高级别宫颈癌的 AUC 为 0.737(95%CI:0.572~0.865),方程为 $Y = 0.418$

$RLN(GLRLM_{ME}) + 0.366RLN(GLRLM_{MRE}) + 0.361GLN(GLSZM_{MRE}) + 0.351GLN(GLSZM_{ME}) + 0.342LAHGE(GLSZM_{MRE}) + 0.332RLN(GLRLM_{MRE}) + 0.328LAHGE(GLSZM_{ME}) - 0.224$,自相关(GLCM_{ME})未进入方程。自相关(correlation)预测低分化肿瘤的 AUC 为 0.705(95%CI:0.537~0.840)。

讨论

为了更清晰地显示子宫病变及其浸润范围,常规 MR 成像常采用 T₁W、T₂W、DWI、DCE-MRI 或/和

表 2 两组肿瘤在 ME 和 MRE 图像上纹理特征的比较

参数	ME				MRE			
	鳞癌	腺癌	Z 值	P 值	鳞癌	腺癌	Z 值	P 值
一阶特征								
方差	13070.78(5217.62,39580.64)	12756.29(6108.24,42208.81)	-0.133	0.894	1965.54(1102.66,2868.24)	1061.05(660.86,1590.95)	-2.300	0.021
偏度	-0.57(-1.01,-0.18)	-0.47(-0.66,0.06)	-1.300	0.194	1.72(1.03,3.50)	0.66(0.50,1.68)	-2.333	0.020
峰度	3.04(2.56,4.02)	2.48(2.26,2.99)	-2.100	0.036	13.48(6.41,36.29)	4.31(3.71,10.75)	-2.733	0.006
熵	3.84(3.36,4.87)	3.98(3.33,4.66)	0.000	1.000	2.68(2.30,3.03)	2.37(1.98,2.64)	-1.867	0.062
GLCM								
反差	13.88(5.56,36.30)	9.74(5.48,39.18)	-0.567	0.571	3.17(1.91,4.10)	1.74(1.11,2.47)	-2.700	0.007
自相关	0.64(0.58,0.72)	0.71(0.63,0.73)	-1.200	0.230	0.45(0.38,0.50)	0.49(0.36,0.55)	-0.300	0.764
能量	0.01(0.00,0.04)	0.01(0.01,0.03)	-0.200	0.841	0.05(0.03,0.08)	0.07(0.05,0.13)	-1.500	0.134
熵	7.13(6.13,9.06)	7.10(6.08,8.60)	-0.067	0.947	4.98(4.29,5.59)	4.42(3.55,4.91)	-1.833	0.067
GLRLM								
SRE	0.89(0.84,0.94)	0.88(0.86,0.92)	-0.033	0.973	0.80(0.76,0.83)	0.78(0.71,0.79)	-1.733	0.083
LRE	1.76(1.36,2.62)	1.61(1.55,2.19)	-0.200	0.841	2.43(2.15,3.07)	2.67(2.51,3.90)	-1.533	0.125
GN	626.49(236.86,1101.16)	370.73(233.60,683.28)	-0.800	0.424	1697.93(522.86,2574.55)	1339.31(461.85,1948.01)	-0.800	0.424
RLN	7742.37(1977.25,13031.78)	4904.79(2071.11,11650.21)	-0.467	0.641	5290.39(2174.00,10012.41)	3416.19(946.50,6004.76)	-1.433	0.152
RP	0.84(0.74,0.91)	0.85(0.79,0.89)	0.000	1.000	0.74(0.68,0.77)	0.71(0.63,0.73)	-1.567	0.117
LGRE	0.00(0.00,0.01)	0.01(0.00,0.01)	-0.867	0.386	0.03(0.02,0.05)	0.06(0.04,0.12)	-2.533	0.011
HGRE	475.18(195.93,1273.45)	254.15(161.85,980.60)	-0.867	0.386	45.49(26.17,75.26)	28.87(13.81,35.35)	-2.633	0.008
SRLGE	0.00(0.00,0.01)	0.01(0.00,0.01)	-0.867	0.386	0.03(0.02,0.04)	0.05(0.03,0.09)	-2.467	0.014
SRHGE	401.26(165.10,1102.47)	224.16(138.20,871.47)	-0.767	0.443	37.91(21.02,61.96)	23.27(10.81,28.89)	-1.433	0.152
LRLGE	0.01(0.00,0.02)	0.01(0.00,0.02)	-0.500	0.617	0.08(0.05,0.17)	0.18(0.10,0.49)	-2.600	0.009
LRHGE	1108.62(389.92,3315.99)	510.91(243.05,2357.10)	-1.067	0.286	103.48(67.20,142.92)	68.75(34.45,82.74)	-2.500	0.012
GLSZM								
SAE	0.62(0.61,0.69)	0.58(0.56,0.66)	-1.800	0.072	0.63(0.62,0.65)	0.59(0.58,0.62)	-2.467	0.014
LAE	4198.14(136.89,9167.77)	789.09(430.14,4624.97)	-0.433	0.665	26805.66(9593.08,56404.75)	34904.54(19.16,42.13)	-0.500	0.617
GN	105.59(47.33,167.12)	80.94(40.87,164.24)	-0.533	0.594	87.15(33.91,141.84)	64.26(24.16,109.81)	-1.000	0.317
SZN	698.80(282.34,2096.66)	433.67(217.38,1943.97)	-0.667	0.505	323.76(154.12,584.86)	153.76(41.27,352.25)	-1.833	0.067
ZP	0.19(0.09,0.38)	0.18(0.11,0.33)	-0.233	0.815	0.07(0.05,0.08)	0.05(0.04,0.07)	-1.667	0.096
LGZE	0.01(0.00,0.02)	0.01(0.00,0.02)	-0.433	0.665	0.03(0.02,0.06)	0.06(0.04,0.12)	-2.233	0.026
HGZE	411.12(152.44,1108.17)	308.38(152.90,858.51)	-0.700	0.484	83.89(53.09,124.28)	50.93(28.82,63.00)	-2.767	0.006
SALGE	0.00(0.00,0.01)	0.00(0.00,0.01)	-0.433	0.665	0.02(0.01,0.03)	0.04(0.02,0.06)	-2.200	0.026
SAHGE	246.16(89.07,693.67)	173.18(83.92,573.86)	-0.733	0.463	59.94(35.92,85.71)	32.33(19.16,42.13)	-2.800	0.005
LALGE	6.14(0.21,39.30)	4.66(1.14,19.71)	-0.167	0.868	982.54(359.08,1665.25)	2213.47(1191.90,4002.92)	-2.100	0.036
LAHGE	1779071(161532,3906438)	1240562(70916,5044144)	-0.533	0.594	803537(28901,2532151)	744981(162614,1252883)	-0.567	0.571
GV	26.44(15.25,77.44)	17.81(11.90,65.83)	-0.667	0.505	13.38(6.98,18.66)	5.79(3.76,8.31)	-3.033	0.002
ZV	4159.23(120.03,9089.33)	751.31(414.28,4566.39)	-0.467	0.641	26546.86(9415.19,56033.50)	84550.66(18798.08,57476.70)	-0.500	0.617

MRS 等多个序列进行联合扫描^[7]。DCE-MRI 采用药代动力学模型进行定量分析组织的供血,与常规高分辨 T₂WI 和 DWI 相结合的多模态 MRI 能显著提高对宫颈肿瘤临床分期预测的准确性^[8]。本研究采用放射组学的方法,显示出 DCE-MRI 纹理特征对鉴别宫颈鳞癌与腺癌的 AUC 达 0.830,预测 II b~III a 高级别宫颈鳞癌和低分化肿瘤的 AUC 分别 0.737 和 0.705,具有一定的诊断价值。

恶性肿瘤的生物学异质性与影像纹理异质性有一定的相关性。基于此,有研究发现肿瘤的 CT 或 MRI 纹理特征可用于评估肿瘤的异质性^[9-10]。在本研究中,ME 图提取的纹理特征中鳞癌的峰度高于腺癌,而其它纹理特征的组间差异无统计学意义($P>0.05$),确切机制尚不清楚。在本研究纳入病例中,鳞癌的最大强化程度显著高于腺癌,这一参数的测量过程中我们选区的 ROI 为肿瘤的最大强化区域而非整个肿瘤体积。在整个肿瘤内,由于异质性,肿瘤强化较不均匀;而且,鳞癌的边缘部分血供更加丰富,组织渗透性更高,表现为强化更明显和容量转移常数(K_{trans})升高^[11-12]。其次,不同图像模式的纹理特征的预测效能是否存在差异尚未见文献报道,但总体而言,在鉴别宫颈鳞癌与腺癌的纹理分析中 MRE 优于 ME。MRE 指标反映血管内的对比剂及进入组织间隙的对比剂之间达到平衡时的病灶相对强化程度,与肿瘤血流灌注及血管通透性有关;ME 则是病灶早期的强化程度,反映的是当血管内对比剂填充达高峰时病灶的强化程度,与肿瘤的微血管密度密切相关^[13]。基于 DCE-MRI 和 ADC 图的一阶纹理特征有助于评价肿瘤的异质性,进而指导肿瘤的个体化治疗^[14]。曹崑等^[15]报道采用早期增强 MRI 纹理特征可以帮助提高判断乳腺癌新辅助化疗病理改变。而联合 ADC 纹理分析有助于分析乳腺癌的分子分型^[16]。因此,我们认为基于 DCE-MRI 的多阶纹理分析对宫颈癌病理组织学异质性的评价具有潜在价值。

肿瘤的分级、分化与治疗效果和预后关系密切。本组研究结果显示,在 ME 和 MRE 图提取的纹理特征中,灰度区域大小矩阵的 LAHGE、GN 和灰度游程长度矩阵的 GN、RLN 与宫颈癌的 FIGO 分级正相关,上述结果与一项¹⁸F-FDG PET 影像组学研究的结论相似^[17]。LAHGE、GN 和 RLN 描述的是病灶局部的明暗程度和复杂程度,反映像素间的纹理异质性。本研究未将高于 III b 期宫颈癌的患者纳入,主要是因为肿瘤侵犯盆壁及邻近器官后,肿瘤和受累器官的组织成分和血供改变将影响肿瘤本身的异质性。此外,ME 图的灰度共生矩阵中的自相关与肿瘤分化有一定的相关性,同样反映了低分化肿瘤在 MRI 强化图像上

的异质性大,自相关则增大。与 Becker 等^[18]报道的 ADC 纹理分析能鉴别肿瘤分化的结论不同,本研究中除 ME 图的峰度外,其它的一阶和二阶纹理特征以及基于 MRE 图的一阶和二阶纹理特征对评估肿瘤的分化程度无明显价值,推测其原因是两者的图像来源不同,ADC 主要反映细胞的密集和排列,而 ME 和 MRE 还反映肿瘤的血流信息。

本研究存在以下不足:首先,样本量偏小,尤其是腺癌的样本量较小,需要后期扩大样本改善模型的测试效能;其次,勾画 ROI 仍依赖于人工的方法,而对肿瘤的边缘和轮廓的界定受到评估者经验的影响;此外,本研究为回顾性分析,需在未来施加内外部验证下采用机器学习模型进行前瞻性研究。

综上所述,基于 DCE-MRI 的纹理分析技术对宫颈癌术前组织病理学分型、FIGO 分级的预测有一定价值,有助于指导临床制订准确的治疗方案。

参考文献:

- [1] Lea JS, Lin KY. Cervical cancer[J]. Obstet Gynecol Clin North Am, 2012, 39(2): 233-253.
- [2] Jonska-Gmyrek J, Gmyrek L, Zolciak-Siwinska A, et al. Adenocarcinoma histology is a poor prognostic factor in locally advanced cervical cancer[J]. Curr Med Res Opin, 2018, 10(1): 1-7.
- [3] Vincens E, Balleyguier C, Rey A, et al. Accuracy of magnetic resonance imaging in predicting residual disease in patients treated for stage IB2/II cervical carcinoma with chemoradiation therapy: correlation of radiologic findings with surgicopathologic results[J]. Cancer, 2008, 113(8): 2158-2165.
- [4] Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: images are more than pictures, they are data[J]. Radiology, 2016, 278(2): 563-577.
- [5] 陈文静, 牟玮, 张文馨, 等. MR 动态增强图像纹理分析判断乳腺结节良恶性的价值[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(5): 647-651.
- [6] 孙赛花, 周纯武, 赵莉芸, 等. 动态增强磁共振成像纹理分析预测乳腺癌新辅助化疗疗效[J]. 中华肿瘤杂志, 2017, 39(5): 344-349.
- [7] 中华医学会放射学分会宫颈癌专家组. 宫颈癌磁共振检查及诊断规范专家共识[J]. 肿瘤影像学, 2017, 26(4): 250-254.
- [8] 董雪, 罗娅红. 磁共振扩散加权成像及动态增强扫描在宫颈癌分期中的应用[J]. 放射学实践, 2017, 32(4): 321-324.
- [9] Ng F, Ganeshan B, Kozarski R, et al. Assessment of primary colorectal cancer heterogeneity by using whole-tumor texture analysis; contrast-enhanced CT texture as a biomarker of 5-year survival[J]. Radiology, 2013, 266(1): 177-184.
- [10] Kim JH, Ko ES, Lim Y, et al. Breast cancer heterogeneity: MR imaging texture analysis and survival outcomes[J]. Radiology, 2017, 282(3): 665-675.
- [11] 李志森, 张继斌, 许建铭, 等. 3.0T DCE-MRI 定量参数对宫颈癌病理学特征及临床分期的研究[J]. 实用放射学杂志, 2018, (4): 609-612.
- [12] Lee EY, Hui ES, Chan KK, et al. Relationship between intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MRI and dynamic contrast-enhanced MRI in tissue perfusion of cervical cancers[J]. J

- Magn Reson Imaging, 2015, 42(2): 454-459.
- [13] 朱志军,张碧娟,郭吉敏,等. 动态增强 MRI 微血管通透性参数与Ⅱ期宫颈癌复发的相关性研究[J]. 放射学实践, 2015(8): 841-844.
- [14] Bowen SR, Yuh WTC, Hippe DS, et al. Tumor radiomic heterogeneity: multiparametric functional imaging to characterize variability and predict response following cervical cancer radiation therapy[J]. J Magn Reson Imaging, 2018, 47(5): 1388-1396.
- [15] 曹昆,刘慧,赵博,等. 早期增强 MRI 纹理特征分析对乳腺癌新辅助化疗后病理完全缓解的判断能力[J]. 中华放射学杂志, 2018, 52(7): 523-527.
- [16] 吴佩琪,赵可,吴磊,等. 基于扩散加权成像和动态增强 MRI 的影像组学特征与乳腺癌分子分型的关系初探[J]. 中华放射学杂志, 2018(5): 338-343.
- [17] Mu W, Chen Z, Liang Y, et al. Staging of cervical cancer based on tumor heterogeneity characterized by texture features on ¹⁸F-FDG PET images[J]. Phys Med Biol, 2015, 60(13): 5123-5139.
- [18] Becker AS, Ghafoor S, Marcon M, et al. MRI texture features may predict differentiation and nodal stage of cervical cancer: a pilot study [J/OL]. Acta Radiol Open, 2017, 6 (10): e2058460117729574. DOI: 0. 1177/2058460117729574.
- (收稿日期: 2018-12-09 修回日期: 2019-04-11)

本刊可直接使用的医学缩略语

医学论文中正确、合理使用专业名词可以精简文字, 节省篇幅, 使文章精炼易懂。现将放射学专业领域为大家所熟知的专业名词缩略语公布如下(按照英文首字母顺序排列), 以后本刊在论文中将对这一类缩略语不再注释其英文全称和中文。

- ADC (apparent diffusion coefficient): 表观扩散系数
ALT: 丙氨酸转氨酶; AST: 天冬氨酸转氨酶
BF (blood flow): 血流量
BOLD (blood oxygenation level dependent): 血氧水平依赖
BV (blood volume): 血容量
b: 扩散梯度因子
CAG (coronary angiography): 冠状动脉造影
CPR (curve planar reformation): 曲面重组
CR (computed radiography): 计算机 X 线摄影术
CT (computed tomography): 计算机体层成像
CTA (computed tomography angiography): CT 血管成像
CTPI (CT perfusion imaging): CT 灌注成像
DICOM (digital imaging and communication in medicine): 医学数字成像和传输
DR (digital radiography): 数字化 X 线摄影术
DSA (digital subtraction angiography): 数字减影血管造影
DWI (diffusion weighted imaging): 扩散加权成像
DTI (diffusion tensor imaging): 扩散张量成像
ECG (electrocardiography): 心电图
EPI (echo planar imaging): 回波平面成像
ERCP (endoscopic retrograde cholangiopancreatography): 经内镜逆行胰胆管造影术
ETL (echo train length): 回波链长度
FLAIR (fluid attenuation inversion recovery): 液体衰减反转恢复
FLASH (fast low angel shot): 快速小角度激发
FOV (field of view): 视野
FSE (fast spin echo): 快速自旋回波
fMRI (functional magnetic resonance imaging): 功能磁共振成像
IR (inversion recovery): 反转恢复
Gd-DTPA: 钆喷替酸葡甲胺
GRE (gradient echo): 梯度回波
HE 染色: 苏木素-伊红染色
HRCT (high resolution CT): 高分辨率 CT
MPR (multi-planar reformation): 多平面重组

- MIP (maximum intensity projection): 最大密(强)度投影
MinIP (minimum intensity projection): 最小密(强)度投影
MRA (magnetic resonance angiography): 磁共振血管成像
MRI (magnetic resonance imaging): 磁共振成像
MRS (magnetic resonance spectroscopy): 磁共振波谱学
MRCP (magnetic resonance cholangiopancreatography): 磁共振胰胆管成像
MSCT (multi-slice spiral CT): 多层螺旋 CT
MTT (mean transit time): 平均通过时间
NEX (number of excitation): 激励次数
PACS (picture archiving and communication system): 图像存储与传输系统
PC (phase contrast): 相位对比法
PET (positron emission tomography): 正电子发射计算机体层成像
PS (surface permeability): 表面通透性
ROC 曲线 (receiver operating characteristic curve): 受试者操作特征曲线
SPECT (single photon emission computed tomography): 单光子发射计算机体层摄影术
PWI (perfusion weighted imaging): 灌注加权成像
ROI (region of interest): 兴趣区
SE (spin echo): 自旋回波
STIR (short time inversion recovery): 短时反转恢复
TACE (transcatheter arterial chemoembolization): 经导管动脉化疗栓塞术
T₁ WI (T₁ weighted image): T₁ 加权像
T₂ WI (T₂ weighted image): T₂ 加权像
TE (time of echo): 回波时间
TI (time of inversion): 反转时间
TR (time of repetition): 重复时间
TOF (time of flight): 时间飞跃法
TSE (turbo spin echo): 快速自旋回波
VR (volume rendering): 容积再现
WHO (World Health Organization): 世界卫生组织
NAA (N-acetylaspartate): N-乙酰天门冬氨酸
Cho (choline): 胆碱
Cr (creatine): 肌酸