

◁ 妇产影像学 ▷

T₂ mapping 成像纹理分析鉴别宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级

宋庆玲¹, 刘爱连¹, 田士峰¹, 孟醒², 马长军¹, 陈丽华¹, 王楠¹, 宋清伟¹

(1. 大连医科大学附属第一医院放射科, 辽宁 大连 116011; 2. 大连妇女儿童医疗中心放射科, 辽宁 大连 116033)

[摘要] 目的:探讨 T₂ mapping 成像纹理分析鉴别宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级的价值。方法:回顾性分析 54 例宫颈鳞癌(高级别 37 例、中-低级别 17 例)、19 例腺癌患者的资料,术前均行 T₂ mapping 序列在内的 3.0T MRI 检查。两名观察者分别独立提取 T₂ mapping 全肿瘤纹理参数。比较鳞癌与腺癌之间及高级别与中-低级别鳞癌之间参数的差异性,采用 Logistic 回归构建联合参数。采用受试者工作特征(Receiver operating characteristic, ROC)曲线评估单一纹理参数及联合参数鉴别宫颈癌病理分型及鳞癌病理分级的效能。采用 DeLong 检验对比分析单一纹理参数和联合参数曲线下面积(Area under the curve, AUC)的差异。结果:从每例患者肿瘤中提取 88 个纹理参数,最终筛选出 3 个参数用于鉴别病理分型,8 个参数用于鉴别鳞癌病理分级(P 均 <0.05)。鉴别宫颈癌病理分型及鳞癌病理分级的联合参数的 AUC 分别为 0.963、0.966。联合参数的 AUC 较单一参数的 AUC 显著提高。结论:基于 T₂ mapping 成像的纹理分析对于宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级的鉴别具有一定的价值。

[关键词] 宫颈肿瘤;磁共振成像**[中图分类号]** R737.33;R445.2**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1008-1062(2024)06-0428-06

DOI:10.12117/jccmi.2024.06.010

Texture analysis of pathological classification of cervical cancer and pathological grading of squamous cell carcinoma by T₂ mapping imaging

SONG Qing-ling¹, LIU Ai-lian¹, TIAN Shi-feng¹, MENG Xing², MA Chang-jun¹,
CHEN Li-hua¹, WANG Nan¹, SONG Qing-wei¹

(1. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian Liaoning 116011, China;

2. Department of Radiology, Dalian Women and Children Medical Center, Dalian Liaoning 116033, China)

Abstract: Objective: To explore the value of texture analysis of T₂ mapping imaging in differentiating pathological classification of cervical cancer and pathological grading of squamous cell carcinoma. **Methods:** Fifty-four cases of cervical squamous cell carcinoma (high grade 37 cases, medium-low grade 17 cases) and 19 cases of adenocarcinoma were analyzed retrospectively. All patients were scanned by 3.0T MRI including T₂ mapping sequence preoperatively. Two observers independently extracted the whole tumor texture parameters of T₂ mapping imaging. The differences in related parameters were assessed between cervical squamous cell carcinoma and adenocarcinoma and between high grade and middle-low grade squamous cell carcinoma. Logistic regression was employed to establish the combined parameters. The diagnostic performance of a single texture parameter and the combined parameters in distinguishing pathological classification and pathological grading was evaluated by receiver operating characteristic(ROC) curve. DeLong test was used to compare the difference of area under the curve(AUC) between a single texture parameter and the combined parameter. **Results:** Eighty-eight texture parameters were extracted from each patient's tumor. Three and eight parameters were selected to distinguish the pathological classification and pathological grading of cervical squamous cell carcinoma respectively (all $P<0.05$). The AUC of the combined parameters for distinguishing pathological classification and grading were 0.963 and 0.966, respectively. The combined parameters had significantly higher performance than a single parameter. **Conclusion:** Texture analysis based on T₂ mapping imaging is valuable in the differentiation of pathological classification of cervical cancer and pathological grading of squamous cell carcinoma.

Key words: Uterine Cervical Neoplasms; Magnetic Resonance Imaging

宫颈癌是最常见的妇科肿瘤之一,其在女性肿瘤中的发病率和病死率均位于第 4 位^[1-3]。鳞癌为宫颈癌最常见的组织学亚型,但近年来腺癌的发病率逐渐上升^[4]。相较于鳞癌,腺癌的侵袭性和转移能力

更强^[5],不同分期的病变中,腺癌预后均较鳞癌差^[6-7]。因此术前正确识别病理分型对患者治疗方案的选择及预后的评估具有重要作用。此外,肿瘤病理分级也是影响预后的重要因素。肿瘤病理分级虽未被美国

[收稿日期] 2023-10-11; **[修回日期]** 2023-11-08**[作者简介]** 宋庆玲(1994-),女,辽宁本溪人,在读博士研究生。E-mail:18698839975@163.com**[通信作者]** 刘爱连,大连医科大学附属第一医院放射科,116011。E-mail:liuailian@dmu.edu.cn**[基金项目]** 大连市横向课题(2021HZ015)。

国家综合癌症网络指南纳入复发危险因素^[8],也尚未成为治疗方案制定的决定因素,但高级别肿瘤患者比低级别肿瘤患者预后更差^[9],因此术前判断肿瘤病理分级对于患者仍很重要。

T₂ mapping 成像采用多回波快速自旋回波序列对横向弛豫时间(T₂值)的体素进行评估,通过测量 T₂值而对生物组织进行定量评估^[10]。以往 T₂ mapping 成像多用于良性病变的研究^[11-12],近年来有学者将其用于肿瘤的诊断和评估^[13-14],展现了其在肿瘤研究中的价值。纹理分析作为影像组学方法的一种,用数学方法评估图像的灰度、强度及像素^[15],可得到大量肉眼无法识别的纹理参数,从而较为全面地评估肿瘤异质性。本研究旨在探究 T₂ mapping 成像纹理参数术前无创性鉴别宫颈癌病理分型及鳞癌病理分级的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性收集 2019 年 4 月—2022 年 5 月经手术病理证实为宫颈癌并于术前 2 周内行包括 T₂ mapping 序列在内的 MRI 检查的患者。排除标准:①术后病理报告对肿瘤病理分型(鳞癌或腺癌)、鳞癌病理分级(高级别或中-低级别)等病理特征记录不全;②组织学类型为腺癌和鳞癌以外的其他病理类型;③病灶长径<1 cm 或图像伪影严重影响病灶观察;④同时合并其他恶性肿瘤。初始纳入 152 患者,排除病理报告不全的患者 59 例,排除其他组织学类型的患者 7 例(小细胞癌 4 例、腺鳞癌 1 例、浆液性癌 2 例),因图像伪影严重影响观察排除 8 例患者,排除同时合并子宫内膜患者 4 例、合并卵巢癌患者 1 例。本研究经本院审查委员会批准,批件号 PJ-KS-KY-2021-180。

最终共 73 例患者纳入本研究,国际妇产科联盟(International federation of gynecology and obstetrics,FIGO)分期 I B1~I B2 期 37 例,II A1 期 11 例,

I B3 期 11 例,II A2 期 3 例,II B 期 2 例,III C1 期 9 例。

1.2 设备及扫描参数

使用 Philips Ingenia 3.0T CX MR 扫描仪(Philips Healthcare,Best,the Netherlands)进行盆腔扫描,所用线圈为 32 通道躯干线圈。体内有节育环的患者于检查 1 d 前取出。检查前禁食 4~6 h。扫描序列包括轴位 T₂WI、DWI 及 T₂ mapping。轴位 T₂WI:TR/TE=4 596 ms/95 ms,FOV 240×240×99 mm³,像素 0.70×0.56,激励次数 1,层厚间隔 4.0 mm/1.0 mm,扫描时间 73 s;轴位 DWI:TR/TE=6 400 ms/8 ms,FOV 130×130×49 mm³,像素 2.0×2.0,激励次数 1,层厚间隔 7.0 mm/0 mm,扫描时间 303 s;T₂ mapping:TR/TE=3.8 ms/1.8 ms,FOV 400×319×70 mm³,像素 1.4×1.8,激励次数 1,层厚间隔 3.5 mm/0 mm,扫描时间 17 s。

1.3 图像分析

由两名观察者(分别具有 5 年和 3 年盆腔 MRI 阅片经验)在不知患者病理信息的前提下分别独立对图像进行分析。

1.3.1 图像分割

病灶的勾画在 ITK(3.8.0 版本,https://www.itk-snap.org)软件上进行。T₂ mapping 图像感兴趣区(ROI)的勾画:将 T₂ mapping 序列图像输入 ITK 软件中,参考轴位 T₂WI 和 DWI 确定 T₂ mapping 图像中病灶的位置和边界。在 ITK 软件上沿病灶边缘手动逐层勾画,每层 ROI 尽量包含肿瘤所有区域,但与病灶边缘留有约 2~3 mm 的距离,最终得到整个肿瘤 T₂ mapping 图像的体积 ROI。所勾画的 ROI 包括坏死、囊变、出血区,如图 1 所示。两位观察者按照上述方法在 T₂ mapping 图像上分别独立对病灶进行勾画。

1.3.2 参数提取

将 T₂ mapping 图像和对应的病灶体积 ROI 输入 AK 软件(Artificial Intelligence Kit,GE 医疗,上海,中国),自动提取 88 个纹理参数。提取的参数包括 18 个一阶统计量(First order statistics,FOS)参数、

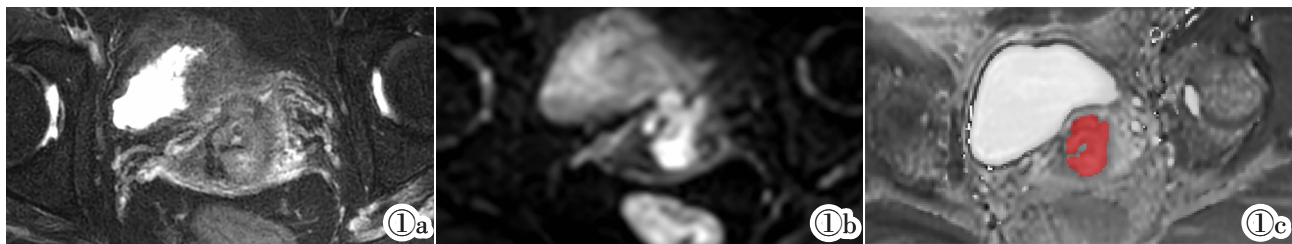


图 1 女,57 岁,I B2 期宫颈低分化鳞状细胞癌。图 1a:轴位 T₂WI 脂肪抑制序列,所示为肿瘤最大层面;图 1b:轴位 DWI 对应层面图像;图 1c:轴位 T₂ mapping 序列对应层面图像及手动勾画的 ROI。

Figure 1. Female, 57 years old, stage I B2 stage of poorly differentiated cervical squamous cell carcinoma. Figure 1a: axial T₂WI fat suppression sequence, which showed the largest slice of the tumor; Figure 1b: axial DWI corresponding slice image; Figure 1c: axial T₂ mapping sequence corresponding slice image and manually delineated ROI.

24 个灰度共生矩阵(Gray level co-occurrence matrix, GLCM)参数、14 个灰度关联矩阵(Gray-level dependence matrix, GLDM)参数、16 个灰度游程矩阵(Gray levelrun length matrix, GLRLM)参数、16 个灰度区域大小矩阵(Gray level sizezone matrix, GLSZM)参数。

1.4 统计学方法

使用 SPSS 21.0 软件对数据进行统计学分析。组内相关系数(Intra-class correlation coefficient, ICC)用于检验 T₂ mapping 纹理参数的一致性, ICC>0.75 为一致性良好。采用 Spearman 检验分析纹理参数之间的相关性, 剔除高度相关(|r|>0.9)的参数。符合正态分布的数据采用独立样本 t 检验, 不符合正态分布的数据采用秩和检验。卡方检验或 Fisher 精确检验用于分析分类变量。单因素分析有意义的参

数纳入二元 Logistic 回归分析, 筛选独立预测因子, 建立联合参数。绘制受试者工作特征(Receiver operating characteristic, ROC)曲线, 用 ROC 曲线下面积(Area under the curve, AUC)、敏感度和特异度评估预测效能。采用 Delong 检验分析单一纹理参数和联合参数之间 AUC 的差异。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床特征比较

腺癌组和鳞癌组患者之间的年龄、月经状态、阴道流血、FIGO 分期均无明显差异(P 均>0.05)。高级别鳞癌组与中-低级别鳞癌组患者之间的年龄、月经状态、阴道流血、FIGO 分期也均无明显差异(P 均>0.05)(表 1)。

表 1 腺癌组与鳞癌组之间及鳞癌高级别组与中-低级别组之间的临床特征比较

	病理分型(n=73)				鳞癌病理分级(n=54)			
	腺癌(n=19)	鳞癌(n=54)	t/χ ² 值	P 值	高级别(n=37)	中-低级别(n=17)	t/χ ² 值	P 值
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	51.7±9.5	55.1±9.8	1.565	0.138	54.00±10.40	57.59±8.27	-1.343	0.184
月经状态	绝经前	11	2.994	0.084	13	6	0.000	0.991
	绝经	8			24	11		
阴道流血 ¹	有	13	0.552	0.552	30	11	0.303	0.303
	无	6			7	6		
FIGO 分期	I B1~ I B2/II A1	15	1.986	0.159	25	8	2.062	0.151
	> I B1~ I B2/II A1	4			12	9		

注: 1: 采用 Fisher 精确检验。

2.2 T₂ mapping 纹理参数分析

评估宫颈癌病理分型: 88 个 T₂ mapping 纹理参数中, 62 个参数的 ICC>0.75; Spearman 检验相关系数|r|≤0.9 的参数 30 个; 经 t 检验和 Mann-Whitney U 检验, 最终剩余包括 GLCM、GLDM、GLRLM 在内共 3 个参数(P<0.05)(表 2)。

评估鳞癌病理分级: 88 个 T₂ mapping 纹理参数中, 有 66 个参数的 ICC>0.75; Spearman 检验相关系数|r|≤0.9 的参数 59 个; 经 t 检验和 Mann-Whitney U 检验, 最终剩余 8 个参数(P<0.05)(表 3)。

二元 Logistic 回归分析得到鉴别宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级的两个联合参数。鉴别宫颈癌病理分型的联合参数为 P₍₁₎=(−84.91×GLDM_DNN)+(−12.36×GLRLM_RLNN)+(−7.35×GLCM_Correlation)+

16.43×常量。鉴别鳞癌病理分级的联合参数为 P₍₂₎=(−38.99×GLCM_IDM)+(−3.5×GLRLM_RLN)+37.27×常量。

2.3 纹理参数鉴别效能分析结果

宫颈癌病理分型的鉴别: 单一纹理参数中 GLDM_DNN 具有较高的 AUC, 为 0.816, 同时具有最高的特异度, 为 78.95%, GLCM_Correlation 具有较高的敏感度, 为 79.63%(表 4)。由 GLDM_DNN、GLDM_RLNN 及 GLCM_Correlation 组成的联合参数的 AUC 为 0.963, 较单一纹理参数显著提高(P<0.05)(表 4, 5 及图 2a)。

鳞癌病理分级的鉴别: 单一纹理参数中 GLCM_IDM 及 GLRLM_LRE 具有较高的 AUC, 为 0.831, Firstorder_Skewness 具有较高的敏感度, 为

表 2 T₂ mapping 纹理参数评估宫颈癌病理分型结果比较

纹理参数	鳞癌(n=54)	腺癌(n=19)	t/Z 值	P 值
GLDM_DNN	0.08(0.05, 0.09)	0.12(0.09, 0.13)	-4.073	<0.001
GLRLM_RLNN	0.37(0.18, 0.53)	0.57(0.49, 0.74)	-3.533	<0.001
GLCM_Correlation	0.54±0.18	0.39±0.14	3.366	0.001

注: GLDM_DNN=GLDM_DependenceNonUniformityNormalized; GLRLM_RLNN=GLRLM_RunLengthNonUniformityNormalized。

89.47%,GLRLM_IDM 具有较高的特异度,为 92.12% (表 4)。由 GLRLM_IDM 及 GLRLM_LRE 组成的联

合参数的 AUC 为 0.966,较单一纹理参数显著提高 ($P<0.05$)(表 4,5 及图 2b)。

表 3 T₂ mapping 纹理参数评估鳞癌病理分级结果比较

纹理参数	高级别鳞癌(n=37)	中-低级别鳞癌(n=17)	t/Z 值	P 值
Firstorder_Skewness	0.60(0.40,0.84)	0.11(0.02,0.29)	-4.371	<0.001
GLCM_Correlation	0.49±0.16	0.63±0.16	-2.862	0.006
GLCM_ID	0.77±0.10	0.87±0.08	3.544	0.002
GLCM_IDM	0.75±0.08	0.91±0.09	6.457	<0.001
GLCM_IDMN	0.92(0.90,0.94)	0.92(0.95,0.97)	-2.222	0.026
GLRM_LRLGLE	1.48(1.39,2.54)	3.11(1.40,4.75)	-1.985	0.047
GLRLM_RLN	213.63(129.40,392.26)	103.99(76.56,135.76)	-2.768	0.006
GLRLM_LRE	15.29±8.27	5.57±3.73	4.622	<0.001

注:GLRM_LRLGLE=GLRLM_LongRunLowGrayLevelEmphasis;GLRLM_RLN=GLRLM_RunLengthNonUniformity;GLRLM_LRE=GLRLM_LongRunEmphasis。

表 4 纹理参数鉴别宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级效能分析

	纹理参数	AUC	阈值	敏感度	特异度
病理分型	GLDM_DNN	0.816	0.09	75.93%	78.95%
	GLRLM_RLNN	0.774	0.53	66.67%	78.95%
	GLCM_Correlation	0.747	0.38	79.63%	63.16%
	联合参数	0.963	0.26	90.74%	89.47%
病理分级	Firstorder_Skewness	0.827	0.24	89.47%	70.59%
	GLCM_Correlation	0.732	0.60	78.95%	76.47%
	GLCM_ID	0.759	0.80	79.66%	78.12%
	GLCM_IDM	0.910	0.82	84.21%	92.12%
	GLCM_IDMN	0.689	0.94	63.16%	76.47%
	GLRM_LRLGLE	0.669	2.89	57.89%	88.24%
	GLRLM_RLN	0.735	158.40	71.05%	82.35%
	GLRLM_LRE	0.831	9.72	86.96%	82.35%
联合参数	0.966	0.62	91.65%	93.75%	

表 5 联合参数和单一纹理参数鉴别宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级效能比较

	纹理参数	Z 值	P 值
病理分型	联合-GLDM_DNN	2.583	0.001
	联合-GLRLM_RLNN	2.972	0.003
	联合-GLCM_Correlation	3.748	<0.001
病理分级	联合-GLCM_IDM	2.158	0.031
	联合-GLRLM_RLN	3.648	<0.001

3 讨论

美国国家综合癌症网络指南指出,腺癌虽未被纳入 Sedlis 标准,但仍可作为辅助放疗的指征之一^[8]。病理级别高的宫颈癌患者预后差,目前对于高级别肿瘤患者的治疗方式,不同医生存在不同观点^[10]。因

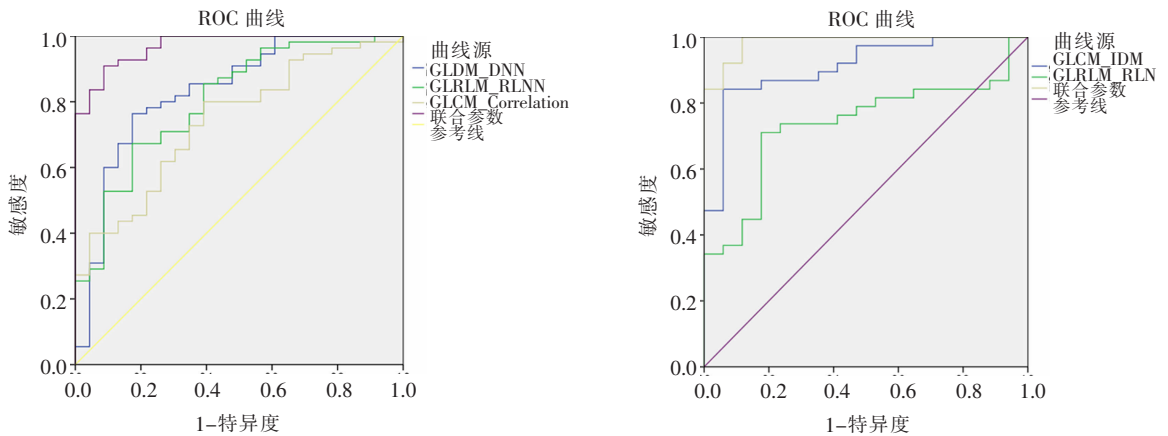


图 2 纹理参数鉴别宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级的 ROC 曲线。图 2a:GLDM_DNN、GLRLM_RLNN、GLCM_Correlation 及联合参数鉴别宫颈癌病理分型的 AUC 分别为 0.816、0.774、0.747 及 0.963;图 2b:GLCM_IDM、GLRLM_RLN 及联合参数鉴别鳞癌病理分级的 AUC 分别为 0.910、0.735 及 0.966。

Figure 2. The ROC curves of texture parameters for differentiating cervical cancer classification and cervical squamous cell carcinoma grading. Figure 1a: the AUC of GLDM_DNN, GLRLM_RLNN, GLCM_Correlation and the combined parameters for cervical cancer classification were 0.816, 0.774, 0.747 and 0.963, respectively; Figure 1b: the AUC of GLCM_IDM, GLRLM_RLN and the combined parameters for pathological grading of cervical squamous cell carcinoma were 0.910, 0.735 and 0.966, respectively.

此对于高级别肿瘤患者或许可以考虑补充辅助治疗^[9]。活检是判断肿瘤病理分型及分级的常用方法,但受到取材位置、大小及其他人为因素等影响,其结果可能难以反映整个肿瘤的情况,有时需要多次取材,可能会导致额外出血、感染等不良事件的发生。因此利用影像学方法术前无创评估肿瘤病理分型及分级可能是活检病理的一种有效补充。

常规 T₂WI 序列基于信号变化对肿瘤进行定性诊断,而 T₂ 定量值可为组织微观变化提供更多信息。T₂ mapping 成像可对组织成分和水进行标准化和可重复评估,具有成为评估肿瘤生物学行为的潜在有效技术^[17],已被应用于妇科恶性肿瘤的评估中。近期有研究在 T₂ mapping 上测量肿瘤的 T₂ 值鉴别 I 期子宫内膜癌与子宫内膜息肉,得到 AUC 为 0.741,敏感度为 68.2%^[18]。也有研究发现 T₂ mapping 成像对子宫内膜癌术前风险评估具有价值,但诊断效能较低,AUC 为 0.674,特异度为 52.9%^[19]。李淑健等^[20]研究结果显示 T₂ mapping 成像可反映宫颈癌分化程度、预测淋巴管间隙浸润状态,但未能识别宫颈癌病理分型。上述研究中 T₂ mapping 成像对子宫肿瘤病理特征的评估效能尚不够高,可能与 ROI 的勾画有关。这些研究未勾画肿瘤全域,且由于肿瘤出血、坏死、囊变可能会影响 T₂ 定量值的测量,因此上述研究勾画 ROI 时避开了这些区域,但可能会因此遗漏肿瘤异质性信息。而纹理分析通过灰度值分布及像素空间排列可提供肿瘤异质性的定量评估,因此本研究通过在 T₂ mapping 图像上对肿瘤全域纹理进行分析,可较以往研究提供更全面、准确的信息。

GLCM 参数可提供图像灰度方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息,反映相邻像素灰度相关性;GLRLM 参数可对灰度级游程进行量化;GLDM 参数可量化图像中的灰度相关性^[2]。本研究纹理参数鉴别肿瘤病理分型的结果显示,腺癌 GLDM_DNN、GLRLM_RLNN 大于鳞癌,而鳞癌 GLCM_Correlation 大于腺癌,结果表明腺癌的肿瘤组织纹理异质性更强。可能由于鳞癌组织中含有较为紧密的成群细胞,而腺癌组织可能由于腺体和腺管分泌物的存在而导致腺癌纹理分布较鳞癌更不均匀。本研究纹理参数鉴别鳞癌分级的结果显示,高级别肿瘤的 Firstorder_Skewness、GLRLM_RLN、GLRLM_LRE 较中-低级别肿瘤更大,GLCM 较低级别肿瘤更小,表明高级别肿瘤纹理较中-低级别肿瘤纹理粗糙、异质性更高。可能由于分化差的肿瘤更易出现出血、坏死,导致高级别肿瘤组织成分复杂,病灶不均匀^[9]。在鉴别宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级中,联合参数的鉴别效能较单一纹理参数明显提高,表明综合分析不同类型的纹理参数对肿

瘤组织生物学行为评估更为准确,也显示出 T₂ mapping 成像纹理分析可以为术前鉴别宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级提供更有价值的参考。Wang 等^[22]利用多模态 MRI 纹理特征研究宫颈癌病理分型发现,腺癌 T₂WI 和 ADC 图像中提取的 GLRLM_RLNN 大于鳞癌。Shen 等^[23]研究发现,¹⁸F-FDG PET 中提取的 GLCM 参数和 GLRLM 参数在宫颈癌不同分期之间存在差异,提示 GLCM 参数和 GLRLM 参数可鉴别不同恶性程度的宫颈癌。上述研究提示 GLCM 和 GLRLM 等纹理参数在不同序列或成像中具有较好的稳定性。

本研究存在一定局限性:首先,作为单中心回顾性研究,纳入的患者数量有限,未来应纳入多中心病例、扩大样本量进一步研究;其次,由于 T₂ mapping 成像空间分辨率有限,本研究未纳入 1 cm 以下的病灶,可能会使结果出现偏差;再次,本研究只分析了 T₂ mapping 纹理特征对宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级的鉴别价值,未来应结合多模态序列对宫颈癌病理特征做更全面的研究。

综上所述,基于 T₂ mapping 成像的纹理分析对于宫颈癌病理分型和鳞癌病理分级的鉴别具有一定的价值,有望为临床治疗前无创评估宫颈癌病理状态提供一定帮助。

【参考文献】

- [1]Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68 (6): 394-424.
- [2]杨雪莹,项荣武,魏峰,等.基于 PubMed 数据库宫颈治疗领域研究热点探析[J].临床军医杂志,2024,52(1):54-58.
- [3]刘洁曦,牟珊,王露,等. MRI、血清鳞状细胞癌抗原在宫颈癌淋巴结转移及宫旁浸润诊断中临床价值 [J]. 临床军医杂志,2024,52 (2):139-143.
- [4]Balcacer P, Shergill A, Litkouhi B. MRI of cervical cancer with a surgical perspective: staging, prognostic implications and pitfalls [J]. Abdom Radiol(NY), 2019, 44(7): 2557-2571.
- [5]Irie T, Kigawa J, Minagawa Y, et al. Prognosis and clinicopathological characteristics of I b- II b adenocarcinoma of the uterine cervix in patients who have had radical hysterectomy [J]. Eur J Surg Oncol, 2000, 26(5): 464-467.
- [6]Mabuchi S, Okazawa M, Matsuo K, et al. Impact of histological subtype on survival of patients with surgically-treated stage I A2- II B cervical cancer: adenocarcinoma versus squamous cell carcinoma[J]. Gynecol Oncol, 2012, 127(1): 114-120.
- [7]Gallardo-Alvarado L, Cantú-de León D, Ramirez-Morales R, et al. Tumor histology is an independent prognostic factor in locally advanced cervical carcinoma: A retrospective study [J]. BMC cancer, 2022, 22(1): 401.
- [8]Koh WJ, Abu-Rustum NR, Bean S, et al. Cervical Cancer,

- Version 3.2019, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology [J]. J Natl Compr Canc Netw, 2019, 17(1): 64–84.
- [9] Matsuo K, Mandelbaum RS, Machida H, et al. Association of tumor differentiation grade and survival of women with squamous cell carcinoma of the uterine cervix [J]. J Gynecol Oncol, 2018, 29(6): e91.
- [10] Li S, Zhang Z, Liu J, et al. The feasibility of a radial turbo-spin-echo T₂ mapping for preoperative prediction of the histological grade and lymphovascular space invasion of cervical squamous cell carcinoma[J]. Eur J Radiol, 2021, 139: 109684.
- [11] 赵敏, 刘鸿雁, 王国华, 等. 膝关节骨关节炎半月板损伤程度与关节软骨 T₁ rho、T₂ mapping 相关性研究 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2019, 30(11): 812–816.
- [12] 王建伟, 许晓泉, 王德杭, 等. T₂ mapping 技术在腰椎间盘退变评估中的应用价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2015, 26(5): 355–358.
- [13] Klingebiel M, Schimmöller L, Weiland E, et al. Value of T₂ Mapping MRI for Prostate Cancer Detection and Classification[J]. J Magn Reson Imaging, 2022, 56(2): 413–422.
- [14] Adams LC, Bressemer KK, Jurmeister P, et al. Use of quantitative T₂ mapping for the assessment of renal cell carcinomas: first results[J]. Cancer Imaging, 2019, 19(1): 35.
- [15] Fan ZY, Wu CW, Wesemann LD, et al. Predictive value of major adverse cardiac events by T₂-mapping texture analysis of the myocardial remote zone in patients with acute myocardial infarction[J]. Clin Radiol, 2022, 77(3): e241–e249.
- [16] Luo H, Yao H, Xu X, et al. Prognostic significance of poorly differentiated histology and impact of adjuvant chemotherapy in early squamous cell carcinoma of cervix uteri [J]. Cancer Med, 2021, 10(8): 2611–2617.
- [17] Abdel-Aty H, Schulz-Menger J. Cardiovascular magnetic resonance T₂-weighted imaging of myocardial edema in acute myocardial infarction [J]. Recent Pat Cardiovasc Drug Discov, 2007, 2(1): 63–68.
- [18] 田土峰, 刘爱连, 孟醒, 等. 酰胺质子转移 T₂ mapping 成像鉴别 I 期子宫内膜癌与子宫内膜息肉 [J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(9): 1832–1835.
- [19] 马长军, 刘爱连, 田土峰, 等. 酰胺质子转移加权成像联合 T₂ mapping 序列对子宫内膜癌术前风险评估的价值初探 [J]. 磁共振成像, 2021, 12(9): 69–72.
- [20] 李淑健, 程敬亮, 张勇, 等. T₂ mapping 成像评估宫颈癌病理学特征[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(9): 1365–1369.
- [21] van Griethuysen JJM, Fedorov A, Parmar C, et al. Computational Radiomics System to Decode the Radiographic Phenotype [J]. Cancer Res, 2017, 77(21): e104–e107.
- [22] Wang W, Jiao Y, Zhang L, et al. Multiparametric MRI-based radiomics analysis: differentiation of subtypes of cervical cancer in the early stage[J]. Acta Radiol, 2022, 63(6): 847–856.
- [23] Shen WC, Chen SW, Liang JA, et al. [18F]Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography for the Textural Features of Cervical Cancer Associated with Lymph Node Metastasis and Histological Type [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017, 44(10): 1721–1731.

(上接 422 页)左心室压力-应变环有望成为评价 CA 患者左心室心肌做功便捷、无创的影像学新方法。

[参考文献]

- [1] Phelan D, Collier P, Thavendiranathan P, et al. Relative apical sparing of longitudinal strain using two-dimensional speckle-tracking echocardiography is both sensitive and specific for the diagnosis of cardiac amyloidosis[J]. Heart, 2012, 98(19): 1442–1448.
- [2] 丁雪晏, 李一丹, 魏丽群, 等. 左心室压力-应变环评价心脏淀粉样变性患者心肌做功[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30(7): 604–608.
- [3] Papadopoulos K, Mitrousi K, Ikonomidis I. Myocardial Work: Methodology and Clinical Applications[J]. Diagnostics(Basel), 2021, 11(3): 573–588.
- [4] 尹海军, 宋瑞霞, 梁丹艳, 等. 探讨左室压力-应变环评估妊娠期高血压孕妇心肌功能的价值 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2023, 34(11): 784–786.
- [5] Langeland S, D'hooge J, Wouters PF, et al. Experiment validation of a new ultrasound method for the simultaneous assessment of radial and longitudinal myocardial deformation independent of insonation angle[J]. Circulation, 2005, 112(14): 2157–2162.
- [6] Russell K, Eriksen M, Aaberge L, et al. A novel clinical method for quantification of regional left ventricular pressure-strain loop area: a non-invasive index of myocardial work[J]. Eur Heart J, 2012, 33(6): 724–733.
- [7] Russell K, Eriksen M, Aaberge L, et al. Assessment of wasted myocardial work: a novel method to quantify energy loss due to uncoordinated left ventricular contractions [J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2013, 305(7): H996–H1003.
- [8] Clemmensen TS, Eiskjær H, Mølgård H, et al. Abnormal Coronary Flow Velocity Reserve and Decreased Myocardial Contractile Reserve Are Main Factors in Relation to Physical Exercise Capacity in Cardiac Amyloidosis [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2018, 31(1): 71–78.
- [9] Guan J, Mishra S, Qiu Y, et al. Lysosomal dysfunction and impaired autophagy underlie the pathogenesis of amyloidogenic light chain-mediated cardiotoxicity [J]. EMBO Mol Med, 2014, 6(11): 1493–1507.
- [10] Falka RH, Dubrey SW. Amyloid Heart Disease [J]. Br J Hosp Med(Lond), 2010, 52(4): 347–361.
- [11] Liu D, Hu K, Niemann M, et al. Effect of combined systolic and diastolic functional parameter assessment for differentiation of cardiac amyloidosis from other causes of concentric left ventricular hypertrophy [J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2013, 6(6): 1066–1072.
- [12] De Gaspari M, Sinigiani G, De Michieli L, et al. Relative apical sparing in cardiac amyloidosis is not always explained by an amyloid gradient [J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2023, 24(9): 1258–1268.
- [13] Rapezzi C, Fontana M. Relative Left Ventricular Apical Sparing of Longitudinal Strain in Cardiac Amyloidosis Is it Just Amyloid Infiltration? [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(7 Pt 1): 1174–1176.
- [14] Yoshida T, Ohte N, Narita H, et al. Lack of inertia force of late systolic aortic flow is a cause of left ventricular isolated diastolic dysfunction in patients with coronary artery disease[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 48(5): 983–991.
- [15] Muto K, Wakami K, Yamamoto J, et al. Correlation Between Longitudinal Strain in the Apical Segments of the Left Ventricle at End-Systole Obtained by 2-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography and Left Ventricular Relaxation[J]. Circ J, 2021, 85(9): 1575–1583.