

• 乳腺影像学 •

基于 TIRM 序列的游程矩阵纹理特征联合 ADC 值预测乳腺癌 Ki-67 表达水平

王铭,田为中,张继,王秀兰,夏建国,陈锦华

【摘要】 目的:探讨基于 MRI T₂ 反转恢复压脂(TIRM)序列游程矩阵纹理特征联合 ADC 值对乳腺癌 Ki-67 表达水平的预测价值。**方法:**回顾性分析 41 例经手术病理证实的乳腺癌患者的影像资料。根据免疫组化结果,将患者分为 Ki-67 高表达组(21 例)与 Ki-67 低表达组(20 例)。采用 MaZda 软件,在 TIRM 图像上选取病变最大层面画感兴趣区(ROI),提取病变的游程矩阵纹理参数,并在相同层面的 DWI 图像上采用相同的 ROI 测量 ADC 值,比较高表达组与低表达组之间各项参数的差异,绘制 ROC 曲线并计算联合预测模型的诊断效能,采用 Spearman 秩相关分析评价各纹理参数及 ADC 值与乳腺癌 Ki-67 表达水平的相关性。**结果:**Ki-67 高表达组的水平方向(Horzl)、垂直方向(Vertl)、45 度方向(45dgr)、135 度方向(135dgr)上的游程长不均匀度(RLNU)及水平方向、垂直方向和 135°方向上的灰度不均匀度(GLNU)均高于低表达组,而 ADC 值低于低表达组,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。Horzl-RLNU、Vertl-RLNU、45dgr-RLNU 和 135dgr-RLNU 与 Ki-67 指数之间呈正相关($P < 0.05$),而 Horzl-GLNU、Vertl-GLNU 和 135dgr-GLNU 与 Ki-67 指数间无显著相关性($P > 0.05$),ADC 值与 Ki-67 指数呈负相关($P < 0.05$)。游程矩阵纹理参数中,45dgr-RLNU 对 Ki-67 表达水平的预测效能最高,AUC 值为 0.714,敏感度和特异度分别为 76.2%和 60.0%;ADC 值的 AUC 值为 0.840,敏感度和特异度分别为 81.0%和 80.0%。联合预测模型的 AUC 为 0.886,其敏感度和特异度分别为 90.5%和 75.0%。**结论:**基于 MRI TIRM 序列的游程矩阵纹理特征联合 ADC 值可提高对乳腺癌 Ki-67 表达状态的预测效能,对指导临床治疗方案的选择和患者预后的评估具有重要作用。

【关键词】 乳腺癌;游程矩阵;纹理特征;反转恢复压脂序列;表观扩散系数;Ki-67

【中图分类号】 R445.5;R7373.9 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)12-1520-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.12.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Value of run-length matrix texture features based on TIRM sequence combined with ADC in predicting expression level of Ki-67 in breast cancer WANG Ming, TIAN Wei-zhong, ZHANG Ji, et al. Graduate School of Dalian Medical University, Dalian 116044, China

【Abstract】 Objective: To explore the value of run-length matrix texture feature based on magnetic resonance turbo inversion recovery magnitude (TIRM) sequence combined with ADC in predicting expression level of Ki-67 in breast cancer. **Methods:** The MRI data of 41 patients with breast cancer confirmed by operation and pathology were retrospectively analyzed. According to the results of immunohistochemical staining, the patients were divided into Ki-67 high expression group ($n=21$) and Ki-67 low expression group ($n=20$). Region of interest (ROI) was drawn on the TIRM image with maximum area of lesion and run-length matrix texture analysis was performed using Mazda software; in addition, the ADC value of the same ROI was measured on the same DWI images. The run-length matrix parameters and ADC was compared statistically between the two groups. The receiver operating characteristic curve was used to evaluate the diagnostic efficacy of the parameters with statistical difference between the low and high expression groups and the combined prediction model. The correlation was analyzed between the texture parameters and ADC with the Ki-67 expression level. **Results:** The

作者单位: 116044 辽宁大连,大连医科大学研究生院(王铭);225300 江苏泰州,泰州市人民医院医学影像科(田为中,张继,王秀兰,夏建国,陈锦华)

作者简介: 王铭(1993-),女,黑龙江密山市人,硕士研究生,主要从事乳腺影像学诊断工作。

通讯作者: 田为中, E-mail: jstztwz@163.com

基金项目: 江苏省妇幼保健协会科研项目(TS201906)

Horzl-RLNU, Vertl-RLNU, 45dgr-RLNU, 135dgr-RLNU, Horzl-GLNU Vertl-GLNU and 135dgr-GLNU in Ki-67 high expression group were higher than those in Ki-67 low expression group, and the ADC values were lower than those in Ki-67 low expression group ($P < 0.05$). The Horzl-RLNU, Vertl-RLNU, 45dgr-RLNU and 135dgr-RLNU were positively correlated with Ki-67 expression index of breast cancer ($P < 0.05$), Horzl-GLNU Vertl-GLNU and 135dgr-GLNU were no significant correlated with Ki-67 expression index of breast cancer ($P > 0.05$), the ADC values were negatively correlated with Ki-67 expression index ($P < 0.05$). Among the texture parameters, the AUC of 45dgr-RLNU was the largest (0.714) with sensitivity of 76.2% and specificity of 60.0%; the AUC of ADC was 0.840, with sensitivity of 81.0% and specificity of 80.0%; the AUC of the combined prediction model was 0.886, with sensitivity of 90.5% and specificity of 75.0%. **Conclusion:** The run-length matrix texture features based on TIRM sequence combined with ADC value can improve the prediction efficacy for Ki-67 expression level in breast cancer, and play an important role in guiding the selection of clinical treatment options and the evaluation of patient prognosis.

【Key words】 Breast cancer; Run-length matrix; Texture feature; Turbo inversion recovery magnitude sequence; Apparent diffusion coefficient; Ki-67

乳腺癌是一种高度异质性肿瘤,不同的分子分型表现出不同的形态、治疗反应和患者结局。Ki-67 是乳腺癌检测中常用的免疫组化指标,其表达程度的高低与乳腺癌的侵袭性、分型、治疗效果及预后密切相关。但在临床上,需通过术后病理组织染色和免疫组织化学分析才能获得肿瘤内 Ki-67 的表达情况,若术前能够预测其表达情况,早期发现高度恶性乳腺癌,对患者的预后、诊断和治疗具有重要意义。磁共振 DWI 在不需对比剂的情况下通过定量方法评估表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)来反映瘤体内自由水分子的运动情况,提供关于肿瘤生物学和显微结构特征的信息。纹理分析可以捕获到磁共振成像中人眼无法识别的微观特征,量化肿瘤的异质性。本研究中对 Ki-67 高、低表达组别间基于 T_2 短反转恢复压脂(turbo inversion recovery magnitude, TIRM)图提取的游程矩阵纹理特征和 ADC 值的差异性进行研究,试图寻找新的预测指标,为临床治疗乳腺癌及评估预后提供影像学帮助。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性分析 2018 年 1 月—2020 年 9 月经术后病理证实的 41 例女性乳腺癌患者的临床和影像资料,年龄 32~74 岁,平均(49.1 ± 9.7)岁。纳入标准:①术前行乳腺常规 MRI、DWI 及动态增强检查;②行手术切除或穿刺活检,有明确的病理诊断结果(包括 Ki-67 表达水平)。排除标准:①图像质量差,伪影较重;②病灶过小,短径 < 0.5 cm。

2. Ki-67 表达水平分级

Ki-67 阳性染色定位于细胞核,呈棕黄色或黄褐

色着色。在 400 倍镜视野下随机选择 10 个视野进行计数,计算 Ki-67 阳性细胞占总细胞数的百分比。参照 2013 年 St Gallen 国际乳腺癌会议专家共识^[1],本研究以 20% 作为临界值, $< 20\%$ 的肿瘤细胞核着色为 Ki-67 低表达, $\geq 20\%$ 的肿瘤细胞核着色为高表达。

3. MRI 扫描方法

使用 Siemens Skyra 3.0T 和 Siemens Verio 3.0T 超导 MR 扫描仪及 4 通道专用乳腺线圈进行扫描。患者取俯卧位,双侧乳腺自然悬垂适当固定于线圈中。扫描序列和如下。①横轴面 TIRM 序列:TR 4000~6340 ms, TE 45~70 ms,层厚 4.0 mm,层间距 0.40~1.20 mm,视野 34 cm $\times$ 34 cm~35 cm $\times$ 35 cm,激励次数 2,矩阵 256 $\times$ 320~358 $\times$ 448,翻转角 $80^\circ \sim 120^\circ$;②横轴面 T_1 WI 序列:TR 5.9~6.0 ms, TE 2.23~2.34 ms,层厚 1.2~2.0 mm,层间距 0.24~0.40 mm,矩阵 448 $\times$ 358,视野 34 cm $\times$ 34 cm~36 cm $\times$ 36 cm,激励次数 1,翻转角 $15^\circ \sim 20^\circ$;③双乳矢状面 T_2 WI 抑脂序列:TR 3010~5710 ms, TE 64~75 ms,层厚 4.00 mm,层间距 0.80 mm,矩阵 210 $\times$ 256~240 $\times$ 320,视野 18 cm $\times$ 18 cm,激励次数 2,翻转角 $120^\circ \sim 160^\circ$;④横轴面 DWI:TR 5430~6600 ms, TE 55~85 ms,层厚 4.00~5.00 mm,层间距 2.00~5.00 mm, $b=50, 400, 800$ 和 1000 s/mm²,矩阵 200 $\times$ 170~220 $\times$ 220,视野 32 cm $\times$ 32 cm~34 cm $\times$ 34 cm,激励次数 3,无翻转角)及 ADC 图像;⑤横轴面 3D FLASH 序列 DCE-MRI 扫描:TR 4.17~4.51 ms, TE 1.55~1.61 ms,层厚 0.9~1.0 mm,层间距 0.18~0.2 mm,矩阵 256 $\times$ 320~300 $\times$ 448,视野 34 cm $\times$ 34 cm,激励次数 1,翻转角 10° ,重复扫描 6 次,第 1 次扫描后间隔 20 ms 注射对比剂,并在注射结束的同时开始后续扫

描;对比剂采用 GD-DTPA,剂量 0.1 mmol/kg,使用高压注射器经手背静脉注入,流率 2.0 mL/s,随后以相同流率注入 20 mL 生理盐水。

4. 图像处理

将所有患者的 TIRM 序列的图像自 PACS 工作站以 BMP 格式导出,导出时使图像的窗宽、窗位均保持一致。将图像灰阶范围进行归一化,减小亮度和对比度差异的影响。参考 DWI 及动态增强图像,在 MaZda 软件中,选取肿瘤最大层面,沿病灶边缘手动勾画 ROI(图 1)。随后,软件即可自动提取出 ROI 的游程矩阵纹理参数,包括游程长度不均匀性(run length non-uniformity, RLNU)、灰度不均匀性(grey level non-uniformity, GLNU)、长游程因子(long run emphasis, LRE)、短游程因子(short run emphasis, SRE)和游程图像分数(fraction of image-in runs)五大类共 20 个纹理参数。

将所有乳腺癌患者的 DWI 图像($b = 1000 \text{ s/mm}^2$)传输至后处理工作站,以 TIRM 及 DCE-MRI 图像为参考,选取肿瘤最大层面,手动勾画 ROI,测量 ADC 值,每个病灶测量 3 次,取平均值。

5. 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计分析。所有计量资料的比较采用独立样本 t 检验(正态分布)或 Mann-Whitney U 检验(非正态分布)。绘制受试者工作特性(receiver operator characteristic curve, ROC)曲线评估有统计学差异的参数对 Ki-67 低、高表达组

的鉴别诊断效能。采用 Spearman 秩相关分析评价各项纹理参数值和 ADC 值与乳腺癌 Ki-67 指数的相关性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 病理结果

41 例乳腺癌中,浸润性导管癌 35 例(图 1),浸润性小叶癌 1 例,黏液癌 1 例,导管内癌 4 例。免疫组织化学染色结果:Ki-67 高表达 21 例,Ki-67 指数值为 40%~80%,平均 $46.67\% \pm 10.65\%$;低表达 20 例,Ki-67 指数值为 5%~19%,平均 $13.40\% \pm 3.60\%$ 。

2. 纹理参数及 ADC 值的组间比较

Ki-67 高、低表达组之间差异有统计学意义的游程矩阵纹理参数值和 ADC 值及统计分析结果见表 1。其中,Ki-67 高表达组中的水平方向(horizontal, Horizl)、垂直方向(vertical, Vertl)、45 度方向(45 degree, 45dgr)和 135 度方向(135dgr)上的 RLNU 及 Horizl-GLNU、Vertl-GLNU、135dgr-GLNU 均高于低表达组,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$),其余的游程矩阵纹理参数值在两组间的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。两组之间 ADC 值的差异有统计学意义($P < 0.001$),低表达组中的 ADC 值明显高于高表达组。

3. 纹理参数和 ADC 值与 Ki-67 指数的相关性

组间差异有统计学意义的 7 个游程矩阵纹理参数及 ADC 值与 Ki-67 指数的相关性分析机结果见表 2。

表 1 Ki-67 高、低表达组间游程矩阵纹理参数值及 ADC 值的比较

参数	低表达组	高表达组	Z/t 值	P 值
Horzl-RLNU	128.51(71.80~222.52) [#]	192.42 [#] (128.77~340.30)	-2.269	0.023
Vertl-RLNU	124.06(71.17~236.81) [#]	194.13 [#] (126.32~356.26)	-2.243	0.025
45dgr-RLNU	130.00(72.19~~234.64) [#]	195.30 [#] (132.67~362.64)	-2.347	0.019
135dr-RLNU	127.03(74.71~~234.81) [#]	193.47 [#] (133.32~353.61)	-2.243	0.025
Horzl-GLNU	2.79(2.07~4.53) [#]	4.44(2.82~8.54) [#]	-2.269	0.023
Vertl-GLNU	2.87(2.10~4.81) [#]	4.41(2.89~8.23) [#]	-2.191	0.028
135dr-GLNU	2.90(2.19~5.36) [#]	4.72(2.96~8.86) [#]	-2.113	0.035
ADC($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	0.98 $\pm$ 0.15	0.82 $\pm$ 0.08	4.340	0.000

注:[#]以中位数(上四分位数~下四分位数)表示,采用非参数检验(统计量为 Z 值)。

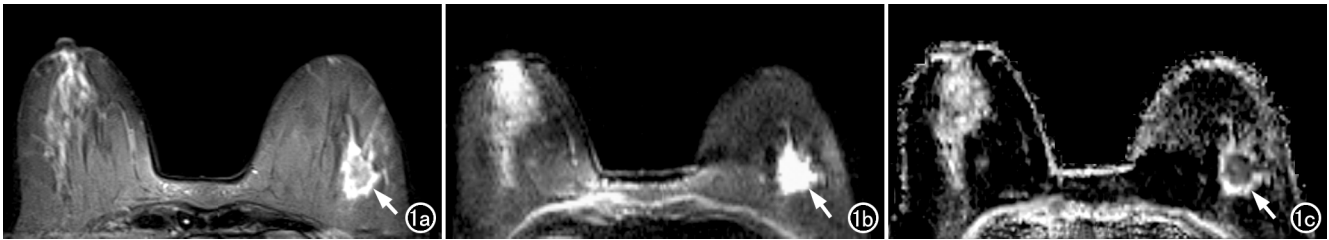


图 1 女,62 岁,左侧乳腺外下象限内浸润性乳腺癌。a)TIRM 序列上左侧乳腺外下象限内有分叶状病灶,呈不均匀高信号,边缘有毛刺征(箭);b)DWI($b = 1000 \text{ s/mm}^2$)上病灶呈明显高信号(箭);c)ADC 图上病灶呈明显低信号(箭)。

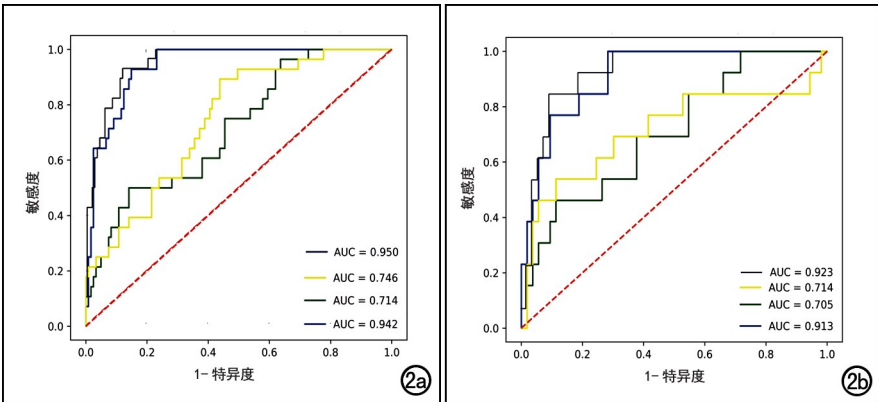


图 2 各项游程矩阵纹理参数的 ROC 曲线,以 45dgr-RLNU 的诊断效能最高,AUC 为 0.714。图 3 ADC 及联合预测因子的 ROC 曲线,以联合预测因子的 AUC 较高,达 0.886。

7 个游程矩阵纹理参数中,Horzl-RLNU、Vertl-RLNU、45dgr-RLNU 和 135dgr-RLNU 与 Ki-67 指数间呈正相关($P<0.05$),而 Horzl-GLNU、Vertl-GLNU 和 135dgr-GLNU 与 Ki-67 指数间无显著相关性($P>0.05$),ADC 值与 Ki-67 指数呈负相关($P=0.001<0.05$),即 Ki-67 指数表达水平越高,恶性程度越高,ADC 值越低。

表 2 纹理参数和 ADC 值与 Ki-67 指数的相关性分析结果

参数	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
Horzl-RLNU	0.358	0.021
Vertl-RLNU	0.351	0.024
45dgr-RLNU	0.364	0.019
135dr-RLNU	0.358	0.022
Horzl-GLNU	0.293	0.063
Vertl-GLNU	0.291	0.065
135dr-GLNU	0.278	0.079
ADC	-0.514	0.001

4. ROC 曲线分析

ADC、7 个游程矩阵纹理参数及联合预测因子预测 Ki-67 高、低表达的 ROC 曲线见图 2~3,其 AUC 值、最佳临界值及诊断效能指标值见表 3。在游程矩阵纹理参数中,45dgr-RLNU 的诊断效能最高,AUC 值为 0.714,敏感度和特异度分别为 76.2%和 60.0%。本研究中采用二元 Logistic 回归分析将组间差异有统

计学意义的游程矩阵纹理参数联合 ADC 值来建立联合预测模型,得到的模型表达式为: $Y=11.820-0.014ADC+0.012Horzl-RLNU-0.100Vertl-RLNU+0.08345dgr-RLNU+0.015135dr-RLNU-3.131Horzl-GLNU+1.636Vertl-GLNU+1.021135dr-GLNU$ ($P=0.018<0.05$),其 AUC 为 0.886,敏感度和特异度分别为 90.5%和 75.0%,诊断效能优于各项游程矩阵纹理参数和 ADC 值,且其敏感度和特异度较均衡。

讨 论

Ki-67 指数是检测肿瘤侵袭性和增殖活性的标记物^[2],与乳腺癌的组织学分级、生长方式、疗效评价、复发转移及预后判断等有关。在 2017 版欧洲肿瘤标志物组(EGTM)的更新指南中提出,Ki-67 的高表达与乳腺癌的不良预后独立相关^[3]。有研究表明 Ki-67 指数被作为区分 Luminal A 型与 B 型乳腺癌的肿瘤标志物^[4],在 Luminal A 型中表达较低、复发风险低,在 Luminal B 型表达较高、复发风险高。同时也有研究表明,新辅助化疗对于 Ki-67 高表达($>20\%$)肿瘤更有效^[5]。因此,近年来许多学者将影像学征象与 Ki-67 表达水平进行相关性分析,尝试通过影像学方法来预测 Ki-67 的表达状态。本研究中对基于 TIRM 图像的游程矩阵纹理参数和 ADC 值与 Ki-6 表达指数进行相关性分析,探讨这些指标之间的关联性

及纹理参数的诊断效能,为乳腺癌患者的临床个体化治疗方案的选择和预后分析提供可靠的影像学依据。

DWI 作为重要的 MRI 辅助诊断序列,可以利用水分子扩散运动,在分子水平上显示人体组织中的空间信息和细胞密度^[6]。临床上最常用 ADC 值对组织水分子扩散程度进行定量分析。本研究结果显示,Ki-67 高表达组的 ADC 值低于低表达组 $[(0.82\pm0.08)\times$

表 3 游程矩阵纹理参数、ADC 及联合预测因子对乳腺癌 Ki-67 表达程度的诊断效能

参数	临界值	AUC	标准误	敏感度	特异度	<i>P</i> 值	约登指数
Horzl-RLNU	144.89	0.707	0.081	0.714	0.65	0.023	0.364
Vertl-RLNU	133.27	0.705	0.082	0.762	0.60	0.025	0.362
45dgr-RLNU	144.14	0.714	0.080	0.762	0.60	0.019	0.362
135dr-RLNU	141.22	0.705	0.081	0.762	0.60	0.025	0.362
Horzl-GLNU	2.30	0.707	0.081	0.952	0.40	0.023	0.352
Vertl-GLNU	3.74	0.700	0.081	0.619	0.70	0.028	0.319
135dr-GLNU	2.98	0.693	0.082	0.762	0.55	0.035	0.312
ADC 值	1.10 [#]	0.840	0.066	0.810	0.80	0.000	0.712
联合预测因子	0.44	0.886	0.050	0.905	0.75	0.000	0.655

注:[#] 单位为 $\times 10^{-3}mm^2/s$ 。

10^{-3} vs. $(0.98 \pm 0.15) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, $P < 0.001$], 且 ADC 值与 Ki-67 表达程度呈负相关($r = -0.514$, $P < 0.05$), 即 Ki-67 指数值越高, ADC 值越低。本研究结果与杨培等^[7]的研究结果基本一致。因为 Ki-67 是细胞增殖抗原, 其表达程度越高, 表明细胞增殖数量增加, 组织结构紊乱, 细胞外间隙变窄, 最终导致组织细胞间隙内水分子运动受限, ADC 值随之降低。

张竹伟等^[8]基于不同序列的纹理分析对乳腺良、恶性肿瘤进行鉴别诊断, 结果显示相较于 T_1 WI、DWI 及 T_1 WI 增强序列, T_2 WI 序列的鉴别诊断效能最高。既往有研究结果显示 T_2 WI 可通过观测病灶区的水肿, 能有效预测乳腺癌的预后^[9]。其原因是 T_2 WI 序列回波时间较长, 增加了组织间的对比度, 使得图像中蕴含更多具有诊断价值的纹理特征。纹理分析作为非侵入性影像学新兴技术预测恶性肿瘤生物标志物的潜力在最近的研究中已得到证实。如沈力等^[10]通过基于 T_2 WI 图像的游程矩阵纹理分析联合 ADC 值对术前前列腺癌分化程度进行评估, 研究结果显示灰度不均匀性在高、低分化组前列腺癌之间的差异有统计学意义, 且与前列腺癌分化程度之间呈负相关($P < 0.05$)。张兵等^[11]探究基于 T_2 WI 的影像组学与乳腺癌 Ki-67 表达水平的相关性, 结果显示长游程补偿水平方向和长游程补偿垂直方向表现出良好的预测能力, 预测 Ki-67 指数值 $< 14\%$ 与 Ki-67 指数值 $\geq 14\%$ 的敏感度和特异度分别为 75.1%、91.7% 和 87.5%、62.5%, AUC 分别为 0.724 和 0.724 ($P < 0.05$)。上述结果表明基于 T_2 WI 的纹理特征参数能够分析和预测乳腺癌的生物学行为, 为判断患者的预后提供新方法。

本研究基于 TIRM 图像, 利用 MaZda 软件筛选出病变内游程矩阵纹理特征参数, 结果显示 Horzl-RLNU、Vertl-RLNU、45dgr-RLNU 和 135dgr-RLNU 与 Ki-67 表达指数间呈正相关性($P < 0.05$), 而 Horzl-GLNU、Vertl-GLNU 和 135dgr-GLNU 与 Ki-67 表达指数间无显著相关性($P > 0.05$)。游程矩阵是常用的二阶纹理分析方法, 反映具有某灰度值的像素于既定方向上连续出现的频数(即游程)^[12]。游程长不均匀度描述图像中游程长度的相似性, 图像纹理粗细均匀性越差, RLNU 值越大。灰度不均匀度描述图像灰度的均匀性, 灰度越均匀, GLNU 值越小, 反之, 则越大^[13]。由于乳腺癌正常组织结构被破坏, 相较于正常组织细胞, 肿瘤细胞生长异常且密集, 致使病灶信号改变, 像素不均匀度和灰度也因此发生变化, 图像纹理也因组织成分改变而变得粗糙、不均匀。故乳腺癌的 Ki-67 指数越高, 预示着肿瘤恶性程度越高, 游程长不均匀度和灰度不均匀度值越高。

本研究利用 ROC 曲线分析各参数对 Ki-67 表达

程度高低的预测效能, 结果显示 ADC 的 AUC 为 0.840, 敏感度和特异度分别为 81.0% 和 80.0%; 在游程矩阵纹理参数中, 45dgr-RLNU 的 AUC 最高, 为 0.714, 敏感度和特异度分别为 76.2% 和 60.0%。ADC 的诊断效能高于 45dgr-RLNU。既往有很多研究仅仅使用单个参数对 Ki-67 表达程度进行预测^[14-15], 且因 DWI 图的分辨率不高, 对于病灶的位置和边界显示不清, 而将 MRI 纹理分析联合 ADC 值来预测乳腺癌 Ki-67 的表达程度, 可以达到互为补充的作用。本研究将有统计学差异的游程矩阵纹理参数联合 ADC 来建立联合预测因子, 其 AUC 达 0.886, 敏感度达 90.5%, 特异度为 75.0%, 其诊断效能高于单独 ADC 或纹理分析参数, 表明多参数联合可以提高鉴别诊断效能, 使影像学检查在术前对 Ki-67 表达程度进行准确预测成为可能。

本研究存在以下局限性: 目前对于纹理参数中诊断效能最高的 45dgr-RLNU 的诊断阈值尚没有统一标准, 本研究中纳入样本量少、结果偏低, 可能会存在偏差, 未来需要进行大样本多中心研究来进一步验证纹理参数的应用价值; 勾画 ROI 与病理取材部位之间可能存在不一致; 仅对游程矩阵纹理参数进行分析, 未来的研究中将进一步增加对其它纹理参数的分析。

综上所述, 基于 TIRM 图像的游程矩阵纹理参数联合 ADC 值能够提高对 Ki-67 表达程度的预测能力, 无创性地反映乳腺癌的细胞增殖状态和侵袭性, 有助于指导临床进行个体化治疗及预后判断。

参考文献:

- [1] Goldhirsch A, Winer EP, Coates AS, et al. Personalizing the treatment of women with early breast cancer: highlights of the St Gallen international expert consensus on the primary therapy of early breast cancer 2013[J]. Ann Oncol, 2013, 24(9): 2006-2223. DOI: 10.1093/annonc/mdt303.
- [2] Ooishi N, Kanao S, Kataoka M, et al. Apparent diffusion coefficient as a potential surrogate marker for Ki-67 index in mucinous breast carcinoma[J]. J Magn Reson Imaging, 2015, 41(3): 610-615. DOI: 10.1002/jmri.24615.
- [3] Duffy MJ, Harbick N, NAP M, et al. Clinical use of biomarkers in breast cancer: updated guide lines from the European Group on Tumor Markers (EGTM) [J]. Eur J Cancer, 2017, 75: 284-298. DOI: 10.1016/j.ejca.2017.01.017.
- [4] Dihge L, Bendahl PO, Rydén L. Nomograms for preoperative prediction of axillary nodal status in breast cancer[J]. Br J Surg, 2017, 104(11): 1494-1505. DOI: 10.1002/bjs.10583.
- [5] Ács B, Zámbo V, Vizkeleti L, et al. Ki-67 as a controversial predictive and prognostic marker in breast cancer patients treated with neoadjuvant chemotherapy[J]. Diagn Pathol, 2017, 12(1): 1-12.
- [6] Park SH, Choi HY, Hahn SY, et al. Correlations between apparent diffusion coefficient values of invasive ductal carcinoma and pathologic factors on diffusion-weighted MRI at 3.0 Tesla[J]. J Magn

- Reson Imaging, 2015, 41(1): 175-182. DOI: 10.1002/jmri.24519.
- [7] 杨培, 常晓丹, 付姣慧, 等. DCE-MRI 参考区域模型联合 DWI 对 luminal 型乳腺癌的应用研究[J]. 放射学实践, 2018, 33(7): 688-693. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.07.007.
- [8] 张竹伟, 华婷, 徐婷婷, 等. 常规 MRI 纹理分析鉴别乳腺良、恶性病变的价值初探[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(8): 588-591. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.08.006.
- [9] Uematsu T, Kasami M, Watanabe J. Is evaluation of the presence of prepectoral edema on T₂-weighted with fat-suppression 3T breast MRI: a simple and readily available noninvasive technique for estimation of prognosis in patients with breast cancer[J]. Breast Cancer, 2014, 21(6): 684-692. DOI: 10.1007/s12282-013-0440-z.
- [10] 沈力, 徐圆, 叶靖, 等. 基于 MRI T₂WI 图像的游程矩阵纹理分析联合 ADC 值对前列腺癌分化程度的评估[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(1): 102-106. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2020.01.021.
- [11] 张兵, 吴晶涛, 叶靖, 等. 常规 T₂WI 纹理特征与乳腺癌 Ki-67 表达水平的相关性研究[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(4): 680-684. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2020.04.013.
- [12] Szczypiński P, Strzelecki M, Materka A, et al. MaZda—a software package for image texture analysis[J]. Comput Methods Programs Biomed, 2009, 94(1): 66-76. DOI: 10.1016/j.cmpb.2008.08.005.
- [13] 孙中茹, 田为中, 俞骥. 扩散加权成像序列图像纹理分析鉴别诊断乳腺良恶性肿瘤的价值[J]. 中华消化病与影像杂志(电子版), 2019, 9(6): 267-271. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-2015.2019.06.007.
- [14] 梁煜爽, 徐慧, 管亚男. 头颈部非霍奇金淋巴瘤扩散加权成像 ADC 值与 Ki-67 表达相关性分析[J]. 中国临床医学影像杂志, 2020, 31(1): 6-10. DOI: 10.12117/jccmi.2020.01.002.
- [15] Fan M, He T, Zhang P, et al. Heterogeneity of diffusion-weighted imaging in tumors and the surrounding stroma for prediction of Ki-67 proliferation status in breast cancer[J/OL]. Sci Rep, 2017, 7(1): e2875. DOI: 10.1038/s41598-017-03122-z.
- (收稿日期: 2020-12-23 修回日期: 2021-05-15)

欢迎订阅 2022 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管, 华中科技大学同济医学院主办, 与德国合办的全国性影像学学术期刊, 创刊至今已 37 周年。遵照同行评议、价值导向、等效应用原则, 国内各大学、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序, 《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志再次入选 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向, 关注国内外影像医学的新进展、新动态, 全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果, 受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为中国科学引文数据库(CSCD)核心库来源期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、中国科技核心期刊、中国高质量科技期刊分级目录临床医学领域医学影像学期刊, 并在中国学术期刊分区中位列 Q1 区。

主要栏目: 论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊, 每册 25 元, 全年定价 300 元。

国内统一刊号: ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R

邮政代号: 38-122

电话: (027) 69378385

E-mail: fsxsjzz@163.com

网址: <http://www.fsxsj.net>

编辑部地址: 430199 武汉市蔡甸区中法新城同济医院专家社区别墅 C 栋