

论 著

乳腺癌肿瘤全域的表观扩散系数信号强度直方图与病理分期的关系及对复发的预测价值

田 甜 云 昊* 王 山
罗发福

文昌市人民医院放射科 (海南 文昌 571399)

【摘要】目的 探讨乳腺癌肿瘤全域的表观扩散系数(ADC)信号强度直方图与病理分期的关系及对复发的预测价值。方法 回顾性收集2016年6月-2020年7月于我院接受治疗的90例浸润性导管癌患者的临床、病理及影像学资料,患者均接受MRI检查,应用西门子相应工作站重建ADC图,提取3D感兴趣区(ROI)ADC最小值(ADC_{min})、ADC中位数(ADC_{median})、ADC平均值(ADC_{mean})、ADC众数(ADC_{mode})、ADC标准差(ADC_{std})、ADC最大值(ADC_{max})、第10百分位数(ADC10%)、第25百分位数(ADC25%)、第50百分位数(ADC50%)、第75百分位数(ADC75%)、第90百分位数(ADC90%)、偏度系数及峰度系数等参数,根据肿瘤病理类型及术后复发情况进行分组,对比组间差异,通过绘制受试者工作特征曲线(ROC)评估ADC直方图参数的诊断和预测效能。结果 乳腺癌T₁~T₂期组ADC25%、ADC50%、ADC95%均显著低于T₃~T₄期组,而峰度系数则显著高于T₃~T₄期组,差异具有统计学意义(P<0.05)。ADC直方图中,ADC95%鉴别乳腺癌不同病理分期诊断效能最佳,以 $1.363 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 作为最佳诊断阈值时,其曲线下面积为0.869,对应的Youden指数、敏感度和特异度分别为0.741、88.50%和85.60%。与非复发组比较,复发乳腺癌患者ADC10%、ADC25%、ADC90%及峰度系数均显著降低,差异具有统计学意义(P<0.05),且均对乳腺癌患者复发具有一定的预测价值,相比于单一预测指标,联合预测具有更高的准确性。结论 ADC25%、ADC50%、ADC95%及峰度系数均对乳腺癌病理分期有一定的诊断价值,ADC10%、ADC25%、ADC90%及峰度系数在预测乳腺癌患者复发方面具有一定的应用价值。

【关键词】乳腺癌;表观扩散系数;扩散加权成像;病理分期;复发

【中图分类号】R737.9

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.02.034

Relationship between Signal Intensity Histogram of Global Diffusion Coefficient and Pathological Stage in Breast Cancer and Its Predictive Value for Recurrence

TIAN Tian,YUN Hao*,WANG Shan,LUO Fa-fu.

Department of Radiology,Wenchang People's Hospital,Wenchang 571399,Hainan Province,China

ABSTRACT

Objective To explore the relationship between the global apparent diffusion coefficient (ADC) signal intensity histogram and pathological stage of breast cancer and its predictive value for recurrence.

Methods The clinical, pathological and imaging data of 90 patients with invasive ductal carcinoma treated in our hospital from June 2016 to July 2020 were retrospectively collected, all patients underwent MRI examination. Apply Siemens workstation to rebuild ADC image, Extract 3D region of interest (ROI) ADC minimum value (ADC_{min}), ADC median (ADC_{median}), ADC mean (ADC_{mean}), ADC mode (ADC_{mode}), ADC standard deviation (ADC_{std}), ADC maximum value (ADC_{max}), 10th percentile (ADC10%), 25th percentile (ADC25%), 50th percentile (ADC50%), 75th percentile (ADC75%), 90th percentile (ADC90%), skewness coefficient and kurtosis coefficient and other parameters. The patients were divided into groups according to tumor pathological type and postoperative recurrence, the differences between the groups were compared, and the diagnostic and predictive efficacy of ADC histogram parameters was evaluated by drawing receiver operating characteristic curve (ROC). **Results** ADC25%, ADC50% and ADC95% in stage T₁-T₂ group were significantly lower than those in stage T₃-T₄ group, and the kurtosis coefficient was significantly higher than that in stage T₃-T₄ group, with statistical significance (P<0.05). In ADC histogram, the diagnostic efficacy of ADC95% in distinguishing different pathological stages of breast cancer was the best. When the best diagnostic threshold was $1.363 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, the area under the curve was 0.869, and the corresponding Youden index, sensitivity and specificity were 0.741, 88.50% and 85.60%, respectively. Compared with the non-recurrent group, the ADC10%, ADC25%, ADC90% and kurtosis coefficient of recurrent breast cancer patients were significantly decreased, with statistical significance (P<0.05), and all of them had certain predictive value for the recurrence of breast cancer patients. Compared with the single prediction index, the combined prediction had higher accuracy. **Conclusions** ADC25%, ADC50%, ADC95% and kurtosis coefficient all have certain diagnostic value for the pathological staging of breast cancer, and ADC10%, ADC25%, ADC90% and kurtosis coefficient have certain application value in predicting the recurrence of breast cancer patients.

Keywords: Breast Cancer; Apparent Diffusion Coefficient; Diffusion Weighted Imaging; Pathological Stage; Recrudescence

乳腺癌是女性常发的恶性肿瘤,具有高度异质性,其预后与病理分期、组织级别及淋巴结转移等因素有关^[1-2]。其中病理分期是重要的预后因素,术前准确判断乳腺癌病理分期对临床治疗及预后评估具有重要意义。近年来,扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)被广泛应用于肿瘤病理分级及诊断^[3],其中表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)可定量评估组织水分子扩散受限特征,与局部ADC值相比,肿瘤全域的ADC值在反映肿瘤整体异质性方面准确性更高,并可避免局部勾画感兴趣区(region of interest, ROI)带来的抽样误差^[4-5]。直方图分析是纹理分析的重要组成部分,可通过分析像素分布获得多个直方图参数,从而体量化肿瘤的异质性^[6]。目前,直方图分析已广泛应用于乳腺癌分子分型^[7]、病理类型^[8]及预后^[9]方面的研究,但关于ADC直方图鉴别乳腺癌病理分期的研究还鲜有报道,因此,本研究旨在探讨基于肿瘤全域的ADC信号强度直方图与乳腺癌病理分期的相关性及其对患者术后复发的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2016年6月至2020年7月于我院接受治疗的90例浸润性导管癌患者的临床、病理及影像学资料,患者均为女性,年龄26~73岁,中位年龄49岁。

纳入标准: 术前乳腺磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)检查提示肿块型病变,术后确诊为乳腺癌;MRI的DWI及ADC图像质量能确切显示病灶;无核磁共振检查禁忌;均为单侧单发病变。排除标准:已确诊为浸润性导管癌并接受过手术或新辅助治疗;3个月内接受过乳腺穿刺活检;病灶最大直径<1cm者;临床资料不全、DWI图像质量欠佳者。

1.2 MRI检查 所有患者均在MAGNETOM Verio 3.0 T MR(德国西门子)扫描仪上进行MRI检查,患者取俯卧位,双乳自然悬垂于8通道相控表面线圈内,扫描T₁WI、DWI及T₂WI动态增强序列,动态增强前先扫描蒙片,然后静脉团注Gd-DTPA,剂量为0.1 mmol/

【第一作者】田 甜,女,主治医师,主要研究方向:放射影像诊断。E-mail: tiant202203@126.com

【通讯作者】云 昊,男,主治医师,主要研究方向:放射影像诊断。E-mail: 981523387@qq.com

kg, 速率为2.5mL/s, 总量15mL, 经肘静脉建立静脉通道。平均扫序列扫描参数: T₁WI: TR 764ms, TE 8.1ms, 层厚4mm, 层数35层, 层间距1, FOV 340 mm × 340mm × 144mm, 激励次数2; T₂WI: TR 3200ms, TE 101ms, 层厚4mm, 层数35层, 层间距1mm, FOV 340mm × 340mm × 144mm, 激励次数1; DWI采用横断面脂肪抑制平面回波序列, TR 6600ms, TE 89ms, 层厚5mm, 层间距1mm, b 值0s/mm²、800s/mm², FOV 300mm × 166mm, 矩阵184 × 147, 激励次数3。MRI扫描参数: TR 4.47ms, TE 1.57ms, 翻转角10°, 矩阵352 × 264, FOV 360 mm × 360mm, 层厚为1.5mm, 激励次数为1。ADC 图像由后处理工作站自动生成。

1.3 图像分析 由两名经验丰富的MRI诊断医生采用西门子相应工作站重建ADC图, 打开Image J软件, 输入b值ADC图, 在病变中心逐层手动定义病灶ROI并由软件生成3D ROI, 根据病变组织的大小决定ROI大小, 每组数据选取3个ROI。软件计算生成ADC最小值(ADC_{min})、ADC 中位数(ADC_{median})、ADC平均值(ADC_{mean})、ADC众数(ADC_{mode})、ADC标准差(ADC_{std})、ADC 最大值(ADC_{max})、第10百分位数(ADC10%)、第25百分位数(ADC25%)、第50百分位数(ADC50%)、第75百分位数(ADC75%)、第90百分位数(ADC90%)、偏度系数、峰度系数等ADC直方图参数, 并生成ADC直方图。

1.4 分组 依据乳腺癌TNM 分期, 将肿瘤大小分为 I ~ II 期及 III ~ IV 期组。术后对患者随访一年, 根据复发情况将患者其分为复发组(n=32)和非复发组(n=58)。

1.5 统计学方法 应用SPSS 22.0对数据进行统计分析, 正态分布的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用t检验。ADC 直方图参数的诊断和预测效能采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线进行评估, P<0.05 为差

异具有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基线资料 90个病灶均为肿块型病变, 肿瘤最大径的平均数为2.2cm(范围约1.1cm~5.0cm), 其中T₁~T₂期肿瘤63个(70.00%)、T₃~T₄期27个(30.00%), 病变部位DWI图像表现为高信号, ADC呈信号, 典型的乳腺癌MRI图像及ADC直方图见图1~图4。

2.2 ADC直方图参数与病理分期的关系 2名医师采用软件所提取的参数具有较好的一致性(ICC: 0.8571~0.961)。ADC直方图参数比较结果显示, 乳腺癌T₁~T₂期组ADC25%、ADC50%、ADC95%均显著低于T₃~T₄期组, 而峰度系数则显著高于T₃~T₄期组, 差异具有统计学意义(P<0.05)。两组患者ADC_{min}、ADC_{mean}、ADC_{median}、ADC_{std}、ADC_{mode}、ADC_{max}、ADC10%、ADC75%、ADC90%及偏度系数等参数无显著差异(P>0.05), 见表1。

2.3 ADC直方图鉴别乳腺癌病理分期的诊断效能 ADC25%、ADC50%、ADC95%及峰度系数均对乳腺癌病理分期具有一定的诊断价值, 其中以ADC95%的诊断效能最佳, 以 $1.363 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 作为最佳诊断阈值时, 其曲线下面积为0.869, 对应的Youden指数、敏感度和特异度分别为0.741、88.50%和85.60%, 见图5, 表2。

2.4 复发与非复发组患者ADC直方图参数比较 与非复发组比较, 复发乳腺癌患者ADC10%、ADC25%、ADC90%及峰度系数均显著降低, 差异具有统计学意义(P<0.05), 见表3。

2.5 ADC10%、ADC25%、ADC90%、峰度系数以及联合预测复发的ROC曲线分析 ADC10%、ADC25%、ADC90%及峰度系数均对乳腺癌患者复发具有一定的预测价值(AUC>0.7), 但4项联合预测患者复发的AUC最大, 见表4, 图6。

表1 不同病理分期乳腺癌ADC直方图参数

参数	T ₁ ~T ₂ 期(n=63)	T ₃ ~T ₄ 期(n=27)	P值
ADC _{min} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.718±0.164	0.696±0.138	0.540
ADC _{mean} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.949±0.011	0.933±0.019	0.696
ADC _{median} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.941±0.083	0.925±0.096	0.588
ADC _{std} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.153±0.082	0.159±0.057	0.527
ADC _{mode} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.872±0.109	0.881±0.125	0.625
ADC _{max} (×10 ⁻³ mm ² /s)	1.244±0.247	1.250±0.214	0.791
ADC10%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.501±0.093	0.707±0.155	0.106
ADC25%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.581±0.095	0.876±0.096	0.048
ADC50%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.771±0.083	1.005±0.112	0.045
ADC75%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.819±0.112	1.139±0.114	0.063
ADC90%(×10 ⁻³ mm ² /s)	1.011±0.179	1.289±0.139	0.066
ADC95%(×10 ⁻³ mm ² /s)	1.106±0.316	1.386±0.307	0.025
偏度系数	0.360±0.104	0.438±0.213	0.486
峰度系数	0.069±0.037	0.390±0.061	0.030

表3 复发组与非复发组ADC直方图参数分析

参数	非复发组(n=58)	复发组(n=32)	P值
ADC _{min} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.678±0.165	0.726±0.180	0.253
ADC _{mean} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.929±0.019	0.940±0.011	0.383
ADC _{median} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.927±0.157	0.969±0.095	0.863
ADC _{std} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.159±0.057	0.153±0.082	0.507
ADC _{mode} (×10 ⁻³ mm ² /s)	0.881±0.125	0.872±0.109	0.709
ADC _{max} (×10 ⁻³ mm ² /s)	1.250±0.214	1.244±0.247	0.957
ADC10%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.694±0.107	0.515±0.130	0.015
ADC25%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.796±0.124	0.648±0.122	0.043
ADC50%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.870±0.163	0.831±0.137	0.471
ADC75%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.997±0.183	0.925±0.168	0.154
ADC90%(×10 ⁻³ mm ² /s)	1.254±0.190	1.033±0.157	0.013
ADC95%(×10 ⁻³ mm ² /s)	1.327±0.202	1.249±0.406	0.080
偏度系数	0.562±0.119	0.501±0.206	0.161
峰度系数	0.442±0.030	0.042±0.016	0.002

表2 ADC直方图对不同病理分期乳腺癌的诊断效能

ADC直方图参数	曲线下面积	最佳诊断阈值	Youden指数	敏感度(%)	特异度(%)
ADC25%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.746	0.934	0.613	85.70	75.60
ADC50%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.755	1.221	0.543	82.90	71.40
ADC95%(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.869	1.363	0.741	88.50	85.60
峰度系数	0.828	3.312	0.447	71.70	73.00

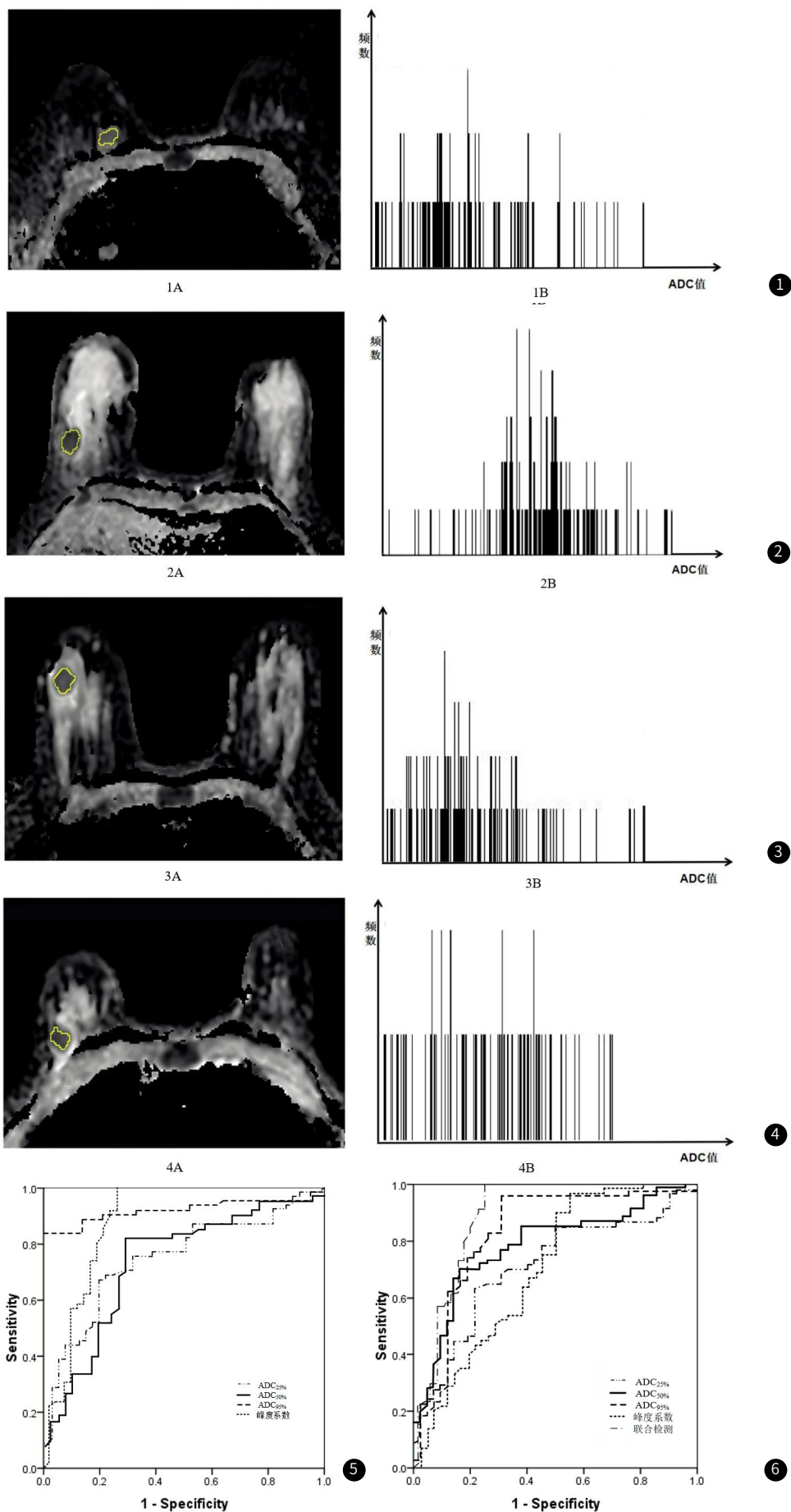


图1 女, 51岁, TNM分期 I 期。图1A: ADC图; 图1B: b值为800s/mm²时ADC直方图。**图2** 女, 48岁, TNM分期 II 期。图2A: ADC图; 图2B: b值为800s/mm²时ADC直方图。**图3** 女, 42岁, TNM分期 III 期。图3A: ADC图; 图3B: b值为800s/mm²时ADC直方图。**图4** 女, 54岁, TNM分期 IV 期。图4A: ADC图; 图4B: b值为800s/mm²时ADC直方图。**图5** ADC直方图ROC曲线分析。**图6** ROC曲线分析。

表4 ADC10%、ADC25%、ADC90%、峰度系数以及联合预测效能分析

ADC直方图参数	AUC	P值	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)
ADC25%($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	0.810	<0.001	0.690~0.929	63.70	88.90
ADC50%($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	0.790	<0.001	0.648~0.892	72.70	77.80
ADC95%($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	0.768	<0.001	0.634~0.901	86.40	59.30
峰度系数	0.744	<0.001	0.606~0.882	68.20	74.10
联合预测	0.901	<0.001	0.781~0.968	83.30	77.80

3 讨论

乳腺癌在基因表型上具有异质性,导致不同病理分级乳腺癌生物学行为存在差异性^[10]。MRI在乳腺癌的术前病理分级中发挥重要作用,乳腺DWI能突出癌组织与正常组织间的信号强度差异,是乳腺癌术前病理分期的主要检查序列^[11]。ADC能从分子水平反映病灶组织水分子弥散特性,从而评估肿瘤的异质性,目前其在鉴别肿瘤良恶性及病理分级方面的价值已有研究报道^[12]。ADC直方图低比例区域ADC值与肿瘤等级和侵袭行为相关,可反应肿瘤细胞的高密集程度,而高比例区域ADC值则能反映肿瘤细胞的低密集程度、肿瘤坏死及纤维化^[13]。既往研究多在肿瘤局部勾画ROI,并通过计算平均值获得局部病灶ADC值,但局部ADC值在全面反应病灶内水分子弥漫速度和范围方面存在限制,而基于整个肿瘤体积的ADC直方图可最大程度地消除随机误差,可重复性强且具有良好的致性^[14]。

肿瘤区域内部微血管、细胞等的变化引起微环境的变化,导致水分子弥漫受到限制,肿瘤病灶在DWI上呈现高信号,但良恶性病变的ADC值可能存在交叠^[15]。Suo等^[16]回顾性分析了101例乳腺肿块病变患者的ADC直方图参数信息,结果显示恶性病变的ADCmean、ADCmin、ADCmax、ADC10%、ADC25%、ADC50%、ADC75%、ADC90%降低,并且ADCmin和ADC25%对乳腺肿瘤良恶性的鉴别价值更高。沈丽娟等^[17]等的研究表明,b值为800s/mm²时恶性病变的ADC值均较良性病变显著降低,而峰度系数和偏度系数则显著升高,ADC直方图可为乳腺肿块病变的良恶性鉴别提供参考。Liu等^[18]采用动态增强MRI和ADC直方图对乳腺肿块样病变患者良恶性进行评估,结果显示恶性病变的ADC值均显著低于良性病变,ADC直方图分析在预测乳腺恶性肿瘤方面具有临床应用价值。Bougias H等^[19]对53个乳腺病灶行MRI检查,b值0、1300s/mm²时,恶性病变的ADCmean、ADCmode和ADC10%、ADC50%、ADC90%与良性病变相比显著降低,偏度系数则显著升高,并且ADC10%和ADC50%对肿瘤良恶性的鉴别价值更高。本研究结果显示,乳腺癌T₁~T₂期组ADC25%、ADC50%、ADC95%均显著低于T₃~T₄期组,ADC值可反映肿瘤微环境,受肿瘤细胞密度、纤维间质数量及含水量等因素的影响,T₁~T₂期乳腺癌生物学行为较好,坏死见少,肿块内以肿瘤细胞为主,细胞外间质变窄,而T₃~T₄期肿瘤内部更容易坏死,细胞膜完整性受到破坏,导致ADC值偏高。峰度系数可用于评估峰值,本研究中,T₃~T₄期峰度系数高于T₁~T₂期,偏度系数低于T₃~T₄期,说明T₁~T₂期主要为中低ADC值,且分期较高的乳腺癌病灶ADC值更集中。进一步分析ADC的诊断效能发现,ADC95%鉴别肿瘤病理分期的诊断效能更高,提示其可在一定程度上反映不同病理分期乳腺癌的不均质性,可为临床医师制定干预措施提供参考。

在异质性肿瘤中,肿瘤细胞密集区域ADC值更低,肿瘤组织较正常组织有相对较低的ADC值,复发患者通常存在更多微病灶,从而对ADC值产生影响^[20]。本研究中,复发乳腺癌患者ADC10%、ADC25%、ADC90%及峰度系数较非复发组显著降低,且均对乳腺癌患者复发具有一定的预测价值,相比于单一预测指标,联合预测具有更高的准确性,提示ADC直方图在临床乳腺癌的诊断及预后中具有一定的应用价值。

本研究侧存在以下不足:(1)本研究为单中心回顾性研究,在样本选择上可能存在偏倚;(2)b值的选择仅采用0和800mm²/s两个值,而b值的选择可能影响ADC直方图的结果;(3)肿瘤全域直方图在反映ROI空间特性方面存在限制,在ADC图重建过程中可

能存在偏差。

综上所述,ADC25%、ADC50%、ADC95%及峰度系数均对乳腺癌病理分期具有一定的诊断价值,ADC10%、ADC25%、ADC90%及峰度系数均对乳腺癌患者复发具有一定的预测价值。

参考文献

- [1] Chung W P, Lee K T, Chen Y P, et al. The prognosis of early-stage breast cancer in extremely young female patients[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(1): e24076.
- [2] Liu B, Pan J, Fu C. Correlation of microRNA-367 in the clinicopathologic features and prognosis of breast cancer patients[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(22): e26103.
- [3] Zhang P, Min X, Wang L, et al. Bi-exponential versus mono-exponential diffusion-weighted imaging for evaluating prostate cancer aggressiveness after radical prostatectomy: a whole-tumor histogram analysis[J]. *Acta Radiol*, 2019, 60(11): 1566-1575.
- [4] Liu Y, Zhang Y, Cheng R, et al. Radiomics analysis of apparent diffusion coefficient in cervical cancer: A preliminary study on histological grade evaluation[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2019, 49(1): 280-290.
- [5] He Y, Rong Y, Chen H, et al. Impact of different b-value combinations on radiomics features of apparent diffusion coefficient in cervical cancer[J]. *Acta Radiol*, 2020, 61(4): 568-576.
- [6] Kim E, Kim C K, Kim H S, et al. Histogram analysis from stretched exponential model on diffusion-weighted imaging: evaluation of clinically significant prostate cancer[J]. *Br J Radiol*, 2020, 93(1106): 20190757.
- [7] 何高燕, 孙军辉, 赵振华, 等. 全域表观扩散系数直方图鉴别乳腺浸润性导管癌分子病理亚型的应用价值[J]. *临床放射学杂志*, 2019, 36(9): 65-70.
- [8] 黄婧潇, 吴朋, 孙静宜, 等. DCE-MRI定量参数全域直方图分析法在乳腺肿瘤鉴别诊断中的应用价值[J]. *山西医科大学学报*, 2019, 50(3): 347-353.
- [9] 孙淑萌, 邵真真, 刘佩芳. 3.0T MRI多b值扩散加权成像ADC直方图与乳腺癌分子分型及预后因素的相关性研究[J]. *中国肿瘤临床*, 2019, 46(1): 39-43.
- [10] Januškevičienė I, Petrikaitė V. Heterogeneity of breast cancer: The importance of interaction between different tumor cell populations[J]. *Life Sci*, 2019, 239: 117009.
- [11] Pak LM, Banaag A, Koehlmoos TP, et al. Non-clinical drivers of variation in preoperative MRI utilization for breast cancer[J]. *Ann Surg Oncol*, 2020, 27(9): 3414-3423.
- [12] Choi B B. Associations between apparent diffusion coefficient values and the prognostic factors of breast cancer[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2019, 43(6): 931-936.
- [13] Hong J H, Jee WH, Whang S, et al. Differentiation of soft-tissue lymphoma from undifferentiated sarcoma: apparent diffusion coefficient histogram analysis[J]. *Acta Radiol*, 2021, 62(8): 1045-1051.
- [14] Basirjafari S, Pourreisa M, Shahhoseini B, et al. Apparent diffusion coefficient values and non-homogeneity of diffusion in brain tumors in diffusion-weighted MRI[J]. *Acta Radiol*, 2020, 61(2): 244-252.
- [15] Hirata A, Hayano K, Ohira G, et al. Volumetric histogram analysis of apparent diffusion coefficient as a biomarker to predict survival of esophageal cancer patients[J]. *Ann Surg Oncol*, 2020, 27(8): 3083-3089.
- [16] Suo S, Zhang K, Cao M, et al. Characterization of breast masses as benign or malignant at 3.0T MRI with whole-lesion histogram analysis of the apparent diffusion coefficient[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2016, 43(4): 894-902.
- [17] 沈丽娟, 孟凡华, 孙瑞红, 等. 采用表观扩散系数直方图分析法诊断乳腺肿块样病变的价值[J]. *肿瘤影像学*, 2017, 26(2): 114-120.
- [18] Liu H L, Zong M, Wei H, et al. Preoperative predicting malignancy in breast mass-like lesions: value of adding histogram analysis of apparent diffusion coefficient maps to dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging for improving confidence level[J]. *Br J Radiol*, 2017, 90(1079): 20170394.
- [19] Bougias H, Ghiatas A, Priovolos D, et al. Whole-lesion histogram analysis metrics of the apparent diffusion coefficient as a marker of breast lesions characterization at 1.5 T[J]. *Radiography (Lond)*, 2017, 23(2): e41-e46.
- [20] 梁和月, 阳朝霞, 傅彩霞, 等. 全肝MRI直方图分析检测结肠癌肝转移复发的价值[J]. *肿瘤影像学*, 2017, 26(1): 18-24.

(收稿日期: 2021-09-14)

(校对编辑: 何镇喜)