

论 著

最小表观扩散系数值与浸润性乳腺癌生物学预后因子的关系分析

鲁果果* 王轩轩 马爱珍

河南科技大学第一附属医院

(河南 洛阳 471003)

【摘要】目的 探讨扩散加权成像(DWI)定量参数ADC_{min}、ADC_{mean}与浸润性乳腺癌生物学预后因子的关系。方法 回顾性分析158例浸润性乳腺癌患者的临床资料,所有患者入院后均接受了乳腺MR检查,并行乳腺穿刺活检术或乳腺癌根治术病理检查确诊。统计患者肿瘤生物学预后因子(Ki-67、ER、PR)表达情况,比较不同表达状态的ADC_{min}、ADC_{mean}值的差异。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评价ADC_{min}、ADC_{mean}值对不同因子表达状态的预测价值。结果 Ki-67高表达的ADC_{min}值及ADC_{mean}值均低于低表达,差异有统计学意义($P<0.05$),ER、PR阳性表达的ADC_{min}、ADC_{mean}值高于阴性表达,ADC_{min}值差异有统计学意义($P<0.05$)。ROC曲线显示,ADC_{min}值预测Ki-67表达状态的最大曲线下面积(AUC)为0.906,ADC_{mean}值预测Ki-67表达状态的最大AUC为0.889;ADC_{min}与ADC_{mean}预测ER表达状态的最大AUC分别为0.682、0.578;预测PR表达状态的最大AUC分别为0.639、0.585;ADC_{min}值预测Ki-67、ER、PR表达状态AUC的均高于ADC_{mean}值,差异有统计学意义($P<0.05$)。结论 DWI参数ADC_{min}值、ADC_{mean}值有助于评估浸润性乳腺癌Ki-67、ER、PR的表达状态,ADC_{min}值对Ki-67、ER、PR表达状态的预测价值较大。

【关键词】乳腺癌;扩散加权成像;增殖细胞核抗原;雌激素受体;孕激素受体

【中图分类号】R737.9

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.06.027

Analysis of the Relationship between the Minimum Apparent Diffusion Coefficient Values and Biological Prognostic Factors in Invasive Breast Cancer

LU Guo-guo*, WANG Xuan-xuan, MA Ai-zhen.

The First Affiliated Hospital of Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the relationship between diffusion-weighted imaging (DWI) quantitative parameters ADC_{min} and ADC_{mean} and biological prognostic factors in invasive breast cancer. **Methods** The clinical data of 158 patients with invasive breast cancer were retrospectively analyzed. All patients received MR examination after admission and were confirmed by biopsy or radical mastectomy. The expression of biological prognostic factors (Ki-67, ER, PR) was analyzed and the ADC_{min}、ADC_{mean} values of different expression states were compared. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the predictive value of the ADC_{min}, ADC_{mean} values to different factor expression states. **Results** The ADC_{min} value and ADC_{mean} value of high expression of Ki-67 were lower than those of low expression, with statistical significance ($P<0.05$). The ADC_{min}、ADC_{mean} value of positive expression of ER and PR was higher than that of negative expression, with ADC_{min} statistical significance ($P<0.05$). The ROC curve showed that the maximum area under the curve (AUC) for the ADC_{min} value to predict Ki-67 expression status was 0.906, and the maximum AUC for the ADC_{mean} value to predict Ki-67 expression status was 0.889. The maximum AUC of ADC_{min} and ADC_{mean} to predict ER expression status were 0.682 and 0.578, respectively. The maximal ACU for predicting PR expression status were 0.639 and 0.585. ADC_{min} value predicted Ki-67, ER and PR expression status of AUC higher than ADC_{mean} value, the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** Preoperative DWI parameters ADC_{min} and ADC_{mean} values are helpful to evaluate the expression status of Ki-67, ER and PR in invasive breast cancer, and ADC_{min} values are significant in predicting the expression status of Ki-67, ER and PR.

Keywords: Breast Cancer; Diffusion Weighted Imaging; Ki-67 Antigen; Estrogen Receptor; Progesterone Receptor

乳腺癌是常见的恶性肿瘤之一,也是女性中与癌症相关死亡的主要原因^[1]。随着精准医疗的发展,肿瘤生物学标志物在临床工作中呈现愈发重要的价值。肿瘤增殖抗原(Ki-67)指数即蛋白质染色阳性细胞的百分比,乳腺癌Ki-67不同的表达水平可能导致显著不同的预后,增殖标志物Ki-67的表达水平在治疗过程中是发生动态变化^[2]。雌激素受体(ER)、孕激素受体(PR)存在于正常乳腺的上皮细胞细胞核内,对细胞的生长发育有调节作用,被认为其表达状态可影响预后。因此,如何能够在术前早期无创性评价Ki-67、ER、PR表达水平对判断病人预后及治疗方案的选择有重要临床价值。影像学检查是目前无创评估肿瘤病情及预后的首选。MRI扩散加权成像(DWI)得出的表观扩散系数(ADC)可客观反应病灶组织的水分子扩散能力,反应细胞的微观结构特征,与肿瘤的侵袭性和预后密切相关。研究表明^[3]ADC值可预测肿瘤生物学标志物的表达水平及预后,但选用的ADC值多为平均ADC值,由于肿瘤的异质性,平均ADC难以代表肿瘤恶性程度的最高部分。ADC_{min}为肿瘤细胞最密集区域,在图上更易于识别和获取,但关于ADC_{min}与乳腺癌的Ki-67、ER、PR的相关性研究较少。本研究旨在探讨ADC_{min}与浸润性乳腺癌生物学预后因子Ki-67、ER、PR的关系,以期实现术前无创性评估乳腺癌的细胞增殖能力及预后,为临床精准诊治乳腺癌病人提供影像学依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性研究分析我院2018年06月至2023年3月收治的158例浸润性乳腺癌患者临床资料。

符合以下标准的患者纳入研究:通过乳腺穿刺活检术或乳腺癌根治术病理检查确诊为浸润性癌;免疫组化及随访资料完整;入院后均行MR检查,乳腺MR图像质量良好,DWI图像及ADC图像满意;均为单发病灶且无远处转移。排除标准:术前接受相关的治疗干预;病灶最大直径 <1 cm、ADC值无法准确测出;病灶坏死、囊变区域较大,肿瘤实质部分无法准确测量ADC值者;图片伪影严重,影响准确性者。158例均为女性,患者年龄24-83岁,平均年龄(52.5 $\pm$ 11.6)岁。

1.2 MRI检查方法 检查仪器为德国西门子Skyra 3.0T超导磁共振扫描仪,线圈为专用18通道乳腺线圈。生育期女性选择在月经周期的第8-14天进行检查,要求患者保持俯卧位,使双侧乳腺保持在线圈的凹孔内,具有自然的悬垂效应,头先进,平静呼吸。扫描序列为:横断面T₁WI: TR/TE 5.41ms/2.46ms,层厚1.7mm,FOV

【第一作者】鲁果果,女,主治医师,主要研究方向:磁共振影像诊断。E-mail: lgg123lu@163.com

【通讯作者】鲁果果

340mm×340mm，矩阵384×342，横断面脂肪抑制T₂WI：TR/TE 3770ms/70ms，层厚4mm，FOV 340mm×340mm，矩阵448×358，横轴位高清DWI：TR/TE 5360ms/57ms，层厚5mm，b值=50、1000s/mm²，激励次数分别为1、4，FOV 340mm×340mm，矩阵160×160。动态增强采用横断面脂肪抑制小角度激发快速梯度回波三维扫描T₁WI检查，先扫1期蒙片，之后经时静脉以团注方式注射磁共振对比剂钆喷酸葡胺(gadopentetate dimeglumine, Gd-DTPA)，剂量为0.2mmol/kg体重，注射速率为2.5mL/s，注射对比剂后用相同注射速率注射20mL生理盐水，增强扫描选用参数为：TR/TE 4.36ms/1.61ms，层厚1.8mm，FOV 360mm×360mm，矩阵384×315，每期60s，连续扫描6期，最后延迟时相行横轴位T₁WI，扫描参数：TR/TE 7.65ms/3.93ms，层厚0.8mm，FOV 340mm×340mm，矩阵448×363。

1.3 图像分析 扫描数据录入读片系统后由2名临床医师共同阅片(MRI诊断经验>6年)，协商获得一致意见，根据扫描结果获取图像，在DWI图像上选择感兴趣区(region of interest, ROI)，在ADC图上进行ADC_{min}值、ADC_{mean}值测量，取3次测量的平均值。

1.4 Ki-67、ER、PR表达状态检测及分组 患者术后行病理及免疫组织化学检查，并记录Ki-67、ER、PR表达水平，将癌细胞中核染色阳性细胞所占的百分比记录为Ki-67、ER、PR表达水平。Ki67 表达水平>30%，为Ki-67高表达，Ki67表达水平≤30%，

为Ki-67低表达；ER、PR阳性细胞占细胞总数比例≥1%记为阳性(阳性表达)，<1%记为阴性(阴性表达)。

1.5 统计方法 统计分析软件选取 SPSS 22.0 应用软件，对数据进行统计学分析。计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)来表示，数据比较为独立样本t检验。以受试者工作特征曲线(ROC)分析ADC_{min}、ADC_{mean}值对Ki-67、ER、PR表达状态的预测价值。P<0.05显示差异具有统计学上的意义。

2 结果

2.1 不同Ki-67与ER、PR表达状态的ADC_{min}值、ADC_{mean}值比较 Ki-67高表达的ADC_{min}值及ADC_{mean}值均低于低表达，差异有统计学意义(P<0.05)；ER、PR阴性表达的ADC_{min}值均低于阳性表达，差异有统计学意义(P<0.05)，ER、PR阳性表达的ADC_{mean}值比较，差异无统计学意义(P>0.05)，见表1。

2.2 浸润性乳腺癌ADC_{min}值、ADC_{mean}值预测Ki-67及ER、PR表达状态的效能 ROC曲线显示，ADC_{min}值预测Ki-67表达状态的最大曲线下面积(AUC)为0.906，ADC_{mean}值预测Ki-67表达状态的最大AUC为0.889；ADC_{min}与ADC_{mean}预测ER、PR表达状态的最大AUC分别为0.682、0.578和0.639、0.585；ADC_{min}值预测Ki-67与ER、PR表达状态AUC的均高于ADC_{mean}值，差异有统计学意义(P<0.05)，见图1、表2。

表1 高表达组与低表达组乳腺癌ADC_{min}值、ADC_{mean}值的比较

表达状态		ADC _{min} 值	ADC _{mean} 值
Ki-67	高表达(n=88)	0.601±0.086	0.757±0.067
	低表达(n=70)	0.750±0.073	0.876±0.070
t		11.599	10.863
P		<0.001	<0.001
ER	阳性表达(n=117)	0.685±0.106	0.815±0.088
	阴性表达(n=41)	0.617±0.106	0.795±0.097
t		-3.519	-1.147
P		0.001	0.214
PR	阳性表达(n=97)	0.687±0.109	0.819±0.091
	阴性表达(n=61)	0.636±0.104	0.795±0.088
t		-2.900	-1.604
P		0.004	0.111

表2 ADC_{min}值、ADC_{mean}值预测浸润性Ki-67、ER、PR表达状态的效能

指标	ADC值	AUC (0.95CI)	阈值 (×10 ⁻³ mm ² /s)	灵敏度 (%)	特异度 (%)	约登指数
Ki-67	ADC _{min} 值	0.906(0.860-0.953)	0.670	88.60	81.80	0.704
	ADC _{mean} 值	0.889(0.838-0.940)	0.827	78.60	87.50	0.661
ER	ADC _{min} 值	0.682(0.587-0.777)	0.664	60.70	75.60	0.363
	ADC _{mean} 值	0.578(0.474-0.683)	0.784	63.20	56.10	0.193
PR	ADC _{min} 值	0.639(0.551-0.727)	0.664	62.90	67.20	0.301
	ADC _{mean} 值	0.585(0.493-0.676)	0.784	66.00	54.10	0.201

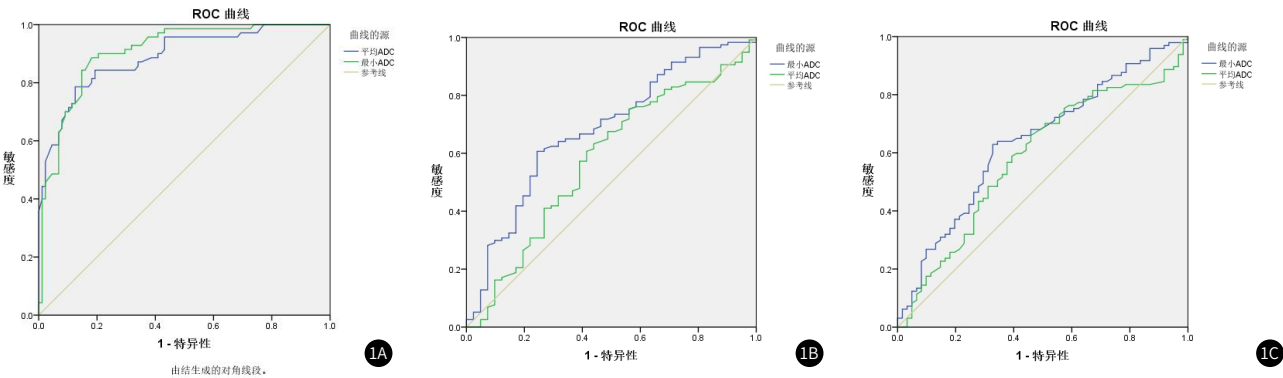


图1A-图1C ADC_{min}值、ADC_{mean}值预测Ki-67、ER、PR表达状态的ROC曲线图(1A: ADC_{min}值、ADC_{mean}值预测Ki-67表达状态；1B: ADC_{min}值、ADC_{mean}值预测ER表达状态；1C: ADC_{min}值、ADC_{mean}值预测PR表达状态)。

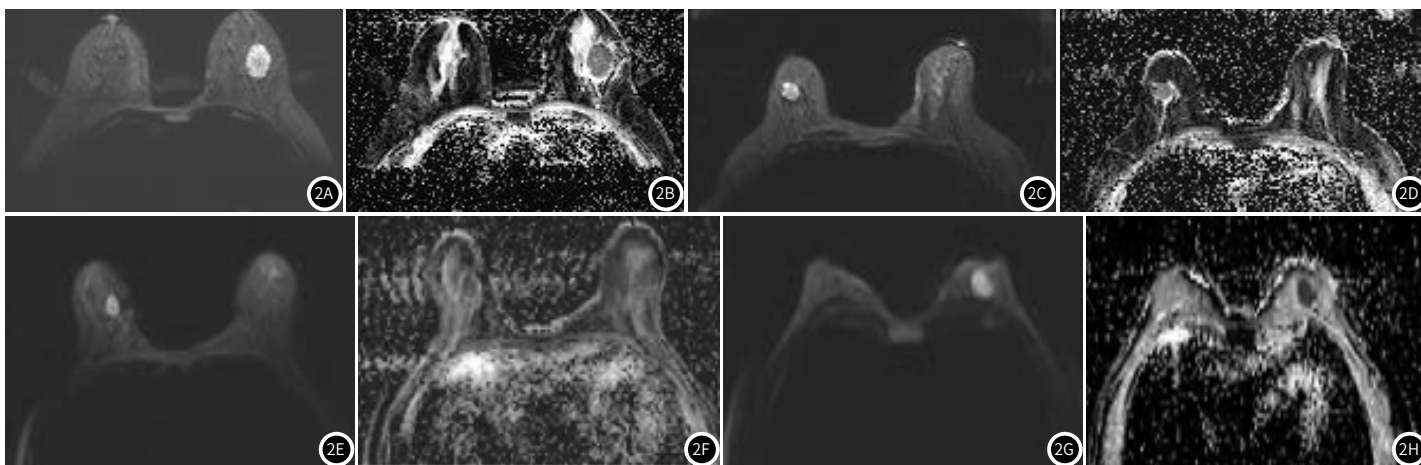


图2A-图2H 浸润性乳腺癌MRI-DWI图

图2A-图2B 女, 44岁, 左乳癌, Ki-67=40%: 图2A DWI示左乳见结节状高信号; 图2B ADC图, ADC_{min} 值为 $0.721 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, ADC_{mean} 值为 $0.756 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$;
图2C-图2D 女, 64岁, 右乳癌, Ki-67=10%: 图2C DWI示右乳见结节状高信号, 图2D ADC图, ADC_{min} 值为 $0.786 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, ADC_{mean} 值为 $0.954 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$;
图2E-图2F 女, 70岁, 右乳癌, ER、PR阳性: 图2E DWI示右乳见结节状高信号, 图2F ADC图, ADC_{min} 值为 $0.855 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, ADC_{mean} 值为 $0.875 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$;
图2G-图2H 女, 45岁, 左乳癌, ER、PR阳性: 2G DWI示左乳见结节状高信号, 图2H ADC图, ADC_{min} 值为 $0.615 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, ADC_{mean} 值为 $0.728 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。

3 讨论

DWI是以水分子运动为基础的成像原理,其扩散的程度可以用表观扩散系数值ADC值来量化,ADC值能够定量的反应出肿瘤细胞的密度以及其水分子扩散受限的程度。Ki-67高表达通常意味着快速增殖,从而细胞数量增加;研究^[4]表明可以利用Ki-67的表达特性评估乳腺癌细胞活性,以便实施相对应的治疗,改善患者预后,提高患者的生活质量,文献报道^[5]Ki-67高表达,是乳腺癌患者预后不良的危险因素。ER、PR是表达于乳腺癌上皮细胞内的激素受体,当其表达缺失时则表明乳腺癌细胞不受内分泌激素调控,而乳腺癌细胞的生长增殖与内分泌因素调节有关,因此其阳性表达提示预后较好。因此,在临床实践中,术前需要一个准确的、无创的方式来预测Ki-67、ER、PR的表达水平。Ki67可能存在实验室间和观察者间的差异。有学者^[6]为了研究Ki-67指数与乳腺癌临床病理特征及其生存预测的相关性,采用了Ki-67临界点(14%、20%、30%和50%),得出Ki-67选择临界值为20%时,预测效能较高。文献^[7]报道Ki-67增殖指数的判定值在不同病理实验中可能不同,可采用20%-30%作为判断Ki-67增殖指数高低的界值。国际乳腺癌Ki67工作组认为^[8]免疫组织学Ki67 $\leq 5\%$ 或 $\geq 30\%$ 时在观察者间的一致性较高, Ki-67免疫组化检测可用于分析乳腺癌组织中的有效性分析。根据本组数据乳腺癌Ki-67数据的表达情况并结合以上标准,本文最终采用30%作为Ki67高低表达的界值,而ER、PR通常以其是否表达阳性作为治疗及预后的参考标准。

王艳萍等^[9]将Ki-67分为高表达($\geq 20\%$)与低表达($<20\%$), Ki-67高表达组ADC值 $[(0.88 \pm 0.13) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}]$ 显著低于低表达组ADC值 $[(1.01 \pm 0.14) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}]$,差异有统计学意义,可以通过ADC值一定程度上预测Ki-67表达水平。车树楠等研究^[10]报道基于MRI多期增强影像组学特征的SVM模型能有效预测Ki-67表达状态,将影像组学特征与临床影像特征联合,能够进一步提高模型预测效能,当Ki-67界值选用20%时,结果显示MRI常规影像学特征中乳腺原发灶短径较大、位于外上或内上象限、ADC值较低、腋窝淋巴结短径 $>1.0 \text{cm}$ 与Ki67高表达有关,高表达组(153例)平均ADC值为 $1.05 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$,低表达组(60例)平均ADC值为 $1.15 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。文献^[11]报道Ki-67 14%作为临界值,高表达组与低表达组ADC值分别为 $(1.08 \pm 0.34) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 、 $(0.96 \pm 0.34) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$,差异有统计学差异。王伟等^[12]认为ER、PR的表达情况与浸润性乳腺癌病灶组织血供、是否有腋窝淋巴结转移及pTNM分期有关;余哲歆等^[13]研究显示乳腺癌ER、PR阴性表达的ADC值低于ER、PR阳性表达的ADC值。上述研究说明以ADC值评估Ki-67与ER、PR表达状态是切实可行的。

本组临床数据结果表明, Ki-67高表达及ER、PR阴性表达的乳腺癌 ADC_{min} 值、 ADC_{mean} 值低于Ki-67低表达和ER、PR阳性表达

患者,表明 ADC_{min} 值及 ADC_{mean} 值对Ki-67及ER、PR阴性表达状态均有一定的预测价值,但 ADC_{min} 值预测Ki-67、ER、PR表达状态的AUC高于 ADC_{mean} 值,说明 ADC_{min} 值较 ADC_{mean} 值对Ki-67、ER、PR表达状态有更高的预测效能。因乳腺癌是一种质地不均匀的肿瘤,病灶组织内的纤维化、坏死及液化等病理成分均可影响ADC值^[14]。研究表明,癌细胞的增殖速度、细胞数量及细胞核异型性变化更加明显,因此细胞间隙缩小,排列密集,结构紧凑,ADC值较低^[15]。因此 ADC_{max} 值为肿瘤细胞最疏松区域, ADC_{min} 值为肿瘤细胞最密集区域,因此ADC最小值区域的恶性程度更高,而局部测量的 ADC_{mean} 值对肿瘤病理特性的反应存在差异。研究认为^[16] ADC_{min} 与Ki-67有较强的相关性,并能更好地反映恶性病变的增殖潜能, ADC_{min} 在预测细胞数量和增殖活性方面比 ADC_{mean} 更敏感。文献报道^[17]显示与 ADC_{mean} 相比, ADC_{min} 与乳腺癌、脑淋巴瘤和垂体腺瘤中的增殖活性相关性更好。李雪等^[18]研究显示乳腺癌ER、PR阳性组的ADC参数值小于ER、PR阴性组,与本研究结果不一致,可能与选用的机器型号,ADC值的测量方法、选用的病理类型不同所致,但其结果显示基于DWI的全肿瘤直方图纹理分析参数与预后因子ER、PR及Ki-67均有一定的相关性,肯定了其在乳腺癌个体化治疗、疗效及预后预测方面的价值。上述结果证实了 ADC_{min} 一定程度上对肿瘤的增殖情况、细胞数量及内分泌激素调控状态的反应情况优于 ADC_{mean} 值,因此相较于 ADC_{mean} 值, ADC_{min} 值对Ki-67、ER、PR阳性表达状态的预测效能更佳。

综上所述,乳腺癌原发灶 ADC_{min} 、 ADC_{mean} 值对于预测Ki-67、ER、PR表达状态及预后均具有一定预测价值,且 ADC_{min} 的预测效能更好,但本研究结论仍需进一步进行前瞻性多中心大样本研究进行验证。随着计算机技术,尤其是影像组学、人工智能的发展,MRI可更准确、更有效的用于预测乳腺癌患者Ki-67、ER、PR的表达状态及预后,有助于为精确医学提供补充信息,使患者获得更好的预后,提高患者的生活质量。

参考文献

- [1] Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, et al. Cancer statistics, 2021 [J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71 (1): 7-33.
- [2] Ellis MJ, Suman VJ, Hoog J, et al. Ki67 proliferation index as a tool for chemotherapy decisions during and after neoadjuvant aromatase inhibitor treatment of breast cancer: results from the American College of Surgeons Oncology Group z1031 trial (alliance) [J]. J Clin Oncol, 2017, 35 (10): 1061-1069.
- [3] 克雅. 基于DWI/ADC和DCE-MRI预测乳腺病灶良恶性及Ki-67、HER-2肿瘤标志物 [D]. 上海: 同济大学, 2018.

3 讨 论

MR 具有较高的软组织分辨率,可清晰显示肠壁分层结构,判断肿瘤对肠壁的浸润程度,并能较大范围地扫描肿瘤浸润组织及其周围结构,直观地观察病变 内部形态学特征等,是临床鉴别诊断直肠癌的常用影像学手段^[6-8]。据报道^[9-10],MRI在肿瘤浸润程度的探查和淋巴结转移情况的诊断中有较高效能,T₂WI三方位高清序列在对直肠癌进行评估具有很好的作用,对直肠系膜筋膜受累准确率较高,可达96%以上,但是很难检查肿瘤分期的T₂期和T₃期,也会受操作者的技术和人为因素的影响,具有一定的局限性^[11-12]。DWI作为常规MR检查的重要补充,可用于鉴别诊断不同病变性质,包括淋巴结的转移^[13-15]。

在本次研究中,研究组在直肠癌术前是肿瘤淋巴结分期的准确率高于对照组,尤其是在T₃期和T₄期,对照组的准确率分别为75.61%和84.38%,研究组为97.56%和100%,有差异纳入统计($P<0.05$),这说明在直肠癌患者中使用T₂WI 3D-SPACE联合RS-EPI DWI的影像检查对肿瘤的分期能进行准确的诊断,给予患者正确的治疗来提高治疗效果,降低复发的可能。

对照组的总准确率和淋巴结阳性准确率分别为70%和79.55%,对照组的总准确率和淋巴结阳性准确率分别为95%和97.73%,研究组总准确率和淋巴结阳性准确率高于对照组,有差异纳入统计($P<0.05$),T₂WI 3D-SPACE联合RS-EPI DWI的影像检查对直肠癌准确率和淋巴结阳性准确率更高,能准确判断患者的淋巴结是否发生了转移。但是本研究存在较多的不足,样本选择性较少,缺乏大样本的数据进行分析进一步的得出结论,因此,今后将收集更多的临床案例进行分析探讨,来对直肠癌进行术前评估、高危风险因素等做进一步的研究,来验证T₂WI 3D-SPACE联合RS-EPI DWI检查能提高直肠癌术前肿瘤淋巴分期诊断的准确性。

综上所述,T₂WI 3D-SPACE联合RS-EPI DWI检查能提高直肠癌术前肿瘤淋巴分期诊断的准确性,具有较高的诊断价值,可用于直肠癌术前的肿瘤淋巴结的扫描,为临床医生的确诊提供了重要的理论依据。

参考文献

[1] Sung H, Ferlay J, Siegel R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71 (3): 209-249.

[2] Engin G, Sharifov R. Magnetic resonance imaging for diagnosis and neoadjuvant treatment evaluation in locally advanced rectal cancer: a pictorial review[J]. World J Clin Oncol, 2017, 8 (3): 214-229.

[3] Benson A B, Venook A P, Al-Hawary M M, et al. Rectal cancer, version 2. 2018, NCCN clinical practice guidelines in oncology[J]. Journal of the National Comprehensive Cancer Network, 2018, 16 (7): 874-901.

[4] 田博, 杨得振, 贾勇, 等. CT, MRI影像诊断对直肠癌临床术前分期价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2015, 13 (11): 108-110.

[5] Beomseok, Sohn, Joon-Seok, et al. MRI-detected extramural vascular invasion is an independent prognostic factor for synchronous metastasis in patients with rectal cancer. [J]. European Radiology, 2015, 25 (5): 1347-55.

[6] 李铭, 段成洲, 张玉兴, 等. MRI对直肠癌及局部淋巴结转移的诊断效能研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (11): 128-131.

[7] Fornell-Perez, R., Perez-Alonso, E., Aleman-Flores, P., et al. Nodal staging in the rectal cancer follow-up MRI after chemoradiotherapy: use of morphology, size, and diffusion criteria[J]. Clinical Radiology: Journal of the Royal College of Radiologists, 2020, 75 (2): 100-107.

[8] 毕研翠, 翟所席, 孟慧英. MSCT与MR-DWI在诊断结直肠癌区域淋巴结分期与转移中的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18 (5): 52-55.

[9] Iannicelli E, Di Renzo S, Ferri M, et al. Accuracy of high-resolution MRI with lumen distention in rectal cancer staging and circumferential margin involvement prediction[J]. Korean J Radiol, 2014, 15 (1): 37-44.

[10] Smith NJ, Barbachano Y, Norman AR, et al. Prognostic significance of magnetic resonance imaging-detected extramural vascular invasion in rectal cancer[J]. Br J Surg, 2008, 95 (2): 229-236.

[11] Akasu T, Iinuma G, Takawa M, et al. Accuracy of high-resolution magnetic resonance imaging in preoperative staging of rectal cancer[J]. Ann Surg Oncol, 2009, 16 (10): 2787-2794.

[12] Bissett IP, Fernando CC, Hough DM, et al. Identification of the fascia propria by magnetic resonance imaging and its relevance to preoperative assessment of rectal cancer[J]. Dis Colon Rectum, 2001, 44 (2): 259-265.

[13] 姜相森, 阴祖栋, 张新毅, 等. T₂WI与DWI在直肠癌淋巴结转移评估中的应用[J]. 山东医药, 2019, 59 (23): 70-73.

[14] 马晓璐, 沈浮, 王振, 等. 高分辨力DWI-RESOLVE序列在直肠癌术前T分期中的价值[J]. 放射学实践, 2017, 31 (9): 947-950.

[15] 王彤. DCE-MRI联合DWI对直肠癌患者术前T, N分期及系膜淋巴结良恶性的诊断价值[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20 (23): 5.

(收稿日期: 2023-07-13)
(校对编辑: 韩敏求)

(上接第87页)

[4] Buus TW, Jensen AB, Pedersen EM. Diffusion gradient nonlinearity bias correction reduces bias of breast cancer bone metastasis ADC values[J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 51 (3): 904-911.

[5] Alkeilani MS, Elstaty R, Alqudah MA. The prognostic potential of neurokinin 1 receptor in breast cancer and its relationship with ki-67 index[J]. Int J Breast Cancer, 2022: 4987912.

[6] Mighri N, Mejri N, Bouiemaa M, et al. Association between epidemiological and clinico-pathological features of breast cancer with prognosis, family history, Ki-67 proliferation index and survival in Tunisian breast cancer patients[J]. PLoS One, 2022, 17 (9): e0269732.

[7] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2021年版)[J]. 中国癌症杂志, 2021, 31 (10): 954-1040.

[8] Nielsen TO, Leung SCY, Rimm DL, et al. Assessment of Ki67 in breast cancer: updated recommendations from the international Ki67 in breast cancer working group[J]. J Natl Cancer Inst, 2021, 113 (7): 808-819.

[9] 王艳萍, 朱红春, 毛俊, 等. 乳腺癌MR影像表现预测Ki-67表达水平[J]. 实用放射学杂志, 2019, 35 (4): 565-568.

[10] 车树楠, 薛梅, 李静, 等. 基于MRI多期增强影像组学联合临床影像特征模型术前预测乳腺癌Ki-67表达状态[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56 (9): 967-975.

[11] Wang W, Zhang X, Zhu L, et al. Prediction of prognostic factors and genotypes in patients with breast cancer using multiple mathematical models of MR diffusion imaging[J]. Front Oncol, 2022; 12: 825264.

[12] 王伟, 胡林巧, 吴斌, 等. 双侧原发性乳腺癌超声声像特征与癌组织中ER, PR表达的相关性及预后分析[J]. 四川医学, 2022, 43 (12): 1214-1221.

[13] 余哲敏, 刘进康, 周晖, 等. 体素内不相干运动与动态增强对乳腺癌免疫组化指标的预测价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2019, 27 (7): 522-526, 528.

[14] 王晓, 朱丽钰, 查小明, 等. 全容积表观扩散系数直方图定量分析术前预测不同亚型乳腺癌新辅助化疗后病理完全缓解的价值[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54 (4): 338-344.

[15] 刘显旺, 柯晓艾, 周青, 等. 表观扩散系数值评估较低级别胶质瘤IDH-1突变状态和瘤细胞增殖活性的价值[J]. 磁共振成像, 2022, 13 (8): 13-18.

[16] Zhang Y, Zhang Q, Wang XX, et al. Value of pretherapeutic DWI in evaluating prognosis and therapeutic effect in immunocompetent patients with primary central nervous system lymphoma given high-dose methotrexate-based chemotherapy: ADC-based assessment[J]. Clin Radiol, 2016, 71: 1018-1029.

[17] Surov A, Meyer HJ, Wienke A. Associations between apparent diffusion coefficient (ADC) and Ki 67 in different tumors: a meta-analysis. Part 2: ADCmin[J]. Oncotarget, 2018, 9 (9): 8675-8680.

[18] 李雪, 朱宏, 孙琨, 等. 基于分段读出DWI序列ADC图的全肿瘤直方图纹理分析参数与乳腺癌预后因子的相关性研究[J]. 放射学实践, 2021, 36 (1): 53-59.

(收稿日期: 2023-08-15)
(校对编辑: 孙晓晴)