

论 著

ADC值联合DWI在早期子宫内膜癌和子宫黏膜下肌瘤中的预测模型构建及验证*

庞红艳 姜益环* 刘金良
孙志红 郝东伟
沧州市人民医院医专医学影像中心
(河北 沧州 061000)

【摘要】目的 探究表观扩散系数(ADC)值联合磁共振弥散加权成像(DWI)在早期子宫内膜癌(EMC)和子宫黏膜下肌瘤中的预测模型构建,并验证其价值。方法 选取本院2018年4月至2023年8月经病理证实的282例EMC和子宫黏膜下肌瘤患者,按疾病不同分为165例EMC组和117例子宫黏膜下肌瘤组。两组均行DWI检查,记录ADC值,并收集两组临床资料,采用单因素与多因素分析筛选EMC和子宫黏膜下肌瘤的危险因素,构建联合预测模型,绘制模型的列线图,采用受试者工作特征曲线(ROC)验证模型效能。结果 单因素分析显示,年龄、病灶形态、ADC值、rADC值及CVADC值在两组间具有统计学差异($P<0.05$)。Logistic回归分析结果显示,ADC值、rADC值及CVADC值为EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的危险因素($P<0.05$)。ROC曲线显示,联合预测模型的AUC、灵敏度、特异度分别为0.899、86.06%、81.20%,利用Nomogram量化3个独立危险因素,校准曲线和决策曲线表明预测效能较好。结论 ADC值联合DWI构建的多参数预测模型在早期子宫内膜癌和子宫黏膜下肌瘤中具有较高鉴别价值。

【关键词】子宫内膜癌;子宫黏膜下肌瘤;
磁共振;弥散加权成像;表观扩散系数
【中图分类号】R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】河北省2020年度医学科学研究课题计划项目(20200287)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.044

Prediction Model Construction and Validation of ADC Value Combined with DWI in Early Endometrial Carcinoma and Uterine Submucous Myoma*

PANG Hong-yan, LOU Yi-huan*, LIU Jin-liang, SUN Zhi-hong, GAO Dong-wei.
Medical Imaging Center, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou 061000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the predictive model construction of apparent diffusion coefficient (ADC) combined with magnetic resonance diffusion-weighted imaging (DWI) in early endometrial carcinoma (EMC) and uterine submucosal myoma, and to verify its value. **Methods** A total of 282 patients with EMC and submucous fibroids confirmed by pathology in our hospital from April 2018 to August 2023 were selected and divided into 165 EMC group and 117 submucous fibroids group according to different diseases. DWI examination was performed in both groups, ADC values were recorded, and clinical data of the two groups were collected. Univariate and multivariate analysis was used to screen the risk factors of EMC and uterine submucous myoma. A joint prediction model was constructed, and a nomogram of the model was drawn, and receiver operating characteristic curve (ROC) was used to verify the model efficacy. **Results** Univariate analysis showed that the lesion morphology, ADC value, rADC value and CVADC value were statistically different between the two groups ($P<0.05$). Logistic regression analysis showed that ADC value, rADC value and CVADC value were the risk factors for EMC or uterine submucosal myoma ($P<0.05$). ROC curves showed that the AUC, sensitivity, and specificity of the combined prediction model were 0.899, 86.06%, and 81.20%. Nomogram quantified three independent risk factors. Calibration curves and decision curves showed that the prediction efficiency was good. **Conclusion** The multi-parameter prediction model constructed by ADC value combined with DWI has high value in differentiating early endometrial carcinoma from submucous fibroids. **Keywords:** Endometrial Carcinoma; Uterine Submucous Myoma; Magnetic Resonance; Diffusion-weighted Imaging; Apparent Diffusion Coefficient

子宫内膜癌(endometrial carcinoma, EMC)作为一种发生于子宫内膜上皮的恶性肿瘤,亦是女性生殖系统中最常见的一种恶性肿瘤^[1]。EMC以阴道不规则流血为主要临床表现,早期EMC多可经手术治愈,而晚期患者预后不佳^[2]。子宫黏膜下肌瘤作为一种凸向宫腔生长的子宫肌瘤,亦是妇科常见良性肿瘤之一^[3]。该病往往可通过保守治疗,故临床治疗前需与EMC进行鉴别。随着近些年影像学技术不断发展,磁共振在临床多种疾病鉴别诊断中应用广泛,并取得较好效果。在子宫肿瘤定位、定性中常规磁共振检查具有良好效果^[4],但EMC和子宫黏膜下肌瘤影像学特征差异不典型,有一部分重叠形态、信号,导致二者鉴别困难。弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)属于磁共振成像技术之一,可对病变组织水分子运动进行微观反映,基于其获得的表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值可反映水分子扩散能力^[5-6]。当前临床关于ADC值联合DWI定量参数对EMC和子宫黏膜下肌瘤鉴别的研究报道较少,本研究基于此建立nomogram模型,旨在临床鉴别诊断EMC和子宫黏膜下肌瘤提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究资料 回顾性分析本院2018年4月至2023年8月经病理证实的EMC和子宫黏膜下肌瘤患者的临床资料。

入选标准:经手术病理证实为EMC或子宫黏膜下肌瘤;年龄 ≥ 18 岁;术前均行DWI检查,且检查与手术时间间隔2周内;检查前未接受相关治疗;资料齐全。排除标准:无病理结果;受宫腔大量积血或病灶太小等因素影响,难以勾画感兴趣区(region of interest, ROI);存在心、肝、肾等脏器严重功能障碍;图像不清晰。共入组282例患者,年龄24~79(50.64 ± 7.11)岁。按病理诊断结果分为165例EMC组和117例子宫黏膜下肌瘤组。

1.2 方法 全部患者均接受磁共振检查,所使用仪器为西门子3.0T超导磁共振扫描仪。(1)轴位T1WI:快速自旋回波序列扫描,参数设置为5mm层厚、12ms TE、559ms TR、 248×203 矩阵、 320×224 FOV。(2)矢状位及轴位T2WI:快速自旋回波序列扫描,参数设置为5mm层厚、104ms TE、3230ms TR、 360×201 矩阵、 224×320 及 320×224 FOV。(3)轴位脂肪抑制T2WI:快速自旋回波序列扫描,参数设置为5mm层厚、77ms TE、3680ms TR、 232×193 矩阵、 320×224 FOV。(4)轴位DWI:单激发自旋回波-回波平面成像序列扫描,参数设置为5mm层厚、74ms TE、4921ms TR、 124×100 矩阵、 320×224 FOV、 $b=50$ 与 $800s/mm^2$ 。

1.3 图像处理 应用西门子工作站行后处理,生成ADC图,将病灶出血坏死区避开,

【第一作者】庞红艳,女,主治医师,主要研究方向:女性盆腔影像诊断。E-mail: 1872876971@qq.com
【通讯作者】姜益环,女,副主任护师,主要研究方向:影像检查相关护理。E-mail: 1294139169@qq.com

在DWI图上高信号且ADC图上相对低信号处勾画ROI，b取800s/mm²，由2位临床经验丰富的影像学医师测量，ROI选择15mm²，测得病灶ADC值，同时在相同层面正常髂腰肌处以同样方法勾画ROI，测量得到3个ADC值。计算3次相对ADC(relative ADC，rADC)值，即ADC病灶/ADC髂腰肌；再计算3次测量ADC值的均值、标准差，计算ADC的离散系数(coefficient of variation ADC，CV_{ADC})值，即标准差/均值；取3次测量的ADC值、rADC值的平均值及CV_{ADC}值进行分析。

1.4 统计学处理 借助软件SPSS 26.0分析数据。以n(%)描述计数资料，行 χ^2 检验；以描述计量资料，行t检验；多因素采用Logistic回归分析；采用Hosmer-Lemeshow检验联合预测模型拟合优度，采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve，ROC)评估危险因素及联合预测模型的诊

断效能，计算曲线下面积(area under curve，AUC)，并绘制nomogram、校准曲线及临床决策曲线进一步验证联合预测模型的效能；检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组临床资料比较 单因素分析显示，年龄、病灶形态、ADC值、rADC值及CV_{ADC}值在两组间具有统计学差异($P<0.05$)；病灶最大径、病灶体积在两组间无统计学差异($P>0.05$)，具体见表1。

2.2 多因素分析 将病理诊断结果作为因变量，对单因素分析中有差异的指标进行赋值，具体见表2。Logistic回归分析结果显示，ADC值、rADC值及CV_{ADC}值为EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的危险因素($P<0.05$)，具体见表3。

表1 两组临床资料比较[n(%)]

项目	EMC组(n=165)	子宫黏膜下肌瘤组(n=117)	χ^2/t	P
年龄(岁)	56.26±7.59	45.77±10.38	9.804	<0.001
病灶最大径(mm)	26.37±6.25	25.21±5.81	1.581	0.115
病灶体积(mm ³)	75.92±12.17	74.15±13.22	1.161	0.247
病灶形态			8.758	0.003
类圆形或椭圆形	96(58.18)	88(75.21)		
不规则形	69(41.82)	29(24.79)		
ADC值($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	0.94±0.12	1.15±0.24	9.668	<0.001
rADC值	0.71±0.09	0.89±0.21	9.817	<0.001
CV _{ADC} 值	0.11±0.03	0.09±0.01	6.940	<0.001

表2 变量赋值

变量	指标	赋值
因变量		子宫内膜癌=0；子宫黏膜下肌瘤=1
自变量	年龄	原值录入
	病灶形态	类圆形或椭圆形=0；不规则形=1
	ADC值	原值录入
	rADC值	原值录入
	CV _{ADC} 值	原值录入

表3 多因素Logistic回归分析结果

自变量	B	SE	Wald χ^2 值	P	OR	95%CI
ADC值	0.527	0.173	9.280	0.002	1.694	1.207~2.378
rADC值	0.022	0.006	13.444	<0.001	1.022	1.010~1.034
CV _{ADC} 值	1.704	0.661	6.646	0.010	5.496	1.504~20.077

2.3 ROC曲线分析 ROC曲线显示，ADC值、rADC值、CV_{ADC}值单独及联合预测EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的AUC分别为0.790、0.786、0.762、0.899，具体见表4、图1。Hosmer-Lemeshow检验结果显示，该模型 $P=0.951>0.10$ ，拟合度良好。

2.4 Nonogram模型的构建 图2为通过联合模型绘制的列线图，

根据每一个变量向上投射到0~100的小标尺上得到相应的分值，将每个变量对应的分值相加得到总分值，将总分值向下投射到总风险标度轴上即可预测EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的概率。图3、图4分别为联合模型的校准曲线和决策曲线分析，均表明多参数联合模型具有较好的预测性能和临床收益。

表4 EMC组与子宫黏膜下肌瘤组的ROC曲线分析

指标	阈值	灵敏度(%)	特异度(%)	AUC	95%CI	P
ADC值	1.08($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	84.85	69.23	0.790	0.738~0.836	<0.001
rADC值	0.85	93.33	58.97	0.786	0.733~0.832	<0.001
CV _{ADC} 值	0.11	58.79	96.58	0.762	0.708~0.811	<0.001
联合		86.06	81.20	0.899	0.858~0.932	<0.001

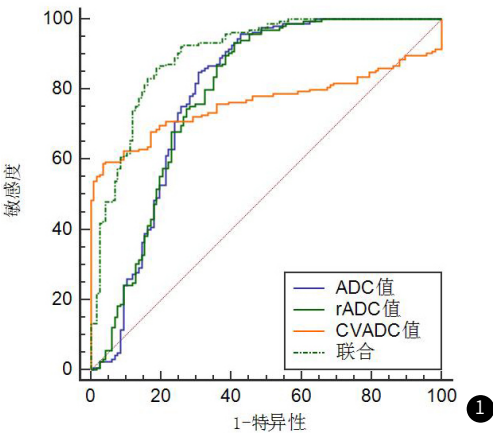


图1 ADC值、rADC值、CV_{ADC}值单独及联合预测EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的ROC曲线图。

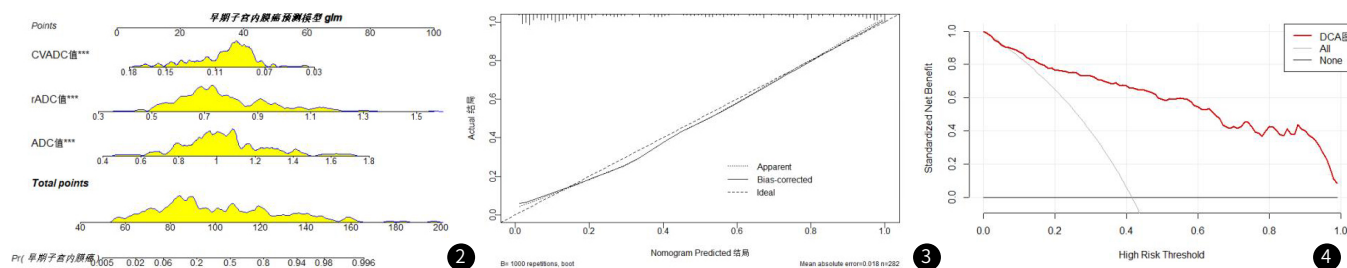


图2 联合模型绘制的Nonogram。图3 Nonogram模型的校准曲线。图4 Nonogram模型的决策曲线。

3 讨论

EMC和子宫黏膜下肌瘤临床表现相似,需辅助影像学检查进行鉴别。妇科疾病首选影像学检查方法为超声,但其受操作人员经验影响较大,难以对二者做出准确诊断。CT由于软组织分辨率低的因素限制,目前已不适用于子宫疾病常规检查。磁共振具有多方位成像、分辨率高等优势,在子宫疾病诊断中应用广泛。常规磁共振检查中,EMC的T2WI信号常稍高,子宫黏膜下肌瘤的T2WI信号常稍低^[7],但在一些情况下二者影像学特征相似,且仅通过肉眼信号区别存在一定误诊风险,故常规磁共振检查难以有效区分二者。因此,临床迫切需要准确鉴别EMC和子宫黏膜下肌瘤的有效方法,从而指导后续治疗等。

DWI为现阶段应用于子宫疾病诊断的磁共振技术之一,亦是当前最理想的活体组织水分子扩散运动检查方法^[8-9]。DWI可从分子水平反映组织早期形态及生理变化,间接反映组织微观特征^[10]。ADC值为DWI检查所获得的量化指标,和细胞大小、构成、分布等密切相关^[11-12]。ADC值高低可随病变组织含水量进行变化,含水量越丰富ADC值则较高,反之亦然^[13]。相关研究指出,在ADC值比较中,EMC和子宫黏膜下肌瘤存在差异;EMC的ADC值更低^[14-15]。本研究中,EMC组ADC值比子宫黏膜下肌瘤组低;Logistic回归分析显示,ADC值为EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的危险因素,与上述报道类似,说明ADC值可作为EMC和子宫黏膜下肌瘤鉴别诊断的重要指标。究其原因,EMC细胞密集,核浆比高,受大分子物质吸附水分子作用增强及细胞生物膜限制等因素影响,限制了细胞内外水分子扩散,故在DWI上信号高,ADC值较低;子宫黏膜下肌瘤较EMC细胞排列更疏松,核浆比低,细胞内外水分子扩散受限程度更轻,故在DWI上为等信号,ADC值较高^[16-17]。由于ADC值在子宫疾病鉴别诊断中研究报道不一,有学者为减少此种差异,采用rADC值(即标准化ADC值)进行鉴别^[18]。本研究中,EMC组rADC值比子宫黏膜下肌瘤组低;Logistic回归分析显示,rADC值为EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的危险因素,说明rADC值可作为EMC和子宫黏膜下肌瘤鉴别诊断的重要指标。冯茜茜等^[19]对68例EMC和子宫黏膜下肌瘤患者进行回顾性研究,发现CV_{ADC}值在二者鉴别诊断中具有一定价值。CV_{ADC}值是对病变组织ADC值异质性的反映,进而反映病变组织微结构的异质性。本研究中,EMC组CV_{ADC}值比子宫黏膜下肌瘤组高;Logistic回归分析显示,CV_{ADC}值为EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的危险因素,说明CV_{ADC}值可作为EMC和子宫黏膜下肌瘤鉴别诊断的重要指标。这可能是因为EMC成分复杂,细胞分化较差,细胞异型性较大,细胞间生长速度具有较大差异,致使病变组织异质程度较高,水分子受限差异较大,故CV_{ADC}值更高。

本研究将以上有差异的指标建立联合预测模型,进行ROC曲线分析,结果显示ADC值、rADC值、CV_{ADC}值单独及联合预测EMC或子宫黏膜下肌瘤发生的AUC(95%CI)分别为0.790(0.738~0.836)、0.786(0.733~0.832)、0.762(0.708~0.811)、0.899(0.858~0.932),提示联合预测模型对EMC或子宫黏膜下肌瘤具有较高预测价值。为了将联合预测模型更直观展示,本研究以Logistic模型中各指标所占比重为依据进行相应的赋分,构建列线图模型,通过校准曲线、决策曲线验证模型一致性、临床实用性,结果显示此模型一致性及临床实用性良好。然而,本研究亦

存在以下不足之处:(1)本研究为单中心回顾性研究,存在普适性不足及选择偏倚;(2)ROI为手动勾画,受操作人员主观因素影响,所测得ADC值可能存在一定误差,导致结果存在偏倚;(3)本研究所构建的预测模型未进行外部验证,后续研究可进一步探究。

综上所述,ADC值联合DWI构建的多参数预测模型在早期子宫内腺癌和子宫黏膜下肌瘤中具有较高鉴别价值。

参考文献

- [1] 张凯悦,钱立庭,董江宁,等.表观扩散系数值联合纹理分析术前预测I型与II型子宫内腺癌的价值[J].实用放射学杂志,2022,38(1):80-84.
- [2] 王鹏飞,赵丹,杨莹,等.DWI、DCE-MRI参数值对I型与II型子宫内腺癌的鉴别诊断及与Ki-67、P53的关系[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(4):137-139.
- [3] Qu DC,Chen Y,Yang MM,et al.High-intensity focused ultrasound for treatment of type 2 submucous myomas more than 4 centimeters in diameter prior to hysteroscopic myomectomy[J].J Minim Invasive Gynecol,2020,27(5):1076-1080.
- [4] 吴凡,韩俊,施晓君,等.磁共振成像在子宫内腺癌定性和分期诊断中的应用价值[J].中国妇幼保健,2022,37(16):3089-3093.
- [5] Chrysou EG,Manikis GC,Ioannidis GS,et al.Diffusion weighted imaging in the assessment of tumor grade in endometrial cancer based on intravoxel incoherent motion MRI[J].Diagnostics (Basel),2022,12(3):692.
- [6] 生晓惠,田浩,赵金丽,等.基于ADC图的全域直方图鉴别子宫内腺癌和子宫黏膜下肌瘤的价值[J].临床放射学杂志,2020,39(11):2322-2325.
- [7] 严文杰,许传芳,杜源蓝,等.基于多参数MRI影像组学鉴别子宫内腺癌和子宫黏膜下肌瘤的价值[J].放射学实践,2023,38(7):931-936.
- [8] 马吉剑,张绍金,徐其显,等.磁共振成像、弥散加权成像及动态增强成像诊断子宫内腺癌的临床研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(3):110-112.
- [9] 周永钢,薛鹏,张莹坤,等.DWI联合MRI动态增强扫描在诊断子宫内腺癌中的价值分析[J].罕少疾病杂志,2021,28(5):72-74.
- [10] Moharamzad Y,Davarpanah AH,Yaghoobi Joybari A,et al.Diagnostic performance of apparent diffusion coefficient (ADC) for differentiating endometrial carcinoma from benign lesions:a systematic review and meta-analysis[J].Abdom Radiol (NY),2021,46(3):1115-1128.
- [11] 陈淑超,滕陈迪.磁共振DWI参数ADC值与子宫内腺癌病理特征的相关性分析[J].中国妇幼保健研究,2020,31(3):323-326.
- [12] 段斌,王啸江,孔玲.3.0TMR动态增强曲线联合ADC用于乳腺良恶性病变鉴别诊断中的研究机制[J].罕少疾病杂志,2023,30(8):51-52.
- [13] 王学东,刘爱莲,田士峰,等.磁共振扩散张量成像定量参数鉴别I期子宫内腺癌与子宫内腺癌肉瘤的价值[J].实用放射学杂志,2020,36(8):1261-1265.
- [14] 唐雪飞,张云,马聪敏,等.子宫内腺癌病理分化程度与ADC值相关性研究[J].中国临床影像学杂志,2021,32(6):432-435.
- [15] 贺英,刘晓娟,王静,等.MRI ADC直方图在子宫内腺癌诊断及肿瘤浸润评估中的应用[J].影像科学与光化学,2022,40(5):1093-1097.
- [16] 郭建中,李青松,张兴芳,等.ADC与rADC对子宫内腺癌诊断及病理分级的诊断价值[J].安徽医学,2021,42(5):539-543.
- [17] 冯茜茜,郑雪,李艳,等.ADC值及ADC比值在Ia期子宫内腺癌与子宫黏膜下肌瘤鉴别诊断中的应用价值[J].中国现代医学杂志,2019,29(19):82-87.

(收稿日期:2024-02-21)

(校对编辑:翁佳鸿)