

基于常规超声和三维能量多普勒的列线图预测 宫颈癌前病变的临床价值

温道浩¹, 赵鹏², 王乐¹, 周瑾¹, 王映人¹

摘要 **目的** 基于常规超声和三维能量多普勒构建预测宫颈癌前病变的列线图模型, 探讨其临床应用价值。**方法** 选取于我院就诊的 77 例宫颈上皮内瘤变患者(研究组)和同期健康体检者 80 例(对照组), 均行常规超声和三维能量多普勒检查, 比较两组一般资料和超声检查结果的差异。采用多因素 Logistic 回归分析筛选预测宫颈癌前病变的独立影响因素, 并构建列线图模型。绘制受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线分别评估列线图模型预测宫颈癌前病变的诊断效能和校准度。**结果** 两组妊娠次数、流产次数、宫颈癌家族史、宫颈形态异常占比、宫颈管黏膜异常占比、宫颈血管形状异常占比, 以及血流速度、血管指数(VI)、血流指数(FI)、宫颈血管血流指数(VFI)比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。多因素 Logistic 回归分析显示流产次数, 以及宫颈形态、宫颈血管形状、血流速度、VI、FI、VFI 均为预测宫颈癌前病变的独立影响因素(均 $P < 0.05$), 由此构建列线图模型。ROC 曲线分析显示, 列线图模型预测宫颈癌前病变的曲线下面积为 0.987, 高于各独立影响因素单独应用, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。校准曲线分析显示, 列线图模型预测宫颈癌前病变的校准度较好。**结论** 基于常规超声和三维能量多普勒构建的列线图模型在预测宫颈癌前病变中具有较高的临床应用价值, 有助于临床早期筛查高风险人群。

关键词 超声检查; 能量多普勒, 三维; 宫颈癌前病变; 列线图模型

[中图分类号] R445.1; R737.33

[文献标识码] A

Clinical value of nomogram based on conventional ultrasound and three-dimensional power Doppler in predicting cervical precancerous lesions

WEN Daohao¹, ZHAO Peng², WANG Le¹, ZHOU Jin¹, WANG Yingren¹

1. Department of Ultrasound, the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Huai'an 223000, China.

2. Department of Imaging, Huai'an NO.4 People's Hospital, Huai'an 223000, China

ABSTRACT **Objective** To construct nomogram model based on conventional ultrasound and three-dimensional power Doppler in predicting cervical precancerous lesions, and to explore its clinical application value. **Methods** A total of 77 patients with cervical intraepithelial neoplasia (study group) and 80 healthy subjects (control group) in our hospital were enrolled. All participants underwent conventional ultrasound and three-dimensional power Doppler examinations. The differences in clinical characteristics and ultrasound examination results between the two groups were compared. Independent influencing factors were identified by multivariate Logistic regression analysis, and a nomogram model was constructed. The diagnostic performance and calibration of the model were assessed by receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve, respectively. **Results** There were statistically significant differences in gravidity, abortion history, family history of cervical cancer, proportion of abnormal cervical morphology, abnormal cervical mucosa, abnormal vascular shape, blood flow velocity, vascular index (VI), flow index (FI), and vascular flow index (VFI) between the two groups (all $P < 0.001$). Multivariate Logistic regression analysis showed that abortion times, as well as cervical morphology, vascular shape, blood flow velocity, VI, FI, and VFI were all independent influencing factors for predicting cervical precancerous lesions (all $P < 0.05$). A nomogram model was constructed based on these influencing factors. ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of the nomogram

model for predicting cervical precancerous lesions was 0.987, which was higher than that of each independent influencing factor alone, with statistically significant differences (all $P < 0.05$). Calibration curve analysis showed that the nomogram model had good calibration for predicting cervical precancerous lesions. **Conclusion** The nomogram model based on conventional ultrasound and three-dimensional power Doppler parameters has high clinical application value in predicting cervical precancerous lesions, facilitating early screening of high-risk populations.

KEY WORDS Ultrasonography; Power Doppler, three-dimensional; Cervical precancerous lesions; Nomogram model

宫颈癌是全球范围内较常见的女性生殖系统恶性肿瘤,目前宫颈癌前病变及宫颈癌患者数量均呈逐年上升趋势,特别是在年轻女性中其发病率逐年升高^[1-2]。宫颈癌前病变多指宫颈上皮内瘤(cervical intraepithelial neoplasia, CIN),其是宫颈上皮细胞异常增生的表现^[3],低级别CIN症状较轻,多数患者可自行消退;而高级别CIN则存在癌变的风险,此类患者若能实现早筛查、早干预,可避免进展为宫颈癌^[4]。常规超声虽可以评估宫颈形态和血管形状,但无法准确评估局部血流情况^[5-6];三维能量多普勒能检出低速血流和微小血管,可更直观地显示血管分布和血流情况,且对角度依赖性较小,减少了运动产生的伪影,在宫颈癌诊断中的应用逐渐普及^[7-8]。本研究基于常规超声和三维能量多普勒构建列线图模型,旨在探讨其预测宫颈癌前病变的临床应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取2021年1月至2023年10月于我院就诊的77例CIN患者(研究组),年龄18~55岁,平均(48.88±5.21)岁,体质指数18.5~30.0 kg/m²,平均(23.50±1.15)kg/m²。纳入标准:①经薄层液基细胞学检查、阴道镜检查或宫颈病理组织活检确诊为高级别CIN^[9];②年龄>18岁;③能够配合完成相关检查,且资料完整。排除标准:①合并脏器功能障碍或衰竭、精神类疾病、恶性肿瘤及盆腔、生殖系统或全身感染性疾病;②月经期或流产后;③存在阴道闭锁、斜膈等畸形。另选同期我院健康体检者80例(对照组),年龄18~54岁,平均(48.06±4.45)岁,体质指数18.7~30.1 kg/m²,平均(23.37±1.18)kg/m²。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有受检者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用GE Voluson E10彩色多普勒超声诊断仪,探头频率4~10 MHz,扫描角度180°。

2. 常规超声检查:嘱受检者排空膀胱取截石位,探头消毒后套避孕套,将其缓慢送入阴道,多切面、多角

度观察宫颈区域,评估是否存在宫颈大小、形态、血管形状及宫颈管黏膜异常。依据《宫颈癌诊疗规范(2018年版)》^[10]对上述检查结果进行评估:①非妊娠期宫颈长度<25 mm或>30 mm提示宫颈大小异常;②非妊娠期宫颈内口开放、外口呈不规则形状或扩张、宫颈壁增厚提示宫颈形态异常;③宫颈管黏膜厚度>5 mm、黏膜层出现中断、缺失、表面不规则或异常回声提示宫颈管黏膜异常;④血流信号增多,呈散在条状、分支状,可见低阻力型动脉频谱提示宫颈血管形状异常。

3. 三维能量多普勒检查:于常规超声检查结束后切换至三维能量多普勒模式,调整取样框大小,设置流速1~2 cm/s,在血流显示最清晰时保存图像,超声探查范围覆盖膀胱颈、直肠窝及宫颈韧带之间的区域,重点观察宫颈癌前病变及周围组织血流情况,仪器自动测量血流速度、血管指数(VI)、血流指数(FI)及血管血流指数(VFI),均重复测量3次取平均值。上述操作均由同一具有丰富临床经验的超声医师完成,由2名超声医师共同进行图像分析。

4. 一般资料获取:收集两组年龄、体质指数、绝经情况、妊娠次数、分娩次数、流产次数、宫颈癌家族史。

三、统计学处理

应用SPSS 27.0统计软件和R语言(4.2.3版本),计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 t 检验;计数资料频数或率表示,采用 χ^2 检验。采用多因素Logistic回归分析筛选预测宫颈癌前病变的独立影响因素,并构建列线图模型。绘制受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线分别评估列线图模型预测宫颈癌前病变的诊断效能和校准度;曲线下面积(AUC)比较采用 Z 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组一般资料比较

两组妊娠次数、流产次数及宫颈癌家族史比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),年龄、体质指数、绝经情况、分娩次数比较差异均无统计学意义。见表1。

表1 两组一般资料比较

组别	年龄(岁)	体质量指数(kg/m ²)	绝经(例)		妊娠次数(例)		分娩次数(例)		流产次数(次)		宫颈癌家族史(例)	
			是	否	<3次	≥3次	<3次	≥3次	<3次	≥3次	有	无
对照组(80)	48.06±4.45	23.37±1.18	56	24	63	17	69	11	75	5	11	69
研究组(77)	48.88±5.21	23.50±1.15	52	25	45	32	61	16	62	15	22	55
<i>t</i> /χ ² 值	1.062	0.653	0.111		7.636		1.465		7.456		5.192	
<i>P</i> 值	0.290	0.515	0.739		0.022		0.481		0.024		0.023	

二、两组常规超声检查结果比较

两组宫颈形态、宫颈管黏膜及宫颈血管形状异常占比比较差异均有统计学意义(均 *P*<0.05), 宫颈大小异常占比比较差异无统计学意义。见表2。

三、两组三维能量多普勒检查结果比较

两组血流速度、VI、FI及VFI比较差异均有统计学意义(均 *P*<0.001)。见图1, 2和表3。

表2 两组常规超声检查结果比较

组别	宫颈大小		宫颈形态		宫颈管黏膜		宫颈血管形状	
	正常	异常	正常	异常	正常	异常	正常	异常
对照组(80)	74	6	72	8	67	13	63	17
研究组(77)	65	12	57	20	48	29	27	50
χ ² 值	2.526		6.832		9.180		30.608	
<i>P</i> 值	0.112		0.009		0.002		<0.001	

表3 两组三维能量多普勒检查结果比较(̄x±s)

组别	血流速度(cm/s)	VI	FI	VFI
对照组	3.85±0.50	0.67±0.08	19.57±3.42	0.32±0.11
研究组	2.48±0.36	1.64±0.42	34.47±5.12	0.58±0.22
<i>t</i> 值	19.484	20.058	21.526	9.573
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

VI: 血管指数; FI: 血流指数; VFI: 血管血流指数

四、多因素 Logistic 回归分析

将上述差异有统计学意义的因素作为自变量纳入多因素 Logistic 回归分析, 赋值情况见表4。多因素 Logistic 回归分析显示, 流产次数、宫颈形态、宫颈血管形状、血流速度、VI、FI及VFI均为预测宫颈癌前病变的独立影响因素(均 *P*<0.05)。见表5。

五、列线图模型的构建及效能验证

基于多因素 Logistic 回归分析筛选的独立影响

表4 各变量的赋值情况

变量	赋值
妊娠次数	<3次=0, ≥3次=1
流产次数	<3次=0, ≥3次=1
宫颈癌家族史	无=0, 有=1
宫颈形态	正常=0, 异常=1
宫颈管黏膜	正常=0, 异常=1
宫颈血管形状	正常=0, 异常=1
血流速度	取实际值
VI	取实际值
FI	取实际值
VFI	取实际值

表5 多因素 Logistic 回归分析结果

变量	标准误	回归系数	Waldχ ² 值	<i>P</i> 值	OR值及其95%可信区间
妊娠次数	2.364	1.256	3.545	0.060	10.635(0.908~12.578)
流产次数	6.978	1.772	4.891	0.027	0.067(0.015~0.182)
宫颈癌家族史	8.530	2.553	2.360	0.125	5.604(0.095~6.418)
宫颈形态	3.798	1.100	5.885	0.015	4.859(1.162~6.200)
宫颈管黏膜	-0.856	0.640	1.791	0.181	0.425(0.121~1.488)
宫颈血管形状	2.506	0.592	17.909	0.001	12.250(3.839~39.093)
血流速度	-15.097	5.288	8.150	0.004	0.012(0.003~0.309)
VI	19.455	4.907	15.720	0.001	5.959(1.624~7.490)
FI	1.179	0.406	8.448	0.004	3.250(1.468~7.195)
VFI	24.303	9.358	6.744	0.009	5.671(3.961~7.120)

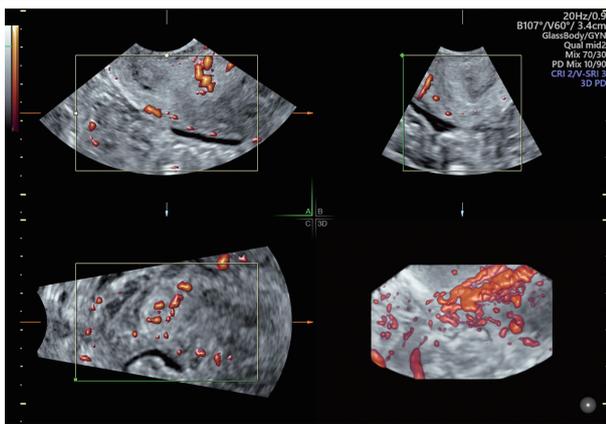


图1 对照组(43岁)三维能量多普勒图, 血流速度3.92 cm/s, VI 0.61, FI 21.33, VFI 0.29

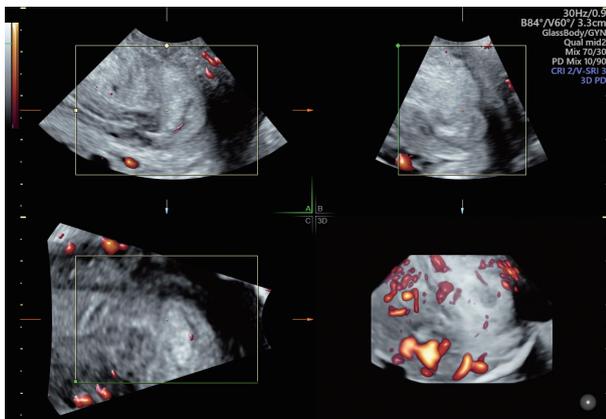


图2 研究组(46岁)三维能量多普勒图, 血流速度2.87 cm/s, VI 1.31, FI 37.50, VFI 0.48

因素构建的列线图模型见图3。ROC曲线分析显示,列线图模型预测宫颈癌前病变的AUC为0.987,高于各独立影响因素单独应用,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。

校准曲线分析显示,列线图模型的预测概率与实际概率具有较好的一致性,表明其校准度较好。见图4,5和表6。

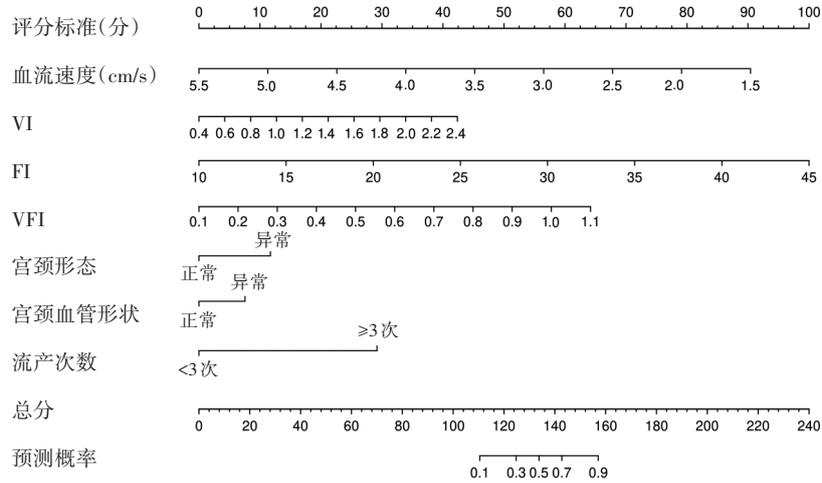


图3 预测宫颈癌前病变的列线图模型

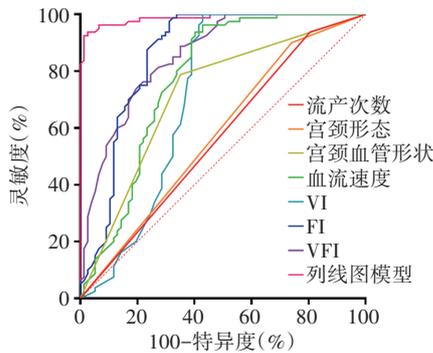


图4 各独立影响因素及列线图模型预测宫颈癌前病变的ROC曲线图

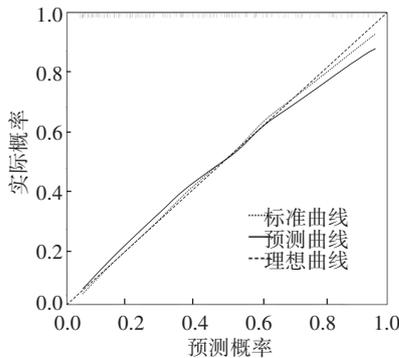


图5 列线图模型预测宫颈癌前病变的校准曲线图

讨 论

宫颈癌前病变在合并人乳头瘤病毒感染的女性中发病率较高,但该类患者仍有可能通过早期干预避免进展为宫颈癌。既往研究^[11-12]发现,除人乳头瘤病毒感染外,生育情况、年龄等因素均与宫颈癌前病变的发生发展密切相关。目前临床诊断宫颈癌前病变或宫颈癌需经过“三阶梯”筛查(即细胞学检查、阴道

镜检查、病理检查),但仍有部分患者即使筛查结果为阴性,也存在宫颈癌前病变或早期宫颈癌。超声作为女性生殖系统疾病的重要辅助诊断工具,其在宫颈癌前病变筛查中的作用日渐凸显,常规超声检查联合三维能量多普勒可从血流动力学的角度准确评估患者发生宫颈癌前病变的风险^[13-14]。但目前临床研究^[5,13-14]多集中于分析二维超声或彩色多普勒超声图像特征与宫颈癌的相关性,关于三维能量多普勒应用于宫颈癌前病变的研究仍需进一步探讨。本研究基于常规超声和三维能量多普勒构建预测宫颈癌前病变的列线图模型,探讨其临床应用价值。

本研究结果显示,研究组与对照组妊娠次数、流产次数及宫颈癌家族史比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。流产次数较多可能导致宫颈组织损伤加重,

表6 各独立影响因素及列线图模型预测宫颈癌前病变的ROC曲线分析

方法	AUC及其95%可信区间	截断值	标准误	灵敏度 (%)	特异度 (%)	P值
流产次数	0.566(0.476-0.656)	≥3次	0.046	57.34	67.87	<0.001
宫颈形态	0.580(0.490-0.670)	异常	0.046	59.62	66.42	<0.001
宫颈血管形状	0.718(0.637-0.800)	异常	0.042	68.63	70.32	<0.001
血流速度	0.774(0.698-0.851)	2.97 cm/s	0.039	62.38	76.52	<0.001
VI	0.713(0.625-0.802)	1.14	0.045	73.21	79.80	<0.001
FI	0.859(0.795-0.923)	28.64	0.033	75.50	81.35	<0.001
VFI	0.857(0.799-0.914)	0.51	0.029	78.23	80.30	<0.001
列线图模型	0.987(0.973-0.991)	-	0.007	90.03	93.35	<0.001

AUC:曲线下面积

同时引起局部炎症水平升高;慢性炎症刺激会导致宫颈鳞状上皮化生、柱状上皮增多,进一步增加人乳头瘤病毒感染及发生宫颈癌前病变的风险^[15]。本研究常规超声检查结果显示,研究组与对照组宫颈形态、宫颈管黏膜及宫颈血管形状异常占比比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。有研究^[16]认为,宫颈形态的改变可能提示宫颈癌前病变,若出现肿物或息肉则提示局部慢性炎症刺激或早期宫颈癌;另有研究^[17]报道宫颈癌前病变的血管形状可能呈棒状、条索状、线状或网状,且血管形状异常与宫颈癌和宫颈癌前病变均存在强相关性。本研究结果与其一致。分析其机制:宫颈形态和宫颈管黏膜的异常可能是由于慢性炎症刺激导致的鳞状上皮化生和柱状上皮增生,这些变化为人乳头瘤病毒感染提供了更易感的环境;此外,在宫颈癌前病变及癌变过程中,肿瘤细胞会诱导异常血管生成,这些血管通常表现为不规则、扭曲或增生的形态,这种异常的血管生成不仅为肿瘤的生长提供了营养支持,还可能通过改变局部微环境进一步促使病变进展。本研究多因素 Logistic 回归分析显示,流产次数、宫颈形态、宫颈血管形状均为预测宫颈癌前病变的独立影响因素(均 $P<0.05$),与既往研究^[18-19]结果相似。提示上述因素可作为宫颈癌前病变的早期筛查指标,有助于识别高危人群,从而降低宫颈癌的发生风险。

三维能量多普勒是一种基于多普勒效应的新兴医学影像技术,通过向目标组织发射高频声波后发生散射并产生频移,同时通过快速傅里叶变换分析频移信息,提取血流速度和能量信息,进而生成三维空间内的血流分布图像。与传统彩色多普勒超声比较,三维能量多普勒具有更高的灵敏度和空间分辨率,能够更清晰地显示微小血管和低速血流,其测得的相关参数可有效反映局部组织血流情况,其中VI可以反映感兴趣区域内血管数量,FI可以反映感兴趣区域内血流丰富程度,而VFI是综合反映血管数量及血流丰富程度的参数,三者联合应用已被证实在多种肿瘤组织的早期诊断和病情评估中均具有重要应用价值^[20-21]。本研究结果显示,研究组与对照组血流速度、VI、FI及VFI比较差异均有统计学意义(均 $P<0.001$);多因素 Logistic 回归分析进一步发现,血流速度、VI、FI及VFI均为预测宫颈癌前病变的独立影响因素(均 $P<0.05$)。分析原因可能为在宫颈正常组织向癌前病变进展的过程中,血管的异常生成伴随整个过程^[22],随着病情

进展,可能存在肿瘤细胞或组织占位,多种诱导肿瘤血管形成的血管内皮生长因子表达水平也会显著增高,在三维能量多普勒中表现为血管密度及血流速度改变,为异常病变部位持续恶化提供了血管环境基础,与常规超声图像中宫颈血管形状异常的结果一致。

本研究依据上述独立影响因素构建列线图模型,ROC曲线分析显示其预测宫颈癌前病变的AUC为0.987,且较各单一独立影响因素的AUC更高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。分析原因可能为本研究构建的列线图模型不仅涵盖了患者的一般资料,还包含常规超声及三维能量多普勒参数,纳入资料更为全面。校准曲线分析显示列线图模型预测宫颈癌前病变的校准度较好,提示模型在临床应用中具有较高的可行性。

综上所述,基于常规超声和三维能量多普勒构建的列线图模型在预测宫颈癌前病变中具有较高的临床应用价值,有助于临床早期筛查高风险人群,进一步降低宫颈癌的发生风险。但本研究构建的模型尚未进行外部验证,今后可在多中心收集相关病例并应用该模型进行诊断,进一步探讨其临床应用价值。

参考文献

- [1] Meng B, Li G, Zeng Z, et al. Establishment of early diagnosis models for cervical precancerous lesions using large-scale cervical cancer screening datasets[J]. *Virol J*, 2022, 19(1): 177.
- [2] Ratnaparkhi R, Ismail A, Krebill H, et al. Utilization and outcomes of serial cervical cancer screening in a National Breast and Cervical Cancer Early Detection Program (NBCCEDP) in a non-Medicaid expansion state [J]. *Cancer Causes Control*, 2024, 16. doi: 10.1007/s10552-024-01948-3.
- [3] Zhang T, Zhuang L, Muaibati M, et al. Identification of cervical cancer stem cells using single-cell transcriptomes of normal cervix, cervical premalignant lesions, and cervical cancer[J]. *EBioMedicine*, 2023, 92: 104612.
- [4] 董双, 李晓莹, 孙立涛, 等. 影像学技术在宫颈癌术前临床分期中的应用进展[J]. *中华妇幼临床医学杂志(电子版)*, 2023, 19(1): 113-119.
- [5] Li J, Gu C, Zheng H, et al. Ultrasonographic diagnosis in rare primary cervical cancer[J]. *Int J Gynecol Cancer*, 2021, 31(12): 1535-1540.
- [6] Dai B. A comparison of colour Doppler ultrasound and 2D ultrasound as promising prediction methods for the treatment effect of patients with advanced cervical cancer[J]. *Curr Med Imaging*, 2023, 8. doi: 10.2174/1573405620666230908111722.
- [7] Liang H, Fu M, Liu FM, et al. Transvaginal three-dimensional color

- power Doppler ultrasound and cervical MVD measurement in the detection of cervical intraepithelial neoplasia [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2014, 18(14):1979-1984.
- [8] Song L, Shi L, Liu W. Diagnosis values of three-dimensional power Doppler ultrasonography in polycystic ovary syndrome and its relationship with serum sex hormone levels [J]. *Steroids*, 2023, 194: 109203.
- [9] Khakwani M, Parveen R, Azhar M. Comparison of PAP smear and liquid based cytology as a screening method for cervical carcinoma [J]. *Pak J Med Sci*, 2022, 38(7):1827-1831.
- [10] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 宫颈癌诊疗规范(2018 年版)[J]. *肿瘤综合治疗电子杂志*, 2020, 6(3):33-43.
- [11] Yang D, Zhang J, Cui X, et al. Risk factors associated with human papillomavirus infection, cervical cancer, and precancerous lesions in large-scale population screening [J]. *Front Microbiol*, 2022, 13: 914516.
- [12] Allahqoli L, Laganù AS, Mazidimoradi A, et al. Diagnosis of cervical cancer and pre-cancerous lesions by artificial intelligence: a systematic review [J]. *Diagnostics(Basel)*, 2022, 12(11):2771.
- [13] Ma Y, Zhao X, Chen X. Contrast-enhanced ultrasound combined with elastic imaging for predicting the efficacy of concurrent chemoradiotherapy in cervical cancer: a feasibility study [J]. *Front Oncol*, 2024, 14:1301900.
- [14] Zhu Y, Tang Y, Jiang Z, et al. Potential diagnostic value of quantitative superb microvascular imaging in premalignant and malignant cervical lesions [J]. *Front Oncol*, 2023, 13:1250842.
- [15] Zhang S, Xu H, Zhang L, et al. Cervical cancer: epidemiology, risk factors and screening [J]. *Chin J Cancer Res*, 2020, 32(6):720-728.
- [16] Okawa KS, Okawa S, Sasa H, et al. Clinical application of photoacoustic imaging for cervical precursor lesion detection [J]. *J Med Ultrason(2001)*, 2025, 52(1):119-129.
- [17] Xu J, Rao X, Lu W, et al. Noninvasive predictor for premalignant and cancerous lesions in endometrial polyps diagnosed by ultrasound [J]. *Front Oncol*, 2022, 12:812033.
- [18] 张涵春. 阴道镜联合经阴道彩色多普勒超声在早期宫颈癌与癌前病变诊断中的价值分析 [J]. *实用妇科内分泌电子杂志*, 2023, 10(16):102-104.
- [19] Yang L, Duan D, Xiong Y, et al. Preoperative multimodal ultrasonic imaging in a case of Peutz-Jeghers syndrome complicated by atypical lobular endocervical glandular hyperplasia: a case report and literature review [J]. *Heredit Cancer Clin Pract*, 2024, 22(1):3.
- [20] Guo YJ, Yan XJ, Zhao HX, et al. Quantitative evaluation of the normal cervix, cervical cancer, and cervical precancerous changes via three-dimensional power Doppler [J]. *J Ultrasound Med*, 2023, 42(2):345-354.
- [21] Wang J, Zheng CX, Ma CL, et al. Raman spectroscopic study of cervical precancerous lesions and cervical cancer [J]. *Lasers Med Sci*, 2021, 36(9):1855-1864.
- [22] Iacobone AD, Radice D, Guerrieri ME, et al. Which risk factors and colposcopic patterns are predictive for high-grade VAIN? A retrospective analysis [J]. *Diagnostics(Basel)*, 2023, 13(2):176.

(收稿日期:2024-08-06)

欢迎基金资助课题的论文投稿

为了进一步提高本刊的学术水平,鼓励基金资助课题(国家自然科学基金,国家各部委及省、自治区、直辖市各级基金)的论文投到本刊。本刊决定,将对上述基金课题论文以绿色通道快速发表。请作者投稿时,在文中注明基金名称及编号,并附上基金证明材料。

欢迎广大作者踊跃投稿!

本刊编辑部