

IETA超声特征联合超低速血流成像对子宫内膜癌的诊断价值

彭善芳^{1*}, 张现梅¹, 杨宗利^{2#}

¹临沂市妇幼保健院超声诊断科, 山东 临沂

²青岛大学附属医院腹部超声科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年5月23日; 录用日期: 2026年6月17日; 发布日期: 2026年6月24日

摘要

目的: 探讨国际子宫内膜肿瘤分析(International Endometrial Tumor Analysis, IETA)超声特征简易评分法联合超低速血流成像(Slow Flow HD)对子宫内膜癌(Endometrial Cancer, EC)的诊断价值。方法: 回顾性分析2023年8月至2025年7月于我院因不规则阴道流血就诊并接受治疗的65例患者临床资料, 根据术后病理结果分为子宫内膜非癌变组(32例)和子宫内膜癌组(33例)。依据IETA共识对两组患者超声图像特征进行简易评分, 计算各病例总分, 并比较两组IETA评分及Slow Flow HD血流参数[血管指数(Vascular Index, VI)、血流指数(Flow Index, FI)]差异。采用二元Logistic回归建立联合诊断模型, 并绘制受试者工作特征曲线(ROC)评价各方法诊断效能。结果: IETA简易评分中, 子宫内膜非癌变组平均评分为 7.88 ± 3.087 , 子宫内膜癌组为 9.64 ± 2.177 , 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 其敏感性、特异性及AUC分别为84.8%、56.2%、0.707。与非癌变组相比, 子宫内膜癌组VI、FI均升高(均 $P < 0.05$)。ROC分析显示: VI的敏感性、特异性和AUC分别为81.8%、62.5%、0.728; FI分别为87.9%、43.7%、0.649 (均 $P < 0.05$)。VI与FI联合时, 敏感性、特异性和AUC分别为81.8%、59.4%、0.725, 优于单一参数($P < 0.05$)。当IETA评分联合VI、FI时, 敏感性、特异性为97.0%、50.0%, AUC为0.732, 诊断效能进一步提高($P < 0.05$)。结论: IETA超声特征简易评分法联合Slow Flow HD血流参数可显著提高对子宫内膜癌的诊断效能, 有助于早期识别高危患者。

关键词

超低速血流成像技术, 国际子宫内膜肿瘤分析, 子宫内膜癌, 血流参数

Diagnostic Value of IETA Ultrasound Features Combined with Slow Flow HD in Endometrial Cancer

Shanfang Peng^{1*}, Xianmei Zhang¹, Zongli Yang^{2#}

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 彭善芳, 张现梅, 杨宗利. IETA 超声特征联合超低速血流成像对子宫内膜癌的诊断价值[J]. 临床医学进展, 2026, 16(6): 1790-1801. DOI: 10.12677/acm.2026.1662397

¹Department of Ultrasonography, Linyi Maternal and Child Health Care Hospital, Linyi Shandong

²Department of Ultrasonography, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: May 23, 2026; accepted: June 17, 2026; published: June 24, 2026

Abstract

Objective: To investigate the diagnostic value of the simplified International Endometrial Tumor Analysis (IETA) ultrasound feature scoring system combined with Slow Flow HD in endometrial cancer (EC). **Methods:** The clinical data of 65 patients who presented with irregular vaginal bleeding and received treatment at our hospital from August 2023 to July 2025 were retrospectively analyzed. Based on postoperative pathological results, the patients were divided into a non-endometrial cancer group (32 cases) and an endometrial cancer group (33 cases). According to the IETA consensus, a simplified scoring of ultrasound image features was performed for both groups to calculate the total score for each case. The differences in IETA scores and Slow Flow HD blood flow parameters [Vascular Index (VI) and Flow Index (FI)] between the two groups were compared. A binary logistic regression was used to establish a combined diagnostic model, and receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted to evaluate the diagnostic efficacy of each method. **Results:** In the simplified IETA scoring, the mean score of the non-endometrial cancer group was 7.88 ± 3.087 , while the endometrial cancer group was 9.64 ± 2.177 . The difference was statistically significant ($P < 0.05$), with a sensitivity, specificity, and area under the curve (AUC) of 84.8%, 56.2%, and 0.707, respectively. Compared with the non-cancerous group, both VI and FI were elevated in the endometrial cancer group (all $P < 0.05$). ROC analysis showed that the sensitivity, specificity, and AUC for VI were 81.8%, 62.5%, and 0.728, respectively; for FI, they were 87.9%, 43.7%, and 0.649, respectively (all $P < 0.05$). When VI and FI were combined, the sensitivity, specificity, and AUC were 81.8%, 59.4%, and 0.725, respectively, which was superior to that of a single parameter ($P < 0.05$). When the IETA score was combined with VI and FI, the sensitivity and specificity reached 97.0% and 50.0%, and the AUC was 0.732, indicating a further improved diagnostic efficacy ($P < 0.05$). **Conclusion:** The simplified IETA ultrasound feature scoring system combined with Slow Flow HD blood flow parameters can significantly improve the diagnostic efficacy for endometrial cancer, which is beneficial for the early identification of high-risk patients.

Keywords

Slow Flow HD, International Endometrial Tumor Analysis (IETA), Endometrial Cancer (EC), Blood Flow Parameters

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

子宫内膜癌(Endometrial Cancer, EC)是女性生殖系统常见恶性肿瘤之一, 占比约 20%~30%, 且发病呈年轻化趋势[1] [2]。早期 EC 患者 5 年生存率为 74%~94%, 而晚期仅为 6%~26% [3]。因此, 实现早期筛查与精准诊断对改善预后具有重要意义。

目前, 手术仍是 EC 的主要治疗方式, 术前准确评估对制定治疗方案及判断预后至关重要。超声检查作为一种无创、经济的术前评估方法, 在临床中得到广泛应用。近几年, 国际子宫内膜肿瘤分析(IETA)小

组对子宫内膜及子宫内膜病变的超声特征进行规范性描述[4]-[6]，以提高对子宫内膜病变的诊断一致性和准确性。国内外已有研究表明，使用 IETA 共识术语可以减少因超声医生经验不足导致的诊断误差，并降低不同医生之间的主观差异，提高对子宫内膜恶性病变的识别能力；另有研究表明，高级别和低级别 EC 在超声形态学特征上存在差异[6]-[8]。现有研究多关注 IETA 超声特征在 EC 诊断中的应用[7]，但其在早期 EC 识别中的应用仍有待进一步探索。

随着三维超声技术的发展，尤其是超低速血流成像(Slow Flow HD)的出现，使得对微血管血流的检测成为可能。该技术通过特定算法区分低速血流与组织运动信号，可实现对子宫内膜微血管结构的定量评估(VI, FI)，从而反映肿瘤血管生成情况[9]。然而，目前尚缺乏将 IETA 形态学特征与 Slow Flow HD 血流参数相结合用于 EC 诊断的系统研究。因此，本研究在结合国际上现有的 IETA 临床应用相关研究成果[4]-[6] [10]-[13]上构建简易评分体系，并联合超低速血流参数，探讨其在子宫内膜癌诊断中的临床价值，以期影像学早期诊断提供更可靠依据。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

回顾性选取 2023 年 8 月至 2025 年 7 月我院收治的 65 例伴不规则阴道流血患者。年龄 33~78 岁，平均(47.95±9.80)岁。纳入标准：① 术前行经阴道常规超声及 Slow Flow HD 血流成像检查；② 具备完整的术后组织病理学结果；③ 预计生存期 >3 个月。排除标准：① 已接受放疗或化疗者；② 妊娠期、哺乳期或近期有激素类药物服用史者；③ 临床或影像学资料缺失者。根据术后病理结果，将患者分为子宫内膜非癌变组(32 例)和子宫内膜癌组(33 例)。

2.2. 仪器与方法

采用 GE Voluson E8 和 E10 彩色多普勒超声诊断仪，配备三维容积探头(RAB4-8)及 VOCAL 定量分析软件。患者排空膀胱后取截石位，先行常规经阴道二维超声扫查子宫及双附件，记录并依据 IETA 标准进行简易评分。随后切换至三维多普勒模式并启动 Slow Flow HD，嘱患者屏气后采集三维容积数据。运用 VOCAL 软件以 30°为步长旋转 180°获取 6 个切面，手动勾画目标子宫内膜边界，经直方图分析自动生成血流参数 VI 和 FI。

2.3. IETA 超声简易评分

根据 IETA 共识规定的术语对子宫内膜情况进行重点观察，包括(1) 内膜厚度：矢状面测量两层子宫内膜厚度。若有宫腔积液，则分别测量两层内膜并相加。若内膜显示不清晰，则记录为“不可测量”。(2) 内膜回声是否均匀：若子宫内膜回声均匀且前后对称，则定义为“均匀”。这个定义包括在整个生理周期中表现出的不同时期内膜和在大多数绝经后患者中表现出的单层内膜。“均匀”的子宫内膜包括“三线征”，以及均匀的高、等和低回声内膜。若内膜呈异质性、不对称或囊性，则记录为“不均匀”。不均匀的子宫内膜回声包括(a) 均质背景含有规则的囊性区域；(b) 均质背景含有不规则的囊性区域；(c) 异质性背景不含囊性区域；(d) 异质性背景含有规则的囊性区域；(e) 异质性背景含有不规则的囊性区域。(3) 内膜中线外观：若在内膜内看到一个规则的高回声界面，则内膜中线被定义为“线性”，若看到一个不规则的高回声界面，则内膜被定义为“非线性”，若没有观察到明显的回声界面，则被定义为“不规则”或“界限不清的”。(4) 内膜-肌层交界：子宫内膜-肌层交界处记录为规则、不规则、中断或界限不清。(5) 有无宫腔积液：宫腔内的积液可描述为无回声或低回声，毛玻璃或混合回声。(6) 血流评分：1 分为无血流；2 分为稀疏点状血流；3 分为密集条状血流；4 分为血流丰富。(7) 血管类型分为无血流

型、单一主干型、局灶性起源多支血管型、多灶性起源多支血管型及散在血管型。血流评估采用 IETA 共识中的标准[4]。在本研究中,我们根据国际上专家的 IETA 共识文献、IETA 相关研究文献[4]-[6] [10]-[13],对每位患者的超声图像特征作规范化描述并进行分析,逐项评分,最后计算出每个病例的总得分。

2.3.1. 评分体系构建过程

本研究所采用的 IETA 超声特征简易评分体系,主要参考林冬梅[7]及刘璐[14]等人的研究成果构建。构建逻辑如下:首先,基于 IETA 共识中定义的关键超声征象(如内膜厚度、回声均一性、基底线完整性等),通过对大样本量(如林冬梅研究中的 594 例病例)进行回顾性分析;其次,利用二元 Logistic 回归分析筛选出预测子宫内膜癌的独立危险因素,并根据各危险因素的回归系数(β 值)进行加权赋分。例如,将具有高优势比(OR 值)的征象(如血流丰富、内膜-肌层交界处界限不清等)赋予较高分值,从而将复杂的形态学描述转化为量化的简易评分表(详见表 1)。

2.3.2. 评分验证方法

该评分体系的有效性通过以下步骤进行验证:① 效能评价:利用受试者工作特征曲线(ROC)计算曲线下面积(AUC),确定区分良恶性病变的最佳诊断截断点(Cut-off 值),并计算其敏感性、特异性及准确率。② 临床一致性验证:本研究将该评分应用于 65 例临床病例,以术后组织病理学结果为“金标准”,通过比较评分诊断结果与病理诊断的符合率及 Kappa 一致性,验证该评分法在临床实际工作中鉴别子宫内膜癌的可行性与准确性。具体 IETA 简单超声评分表见(表 1、图 1、图 2)。

Table 1. Simplified IETA ultrasonographic scoring criteria

表 1. IETA 超声特征简易评分方法表

	0 分	1 分	2 分	3 分	4 分
子宫内膜厚度 (mm)	绝经前期 ≤ 12.0 绝经后期 ≤ 5.0	12.1~15.0 5.1~10.0	15.1~20.0 10.1~15.0	>20.1 >15.1	
子宫内膜回声	三线征 回声均匀 均匀高回声 均匀等回声 均匀低回声	均质伴规则囊肿	均质伴不规则囊肿; 不均匀无囊肿; 不均匀伴规则囊肿	不均匀 伴不规则囊肿	
子宫内膜中线外观	线性; 非线性; 局部回声中断; 界限不清				
子宫内膜-肌层交界	规则	不规则	中断	界限不清	
有无亮边征	有	无			
宫腔积液的情况	无积液	无回声或低回声	毛玻璃征	混合回声	
血流分数		无血流信号	少量血流信号	中量血流信号	丰富 血流信号
血流模式	单条优势血管(无 分支或有分型); 局限于内膜内散 在血管型;环形 血管型	多条优势血管 (局灶性起源型)	多条优势血管 (多灶性起源型)		

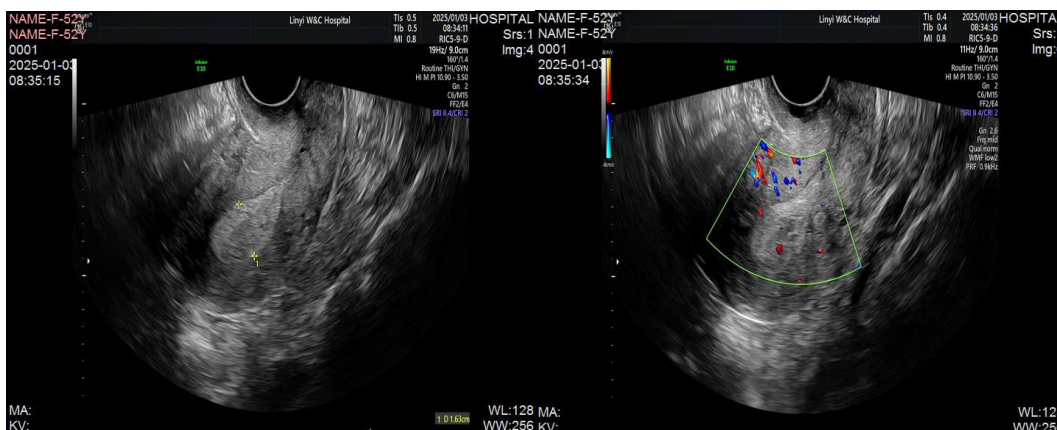


Figure 1. Gray-scale ultrasonogram and color Doppler flow imaging of endometrial hyperplasia
图 1. 子宫内膜增生灰阶图及彩色多普勒血流图像

子宫内膜非癌变病例：女性，52 岁，阴道不规则出血。术后病理为子宫内膜示不规则增值，局部呈息肉样改变。IETA 超声特征简易评分法总分为 7 分[子宫内膜厚度 16.3 mm：2 分；不均质背景没有囊性区域：1 分；子宫内膜中线外观界限不清：0 分；子宫内膜 - 子宫肌层交界处规则：0 分；无“亮边”征：1 分；低回声宫腔积液：1 分；颜色评分：少量血流信号：2 分；优势血管模式：单血管(无分支)：0 分]。

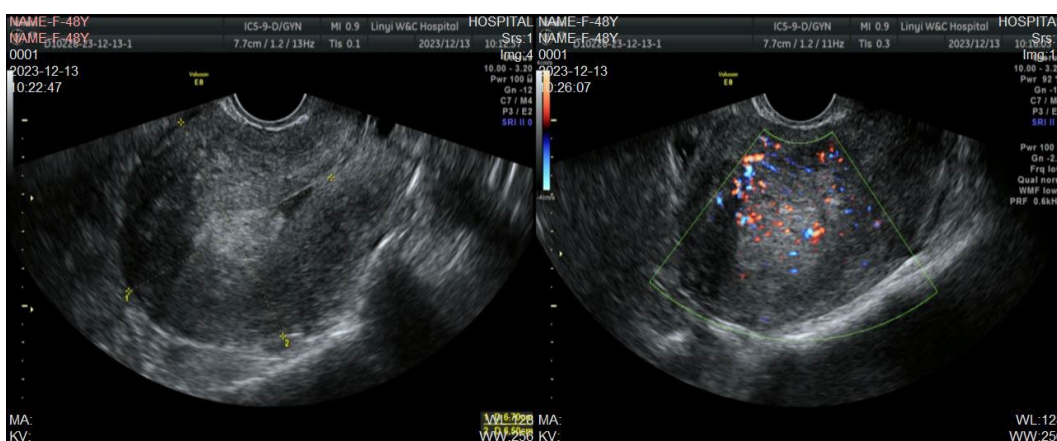


Figure 2. Gray-scale ultrasound and color Doppler flow imaging of endometrial carcinoma
图 2. 子宫内膜癌灰阶图及彩色多普勒血流图像

子宫内膜癌病例：女性，48 岁，阴道不规则出血。术后病理为子宫内膜样腺癌 I 期。IETA 超声特征简易评分法总分为 15 分[子宫内膜厚度 26.9 mm：3 分；不均质背景没有囊性区域：1 分；子宫内膜中线外观界限不清：0 分；子宫内膜 - 子宫肌层交界处界限不清：3 分；无“亮边”征：1 分；有毛玻璃样宫腔积液：2 分；颜色评分：中量血流信号：3 分；优势血管模式：多条血管(多灶性起源)：2 分]。

2.4. 超低速血流成像

完成经阴道二维超声检查后，进入三维多普勒模式，点击 PD 键并选择 Slow Flow HD 模式，启动 3D，调整取样框大小及扫描角度，嘱患者屏住呼吸后快速完成扫描，获取容积图像，应用 VOCAL 程序软件，旋转步长为 30°，共旋转 180°获得 6 个切面，以 A(横切面)平面作为初始平面，手动描绘子宫内膜形状 6 次后，接受感兴趣区域，用容积直方图分析获取子宫内膜的血流参数 VI、FI。

2.5. 分组

本研究根据子宫内膜是否癌变将 65 例子宫内膜癌患者分为子宫内膜非癌变组 32 例和子宫内膜癌组 33 例, 比较两组患者 IETA 简易评分标准对超声图像特征的评分以及超低速血流成像参数的差异。

2.6. 统计学分析

采用 SPSS 25.0 软件对数据进行描述及相关分析。IETA 简易评分、VI、FI 符合正态分布的计量资料采用均数 \pm 标准差的形式表示, 差异性分析采用两独立样本 t 检验。以术后病理结果作为因变量, 分析比较应用 IETA 简易评分诊断标准对超声图像特征的评分及超低速血流成像参数 VI、FI 诊断子宫内膜癌的差别, 采用二元 Logistic 回归建立 IETA 简易评分法联合超低速血流成像参数 VI、FI 鉴别子宫内膜癌诊断模型; 绘制 ROC 曲线分析 IETA 简易评分法、超低速血流成像参数 VI、FI 以及二者联合诊断子宫内膜癌的敏感性、特异性和受试者工作特征曲线下面积(Area under curve, AUC); AUC > 0.9 具有较高的诊断价值。AUC 在 0.7~0.9 之间, 诊断价值中等。AUC 在 0.5~0.7 之间, 诊断价值较低。当 AUC = 0.5 时, 表明该诊断方法没有诊断价值。P < 0.05 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. IETA 超声特征简易评分法诊断子宫内膜癌的结果

在 IETA 超声特征简易评分法中, 手术病理结果为子宫内膜非癌变组的平均评分为 7.88 ± 3.087 , 手术病理结果为子宫内膜癌组的平均评分为 9.64 ± 2.177 。与子宫内膜非癌变组比较, 子宫内膜癌组的评分增大, 差异有统计学意义(P < 0.05)。其敏感性、特异性和受试者工作特征曲线下面积(AUC)分别为 84.8%、56.2%、0.707 (表 2、图 3)。

Table 2. Diagnostic efficacy of the IETA scoring system for endometrial carcinoma

表 2. IETA 评分诊断子宫内膜癌的效能

参数	截断值	AUC (95%可信区间)	P 值	灵敏度(%)	特异度(%)
IETA 评分	7.5 分	0.707 (0.575~0.840)	0.004	84.8	56.2

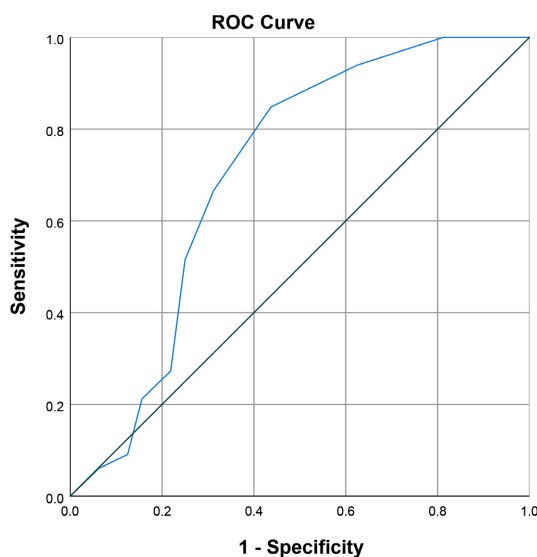


Figure 3. ROC curve of IETA score in the diagnosis of endometrial carcinoma

图 3. IETA 评分诊断子宫内膜癌的 ROC 曲线图

3.2. 子宫内膜癌超低速血流成像参数 VI、FI 分析比较

3.2.1. 定量分析

手术病理结果为子宫内膜非癌变组的平均 VI 评分为 12.35 ± 8.916 ，手术病理结果为子宫内膜癌组的平均 VI 评分为 18.81 ± 7.664 ；手术病理结果为子宫内膜非癌变组的平均 FI 评分为 50.10 ± 4.994 ，手术病理结果为子宫内膜癌组的平均 FI 评分为 52.87 ± 4.814 ；与手术病理结果为子宫内膜非癌变组比较，手术病理结果为 EC 的超低速血流成像参数 VI、FI 均明显增大，差异有统计学意义(均 $P < 0.05$) (图 4、图 5)。

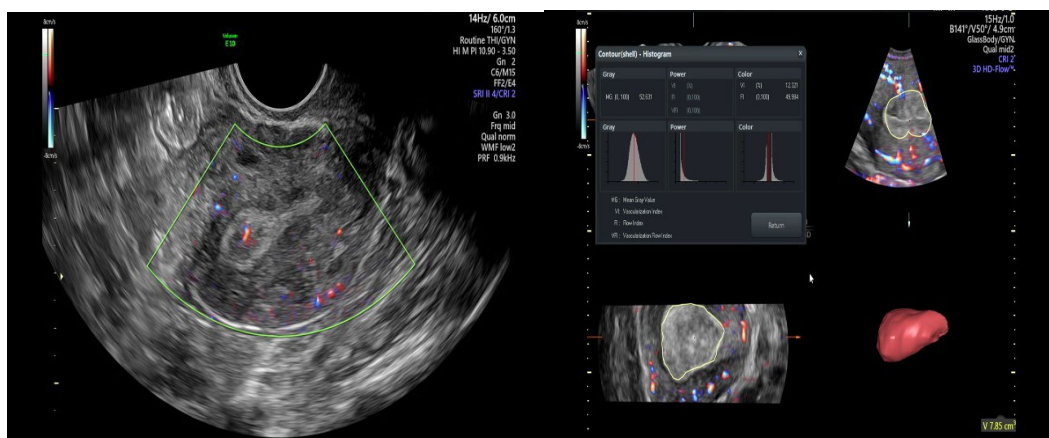


Figure 4. Determination of Slow Flow HD parameters in patients with non-cancerous endometrial lesions
图 4. 子宫内膜非癌变患者超低速血流成像参数测定图

子宫内膜非癌变病例：女性，37 岁，阴道不规则出血。术后病理为子宫内膜息肉。Slow Flow HD 血流参数 VI 12.321、FI 49.994。

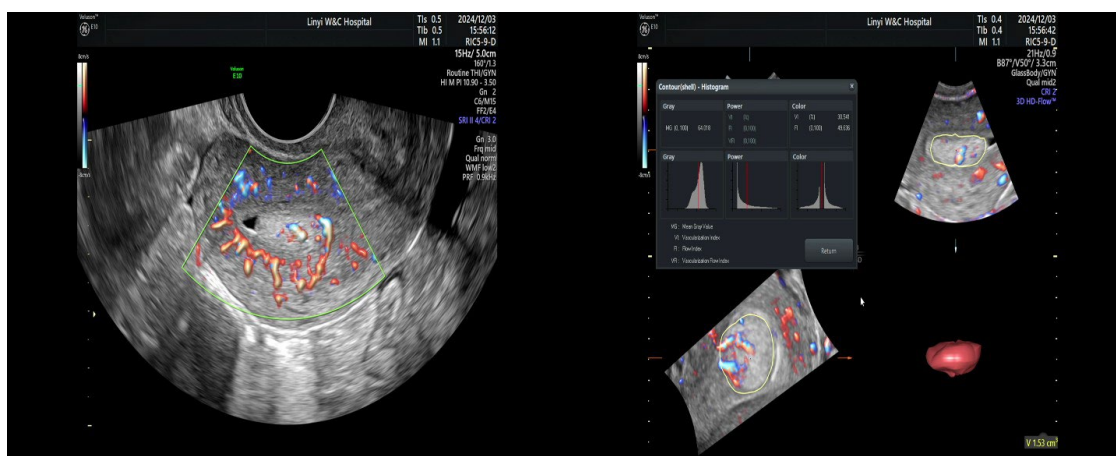


Figure 5. Determination of slow flow HD parameters in patients with endometrial carcinoma
图 5. 子宫内膜癌患者超低速血流成像参数测定图

子宫内膜癌病例：女性，65 岁，绝经后阴道不规则出血。术后病理为子宫内膜样腺癌 I 期。Slow Flow HD 血流参数 VI 30.541、FI 49.636。

3.2.2. ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示，VI 鉴别子宫内膜癌的敏感性、特异性和 AUC 分别为 81.8%、62.5%、0.728；

FI 鉴别子宫内膜癌的敏感性、特异性和 AUC 分别为 87.9%、43.7%、0.649；差异均具有统计学意义($P < 0.05$) (表 3、图 6)。

Table 3. Diagnostic efficacy of Slow Flow HD parameters VI and FI for endometrial carcinoma
表 3. 超低速血流成像参数 VI、FI 诊断子宫内膜癌的效能

参数	截断值	AUC (95%可信区间)	P 值	灵敏度(%)	特异度(%)
VI	10.283	0.728 (0.601~0.854)	0.002	81.8	62.5
FI	48.522	0.649 (0.513~0.784)	0.039	87.9	43.7

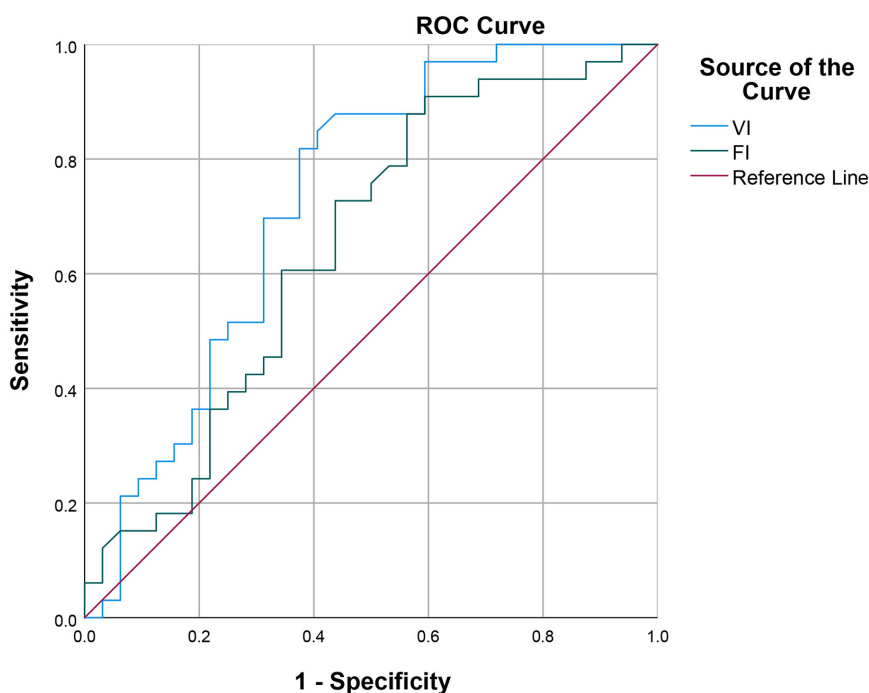


Figure 6. ROC curves of Slow Flow HD parameters VI and FI in the diagnosis of endometrial carcinoma
图 6. 超低速血流成像参数 VI、FI 诊断子宫内膜癌的 ROC 曲线图

3.3. 联合应用超低速血流成像参数 VI、FI 对诊断子宫内膜癌的评价

当超低速血流成像参数 VI、FI 联合使用时，通过二元 Logistic 回归建立超低速血流成像参数 VI、FI 联合诊断模型鉴别子宫内膜癌病变，诊断模型的敏感性、特异性和 AUC 分别为 81.8%、59.4%和 0.725，优于单一超低速血流成像参数的诊断价值，差异有统计学意义($P < 0.05$) (表 4、图 7)。

Table 4. Diagnostic efficacy of combined application of slow flow HD parameters for endometrial carcinoma
表 4. 联合应用超低速血流参数诊断子宫内膜癌的效能

参数	截断值	AUC (95%可信区间)	P 值	灵敏度(%)	特异度(%)
VI、FI 联合	—	0.725 (0.599~0.851)	0.002	81.8	59.4

3.4. IETA 超声特征简易评分法联合超低速血流成像参数 VI、FI 对诊断子宫内膜癌的评价

当 IETA 超声特征简易评分法与超低速血流成像参数 VI、FI 联合使用时，通过二元 Logistic 回归建

立 IETA 超声特征简易评分法与超低速血流成像参数 VI、FI 联合诊断模型鉴别子宫内膜癌病变, 诊断模型敏感性、特异性为 97.0%、50.0%, AUC 提高到 0.732, 优于任何一项单独检测的结果, 差异有统计学意义($P < 0.05$) (表 5、图 8)。

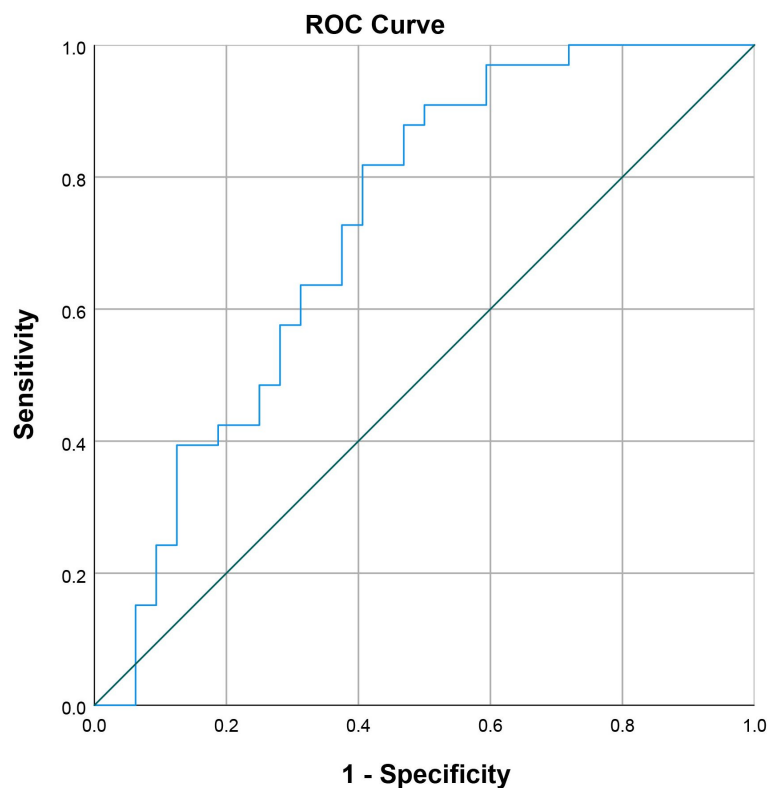


Figure 7. ROC curve of combined application of Slow Flow HD parameters VI and FI in the diagnosis of endometrial carcinoma
图 7. 联合应用超低速血流成像参数 VI、FI 诊断子宫内膜癌的 ROC 曲线图

Table 5. Diagnostic efficacy of IETA combined with slow flow HD parameters in diagnosing endometrial carcinoma
表 5. IETA 联合应用超低速血流成像参数诊断子宫内膜癌的效能

参数	截断值	AUC (95%可信区间)	P 值	灵敏度(%)	特异性(%)
联合	—	0.732 (0.606~0.858)	0.001	97.0	50.0

4. 讨论

目前子宫内膜癌在我国的发病率逐年升高和年轻化, 严重影响女性的生存质量和生育需求[15]。子宫内膜癌主要发生在已绝经妇女, 绝经前妇女患病率较低。早期子宫内膜癌患者典型症状是绝经后阴道出血, 但是早期 EC 根据症状学在临床上与良性子宫内膜病变难以鉴别。组织病理学虽为诊断 EC 的“金标准”, 但其有创性使其不适宜作为人群普查的首选[16]。常规经阴道超声(TVS)在鉴别局限于宫腔内的早期微小病灶时, 常因组织学形态不典型而与良性病变难以区分。本研究结果证实, 基于 IETA 共识构建的超声特征简易评分法能客观反映子宫内膜的形态学变异; 同时, Slow Flow HD 参数(VI, FI)的异常升高, 直接映射了肿瘤组织异常旺盛的新生微血管网与高灌注状态。二者结合, 实现了“大体形态结构”与“微观血流动力学”的优势互补。多参数模型结果显示, 联合诊断的敏感性高达 97.0%, AUC 提升至 0.732, 充分表明该联合策略可有效弥补单一检查指标的不足, 提升早期 EC 的筛查效能。

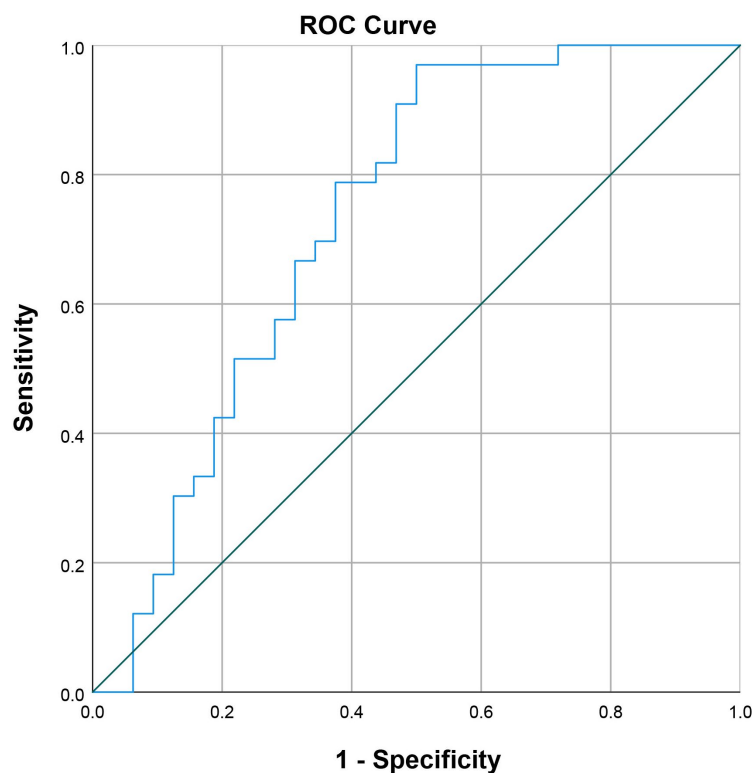


Figure 8. ROC curve of IETA combined with Slow Flow HD parameters in the diagnosis of endometrial carcinoma
图 8. IETA 联合应用超低速血流成像参数诊断子宫内膜癌的 ROC 曲线图

计算机断层扫描(computed tomography, CT)检查通常不用于 EC 的初步诊断, CT 的优势适用于鉴别组织学分级高患者的宫外病变或转移瘤等晚期表现[17]; 但是对于早期筛查而言, CT 在 EC 肌层浸润的表现情况不佳, 故不适用于筛查; 磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)可显示较小血管分支并获取优质血管图像, 还可提供肿瘤大小和深度、肌层和宫颈浸润程度、宫外范围和淋巴结转移状态等诊断信息[18]。MRI 虽然对于 EC 的诊断价值较高, 但在临床上因检查时间长、价格高等因素给患者带来一定的经济负担, 同样不适用于筛查和诊断; 近年来, 超声三维新技术的快速发展, 以简便、安全、高效、实时、经济等自身优势拓展了超声检查的临床应用范围。

二维声像图中, 宫体表现为实性均匀等回声结构, 浆膜层表现为细线样高回声, 肌层表现为均匀等回声, 宫腔表现为线状高回声, 周期性改变的内膜层围绕宫腔线。内膜层在月经期表现为均匀等回声, 两层内膜间宫腔线清晰; 在增殖期内膜的功能层(低回声)、基层(高回声)与宫腔线(高回声)构成“三线征”; 在分泌期会由基层逐渐向内膜表面转化成高回声, 至分泌期末内膜全层表现为均匀的高回声[14]。当子宫内膜癌变时, 内膜常表现为弥漫性或局灶性的增厚, 回声不均匀; 当累及肌层时, 内膜与正常肌层界限不清, 累及的肌层回声常表现为不均匀减低。彩色多普勒超声检查可表现为多种形式的血流信号(丰富、中量或少量血流信号), 频谱多普勒超声检查包括高、中、低阻力的血流频谱[19]。子宫内膜癌的发生发展与肿瘤血管生成密切相关。肿瘤细胞及炎性细胞可分泌多种血管生成因子, 诱导形成结构不成熟、排列紊乱的新生血管, 其血管壁薄、分支复杂且阻力低, 从而形成高灌注、低阻力的血流特征[20]。因此, 血流参数的改变可在一定程度上反映肿瘤生物学行为。当内膜发生病变时, 内膜中生成新生血管, 导致血供所占内膜容积百分比增加, 表现为内膜血流量参数升高。目前经阴道彩色多普勒超声(trans vaginal ultrasound, TVS)是目前临床诊断子宫内膜病变的常规检查方法, TVS 可以清晰显示子宫的内膜厚度、病

变的大小、形态、边界、回声、与周围组织的关系,彩色多普勒检查能够显示血流形态学及动力学特征,对 EC 术前的初步诊断和临床评价具有重要意义;然而,当病灶较小局限于宫腔、没有浸润肌层或者组织结构变化不典型、血流特征不明显时,TVS 声像图表现与良性子宫内膜病变鉴别困难[21]。同时,因为 TVS 具有操作者的主观性和依赖性等缺陷,其诊断性能不一致,临床可信度尚有争议性。

随着三维超声新技术的出现和不断提升的成像质量弥补了 TVS 的不足之处,使得超声对于 EC 的诊断越来越全面。结合最新的超低速血流成像技术(Slow flow HD),可以观察到小血管内的超低速血流的流动,通过计算测量血流参数 VI、FI 对子宫内膜的超低速血流进行定量分析,能够直接反应子宫内膜病变的微血管网络,这使得其在子宫内膜癌患者的诊断当中具有很好的临床价值。本研究结果显示,与非癌变组相比,子宫内膜癌组 VI 和 FI 均显著升高,提示肿瘤组织中微血管密度增加,与既往研究结果一致。VI 和 FI 作为反映血流灌注水平的定量指标,其数值升高提示新生血管丰富,肿瘤恶性程度可能更高。

本研究结果表明,基于 IETA 共识构建的超声特征简易评分法能够在一定程度上反映子宫内膜病变的形态学差异,而超低速血流成像参数 VI、FI 可从血流动力学角度定量评估子宫内膜微血管灌注情况。二者分别从结构特征与血流特征两个维度对病变进行表征,具有互补优势。

进一步分析显示,IETA 简易评分法与 Slow Flow HD 血流参数联合应用可显著提高对子宫内膜癌的诊断敏感性(97.0%),并在一定程度上提升整体诊断效能(AUC=0.732),优于单一指标的诊断表现,提示多参数融合在子宫内膜癌鉴别诊断中具有更高的临床价值。本研究在评价诊断效能时,将子宫内膜息肉、内膜增生等多种良性病变归为非癌变组。虽然本研究未对该组病理类型进行亚组细分,但从临床观察来看,部分良性病变(如息肉、不典型增生)在 Slow Flow HD 模式下由于血管滋养亦可表现出较丰富的血流灌注。然而,IETA 简易评分法侧重于形态学特征(如内膜中线、基底线是否完整)的评估,这在一定程度上修正了单纯血流成像带来的假阳性。因此,IETA 超声特征简易评分法联合超低速血流成像参数可作为一种无创、便捷且具有较高敏感性的影像学评估手段,为子宫内膜癌的早期筛查及高危人群识别提供重要参考依据。

本研究为单中心回顾性研究,纳入样本量相对有限,可能对研究结果的稳定性及外推性产生一定影响。此外,部分指标仍可能受到操作者经验及图像质量的影响。未来有必要开展多中心、大样本的前瞻性研究,并针对不同良性病变亚型的血流动力学特征及形态学差异进行深层次的鉴别诊断研究,以验证本研究结论的可靠性及其临床推广价值。

声 明

本研究获得青岛大学附属医院医学伦理委员会批准(审批号:QYFYWZLL30926)。

参考文献

- [1] Zheng, R.S., Zhang, S.W., Sun, K.X., *et al.* (2023) Cancer Statistics in China, 2016. *Chinese Journal of Oncology*, **45**, 212-220.
- [2] Eriksson, L.S.E., Lindqvist, P.G., Flöter Rådestad, A., Dueholm, M., Fischerova, D., Franchi, D., *et al.* (2015) Transvaginal Ultrasound Assessment of Myometrial and Cervical Stromal Invasion in Women with Endometrial Cancer: Interobserver Reproducibility among Ultrasound Experts and Gynecologists. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **45**, 476-482. <https://doi.org/10.1002/uog.14645>
- [3] Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., *et al.* (2021) Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **71**, 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- [4] Leone, F.P.G., Timmerman, D., Bourne, T., Valentin, L., Epstein, E., Goldstein, S.R., *et al.* (2010) Terms, Definitions and Measurements to Describe the Sonographic Features of the Endometrium and Intrauterine Lesions: A Consensus

- Opinion from the International Endometrial Tumor Analysis (IETA) Group. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **35**, 103-112. <https://doi.org/10.1002/uog.7487>
- [5] Van Den Bosch, T., Verbakel, J.Y., Valentin, L., Wynants, L., De Cock, B., Pascual, M.A., *et al.* (2021) Typical Ultrasound Features of Various Endometrial Pathologies Described Using International Endometrial Tumor Analysis (IETA) Terminology in Women with Abnormal Uterine Bleeding. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **57**, 164-172. <https://doi.org/10.1002/uog.22109>
- [6] Epstein, E., Fischerova, D., Valentin, L., *et al.* (2018) Ultrasound Characteristics of Endometrial Cancer as Defined by International Endometrial Tumor Analysis (IETA) Consensus Nomenclature: Prospective Multicenter Study. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **51**, 818-828.
- [7] 林冬梅. 基于 IETA 声学征象多参数联合评价体系对子宫内膜病变良恶性鉴别及诊断效能的研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 南方医科大学, 2022.
- [8] Chen, B., Wang, P., He, W., Yang, P., Kong, Z., Wang, D., *et al.* (2024) Standardized IETA Criteria Enhance Accuracy of Junior and Intermediate Ultrasound Radiologists in Diagnosing Malignant Endometrial and Intrauterine Lesions. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **64**, 528-537. <https://doi.org/10.1002/uog.29102>
- [9] El-Sharkawy, M., El-Mazny, A., Ramadan, W., Hatem, D., Abdel-Hafiz, A., Hammam, M., *et al.* (2016) Three-Dimensional Ultrasonography and Power Doppler for Discrimination between Benign and Malignant Endometrium in Premenopausal Women with Abnormal Uterine Bleeding. *BMC Women's Health*, **16**, Article No. 18. <https://doi.org/10.1186/s12905-016-0297-3>
- [10] Lin, D., Zhao, L., Zhu, Y., Huang, Y., Yuan, K., Liu, W., *et al.* (2021) Combination IETA Ultrasonographic Characteristics Simple Scoring Method with Tumor Biomarkers Effectively Improves the Differentiation Ability of Benign and Malignant Lesions in Endometrium and Uterine Cavity. *Frontiers in Oncology*, **11**, Article 605847. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.605847>
- [11] Lin, D., Wang, H., Liu, L., Zhao, L., Chen, J., Tian, H., *et al.* (2022) IETA Ultrasonic Features Combined with GI-RADS Classification System and Tumor Biomarkers for Surveillance of Endometrial Carcinoma: An Innovative Study. *Cancers*, **14**, Article No. 5631. <https://doi.org/10.3390/cancers14225631>
- [12] Heremans, R., Van den Bosch, T., Valentin, L., Wynants, L., Pascual, M.A., Fruscio, R., *et al.* (2022) Ultrasound Features of Endometrial Pathology in Women without Abnormal Uterine Bleeding: Results from the International Endometrial Tumor Analysis Study (IETA3). *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **60**, 243-255. <https://doi.org/10.1002/uog.24910>
- [13] Sladkevicius, P., Installé, A., Van Den Bosch, T., Timmerman, D., Benacerraf, B., Jokubkiene, L., *et al.* (2018) International Endometrial Tumor Analysis (IETA) Terminology in Women with Postmenopausal Bleeding and Sonographic Endometrial Thickness ≥ 4.5 mm: Agreement and Reliability Study. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **51**, 259-268. <https://doi.org/10.1002/uog.18813>
- [14] 刘璐. IETA 超声特征简单评分法联合超声造影定量参数对子宫内膜癌的诊断价值[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2024.
- [15] Shang, X., Yan, M., Li, X., Wang, W., Wang, Q., *et al.* (2021) Variations in Incidence and Mortality Rates of Endometrial Cancer at the Global, Regional, and National Levels, 1990-2019. *Gynecologic Oncology*, **161**, 573-580. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2021.01.036>
- [16] 陈晓静, 李雷. 子宫内膜癌筛查现状及研究进展[J]. 国际妇产科学杂志, 2023, 50(6): 644-649.
- [17] 杨川桦, 姜萍, 谢刚. 子宫内膜癌增强 MRI 定量参数变化与临床特征的关系及对预后的预测价值分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2024, 22(3): 148-151.
- [18] Maheshwari, E., Nougaret, S., Stein, E.B., Rauch, G.M., Hwang, K., Stafford, R.J., *et al.* (2022) Update on MRI in Evaluation and Treatment of Endometrial Cancer. *RadioGraphics*, **42**, 2112-2130. <https://doi.org/10.1148/rg.220070>
- [19] 胡兵, 赵云, 吴平, 等. 宫腔及静脉超声造影在子宫内膜病变诊断中的价值[J]. 中国超声医学杂志, 2013, 29(1): 57-59.
- [20] 张莹, 罗红, 强坤坤, 等. 子宫内膜病变超声与病理类型的相关性分析[J]. 西部医学, 2021, 33(9): 1379-1383.
- [21] 张敏, 覃伶俐. 超声评估子宫内膜癌肌层浸润深度的研究进展[J]. 海南医学, 2021, 32(2): 250-253.