

• 临床研究 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.07.008

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20250507.0933.002\(2025-05-07\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20250507.0933.002(2025-05-07))超微血管成像在卵巢癌分期预测中的价值研究^{*}谢敏,王惠[△],丁晓亚,崔丽清,钟毓,邹海蓉,曹熠熠

(重庆医科大学附属大学城医院超声科,重庆 401331)

[摘要] **目的** 探讨超微血管成像(SMI)在卵巢癌分期预测中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2019 年 3 月至 2024 年 5 月于该院接受手术治疗的 136 例卵巢癌患者的临床资料,患者术前进行经阴道、经腹低频、经腹高频二维灰阶、彩色多普勒血流显像(CDFI)及 SMI,以进行分期预测。以手术-病理分期为金标准,计算联合应用经阴道、经腹低频、经腹高频 SMI 对卵巢癌分期预测的灵敏度、特异度、准确度,建立受试者工作特征(ROC)曲线,计算 ROC 曲线下面积(AUC),判断 SMI 对卵巢癌分期预测的诊断效能。**结果** 经阴道、经腹低频、经腹高频 SMI 联合应用对 I、II、III、IV 期卵巢癌分期预测的灵敏度为 89.35%、92.36%、81.65%、83.21%,特异度为 86.93%、84.29%、83.39%、82.88%,准确率为 92.50%、94.38%、80.15%、84.96%,AUC 为 0.799、0.760、0.695、0.727。**结论** SMI 对卵巢癌分期预测有较高的应用价值,特别是对 I 期、II 期卵巢癌。

[关键词] 超微血管成像;卵巢癌;分期;彩色多普勒血流显像**[中图分类号]** R445.1**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2025)07-1571-05Study on the value of superb microvascular imaging in prediction of ovarian cancer staging^{*}XIE Min, WANG Hui[△], DING Xiaoya, CUI Liqing, ZHONG Yu, ZOU Hairong, CAO Yiyi

(Department of Ultrasound, University-Town Hospital of Chongqing Medical

University, Chongqing 401331, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the application value of superb microvascular imaging (SMI) in predicting ovarian cancer staging. **Methods** One hundred and thirty-six patients with ovarian cancer who underwent surgical treatment in our hospital from March 2019 to May 2024 were enrolled. Transvaginal, transabdominal low-frequency, and transabdominal high-frequency two-dimensional grayscale imaging, Color Doppler Flow Imaging (CDFI), and SMI were performed before surgery for staging prediction. Taking surgical-pathological staging as the gold standard, the sensitivity, specificity, and accuracy of the combined application of transvaginal SMI, transabdominal low-frequency SMI, and transabdominal high-frequency SMI for predicting ovarian cancer staging were calculated. The receiver operating characteristic (ROC) curve was established, the area under the ROC curve (AUC) was calculated, and the diagnostic efficacy of SMI for predicting ovarian cancer staging was determined. **Results** The combined application of transvaginal SMI, transabdominal low-frequency SMI, and transabdominal high-frequency SMI for predicting ovarian cancer staging showed that sensitivity was 89.35%, 92.36%, 81.65%, and 83.21% for stages I, II, III, IV, respectively; specificity was 86.93%, 84.29%, 83.39%, and 82.88%; accuracy was 92.50%, 94.38%, 80.15%, and 84.96%; and AUC was 0.799, 0.760, 0.695, and 0.727. **Conclusion** SMI has a high application value in predicting the stage of ovarian cancer, especially for stage I and stage II ovarian cancer.

[Key words] superb microvascular imaging; ovarian cancer; staging; CDFI

卵巢癌是女性最常见的恶性肿瘤之一^[1],病死率居妇科肿瘤首位^[2],手术是其有效的治疗手段,可对 I~II 期肿瘤进行全面分期手术,对 III~IV 期肿瘤进

行肿瘤细胞减灭术^[3]。术前准确分期有助于制订合理治疗方案,改善患者预后^[4-6]。经阴道超声是常规妇科检查方法,分辨力较高,有助于疾病诊断和鉴别

诊断^[7]。经腹低频超声扫查视野大,可快速扫查病灶全貌^[8]。经腹高频超声分辨力高,利于显示病灶细节,有助于发现微小病灶^[9]。超微血管成像(superb microvascular imaging, SMI)是新型血流成像技术,通过多普勒原理,分析杂波运动的特性^[10],采用全新的自适应算法识别并消除血管周围组织本身的运动^[11],可以非侵入地显示直径 $>0.10\text{ mm}$ 、流速 $>0.80\text{ cm/s}$ 的低速微小血管^[12-13],不仅能精准评价肿瘤血流,还能精确显示肿瘤与周围组织穿通血流^[14],有助于判断肿瘤良恶性及肿瘤浸润转移情况。本研究联合应用经阴道 SMI、经腹低频 SMI、经腹高频 SMI 对卵巢癌进行分期预测,旨在探讨 SMI 在卵巢癌分期预测中的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2019 年 3 月至 2024 年 5 月于本院接受手术治疗的 136 例卵巢癌患者的临床资料,患者年龄 34~78 岁,平均 (50.00 ± 10.26) 岁。肿瘤最大直径 73~215 mm,平均 (108.63 ± 12.24) mm,呈囊性、囊实混合性、实性。纳入标准:(1)卵巢癌患者,超声发现卵巢包块;(2)首次发病;(3)经手术治疗,并进行手术-病理分期。排除标准:(1)合并其他恶性肿瘤;(2)有手术禁忌证。本研究通过本院伦理委员会批准(审批号:LL-202419)。

1.2 方法

1.2.1 仪器

选择东芝 Aplio400 彩色多普勒超声诊断仪,配备 SMI 成像软件,选择腔内探头 11C3(5.0~7.5 MHz)、低频超声凸阵式探头 6C1(3.5~5.0 MHz)及高频超声线阵式探头 14L5(8.0~12.0 MHz)。

1.2.2 检查方法

对 136 例患者术前行经阴道、经腹低频、经腹高频二维、CDFI、SMI 检查。(1)经阴道二维、CDFI、SMI:经阴道超声扫查盆腔,观察肿瘤大小、边界、形态、内部回声,与输卵管、子宫、膀胱、直肠、盆壁等周围组织关系。先启动 CDFI,再启动 SMI,观察肿瘤及周围组织血流。(2)经腹低频二维、CDFI、SMI:经腹低频超声扫查肠道、网膜、肠系膜、肝脏、腹腔、胸腔等,寻找种植、转移病灶。先启动 CDFI,再启动 SMI,观察种植灶、转移灶及血流。(3)经腹高频二维、CDFI、SMI:首先适当调整经腹高频探头位置及方向,使病灶更多区域在近场显示,仔细观察近场病灶内部回声及其周围组织细节,然后以脐为中心,上至剑突下,下至耻骨联合,双侧至腋后线放射状扫查全腹,寻找直肠道、网膜、肠系膜、腹膜、淋巴结、肝包膜等种植、转移病灶,再扫查双侧腹股沟区淋巴结。先启动 CDFI,再启动 SMI,观察肿瘤、周围组织、转移灶、种植灶及血流细节。所有患者检查由同一高年资主治医师

完成分析图像,作出分期预测。

1.2.3 诊断标准

(1)采用国际妇产科联盟卵巢癌、输卵管癌、原发性腹膜癌的手术-病理分期标准(FIGO, 2014 年):Ⅰ期肿瘤仅限于卵巢或输卵管,Ⅱ期肿瘤累积单侧或双侧卵巢并有盆腔内扩散(在骨盆入口平面以下),Ⅲ期肿瘤累及单侧或双侧卵巢,伴有细胞或组织学证实的盆腔外腹膜转移或在腹膜后淋巴结转移,Ⅳ期肿瘤超出腹腔外的远处转移^[15]。(2)肿瘤转移、种植诊断标准,①包膜受侵破裂:表面模糊,不连续。②输卵管受侵:输卵管受压积液,粘连扭曲或截断。③子宫受侵:子宫受到推挤,分界不清,形态改变。④子宫直肠陷受侵:可见团块。⑤膀胱、直肠、乙状结肠受侵:肿瘤与相应组织分界不清。⑥盆壁受侵:与盆壁分界不清,髂血管受压变细。⑦小肠受侵:局部肠壁增厚,肿瘤与肠道粘连,加压探头无相对移动。⑧肠系膜、大网膜转移:增厚,可见结节。⑨腹膜转移:增厚,可见结节。⑩淋巴结转移(网膜、肠系膜、腹膜后、腹股沟区):垂直径 $\geq 10\text{ mm}$,淋巴门结构不存在。⑪肝脏转移:肝内团块。⑫腹腔转移:腹腔积液。⑬胸腔转移:胸腔积液。(3)肿瘤内血流分级及血流形态诊断标准参照 Adler 法血流分级:0 级为肿瘤内无血流;Ⅰ级为肿瘤内见 5 个以下点状血流;Ⅱ级见 5 个以上点状或 1 条长度超过病灶 1/3 直径血管;Ⅲ级见 1 条达或超过病灶直径血管^[16]。血流形态:无血流、点线状、树枝状、根须状、不规则状^[17]。(4)穿通血流:血流自肿瘤病灶穿入周围组织^[18]。

1.3 统计学处理

采用 SPSS19.0 统计软件进行分析,计数资料以例数或百分比表示。受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线和 ROC 曲线下面积(area under curve, AUC),判断诊断效能。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病理及手术-病理分期结果

136 例患者中浆液性腺癌 76 例,黏液性腺癌 42 例,子宫内膜样癌 18 例;手术-病理Ⅰ期 22 例,Ⅱ期 48 例,Ⅲ期 50 例,Ⅳ期 16 例。

2.2 不同检查方式对肿瘤内部成分显示情况对比

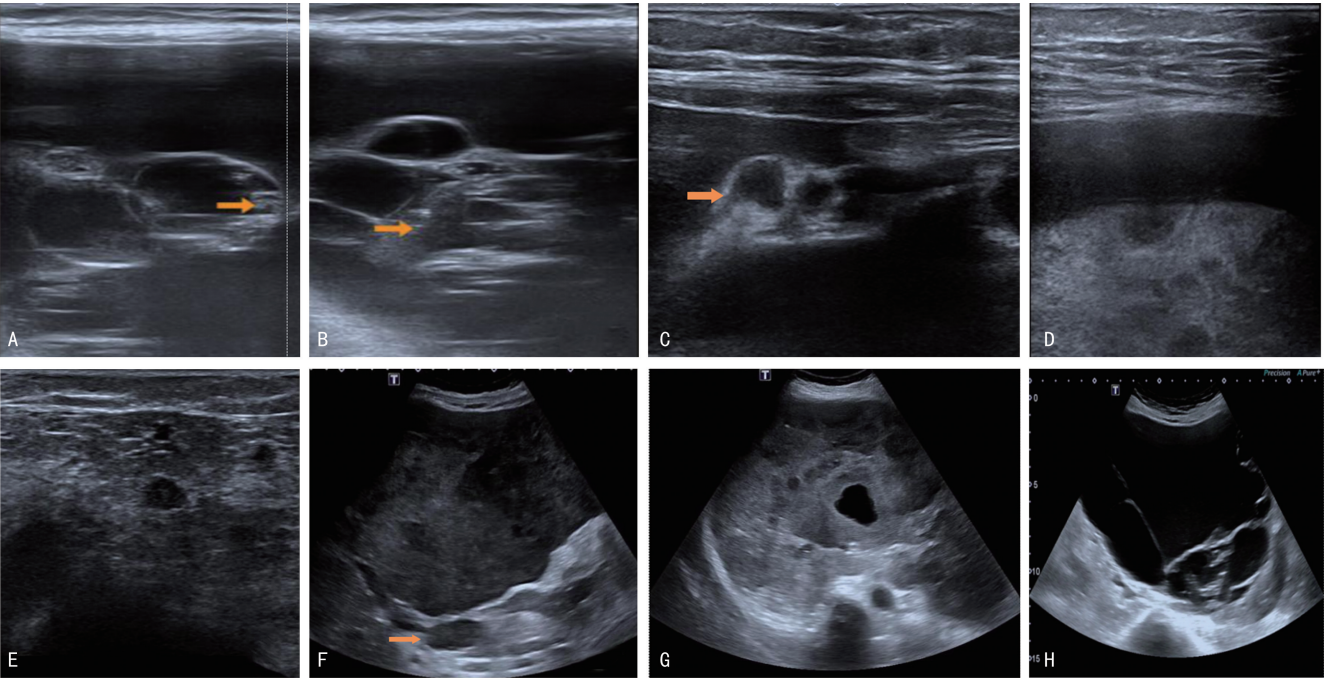
对肿瘤内微小乳头及结节显示率、实性团块及乳头不规则度、分隔的厚度及毛糙度经阴道+经腹低频高于经阴道,经阴道+经腹低频+经腹高频明显高于经阴道+经腹低频($P<0.05$),见表 1、图 1。

2.3 SMI 与 CDFI 对肿瘤及与周围组织穿通血流显示情况对比

SMI 能显示肿瘤微小、低速血流,较 CDFI 更精准显示肿瘤血流分级、形态、阻力指数及与周围组织穿通血流($P<0.05$),见表 2、图 2。

表 1 经阴道、经腹低频、经腹高频单独及联合对肿瘤内部成分的显示情况(<i>n</i>)											
项目	实性团块		乳头				分隔				
	规则	不规则	较小 (<3.0 mm)	较大 (≥3.0 mm)	规则	不规则	纤细 (<2.0 mm)	较厚 (≥2.0 mm)	光滑	毛糙	隔上结节、 乳头
经阴道	2	4	4	4	4	4	2	6	2	8	2
经阴道+经腹低频	2	6	5	5	4	7	2	8	4	9	4
经阴道+经腹低频+经 腹高频	12	16	12	16	16	12	2	18	2	24	26
χ^2	19.32		18.87				17.33				
<i>P</i>	0.04		0.04				0.03				

表 2 CDFI、SMI 对卵巢癌血流及与周围组织穿通血流的显示情况 (n)																			
项目	血流分级				血流形态					血流阻力指数		穿通血流							
	0	I	II	III	无	点线	树枝	根须	不规则	≤0.40	>0.40	输卵管	子宫	膀胱	肠道	光滑	毛糙	隔上结 节、乳头	
经阴道、经腹低频、经腹 高频 CDFI	10	20	52	54	10	20	40	32	14	24	8	10	0	0	0	2	8	2	
经阴道、经腹低频、经腹 高频 SMI	4	12	56	64	4	12	46	42	24	34	14	32	12	2	4	2	24	26	
χ ²	12.42				10.26					19.39		11.28							
P	<0.01				<0.01					<0.01		<0.01							



A:高频超声显示分隔上乳头;B:高频超声显示分隔上实性成分;C:高频超声显示大网膜上种植灶;D:高频超声显示肝左外叶包膜上种植灶;E:高频超声显示腹股沟转移性淋巴结;F:低频超声显示转移性腹腔淋巴结;G:低频超声显示肝脏转移灶;H:低频超声显示分隔。

图 1 肿瘤内部分隔、实性回声及乳头的低频、高频超声

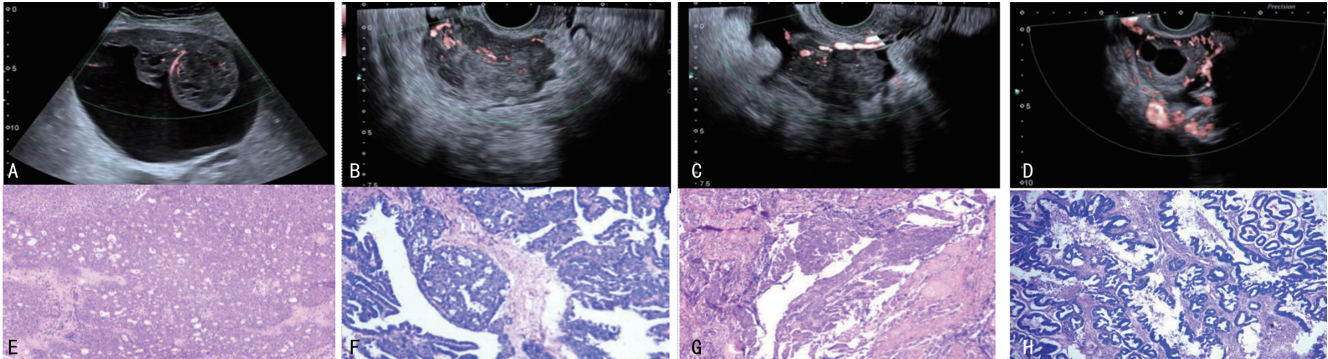
2.4 I～IV期卵巢癌 SMI 特征分析比较

I、II、III、IV期卵巢癌具有明显的 SMI 特征，I 期卵巢癌为 II 级短棒状、长线状血流；II 期卵巢癌为 II 级分支少的树枝状、较粗大的长线状血流；III 期卵巢癌为 II～III 级分支多的树枝状、不规则状血流；IV

期卵巢癌为 III 级分支多的树枝状、根须状、不规则状血流。

22 例 I 期卵巢癌中，20 例为 II 级血流，16 例为短棒状，6 例为长线状；28 例 II 期卵巢癌中，26 例为 II 级血流，8 例为分支较少的树枝状，18 例为较粗大长线

状;50 例Ⅲ期卵巢癌中,21 例为Ⅱ级血流,28 例为Ⅲ级血流,20 例为分支多的树枝状,24 例为不规则状;16 例Ⅳ期卵巢癌中,11 例为Ⅲ级血流,3 例为分支多的树枝状,4 例为根须状,8 例为不规则状。



A: I 期卵巢癌Ⅱ级分支少的树枝状血流;B: II 期卵巢癌Ⅲ级不规则状血流;C: III 期卵巢癌与周围组织穿通血流;D: IV 期卵巢癌与周围组织穿通血流;E: 手术-病理 I 期高级别浆液性腺癌(HE,20×);F: 手术-病理 II 期浆液性乳头状癌(HE,40×);G: 手术-病理 III 期高级别浆液性腺癌(HE,40×);H: 手术-病理 IV 期子宫内膜样癌(HE,100×)。

图 2 I ~Ⅳ期卵巢癌 SMI 血流分级、形态、与周围组织穿通血流超声及病理图

表 3 SMI、CDFI 对种植灶、转移灶显示与手术-病理比较情况 (n)			
病变浸润部位	CDFI	SMI	手术-病理
包膜受浸润破裂	80	96	114
输卵管	64	82	100
子宫	52	62	86
升结肠、降结肠	6	14	16
乙状结肠、直肠	10	18	24
膀胱	6	12	12
大网膜、肠系膜	14	22	28
腹膜	10	20	24
小肠	12	10	12
盆壁	6	10	16
腹腔积液	52	52	52
肝脏	12	14	14
胸腔	12	8	8
网膜、肠系膜淋巴结	4	6	6
腹膜后淋巴结	4	6	12
腹股沟区淋巴结	8	10	10

2.6 SMI、CDFI 对卵巢癌分期预测

SMI 与 CDFI 对卵巢癌分期预测的灵敏度($\chi^2=8.72,P=0.002$)、特异度($\chi^2=13.43,P=0.001$)、准确度($\chi^2=12.47,P=0.001$)比较,差异有统计学意义,见表 4。

2.7 经阴道、经腹低频、经腹高频 SMI 对卵巢癌分期诊断效能

经阴道、经腹低频、经腹高频 SMI 对 I ~Ⅳ期卵巢癌分期诊断 AUC 为 0.821、0.780、0.680、0.727,

2.5 与手术-病理结果一致性对比

与 CDFI 比较,SMI 与手术病理有更高的一致性($P<0.05$),见表 3。

诊断效能有明显差异($t=4.31,P=0.01;t=3.34,P=0.01;t=3.98,P=0.01$),见图 3。

表 4 SMI、CDFI 对卵巢癌分期预测的灵敏度、特异度、准确度 (%)

手术-病理分期	灵敏度		特异度		准确度	
	SMI	CDFI	SMI	CDFI	SMI	CDFI
I 期	89.35	68.32	86.93	72.36	92.50	67.50
II 期	92.36	65.89	84.29	70.35	94.38	70.26
III 期	81.65	67.56	83.39	71.86	80.15	68.39
IV 期	83.21	70.16	82.88	69.25	84.96	72.36

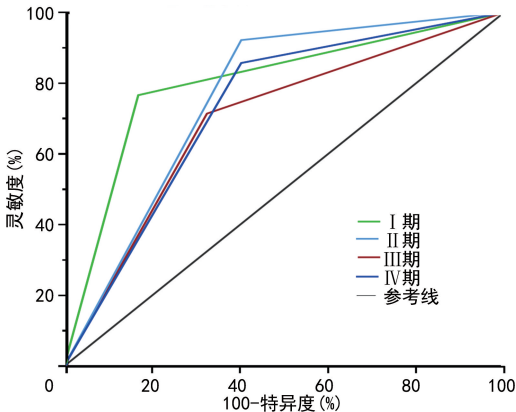


图 3 经阴道、经腹低频、经腹高频 SMI 对 I ~Ⅳ期卵巢癌分期预测价值的 ROC 曲线

3 讨论

卵巢癌早期往往无症状^[19-20],患者就诊时病灶已经较大^[21],贴近腹壁,为高频超声的应用提供了条件。高频超声分辨率高^[22],能显示微小病灶,能提高对肿瘤内微小实性成分^[23]、微小种植灶及转移灶的发现率,还有利于病灶低速微小血流及穿通血流显示,有

利于肿瘤良恶性鉴别及肿瘤分期预测。

卵巢癌肿瘤存在着新生血管,良恶性肿瘤新生血管存在明显差异^[24]。SMI 是多普勒技术的发展和創新,具有高帧频^[25]、高空间分辨率和少运动伪像的特点^[26],能显示微小血管、低速血流,对肿瘤微小低速血流显示具有明显优势,有利于肿瘤与周围组织穿通血流的显示,从而精准客观评价病灶血流的丰富程度、血流形态、阻力指数等;还可评估种植灶、转移灶的血流情况,从而提高卵巢癌分期预测的诊断准确率。

经阴道、经腹低频和经腹高频 SMI 联合应用,明显提高了对卵巢肿瘤二维及血流的显示能力,提高了卵巢癌分期预测准确度。但本研究中亦存在少数病例被高估或低估情况,分析原因为仪器调节不当、卵巢癌合并其他病变、转移灶过小、转移灶部位特殊所致,进行卵巢癌分期预测时应考虑上述误诊因素以做出准确分期预测。

经阴道、经腹低频和经腹高频超声 SMI 联合应用,充分整合了超声优势,利用 SMI 对微小血管及低速血流强大显示能力,有效提高了超声对卵巢癌分期诊断的诊断效能,特别是对 I 期、II 期早期卵巢癌的分期预测具有重要意义。SMI 相比 CT 无辐射,相比 MRI 价格低廉,相比超声造影无创,值得推荐以用于预测卵巢癌分期。探讨超声新技术在卵巢癌分期预测中的应用将作为今后的研究方向。

参考文献

[1] 赵虹琳,李婷婷,丁国武. 1990—2019 年中国女性卵巢癌疾病负担趋势分析[J]. 中华肿瘤防治杂志,2023,30(9):507-512.

[2] 杨晓雨,陈东宇,王红心,等. 中国女性卵巢癌流行现状和趋势及预测分析[J]. 重庆医科大学学报,2022,47(9):1030-1035.

[3] 丁璐璟,龚亚红,李顺珍,等. 彩色多普勒超声检测在卵巢良恶性肿瘤鉴别诊断中的价值[J]. 中国超声医学杂志,2022,38(4):418-421.

[4] 程广文,漆玖玲,丁红. 超声医学在卵巢肿瘤诊断和化疗效果评估中应用的研究进展[J]. 复旦学报(医学版),2022,48(4):545-550.

[5] ARMSTRONG D K, ALVAREZ R D, BAK-KUMG-AMEZ J N, et al. Ovarian cancer, version 2. 2020, NCCN clinical practice guidelines in oncology [J]. J Natl Compr Canc Netw, 2023,19(2):191-226.

[6] LADEGAARD B M, FALBORG A Z, HJERTHOLM P. Ovarian cancer stage, variation in transvaginal ultrasound examination rates and the impact of an urgent referral pathway: a national ecological cohort study[J]. Acta Obstet

Gynecol Scand, 2022, 98(12):1540-1548.

[7] 王萍,洪波,郭鹏. 血清多指标联合经阴道彩超对上皮性卵巢恶性肿瘤的研究[J]. 中国超声医学杂志, 2022, 38(5):561-565.

[8] 曹霞. 超声低高频探头结合运用在诊断老年人不典型阑尾炎中的临床价值 [J]. 实用医学影像杂志, 2022, 23(5):515-517.

[9] 唐春燕,吴灵兰,黄贻琼,等. 术前高频超声检查腹股沟斜疝与直疝的诊断价值探讨[J/CD]. 中华疝和腹壁外科杂志(电子版), 2022, 15(3):248-251.

[10] 洪睿霞,李芳,周航,等. 超微血流成像半定量分级在前列腺癌检出中的应用价值[J]. 临床超声医学杂志, 2023, 23(8):566-569.

[11] 王莹,张岱,杨凡. 超微血流显像与超声造影对甲状腺实性结节的诊断价值[J]. 中国肿瘤临床, 2023, 48(14):711-714.

[12] 邹玥,朱梅,陈强. 超微血管成像评估肝血管瘤血流信号的临床价值[J]. 临床超声医学杂志, 2022, 22(11):869-873.

[13] 陆蓓蕾,黄备建,李翠仙,等. 超微血管成像在痛风血流检测中的应用价值[J/CD]. 中华医学超声杂志(电子版), 2022, 17(4):353-357.

[14] 杨凡,刘春伟,忻晓洁,等. 超微血管成像在肝脏局灶性病变中的应用价值[J]. 中华肿瘤杂志, 2023, 43(9):959-967.

[15] 谢幸,孔北华,段涛. 妇产科学[M]. 9 版. 北京:人民卫生出版社, 2018.

[16] 李晏杰,蒋卓霖,张杰,等. 超微血流成像与超声造影鉴别诊断早期子宫颈癌及癌前病变的对比研究[J]. 肿瘤预防与治疗, 2024, 37(9):767-774.

[17] 杨光旭,万静,张亚兰,等. 微血管成像联合 FNA 在甲状腺良恶性结节中的应用[J]. 中国超声医学杂志, 2022, 37(1):8-10.

[18] 李丛辉,罗红缨. 微血管成像技术在浅表淋巴结全自动穿刺活检的效果观察[J]. 医学理论与实践, 2022, 35(9):1556-1558.

[19] 李星玉,邵剑青,闫士详. DWI 联合 US 对卵巢癌的诊断价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2023, 18(3):37-39.

[20] 姜平. MRI 联合超声诊断卵巢癌的价值观察[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 18(11):130-131.

[21] KOSSAI M, LEARY A, SCOAZEC J Y, et al. Ovarian cancer: a heterogeneous disease [J]. Pathobiology, 2018, 85(1):41-49.

[22] 娇娇,齐清华,任华艳. 高频超声在乳腺乳头腺瘤中的诊断价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2024, 35(8):553-557. (下转第 1580 页)