

# 计算机辅助诊断系统联合弹性成像及高年资超声医师判读鉴别甲状腺结节良恶性的价值

徐锦媚 刘 萌 王鑫毅 薛 军 吴 迪

**摘要** 目的 探讨计算机辅助诊断(CAD)系统联合弹性成像(UE)技术、高年资超声医师判读鉴别诊断甲状腺良恶性的应用价值。方法 选取我院经手术或穿刺活检病理证实的甲状腺结节患者 148 例(共 182 个结节),术前均行常规超声和 UE 检查,由高年资超声医师判读,进行弹性成像分级,应用基于 2017 年美国放射学会和 2011 年 Kwak 等提出的甲状腺影像报告和数据系统(ACR TI-RADS 和 Kwak TI-RADS)的 CAD 系统分析图像。以病理结果为金标准,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 CAD 系统、UE 和高年资超声医师判读单独应用及三者联合对甲状腺结节的诊断效能。结果 CAD 系统(ACR TI-RADS 和 Kwak TI-RADS)、UE 和高年资超声医师判读三者联合诊断甲状腺结节良恶性的敏感性为 81.6% 和 86.2%、特异性为 73.7% 和 68.4%、准确率为 77.5% 和 76.9%,曲线下面积为 0.776 和 0.773,与单一方法及 UE 联合 CAD 系统比较,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ );与高年资超声医师判读比较,差异无统计学意义。高年资超声医师判读、UE 联合 CAD 系统(Kwak TI-RADS)三者联合诊断的阳性预测值及阴性预测值均大于高年资超声医师判读(80.7% vs. 75.8%, 93.3% vs. 83.8%),差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。结论 CAD 系统联合 UE、高年资超声医师判读在鉴别诊断甲状腺结节良恶性中有重要的临床价值。

**关键词** 超声检查;弹性成像;计算机辅助诊断系统;甲状腺影像报告和数据系统;结节,甲状腺;良恶性  
[中图法分类号]R445.1 [文献标识码]A

## Application value of computer-aided diagnosis system combined with ultrasound elastography and senior ultrasound doctor's interpretation in differentiating benign and malignant thyroid nodules

XU Jinmei, LIU Meng, WANG Xinyi, XUE Jun, WU Di

Department of Ultrasound, Emergency General Hospital, Beijing 100028, China

**ABSTRACT Objective** To explore the application value of computer-aided diagnosis system (CAD) combined with ultrasound elastography (UE) and senior ultrasound doctor's interpretation in differentiating benign and malignant thyroid nodules. **Methods** A total of 148 patients (182 nodules) with thyroid nodules confirmed by surgery or biopsy in our hospital were selected. Ultrasonography was performed before surgery, all patients were judged by senior ultrasound doctors, elastography grading was performed, the images analyzed by CAD system based on Thyroid Imaging Reporting and Data System (ACR TI-RADS and Kwak TI-RADS) guidelines proposed by American College of Radiology in 2017 and Kwak et al in 2011. Taking the pathological results as the gold standard, the receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the diagnostic efficacy of CAD system, UE and senior sonographer's interpretation alone and the combination of the three in thyroid nodules. **Results** The sensitivity of CAD system (based on ACR TI-RADS and Kwak TI-RADS) combined with UE and senior ultrasonic doctors interpretation in the diagnosis of benign and malignant thyroid nodules were 81.6% and 86.2%, the specificity were 73.7% and 68.4%, the accuracy were 77.5% and 76.9%, and the areas under the curve were 0.776 and 0.773, respectively. Compared with single method and UE combined with CAD system, the differences were statistically significant (both  $P < 0.05$ ). Compared with the interpretation of senior ultrasonic doctors, the difference was not statistically significant. The positive and

negative predictive values of the combined method (Kwak TI-RADS) were higher than those of the senior ultrasound doctor's interpretation (80.7% vs. 75.8%, 93.3% vs. 83.8%, both  $P < 0.05$ ). **Conclusion** The combined application of CAD system, UE and senior ultrasound doctor's interpretation have important clinical value in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules.

**KEY WORDS** Ultrasonography; Elastography; Computer-aided diagnosis system; Thyroid imaging reporting and data system; Nodules, thyroid; Benign and malignant

甲状腺结节是内分泌系统最常见的疾病之一,超声检查具有动态、实时、无辐射、重复性好等优点,是临床评估甲状腺结节的首选方法。目前,对甲状腺结节的分类依靠人工判读,易受检查者主观因素、超声仪器、诊疗环境等因素的影响<sup>[1-2]</sup>。计算机辅助诊断 (computer-aided diagnosis, CAD) 系统结合甲状腺影像报告和数据库指南,可量化影像学特征,自动客观地分析图像,减少人工判读产生的错误,提高诊断效率和准确率。但目前甲状腺 CAD 系统尚处于初步发展阶段,仅可对单帧切面图像进行评价,缺乏对彩色多普勒图像及弹性图像的分析,存在一定的局限性<sup>[3]</sup>。超声弹性成像 (ultrasound elastography, UE) 通过反映组织内部弹性模量的差异,从而对病灶良恶性进行鉴别,弥补了常规超声及 CAD 系统无法鉴别病灶软硬度的不足。本研究旨在探讨 CAD 系统联合 UE、高年资超声医师判读在鉴别甲状腺结节良恶性中的应用价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取 2019 年 6 月至 2020 年 12 月我院经病理确诊的甲状腺结节患者 148 例 (共 182 个结节), 其中男 40 例, 女 108 例, 年龄 22~83 岁, 平均 (47.2±12.7) 岁。其中良性结节 95 个, 包括结节性甲状腺肿 68 个、滤泡性腺瘤囊性变 13 个、炎症 7 个、甲状腺腺瘤 6 个、囊肿 1 个; 恶性结节 87 个, 包括甲状腺乳头状癌 79 个、滤泡癌 7 个、黏液表皮样癌 1 个。纳入标准: ①未行手术治疗; ②未行放射性碘、促甲状腺激素抑制、消融等其他特殊治疗。排除标准: ①年龄 < 18 岁; ②病灶占据整个甲状腺单侧叶或双侧叶; ③术后病理诊断不明确或病理无法分类; ④ 2017 年美国放射学会甲状腺影像报告和数据库系统 (ACR TI-RADS)<sup>[4]</sup> 和 2011 年 Kwak 等<sup>[5]</sup> 提出的甲状腺影像报告和数据库系统 (Kwak TI-RADS) 指南无法分类。本研究经我院医学伦理委员会批准, 所有患者均签署知情同意书。

### 二、仪器与方法

使用日立 HI VISION Avius、迈瑞 Resona 7 彩色多

普勒超声诊断仪, 线阵探头, 频率 7.5~12.0 MHz; 配备弹性成像软件。本研究中所使用的 CAD 软件为 AmCAD-UT Detection (安克侦, 台湾安克公司)。患者取仰卧位, 行连续多切面常规扫查, 记录每个结节的部位、大小、形态、边界、纵横比、内部回声、微钙化、血流、后方回声改变及颈部淋巴结肿大等情况。然后行 UE 检查, 将结节显示于屏幕中间, 感兴趣区取样框包含整个结节及其周边部分正常甲状腺组织, 轻微快速振动探头, 频率约 2 次/s, 施压深度 1~2 mm, 当压力和频率的综合指数达到理想状态时, 指示标记竖格显示为全绿。双幅实时显示灰阶图和弹性图, 弹性图像中绿色表示感兴趣区内组织为平均硬度, 蓝色表示该处组织较平均硬度软, 红色表示该处组织较平均硬度硬。CAD 系统分析: 由上述高年资医师选择最能反映结节良恶性的二维图像导入计算机, 在安克侦软件中勾画出结节边界, 获得感兴趣区, 系统自动对病灶的 6 个特征 (回声类型、边缘、内部回声、强回声点、纵横比 > 1、无回声区域) 进行分析。

### 三、诊断标准

1. 高年资超声医师判读诊断标准: 由 1 名具有 10 年以上头颈部超声检查经验的医师根据结节回声、纵横比、边界、结节内微钙化和临近组织侵犯、淋巴结转移等特征对结节进行综合评估, 判定其良恶性。

2. UE 诊断标准: 根据 Rubaltelli 等<sup>[6]</sup> 提出的甲状腺结节弹性成像 5 分法, 以 0~2 分为良性, 3~4 分为恶性。以囊性为主结节弹性评分为 0 分。

3. CAD 系统诊断标准<sup>[3]</sup>: 根据软件分析结果, ACR TI-RADS 指南以 7 分为诊断截点,  $\geq 7$  分为恶性,  $< 7$  分为良性。Kwak TI-RADS 指南以 4C 为诊断截点, 4C 以上为恶性, 4B 及以下为良性。

4. UE 联合 CAD 系统诊断标准<sup>[7]</sup>: ACR TI-RADS 指南  $\geq 7$  分为恶性;  $\leq 3$  分为良性;  $\geq 4$  分~7 分结节根据 UE 诊断标准, UE 评分 1~2 分为良性, 3~4 分为恶性<sup>[8]</sup>。Kwak TI-RADS 4C 以上为恶性; 3 类以下为良性; 4A、4B 类结节根据 UE 诊断标准, UE 评分 1~2 分为良性, 3~4 分为恶性。

5.三者联合诊断标准:高年资医师判读、UE和CAD系统三种方法均为阴性或任意两种方法为阴性诊断为良性,三种方法均为阳性或任意两种方法为阳性诊断为恶性。

四、统计学处理

应用SPSS 26.0和MedCalc 19.0统计软件,计数资料以频数或率表示,行配对χ<sup>2</sup>检验。以病理结果为金标准,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析CAD系统、UE和高年资超声医师判读单独应用及三者联合对甲状腺结节的诊断效能,曲线下面积(AUC)比较行Z检验。P<0.05为差异有统计学意义。

结 果

一、高年资超声医师判读、UE和CAD系统对甲状腺结节的诊断情况

高年资超声医师判读常规超声图片,诊断良性结节87个,恶性结节95个。UE诊断良性结节78个,恶性结节104个。CAD系统(ACR TI-RADS)诊断良性结节93个,恶性结节89个;CAD系统(Kwak TI-RADS)诊断良性结节77个,恶性结节105个。甲状腺良、恶性结节UE图及CAD系统分析图见图1。

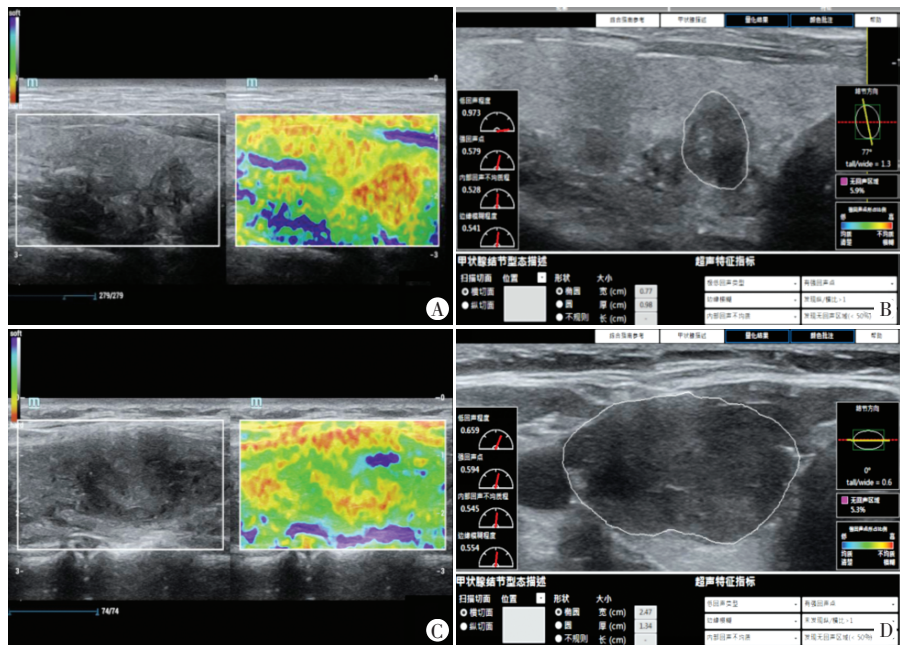
二、不同方法鉴别甲状腺结节良恶性的诊断效能比较

高年资超声医师判读、UE和CAD系统单独及联合应用诊断甲状腺结节良恶性的敏感性、特异性、准确率、阳性预测值、阴性预测值、约登指数及AUC见表1和图2。

1.三者联合诊断与单一方法比

较:三者联合诊断甲状腺结节的敏感性、特异性、准确率、约登指数及AUC与单独高年资超声医师判读比较,差异均无统计学意义;其中CAD系统(Kwak TI-RADS)、UE联合高年资超声医师判读诊断的阳性预测值和阴性预测值均高于单独高年资超声医师判读,差异均有统计学意义(均P<0.05)。三者联合诊断的敏感性、特异性、准确率、约登指数及AUC均高于CAD系统或UE单独应用,差异均有统计学意义(均P<0.05)。

2.三者联合诊断与UE联合CAD系统诊断比较:三者联合诊断的特异性、约登指数及AUC均高于UE联合CAD系统诊断,差异均有统计学意义(均P<0.05)。UE联合CAD系统(Kwak TI-RADS)诊断的敏感性(96.6%)高于三者联合诊断,但特异性(41.1%)低于其他诊断方法,差异均有统计学意义(均P<0.05)。



A、B:甲状腺乳头状癌患者(44岁,男)UE及CAD系统分析图;C、D:结节性甲状腺肿患者(52岁,女)UE及CAD系统分析图

图1 甲状腺良、恶性结节UE及CAD系统分析图

表1 不同方法鉴别甲状腺结节良恶性的诊断效能比较

方法	敏感性 (%)	特异性 (%)	准确率 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	约登指数 (%)	AUC
高年资超声医师判读	82.8	75.8	79.1	75.8	83.8	58.6	0.793
UE	77.0	61.1	68.7	64.4	74.4	38.1	0.690
CAD系统(ACR TI-RADS)、UE和高年资超声医师判读三者联合	81.6	73.7	77.5	74.0	81.4	55.3	0.776
CAD系统(Kwak TI-RADS)、UE和高年资超声医师判读三者联合	86.2	68.4	76.9	80.7	93.3	54.6	0.773
UE联合CAD系统(ACR TI-RADS)	80.5	51.5	65.4	59.3	75.6	32.0	0.665
UE联合CAD系统(Kwak TI-RADS)	96.6	41.1	67.6	60.0	92.9	37.7	0.688
CAD系统(ACR TI-RADS)	59.8	61.1	60.4	58.4	62.4	21.0	0.604
CAD系统(Kwak TI-RADS)	74.7	57.9	65.9	61.9	71.4	32.6	0.663

AUC:曲线下面积



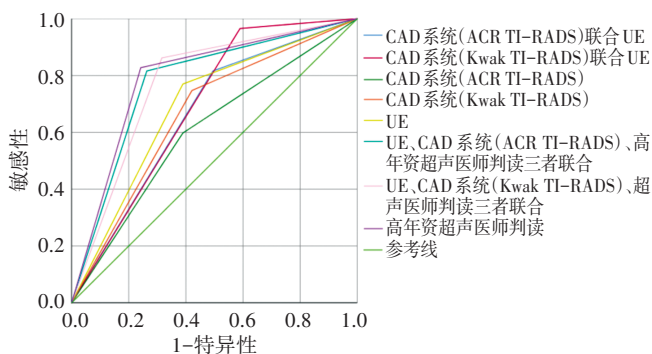


图2 不同方法诊断甲状腺结节良恶性的ROC曲线图

3. UE联合CAD系统诊断与单一方法比较: UE联合CAD系统与CAD系统比较, 敏感性升高, 但特异性降低, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$ ); AUC比较差异无统计学意义。

## 讨 论

据文献<sup>[3,9-10]</sup>报道, 基于不同指南的CAD系统诊断甲状腺结节良恶性的AUC为0.63~0.88, 能辅助提高超声医师尤其是低年资超声医师对甲状腺结节的诊断效能。但目前CAD系统仍处于初步发展阶段, 其通过分析单一图像对甲状腺结节的良恶性进行分级, 不能对结节连续多图像综合分析, 一定程度上仍依赖于超声医师对图像的选取和感兴趣区的勾画, 有一定的主观性和操作者差异<sup>[3]</sup>; 且存在无法分析病灶对周围组织侵犯情况及结节硬度的局限性。近年来UE技术也被证实对甲状腺结节良恶性的鉴别有较好的效能, 其敏感性为68.2%~90.4%, 特异性为70.2%~89.5%, AUC为0.882~0.895<sup>[11-12]</sup>。病灶侵犯周围组织及硬度增加是恶性结节的典型征象, 超声医师通过连续扫查及UE检查正好弥补了CAD系统该方面的不足。本研究旨在探讨CAD系统联合UE、高年资超声医师判读在鉴别甲状腺结节良恶性中的应用价值。

本研究结果发现, UE联合CAD系统应用能提高对甲状腺结节的诊断敏感性, 其中UE联合CAD系统(Kwak TI-RADS)的敏感性(96.6%)高于单独高年资超声医师判读或三者联合(82.8%、86.2%), 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$ ), 提示在甲状腺恶性结节筛查中引入UE和CAD系统可能具有更好的诊断效果。而高年资超声医师判读联合UE、CAD系统(Kwak TI-RADS)的阳性预测值和阴性预测值均高于单独高年资超声医师判读, 提示对于高年资超声医师而言, 若在其判读后应用UE和CAD系统检查进行验证, 可能获得较显著的帮助和获益。分析高年资超声医师判读、UE联合CAD系统三者联合诊断的优点: ①降低了

操作者主观偏倚的影响, 有助于提升规范性、稳定性及可重复性; ②可辅助包括高年资超声医师在内的各级医师判断疑难病例, 降低了患者因医师不能确诊而重复多次检查及接受甲状腺结节穿刺的几率, 节约了医疗成本, 减轻患者负担; ③近年来基于人工智能的CAD系统不断革新, 通过完善算法模型及大数据学习, 其诊断准确率和诊断效能有望随着相关技术的升级而提高。另一方面, 本研究中高年资超声医师判读、UE联合CAD系统三者联合与单独高年资超声医师判读对甲状腺结节在诊断效能比较, 差异无统计学意义, 表明虽然CAD系统和UE目前虽能达到较高的诊断效能, 但现阶段对甲状腺结节的诊断依然不具备脱离超声医师进行独立诊断的能力。究其原因, 笔者认为是由于高年资超声医师可依据其积累了多年的诊断经验, 对甲状腺结节的超声特征进行全面、准确的判断, 并能通过分析病史及观察病灶周围的组织有无侵犯及转移等其他特征进行判断, 这些均是CAD系统和UE目前无法实现的。

本研究的局限性: ①作为初步研究, 样本量较小, 未来可进行多中心、大样本研究进一步证实研究结果的可重复性和可靠性。②本研究中ROC曲线仅1个阈值点, 不能体现所有曲线的变化规律。分析原因为: 现有关于CAD系统诊断效能的文献<sup>[3,9]</sup>均已给出最佳诊断截点, 因此本研究设计中直接省去了找寻最佳诊断截点这一方面的内容; 且既往关于CAD系统联合超声医师的文献, 其诊断方法是CAD系统和超声医师分别判读, 然后再进行结果校正, 且校正的方法是超声医师参考CAD系统诊断结果后再修正自己对结节的分类。源于本研究设计的特殊性, 笔者认为CAD系统和超声医师意见完全相反时, 结节的良恶性将难以抉择, 因此本研究引入UE进行联合诊断。虽解决了对诊断结果难以抉择的问题, 但UE作为定性诊断而非定量诊断, 并未进行分级, 导致本研究ROC曲线仅1个阈值点。③未使用2020年甲状腺结节超声恶性风险分层的中国指南(C-TI-RADS), 原因为安克侦软件目前尚未纳入C-TI-RADS指南。最新研究<sup>[13]</sup>发现C-TI-RADS指南联合人工智能辅助诊断(S-Detect技术)后诊断效能进一步提高(AUC从0.869提升至0.942)。希望未来CAD系统不断优化, 能加入适合中国人的C-TI-RADS指南。

综上所述, CAD系统、UE和高年资超声医师判读三者联合应用在甲状腺结节良恶性的鉴别诊断中有重要的临床价值, 具有良好的临床应用前景。

## 参考文献

- [1] Baig FN, Lunenburg J, Liu SYW, et al. Computer-aided assessment of regional vascularity of thyroid nodules for prediction of malignancy [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 1-9.
- [2] Yu Q, Jiang T, Zhou A, et al. Computer-aided diagnosis of malignant or benign thyroid nodes based on ultrasound images [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2017, 274(7): 2891-2897.
- [3] 许敏, 韩峰, 罗晓, 等. 计算机辅助诊断系统鉴别甲状腺结节良恶性的诊断效能及其影响因素 [J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(4): 252-256.
- [4] Tessler FN, Middleton WD, Grant EG, et al. ACR thyroid imaging, reporting and data system (TI-RADS): white paper of the ACR TI-RADS Committee [J]. *J Am Coll Radiol*, 2017, 14(5): 587-595.
- [5] Kwak JY, Han KH, Yoon JH, et al. Thyroid imaging reporting and data system for US features of nodules: a step in establishing better stratification of cancer risk [J]. *Radiology*, 2011, 260(3): 892-899.
- [6] Rubaltelli L, Corradin S, Dorigo A, et al. Differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules at elastosonography [J]. *Ultraschall Med*, 2009, 30(2): 175-179.
- [7] 毛锋, 徐辉雄, 张盛敏, 等. 声触诊组织成像与定量技术联合 2015 年美国甲状腺学会指南在甲状腺良性结节鉴别诊断中的应用研究 [J]. *中国全科医学*, 2016, 19(21): 2585-2090.
- [8] 孙鑫, 周平, 赵永峰, 等. AmCAD-UT Detection 在甲状腺结节超声诊断中的应用 [J]. *中国医学影像技术*, 2020, 6(5): 749-753.
- [9] 李晓宇, 刘静静, 刘利平, 等. 计算机辅助检测和诊断中 K-TIRADS、ACR-TIRADS、ATA 的诊断效能比较以及辅助超声医师诊断甲状腺结节的研究 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2019, 28(10): 888-892.
- [10] 叶冯颖, 李尚青, 苏淇琛, 等. 计算机辅助诊断系统基于不同指南诊断甲状腺良性结节的对比分析 [J]. *临床超声学杂志*, 2020, 22(9): 694-696.
- [11] Cichosz SL, Johansen MD, Ejskjaer N. A novel model enhances HbA1c-based diabetes screening using simple anthropometric, anamnestic, and demographic information [J]. *J Diabetes*, 2014, 6(5): 478-484.
- [12] 薛杰, 曹小丽, 姜宏, 等. 甲状腺影像报告与数据系统联合超声弹性成像对甲状腺良性结节的诊断价值 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2015, 23(5): 351-355.
- [13] 李潜, 丁思悦, 郭兰伟, 等. 甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南 (C-TIRADS) 联合人工智能辅助诊断对甲状腺结节鉴别诊断的效能评估 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2021, 30(3): 231-235.

(收稿日期: 2021-04-19)

## · 病例报道 ·

## Ultrasonic manifestations of intravenous leiomyomatosis invading the heart: a case report

### 侵袭心脏的静脉内平滑肌瘤超声表现 1 例

边叶婷 谢佳 熊亚玲 唐红

[中图法分类号] R540.45

[文献标识码] B

患者女, 35 岁, 因发现腹部包块 2 个月于外院诊断为静脉血栓累及右房, 遂于我院就医。体格检查: 心界正常, 心律齐, 各瓣膜区未闻及杂音; 下腹部稍膨隆, 腹软, 下腹部轻压痛, 无反跳痛, 下腹部扪及一大约 10 cm×6 cm 包块, 边界欠清, 质韧, 无明显压痛, 双下肢无水肿。超声心动图示: 心功能 I 级, 下腔静脉增粗, 管腔内探及长条状稍弱回声, 向上延至右房内, 向下在肾静脉平面转向左下至盆腔, 三尖瓣口血流通畅 (图 1)。超声心动图诊断提示: 下腔静脉及右房占位, 考虑血管平滑肌瘤。心脏超声造影检查: 于下腔静脉内见一长条状充盈缺损, 延伸至右房, 右房充盈缺损大小约 3.0 cm×2.5 cm, 活动度小, 内可见较多量造影剂信号 (图 2)。心脏超声造影提示: 下腔静脉及右房占位, 中灌注。腹部及盆腔超声检查: 子宫增大, 变形, 其内见一大约 9.2 cm×6.3 cm 团状弱回声, 与卵巢静脉内条状弱回

声相连; 左侧卵巢静脉, 左肾静脉, 下腔静脉中上段管腔内及右房内查见条状弱回声充填 (图 3)。腹部及盆腔超声提示: 子宫侵袭性平滑肌瘤, 侵入左侧卵巢静脉、左侧肾静脉、下腔静脉中上段、右房。全腹+胸部增强 CT 检查: 子宫明显增大, 其内见多发稍低密度结节影及肿块影, 边界不清, 病变融合, 增强扫描不均匀强化; 右房、下腔静脉上段及左侧肾静脉、生殖静脉内见低密度结节及稍低密度充盈缺损 (图 4)。CT 诊断: 腹膜后肿瘤, 考虑子宫平滑肌瘤。患者于我院行手术治疗, 术中在体外循环下于卵巢静脉汇入左肾静脉处切断肿瘤, 切开右房完整取出上段肿瘤, 经食管超声心动图确认无异常后结束体外循环, 完全切除左侧卵巢、子宫, 以及双侧髂内静脉分支内肿瘤。术后病理诊断: 子宫壁及下腔静脉内及右侧输卵管系膜结节均为平滑肌瘤, 系静脉内平滑肌瘤。

(下转第 35 页)