

## ◁头颈部影像学▷

## US 分别联合 SMI 及 CDFI 对甲状腺结节鉴别诊断价值

赵海旭,何秀丽,郭玲玲,戚维宏

(锦州医科大学附属第一医院超声科,辽宁 锦州 121000)

**[摘要]** 目的:应用二维超声(US)分别联合超微血管成像技术(SMI)和彩色多普勒血流成像技术(CDFI)对比甲状腺结节内血管分布及特征,探讨 SMI 及 CDFI 对甲状腺良恶性结节的诊断价值。方法:收集我院 2021 年 4—9 月 202 例甲状腺结节患者的 SMI、CDFI 图像,进行 TI-RADS 分级,与术后病理进行比较,统计处理,分析二维超声联合 SMI 及二维超声联合 CDFI 诊断甲状腺结节性质的灵敏度及特异度,绘制 ROC 曲线,比较曲线下面积(AUC)。结果:US 联合 SMI 诊断的灵敏度为 92.5%,AUC 为 0.928;US 联合 CDFI 诊断的灵敏度为 88.2%,AUC 为 0.854;差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。结论:SMI 更能真实显示甲状腺结节血流分布及形态,更能体现良恶性结节图像不同特点,提高甲状腺结节的诊断价值。且与 TI-RADS 分级联合,显著提高甲状腺恶性结节的诊断率,对临床有重要意义。

**[关键词]** 甲状腺结节;超声检查,多普勒,彩色

**[中图分类号]** R581;R445.1

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1008-1062(2024)05-0321-04

DOI:10.12117/jccmi.2024.05.004

## Value of US combined with SMI and CDFI in differential diagnosis of thyroid nodules

ZHAO Hai-xu, HE Xiu-li, GUO Ling-ling, QI Wei-hong

(Department of Ultrasound, the First Affiliated Hospital of Jinzhou Medical University, Jinzhou Liaoning 121000, China)

**Abstract: Objective:** To apply two-dimensional ultrasound(US) combined with superb microvascular imaging(SMI) and CDFI to compare the distribution and characteristics of blood vessels in thyroid nodules, and to explore the diagnostic value of SMI and CDFI in benign and malignant thyroid nodules. **Methods:** SMI and CDFI images of 202 patients with thyroid nodules admitted to the First Affiliated Hospital of Jinzhou Medical University from April 2021 to September 2021 were collected, and TI-RADS classification was performed and compared with postoperative pathology, and statistical analysis was conducted to analyze the sensitivity and specificity of 2D ultrasound combined with SMI and 2D ultrasound combined with CDFI in the diagnosis of thyroid nodules, ROC curve was drawn, and the area under the curve(AUC) was compared. **Results:** The sensitivity and AUC of US combined SMI diagnosis were 92.5% and 0.928 respectively. The sensitivity of US combined with CDFI was 88.2% and AUC was 0.854. The difference was statistically significant( $P<0.05$ ). **Conclusion:** SMI can more accurately display the blood flow distribution and morphology of thyroid nodules, and can better reflect the different characteristics of benign and malignant nodules, so as to improve the diagnostic value of thyroid nodules. Moreover, the combination with TI-RADS classification can significantly improve the diagnostic rate of malignant thyroid nodules, which has important clinical significance.

**Key words:** Thyroid Nodule; Ultrasonography, Doppler, Color

甲状腺肿瘤指原发于甲状腺的肿瘤,有良恶性之分,良性肿瘤有甲状腺腺瘤及甲状腺囊肿等,恶性肿瘤有甲状腺乳头状癌、髓样癌、滤泡状癌及未分化癌<sup>[1]</sup>。医疗影像技术的不断进步,临床应用于诊断甲状腺疾病的检查种类繁多,目前超声应用最为广泛,但甲状腺结节的超声图像丰富多变,某一种指征不足以独立诊断,常用的 CDFI 技术对大血管显像较为敏感,而对低速微小血管血流显像效果不佳<sup>[2]</sup>。SMI 使用多维滤波器来消除无关信号,同时保留低速流量信号。相比之下,传统的多普勒系统使用单维滤波器,不足以区分与背景重叠的低速血流信号<sup>[3]</sup>。SMI 是一种新型检测技术,SMI 可在不使用造影剂

的情况下显示微小血管<sup>[4]</sup>。临床多用于检测组织内血流架构,可清晰显示组织内各种微细血管情况,临床应用价值较高<sup>[5]</sup>。

## 1 资料与方法

## 1.1 一般资料

收集我院 2021 年 4—9 月 202 例甲状腺结节患者的 SMI、CDFI 图像进行 TI-RADS 分级,与术后病理进行比较,男 38 例,女 164 例;年龄 17~78 岁,平均(50.6±10.2)岁;结节 202 个;大小 0.2~7.7 cm,平均(2.14±2.14) cm。经统计处理,分析二维超声联合 SMI 及二维超声联合 CDFI 诊断甲状腺结节性质的

**[收稿日期]** 2023-04-21;**[修回日期]** 2023-07-03

**[作者简介]** 赵海旭(1997-),男,黑龙江大庆人,在读硕士研究生。E-mail:825597243@qq.com

**[通信作者]** 何秀丽,锦州医科大学附属第一医院超声科,121000。E-mail:hexiuli69737@sina.com

**[基金项目]** 辽宁省科学技术计划项目(编号:20180550172)。

灵敏度及特异度,绘制 ROC 曲线,比较曲线下面积(AUC)。研究经医院伦理委员会批准。

纳入标准:①均行 US、SMI、CDFI 检查者;②均行手术获得术后病理者;③临床资料完整。

排除标准:①曾做过射频消融术者;②做过细针穿刺细胞学检查(FNA)者;③伴有肺动脉高压;合并慢性心衰或甲状腺功能亢进者;④结节伴有蛋壳状钙化、环状钙化、或粗大钙化等影响结节内部及其边缘的血流显示。

## 1.2 检查方法

使用 Toshiba Aplio 400 超声诊断仪,7~14 MHz 线阵探头,具有 SMI 成像软件。嘱病人仰卧,暴露颈部。先多角度扫查结节并实时调节增益,呈现清晰的二维图像。保持探头固定,避免压迫进行 CDFI 检查,设置壁滤波 $<50$  Hz,彩色血流速度调整为 2.0~6.0 cm/s,取样框覆盖结节及周围部分甲状腺组织,血管内彩色充填完整且无溢出,观察血供特点。检查过程平静呼吸,禁止吞咽,减少干扰。启用 SMI 软件,调整取样框的深度及大小,使 SMI 的血流速度标尺 $<2.5$  cm/s,选择血流最丰富的切面并观察记录结节内血流分布及形态。由两名经验丰富的超声科医生共同评估图像及血流特征,完善诊断。

## 1.3 甲状腺结节及血流诊断标准

按照超声恶性危险分层中国指南(TI-RADS)评价甲状腺结节超声图像特征:其中一侧叶有多个结节时,分析其最大结节,主要指标:回声(无回声、极低回声、低回声、中等回声、高回声);边缘(光整、模糊),形态规则或不规则;有无甲状腺外侵犯;强回声(无强回声、粗钙化、微钙化);方位(垂直位、水平位)等。

根据 Adler 方法进行分级:无(0级)、极少(1级)、中度(2级)或显著(3级),0级,未检测到血流;最小(1级)血流包括 1~2 个血流信号(直径 $<0.1$  cm);中度(2级)包括许多小血管或 1 条主血管;显著(3级)血管分布包括 4 个或更多血管<sup>[6]</sup>。

根据血流分布特点进行血流分型:I型:病灶及周边无血流;II型:病灶周边血流高于内部血流,或仅周边可见血流;III型:病灶内部血流高于周边血流,或仅病灶内部可见血流(不含穿支血管);具体包括:结节内部见丰富血流伴环状或半环状血流;结节见较丰富的条状血流从结节中央向周边呈放射状<sup>[7]</sup>;IV型:病灶周边及内部均有丰富血流<sup>[2]</sup>。

形态学特征采用 4 类评价描述性分类:线形,点状,分支及穿支血流<sup>[8]</sup>。

穿支血管诊断标准:1 个切面上探测到的血管长度 $>$ 肿块长径的 1/3,并且多普勒能探及稳定的动

脉频谱<sup>[9]</sup>。

## 1.4 统计学方法

采用卡方检验对甲状腺结节图像特征及血流分布进行数据分析,应用 R 软件(4.1.6)绘制受试者工作特性(ROC)曲线,以确定 CDFI 和 SMI 的诊断价值。 $P$ 值 $<0.05$ 被认为具有统计学意义。数据分析采用 SPSS 25.0 版软件包进行。

## 2 结果

### 2.1 US 检查甲状腺结节结果

202 个甲状腺结节中,108 个(53.57%)肿瘤在组织病理学上被证实为恶性(甲状腺乳头状癌 103 个(95.37%,图 1~3)、甲状腺滤泡性癌 4 个(3.70%)和嗜酸性细胞肿瘤 1 个(0.92%)。其余 94 个(46.53%)甲状腺结节为良性病变,包括桥本炎伴腺瘤结节形成 4 个(4.3%)、滤泡性腺瘤 21 个(22.3%)和结节性甲状腺肿 69 个(73.4%)。与良性甲状腺结节相比,恶性甲状腺结节的常规超声特征,如低回声、纵横比 $>1$ 、形态不规整、微钙化,具有诊断意义( $P<0.05$ )。

### 2.2 SMI 与 CDFI 血管不同结果

在甲状腺良恶性结节中均显示出显著差异( $P<0.001$ )。CDFI 在 67.8%(137/202)的甲状腺结节中显示血管,SMI 在 85.6%(173/202)的结节中显示血管;SMI 检测到 63.9%恶性甲状腺结节,其中包含 5 条及以上的血管,CDFI 检测到 34.3%恶性甲状腺结节,其血管数量达到 5 条以上。良性结节多表现为无血流或者少量血流;恶性结节中以病灶及周边无血流(I型)、病灶内部血流高于周边血流(III型)为主,恶性结节表现为内部丰富血流或乏血供,良性结节多表现周边血流为主。

在 SMI 模式下显示出穿支血管的甲状腺结节中恶性结节为 40.7%(44/108),CDFI 为 11.1%(12/108);结节 TI-RADS 评分均为 4b 以上。见表 1。

### 2.3 SMI、CDFI、US 的联合诊断效能比较结果

恶性结节以血流 I 型和 III 型为主,将符合两种血流分布模式基于 TI-RADS 分级基础上评分+1;SMI 联合 TI-RADS 分级诊断甲状腺良恶性结节的灵敏度为 93%,AUC 为 0.928 (95% CI 0.894~0.961);CDFI 联合 TI-RADS 分级诊断甲状腺良恶性结节的灵敏度为 88%,AUC 为 0.854 (95% CI 0.808~0.899);SMI 联合 US 的 AUC 较 CDFI 联合 US 的 AUC 大,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。见图 4,表 2。

## 3 讨论

表 1 SMI、CDFI 甲状腺结节血管数量、形态及分布

	CDFI				SMI			
	恶性	良性	$\chi^2/t$	<i>P</i>	恶性	良性	$\chi^2/t$	<i>P</i>
Adler 分级			12.773	0.005			38.204	<0.001
0 级	32(49.2%)	33(50.8%)			18(62.1%)	11(37.9%)		
1 级	14(35.9%)	25(64.1%)			10(20.0%)	40(80.0%)		
2 级	25(53.2%)	22(46.8%)			11(40.7%)	16(59.3%)		
3 级	37(72.5%)	14(27.5%)			69(71.9%)	27(28.1%)		
血流分布			1.036	0.792			66.210	<0.001
I 型	32(49.2%)	33(50.8%)			18(62.1%)	11(37.9%)		
II 型	28(58.3%)	20(41.7%)			9(16.1%)	47(83.9%)		
III 型	32(55.2%)	26(44.8%)			69(83.1%)	14(16.9%)		
IV 型	16(51.6%)	15(49.4%)			12(35.3%)	22(64.7%)		
血流形态			8.354	0.039			77.990	<0.001
点状	26(48.1%)	28(51.9%)			8(20.0%)	32(80.0%)		
线状	32(54.2%)	27(45.8%)			12(22.6%)	41(77.4%)		
分支	6(54.5%)	5(45.5%)			26(76.5%)	8(23.5%)		
穿支血管	12(92.3%)	1(7.70%)			44(95.7%)	2(4.30%)		

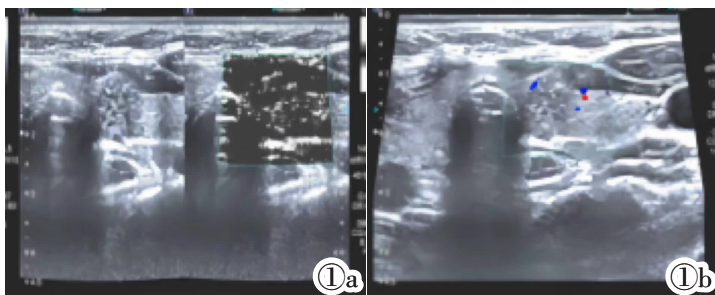


图 1 甲状腺乳头状癌位于左叶,二维超声检查:低回声实性结节,纵横比>1,形态不规则,界限不清,沙粒样钙化点。SMI 和 CDFI 显示结节的外周不连续血管以及内部微血管。图 1a:CDFI;Adler 2 级,血流分布 III 型,线状血流信号。图 1b:SMI;Adler 3 级,血流分布 IV 型,穿支样血流信号。

Figure 1. Papillary thyroid carcinoma in the left lobe. Two-dimensional ultrasonography: a low-echo solid nodule with aspect ratio>1, irregular shape, blurred boundary, sand-like calcification. SMI and CDFI showed peripheral discontinuous blood vessels and internal microvessels of the nodules. Figure 1a: CDFI: Adler grade 2, blood flow distribution type III, linear blood flow signal. Figure 1b: SMI: Adler 3, blood flow distribution type IV, perforation-like blood flow signal.

Figure 1a: CDFI Adler grade 2, blood flow distribution type III, linear blood flow signal. Figure 1b: SMI: Adler 3, blood flow distribution type IV, perforation-like blood flow signal.

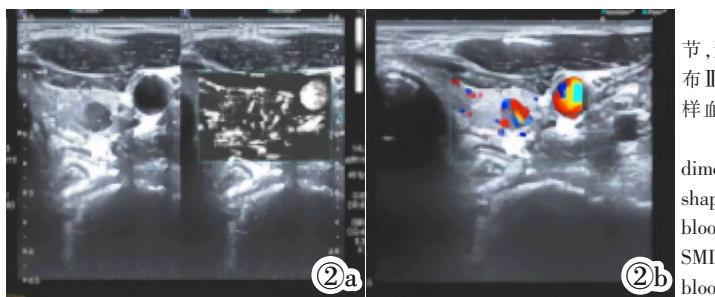


图 2 甲状腺乳头状癌位于左叶。二维超声检查:低回声实性结节,形态规则,边界不清,纵横比>1。图 2a:CDFI;Adler 3 级,血流分布 III 型,线状血流信号。图 2b:SMI;Adler 3 级,血流分布 III 型,分支样血流信号。

Figure 2. Papillary thyroid carcinoma in the left lobe. Two-dimensional ultrasound examination: low echo solid nodules, regular shape, unclear boundary, aspect ratio>1. Figure 2a: CDFI: Adler 3, blood flow distribution type III, linear blood flow signal. Figure 2b: SMI: Adler grade 3, blood flow distribution type III, branched blood flow signal.

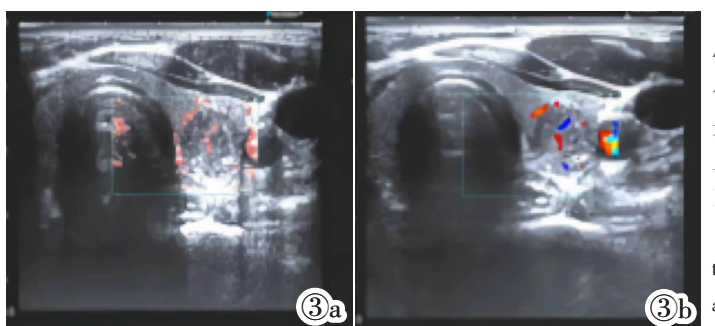


图 3 甲状腺乳头状癌位于左叶,二维超声检查:低回声实性结节,纵横比>1,形态不规则,界限不清,沙粒样钙化点,侵犯包膜。SMI 较 CDFI 能显示更多微小血管,特别是结节周边迂曲走行的血管以及内部紊乱的微小血管。图 3a:CDFI;Adler 1 级,血流分布 II 型,线状血流信号。图 3b:SMI;Adler 3 级,血流分布 III 型,分支样血流信号。

Figure 3. Papillary thyroid carcinoma in the left lobe, two-dimensional ultrasonography: a low-echo solid nodule with aspect ratio>1, irregular shape, blurred boundary, sand-like calcification, invading the envelope. SMI showed more microvessels than CDFI, especially the tortuous vessels around the nodules and the internal disordered microvessels. Figure 3a: CDFI: Adler 1, blood flow distribution type II, linear blood flow signal. Figure 3b: SMI: Adler grade 3, blood flow distribution type III, branched blood flow signal.

Figure 3a: CDFI: Adler 1, blood flow distribution type II, linear blood flow signal. Figure 3b: SMI: Adler grade 3, blood flow distribution type III, branched blood flow signal.

目前,临床上常用 FNA 及超声造影(CEUS)作为鉴别甲状腺结节良恶性的方法,但二者均属于介入性的有创性检查,对于许多患者在心理上不容易

接受,且当结节过硬或较小时不易确认<sup>[10]</sup>。而 SMI 属于无创性检查,与 CDFI 相比,SMI 显示甲状腺结节外周和内部微血管流动和血管分支更为详细、清晰,

表 2 SMI、CDFI、US 的联合诊断效能

	灵敏度	特异度	准确率	AUC	95%CI	P 值
US	0.734	0.777	0.757 43	0.821	0.768~0.874	<0.001
US+SMI	0.925	0.777	0.846 53	0.928	0.894~0.961	<0.001
US+CDFI	0.882	0.648	0.757 43	0.854	0.808~0.899	0.045 8

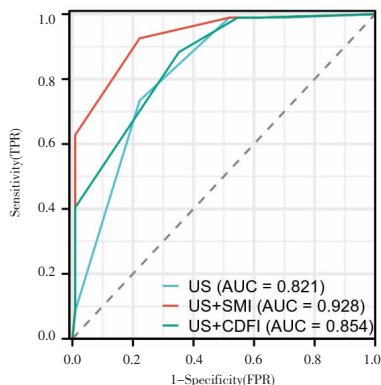


图 4 SMI、CDFI、US 的联合诊断效能。

Figure 4. Combined diagnostic performance of SMI, CDFI and US.

血管检出率高于常规彩色血流显像,也为超声造影提供了一种安全且低成本的替代方案,对鉴别诊断甲状腺良恶性结节有一定价值<sup>[1]</sup>。

以往证据表明,微血管密度是确定肿瘤血管生成的金标准<sup>[11]</sup>,本研究表 1 可知 CDFI 及 SMI 显示 5 条及以上的血管数量以恶性结节居多,证明恶性结节中血管数量远多于良性结节。原因可能是恶性结节生长过程中需要大量能量,血管内细胞为满足需要处于快速繁殖期从而生成大量血管<sup>[12]</sup>。从血管总数上来看,SMI 更具有优势,可以更好显示微小血管。

恶性结节的一些典型特征仅有 74%~82% 的诊断准确性<sup>[11]</sup>,包括低回声、形态不规则、微钙化。这些特征在本研究中不足以将病变归类为恶性,对任何单一特征的敏感性也明显降低,这些特征不支持诊断恶性肿瘤。本研究结果提供了一种补充方法,以改进对良性和恶性结节的鉴别。

本研究总结血流分布结果,CDFI 及 SMI 显示 I 型、III 型血流分布的结节中恶性结节比例明显高于其他类型血流分布。以往文献显示恶性甲状腺结节内丰富血供与乏血供同时存在<sup>[13]</sup>。

TI-RADS 分级与 CDFI 及 SMI 联合诊断时,以血流分布模式 I 型和 III 型作为诊断标准,将上述符合这两种血流分布的结节分级上调 1 级,5 类结节不做改变,SMI 模式下恶性结节中有 23 个 3 级结节上调至 4a 级,32 个 4a 级结节上调至 4b 级,10 个 4b 级结节上调至 4c 级,10 个 4c 级结节上调至 5 类,12 个 5 类结节符合条件但保持不变,CDFI 模式下恶性结节中有 23 个 3 级结节上调至 4a 级,18 个 4a 级结节上调至 4b 级,7 个 4b 级结节上调至 4c

级,8 个 4c 级结节上调至 5 级,8 个 5 级结节符合条件保持不变。联合分类后,在 SMI 模式下极大的增加诊断乏血供结节的可能性。

SMI 模式下良性结节中有 2 个 2 级结节上调至 3 级,17 个 3 级结节上调至 4a 级,5 个 4a 级结节上调至 4b 级,1 个 5 级结节保持不变。CDFI 模式下良性结节有 4 个 2 级结节上调至 3 级,40 个 3 级结节上调至 4a 级,14 个 4a 级结节上调至 4b 级,1 个 5 级结节符合条件保持不变。

SMI 技术较 CDFI 能更好的显示组织血供情况<sup>[14]</sup>。本研究单独应用 TI-RADS 分级诊断的灵敏度为 73%、AUC 为 0.821,联合 CDFI 后诊断的灵敏度为 88%、AUC 为 0.854;联合 SMI 后诊断的灵敏度为 92%、AUC 为 0.928,差异具有统计学意义( $P<0.05$ ),证明 SMI 联合诊断后比单独应用 US 及联合 CDFI 对于鉴别良恶性的意义更大,微血管的分布差异有助于良恶性肿瘤的鉴别诊断。

SMI 模式下,恶性结节有 52 个结节显示出穿支血管,而在 CDFI 模式下,恶性结节中仅有 12 个结节中显示出,由此可证明,SMI 对于穿支血管的显示率优于 CDFI。在 SMI 模式下穿支血管见于 TI-RADS 4b~5 类结节中,且 5 类结节中几乎均可见穿支血管,本研究收集的病理结果实为甲状腺乳头状癌,表明穿支血管的出现高度提示恶性结节,特别对于乳头状癌有高度的特异性。其原因可能为恶性甲状腺结节中肿瘤组织异常增生侵犯或包绕正常血管<sup>[15]</sup>。

由于部分甲状腺皱缩结节(MTN)与甲状腺乳头状癌(PTC)超声图像相似,研究得知 93.48% 的 MTN 表现为 SMI I~II 型血流特征<sup>[16]</sup>,因此对于显示 I 型血流分布的 PTC,SMI 对于诊断两者不具有显著优势。本研究中,其中有 4 例为甲状腺滤泡癌(FTC),其血流分布为内部血流多于外周血流且丰富杂乱(III 型),有文献表明血流分布更具有临床意义,FTC 多表现为血流紊乱或不规则,而甲状腺滤泡腺瘤(FTA)多表现为周边血流<sup>[17]</sup>。由此说明血流分布模式对于鉴别滤泡性肿瘤有一定意义,但由于本研究中滤泡性肿瘤患者的数量较少,未能细化两者的分组差异,在今后的研究中可以增加患者数量,收集两者的血流数量,同样对于鉴别 MTN 与 PTC 可以联合应用超声造影及 FNA,从而更好地鉴别甲状腺结节,避免增加假阳性率,为临床提供更加精准的诊断。

[参考文献]

[1]郑殿宇,别克扎提·再孜提汉,王薇,等. 经腋窝入路单孔腔镜手术治疗甲状腺肿瘤的安全性及有效性分析 [J]. 实用癌症杂志, 2022,37(7):1153-1156;1169.