

· 论 著 ·

常规超声和超声造影对甲状腺囊实性结节的诊断价值

陈果^{1, 2, 3, 4}, 周欣^{1, 2, 3, 4}, 吕晓蓉^{1, 2, 3, 4}, 杨荣^{1, 2, 3, 4}, 张元庆^{1, 2, 3, 4}, 郑冉^{1, 2, 3, 4}, 汪延芳^{1, 2, 3, 4}, 聂芳^{1, 2, 3, 4}

1. 兰州大学第二医院超声医学中心, 甘肃 兰州 730030;
2. 甘肃省超声影像临床医学研究中心, 甘肃 兰州 730030;
3. 甘肃省智能超声医学工程研究中心, 甘肃 兰州 730030;
4. 甘肃省介入超声装备应用行业技术中心, 甘肃 兰州 730030

[摘要] 目的: 探讨常规超声和超声造影 (contrast-enhanced ultrasound, CEUS) 对甲状腺囊实性结节 (partially cystic thyroid nodules, PCTN) 的鉴别诊断价值。方法: 回顾并连续收集 2019 年 1 月—2025 年 7 月在兰州大学第二医院行常规超声、CEUS 检查的 PCTN 的患者。术前行常规超声及 CEUS 检查, 以病理学检查结果为标准, 采用单因素及多因素 logistic 回归明确恶性 PCTN 的独立预测因子, 并构建联合预测模型, 通过受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评估其预测效能, 并通过 DeLong 检验比较联合预测模型及单独应用的诊断效能。结果: 共纳入 164 例患者 (共 173 个囊实性结节), 其中 90 例恶性 PCTN (共 91 个结节), 74 例良性 PCTN (共 82 个结节)。常规超声所示整个结节形态不规则、边界不清、纵横比 ≥ 1 , 内部实性成分占比 $\geq 50\%$ 、低回声、微钙化、实性成分偏心锐角; CEUS 所示整个结节增强边界不清、无环状高增强, 内部实性成分呈低增强、不均匀增强、非向心性“烟花样”增强、消退早于周围正常甲状腺组织与恶性 PCTN 相关。微钙化、纵横比 ≥ 1 、增强边界不清、非向心性“烟花样”增强是恶性 PCTN 的独立预测因素。单一 CEUS 诊断恶性 PCTN 的 AUC 高于单一常规超声, 但差异无统计学意义 ($P=0.188$, $Z=-1.632$)。常规超声联合 CEUS 诊断恶性 PCTN 的 AUC 均高于单一常规超声及单一 CEUS (0.987 vs 0.925、0.962, 均 $P<0.05$)。结论: 常规超声联合 CEUS 可显著提高对 PCTN 的诊断效能, 有助于降低恶性 PCTN 的漏诊率和误诊率, 为临床决策提供更为可靠的参考依据。

[关键词] 甲状腺囊实性结节; 甲状腺肿瘤; 常规超声; 超声造影

中图分类号: R736.1; R445.1 文献标志码: A

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2026.02.009

基金项目: 兰州大学第二医院萃英科技计划优秀博士基金项目(CY2022-YB-B02); 甘肃省人才计划(青年人才)项目(2025 QNGR25)。

利益冲突: 作者声明无利益冲突。

伦理批件: 2024A-279。

知情同意: 有。

引用本文: 陈果, 周欣, 吕晓蓉, 等. 常规超声和超声造影对甲状腺囊实性结节的诊断价值[J]. 肿瘤影像学, 2026, 35(2): 291-300.

Funding: Cuiying Science and Technology Plan Excellent Doctoral Fund Project of Lanzhou University Second Hospital (CY2022-YB-B02); Gansu Provincial Talent Program (Young Talent) Project (2025 QNGR25).

Conflicts of interest: authors declare no conflict of interest.

Ethical approval: 2024A-279.

Informed consent: available.

Cite this article: CHEN G, ZHOU X, LÜ X R, et al. The value of conventional ultrasound and contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of partially cystic thyroid nodules [J]. Oncoradiology, 2026, 35(2): 291-300.

The value of conventional ultrasound and contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of partially cystic thyroid nodules CHEN Guo^{1, 2, 3, 4}, ZHOU Xin^{1, 2, 3, 4}, LÜ Xiaorong^{1, 2, 3, 4}, YANG Rong^{1, 2, 3, 4}, ZHANG Yuanqing^{1, 2, 3, 4}, ZHENG Ran^{1, 2, 3, 4}, WANG Yanfang^{1, 2, 3, 4}, NIE Fang^{1, 2, 3, 4} (1. Department of Ultrasound Medical Center, The Second Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730030, Gansu Province, China; 2. Gansu Province Clinical Research Center for Ultrasonography, Lanzhou 730030, Gansu Province, China; 3. Gansu Province Medical Engineering Research Center for Intelligence Ultrasound, Lanzhou 730030, Gansu Province, China; 4. Gansu Province Interventional Ultrasound Equipment Application Industry Technology Center, Lanzhou 730030, Gansu Province, China)

Correspondence to: NIE Fang E-mail: ery_nief@lzu.edu.cn

[Abstract] Objective: To investigate the diagnostic performance of conventional ultrasound and contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in differentiating malignant from benign partially cystic thyroid nodules (PCTN). **Methods:** A retrospective and consecutive study of patients with PCTN who underwent conventional ultrasound and CEUS examinations at the Second Hospital of Lanzhou University from January 2019 to July 2025 was conducted. Conventional ultrasound and CEUS examinations were performed, and the pathological results were taken as the standard. Univariate and multivariate logistic regression were used to identify the independent predictors of malignant PCTN, and a combined predictive model was constructed. The predictive efficacy of the model was evaluated by the receiver operating characteristic (ROC) curve, and the diagnostic efficacy of the combined predictive model and the individual application was compared by DeLong test. **Results:** A total of 164 patients (with 173 PCTN) were included, among which 90 cases were malignant PCTN (with 91 nodules) and 74 cases were benign PCTN (with 82 nodules). Conventional ultrasound showed that the entire nodule had an irregular shape, unclear boundary, taller-than-wide ≥ 1 , solid component proportion $\geq 50\%$, hypoechoic, microcalcification, and eccentric acute angle of solid component. CEUS showed that the entire nodule had unclear enhancement boundary, no peripheral hyper-enhancing rim, and the solid component inside presented with hypo-enhancement, inhomogeneous enhancement, non-central "firework-like" enhancement, and earlier regression than the surrounding normal thyroid tissue, which were related to malignant PCTN. Microcalcifications, taller than wide, unclear enhancement boundaries, and non-centripetal "fireworks-like" enhancement were independent predictors of malignant PCTN. The area under the curve (AUC) for CEUS alone in diagnosing malignant PCTN was higher than that for conventional ultrasound alone, however, the difference was not statistically significant ($P=0.188$, $Z=-1.632$). Notably, the AUC for the combination of conventional ultrasound and CEUS was significantly higher than that for either modality alone (0.987 vs 0.925 and 0.962, respectively; both $P<0.05$). **Conclusion:** Conventional ultrasound combined with CEUS significantly enhances diagnostic efficacy for PCTN, helping to reduce the rates of missed diagnosis and misdiagnosis of malignant PCTN, thereby providing more reliable reference for clinical decision-making.

[Key words] Partially cystic thyroid nodule; Thyroid tumor; Conventional ultrasound; Contrast-enhanced ultrasound

甲状腺结节是一种内分泌系统常见疾病,随着高分辨率超声的应用,甲状腺结节的检出率达19%~67%^[1]。甲状腺结节按照成分可分为实性、囊实性和囊性,甲状腺囊实性结节(partially cystic thyroid nodule, PCTN)占甲状腺结节的15.0%~53.8%。PCTN既含有囊性成分,又含有实性成分,PCTN被认为是肿瘤或非肿瘤结节囊性变的结果,以往常被认为是良性^[2]。研究^[3-4]表明,13%~26%的甲状腺癌可能会发生囊性变,PCTN恶性率为2.1%~18%。

超声引导下细针穿刺活检(ultrasound-guided fine-needle aspiration biopsy, US-FNAB)是术前评估甲状腺结节良恶性的重要手段。研究^[5-6]表明, FNAB结果中, Bethesda VI类结节100.0%为恶性。超声是评估甲状腺结节恶变风险的首要成像手段。超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)属于血池显像技术,能够在常规超声获取甲状腺结节解剖学特点的基础上获得病灶区域动态的血流灌注信号,能显著提升组

织间的对比度、分辨率,从而更清晰地显示病灶与正常组织的差异,提高诊断的灵敏度和特异度^[7]。然而,无论是常规超声还是CEUS,单独使用都存在一定的局限性,多模态超声技术的应用可显著提高甲状腺恶性肿瘤的诊断准确度,为甲状腺癌患者个体化诊疗方案的制订提供重要依据^[8]。

本研究分别使用常规超声、CEUS及两者联合对PCTN的良恶性进行评估,旨在探究一种能有效鉴别PCTN良恶性的方法。

1 资料和方法

1.1 研究对象

回顾并纳入2019年1月—2025年7月兰州大学第二医院行常规超声及CEUS检查的PCTN患者。纳入标准:①常规超声示既有囊性成分又有实性成分;②结节接受了US-FNAB或甲状腺切除术且病理学检查结果明确;③常规超声和

CEUS图像完整、质量佳；④临床资料完整；⑤无治疗史的患者。排除标准：①有严重过敏史或严重心肺基础疾病的患者；②接受过甲状腺激素治疗、既往手术切除或射频消融治疗；③常规超声、CEUS图像不完整或质量不佳；④病理学检查结果不明确或临床信息不完整的患者。

本研究遵循《赫尔辛基宣言》中关于人体研究的规定，并获得了兰州大学第二医院伦理委员会的批准（编号：2024A-279）。所有患者在进行CEUS和US-FNAB检查前均签署了知情同意书。

1.2 仪器与方法

采用日本Canon公司的Aplio i800，配i18LX5线性阵列探头（5~18 MHz），德国Siemens公司的ACUSON Sequoia，配10L4线性阵列探头（4~10 MHz）。患者取仰卧位，使颈前部区域充分暴露。对甲状腺双侧叶及峡部进行系统性的横切面和纵切面扫描，应用彩色多普勒超声检查甲状腺结节及周围组织的血流情况。将造影剂（声诺维）与5.0 mL生理盐水混合，直至获得均匀混合的混悬液。将2.0~2.4 mL的造影剂混悬液快速注入患者的肘前静脉，随后用5 mL生理盐水冲洗，同时启动计时器。在整个过程中，

患者被建议保持规律呼吸，避免吞咽。每次CEUS成像采集连续记录至少90 s，随后将数据存储在仪器工作站中。重复CEUS检查的间隔时间超过15 min。所有检查均由2名具有5年以上甲状腺常规超声和CEUS经验的医师进行。

1.3 观察指标

常规超声及CEUS图像分析由2名具有5年以上甲状腺常规超声和CEUS诊断经验的医师完成，2名医师对患者病理学检查结果和临床资料不知情，当出现分歧时由双方协商确定。

常规超声特征包括整个结节的大小（最长直径）、结节数目（单发、多发）、纵横比（ ≥ 1 、 < 1 ）、形态（规则、不规则）、边界（清楚、不清）、实性成分占比（ $\geq 50\%$ 、 $< 50\%$ ）；对甲状腺结节内部实性部分的检查包括回声（低、等、高）、内部实性成分结构（偏心锐角、偏心钝角）、实性部分游离缘（光滑、不光滑）、钙化（无、微钙化、粗大钙化），以及内部血流信号丰富程度（丰富、不丰富）。内部血流信号丰富程度根据Alder半定量分级系统分为0~3级^[9]，为了便于分析，本研究把0~1级归为血流信号不丰富，2~3级为血流信号丰富（图1）。

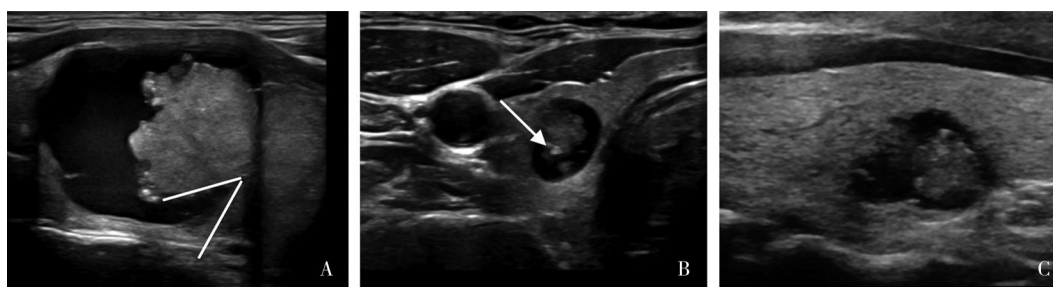


图1 恶性PCTN的部分常规超声声像图特征示意图

Fig.1 Schematic diagram of some US features of malignant PCTN

A: PCTN的实性部分偏心锐角、游离缘不光滑；B: PCTN纵横比 > 1 、存在微钙化（箭头所示）；C: PCTN低回声、边缘不规则。

CEUS特征（图2）：与周围正常甲状腺实质进行比较，观察结节增强边界（清楚、不清）、完整环状高增强（存在、不存在）、增强时相（早进、同进、晚进）、增强均匀性（均匀、不均匀）、增强程度（低增强、等增强、高增强）、消退方式（早退、同退、晚退）以及灌注模式（向心、非向心）、烟花样增强（是、否）。

1.4 统计学处理

采用SPSS 26.0软件和SPLS平台进行统计学分析。符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示，行独立样本 t 检验；不符合正态分布的计量资料以 $M (P_{25}, P_{75})$ 表示，组间比较行Mann-Whitney U 检验；计数资料用 $n (%)$ 表示，根据分布情况，采用 χ^2 检验和Fisher精确概率检验对各组进行比较。以病理学检查结果为因变量、超声特征

为自变量, 多因素 logistic 回归分析恶性 PCTN 的独立预测因子, 采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评估常规超

声联合 CEUS 对 PCTN 的诊断价值, 并通过 DeLong 检验比较联合诊断模型及单独应用的诊断效能。P<0.05 为差异有统计学意义。

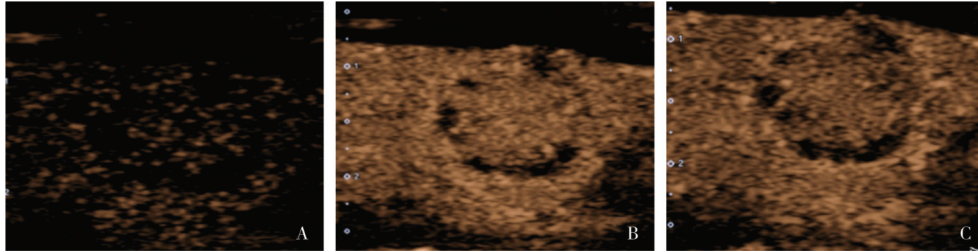


图2 恶性PCTN的部分CEUS声像图特征示意图

Fig.2 Schematic diagram of some CEUS features of malignant PCTN

A: CEUS显示PCTN造影剂将进入与周围甲状腺组织同步、呈离心性增强; B: PCTN与周围甲状腺组织相比呈低增强; C: PCTN造影剂消退早于周围甲状腺组织。

2 结 果

2.1 患者基本资料

本研究纳入了164例患者, 173个结节(图3), 其中90例为恶性PCTN(共91个结节), 74例为良性PCTN(共82个结节)。恶性PCTN组男性27例, 女性63例, 年龄15~76岁, 中位年龄38岁; 良性PCTN组男性16例, 女性58例, 年龄27~76岁、中位年龄54岁。两组间病灶的大小、病灶数量差异均有统计学意义(P<0.05), 恶性结节组患者的结节最大径小于良性组, 恶性结节组多为单发, 而良性结节组多为多发, 见表1。

2.2 结节常规超声表现

良恶性病灶在形态、边界、纵横比, 内部实性成分占比、回声、钙化、实性成分偏心夹角差异均有统计学意义(P<0.05), 常规超声所示整个结节形态不规则、边界不清、纵横比 ≥ 1 , 内部实性成分占比 $\geq 50\%$ 、低回声、微钙化、实性部分偏心锐角与恶性PCTN相关; 结节形态规则、边界清、纵横比 < 1 , 内部实性成分占比 $< 50\%$ 、等回声、高回声、不存在微钙化及粗大钙化、实性部分偏心钝角与良性PCTN相关, 见表2。

2.3 结节CEUS表现

良恶性病灶在增强边界是否清楚、有无完整

高增强环, 内部实性成分增强均匀性、增强程度、是否向心性增强、是否呈烟花样增强、消退方式差异均有统计学意义(P<0.05)。整个结节增强边界不清, 无完整高增强环, 内部实性成分呈不均匀增强、低增强、非向心性“烟花样”增强、消退早于周围甲状腺实质与恶性PCTN相关。整个结节增强边界清, 存在完整高增强环, 内部实性成分呈均匀增强、等增强、高增强、向心性增强、消退同步/晚于周围甲状腺实质与良性PCTN相关, 见表3。

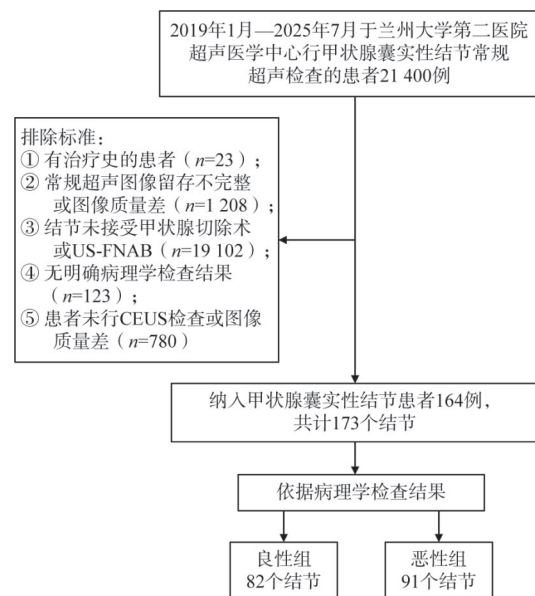


图3 研究对象纳入流程图

Fig.3 Flow chart of study subject enrollment and exclusion

表1 PCTN的基本特征及病理学检查结果

Tab.1 Basic features and pathological findings of PCTN

基本特征	病理学检查结果		t/χ^2	P值
	良性 (n=82)	恶性 (n=91)		
大小/mm	28.4±12.3	20.5±17.6	3.283	0.001
结节数目			25.301	<0.001
单发	40 (48.8)	77 (84.6)		
多发	42 (51.2)	14 (15.4)		

表2 良恶性PCTN的常规超声特征

Tab.2 Conventional ultrasound features of benign and malignant PCTN

常规超声特征	病理学检查结果		χ^2 值	P值
	良性	恶性		
形态			33.382	<0.001
规则	63 (76.8)	30 (33.0)		
不规则	19 (23.2)	61 (67.0)		
边界			7.644	0.006
清楚	80 (97.6)	78 (85.7)		
不清	2 (2.4)	13 (14.3)		
纵横比			12.925	<0.001
<1	76 (92.7)	65 (71.4)		
≥1	6 (7.3)	26 (28.6)		
内部实性成分			16.175	<0.001
实性成分占比				
<50%	23 (28.0)	5 (5.5)		
≥50%	59 (72.0)	86 (94.5)		
回声			62.554	<0.001
等回声	30 (36.6)	4 (4.4)		
低回声	30 (36.6)	85 (93.4)		
高回声	22 (26.8)	2 (2.2)		
钙化			62.610	<0.001
无	60 (73.2)	15 (16.5)		
微钙化	19 (23.2)	74 (81.3)		
粗大钙化	3 (3.7)	2 (2.2)		
血流信号			0.000	0.994
稀少	46 (56.1)	51 (56.0)		
丰富	36 (43.9)	40 (44.0)		
实性部分结构 (n=39)			5.479	0.027
偏心钝角	6 (27.3)	0 (0.0)		
偏心锐角	16 (72.7)	17 (100)		
实性部分游离缘 (n=39)			3.337	0.068
规则	10 (45.5)	3 (17.6)		
不规则	12 (54.5)	14 (82.4)		

表3 良恶性PCTN的CEUS特征

Tab.3 CEUS features of benign and malignant PCTN

CEUS特征	病理学检查结果		χ^2 值	P值
	良性	恶性		
增强边界			46.715	<0.001
清楚	79 (96.3)	45 (49.5)		
不清	3 (3.7)	46 (50.5)		
完整高增强环			63.442	<0.001
存在	63 (76.8)	15 (16.5)		
不存在	19 (23.2)	76 (83.5)		
增强时相			4.992	0.082
同步	29 (35.4)	26 (28.6)		
晚于	27 (32.9)	45 (49.5)		
早于	26 (31.7)	20 (22.0)		
增强均匀性			18.965	<0.001
均匀	35 (42.7)	12 (13.2)		
不均匀	47 (57.3)	79 (86.8)		
增强程度			23.383	<0.001
等增强	36 (43.9)	18 (19.8)		
低增强	20 (24.4)	55 (60.4)		
高增强	26 (31.7)	18 (19.8)		
是否向心			34.375	<0.001
向心性	69 (84.1)	37 (40.7)		
非向心性	13 (15.9)	54 (59.3)		
是否呈烟花状增强			26.028	<0.001
否	75 (91.5)	52 (57.1)		
是	7 (8.5)	39 (42.9)		
消退方式			31.861	<0.001
同步	28 (34.1)	22 (24.2)		
晚于	29 (35.4)	6 (6.6)		
早于	25 (30.5)	63 (69.2)		

2.4 诊断效能

将单因素分析有统计学意义（形态、边界、纵横比，内部实性成分占比、回声、钙化、实性成分偏心夹角、增强边界、有无完整高增强环，内部实性成分增强均匀性、增强程度、是否向心性增强、是否呈烟花样增强、消退方式）的指标行 logistic 回归分析结果显示，结节纵横比≥1、微钙化、增强边界不清、非向心性“烟花样”增强均为恶性PCTN的独立预测因素（ $P<0.05$ ），据之构建的回归模型诊断恶性PCTN的灵敏度、特异度、约登指数及曲线下面积（area under curve, AUC）分别为 92.31%、91.46%、0.838 及 0.963

(表4)。单一常规超声诊断恶性PCTN的灵敏度、特异度、约登指数及AUC分别为91.21%、84.15%、0.754、0.925;单一CEUS诊断恶性PCTN的灵敏度、特异度、约登指数及AUC分别为91.21%、91.46%、0.827、0.962;常规超声联合CEUS诊断恶性PCTN的灵敏度、特异度、约登指数及AUC分别为96.70%、93.90%、0.906、0.987(图4)。单一CEUS诊断恶性PCTN的AUC高于单一常规超声,但差异无统计学意义($P=0.188$, $Z=-1.632$),常规超声联合CEUS诊断恶性PCTN的AUC均高于单一常规超声及单一CEUS(0.987 vs 0.925、0.962,均 $P<0.05$)。

表4 Logistic回归分析结果显示恶性PCTN的独立预测因素
Tab.4 Independent predictors of malignant PCTN as identified by logistic regression analysis

常规超声及CEUS表现	β 值	标准误	Wald值	P 值	OR值(95%CI)
纵横比 ≥ 1	3.657	1.323	7.643	0.006	38.761 (2.900~518.169)
微钙化	3.775	1.239	9.278	0.002	43.602 (3.842~494.866)
增强边界不清	3.290	1.348	5.960	0.015	26.854 (1.913~376.972)
非向心性增强	2.834	1.178	5.789	0.016	17.019 (1.691~171.253)
烟花样增强	3.157	1.487	4.511	0.034	23.509 (1.276~433.114)

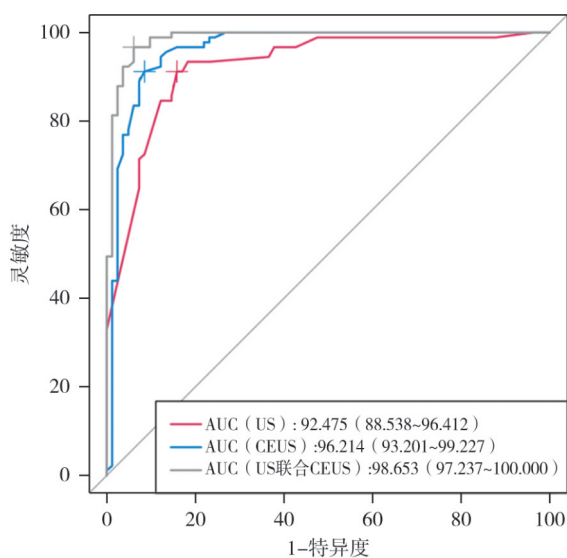


图4 常规超声、CEUS及两者联合诊断恶性PCTN的ROC曲线
Fig.4 ROC curves for the diagnosis of malignant PCTN using conventional ultrasound, CEUS, and a combination of both

3 讨 论

PCTN在临床实践中常被低估,进而出现淋巴结转移,影响患者预后。研究^[10]表明,13%~26%的甲状腺癌可能会发生囊性变,PCTN恶变率为2%~18%。恶性PCTN的术前精确诊断对于临床决策制订和预后具有重要作用。近年来研究^[11-13]主要分析实性甲状腺结节,并出现了不同版本的甲状腺影像报告和数据系统来评估实性结节的恶性风险分层,常规超声显示实性、低回声或极低回声、纵横比 >1 、微钙化、边缘呈毛刺状、成角或微小分叶状、甲状腺外侵犯和颈部异常淋巴结与恶性结节相关^[14-15]。美国放射学会甲状腺成像报告和数据系统将PCTN归为2~3类^[16],然而,超声特征与恶性PCTN相关的指标与实性结节不同。CEUS可为甲状腺结节的诊断提供重要辅助信息。多模态超声可以显著弥补单一超声检查的不足,对恶性PCTN有较高的诊断价值^[17]。

本研究常规超声结果显示,整个结节形态不规则、边界不清、纵横比 ≥ 1 ,内部实性占比 $\geq 50\%$ 、低回声、微钙化、实性成分呈偏心锐角与恶性PCTN相关,这与以往研究^[18-22]结果一致。本研究发现实性部分游离缘是否规则与PCTN的良恶性无相关性,有研究^[23-25]显示实性部分游离缘不规则与恶性结节相关,可以用肿瘤生长的异质性、侵袭性、迁移性以及没有完整的包膜形成来解释这种现象,所以不应该忽视实性部分游离缘不光滑的PCTN。血流信号丰富程度对PCTN良恶性的诊断价值存在争议,本研究发现血流信号丰富程度与恶性囊实性结节没有相关性,这与史可欣等^[26]的研究不一致,与王延海等^[27]的研究一致。实性占比 $\geq 50\%$ 与恶性PCTN相关,与既往研究^[28]一致,然而Shi等^[23]发现实性占比 $\geq 50\%$ 与恶性PCTN无明显相关性,因此,不应忽视以囊性结节为主的PCTN。恶性PCTN整个结节形态不规则、边界不清,这与恶性结节生长速度较快,常呈浸润性生长,侵犯周围甲状腺组织有关。体积较大的恶性结节尤其容

易向甲状腺外浸润,导致其与周围正常组织界限不清、边缘形态不规则^[29]。恶性结节纵横比 >1 可能与恶性结节直立生长,能跨越正常组织平面生长,易侵犯组织层面突破正常组织的包裹有关^[30]。恶性PCTN实性成分微钙化,这与病灶中的砂粒体以及不规则钙盐沉积有关,砂粒体通常是因为细胞外基质的变性以及钙盐沉积而形成的同心圆状结构^[31]。恶性PCTN实性成分呈低回声可能由于恶性结节细胞增殖过快,细胞数量多且互相重叠,因此表现为低回声^[32]。恶性PCTN实性部分呈偏心锐角,可能的解释是恶性PCTN具有侵袭性,更有可能从囊壁突出,真正的肿瘤组织常常位于乳头状病变的基底^[33]。

CEUS可以获得病灶区域动态的血流灌注信号,能显著提升组织间的对比度分辨率,有助于提高对结节的诊断准确度。本研究CEUS结果显示,整个结节增强边界不清、无环状增强、内部实性成分呈不均匀低增强、非向心性“烟花样增强”、消退早于周围甲状腺组织与恶性PCTN相关,这一发现与既往研究^[34-40]中实性和囊实性甲状腺结节的CEUS表现一致,但另一方面,也提供了新的拓展与深化,本研究发现非向心性增强与恶性PCTN相关,这与Fang等^[39]的研究一致,但与实性结节呈向心性增强不同^[41-43],这可能与肿瘤新生血管在结节实性部分的分布差异有关^[44]。本研究发现,PCTN的实性部分灌注呈“烟花样”与恶性PCTN相关。内部实性成分不均匀低增强与恶性PCTN相关,这可能由于恶性结节生长迅速,新生血管床尚未发育完全,血管分布不均衡,局部血供不足,而且结节恶性浸润性生长破坏周围组织及新生血管^[45]。整个结节周边环状增强周边环状血流形成是因为良性结节以膨胀的方式生长将血管推向结节外周,故形成规则环状增强^[46]。增强边界不清与恶性PCTN相关,这可能与肿瘤生物学特点及侵袭性相关^[47]。

常规超声联合CEUS特征中纵横比 ≥ 1 、微钙化、增强边界不清、呈非向心性“烟花样”增强是预测恶性PCTN的独立预测因子。实性结节和囊实性结节的CEUS特征基本一致,囊实性结节的CEUS特征不同于实性结节表现为非向心性

“烟花样”增强。常规超声联合CEUS诊断恶性PCTN的AUC均高于单一常规超声及单一CEUS,有助于降低恶性PCTN的漏诊率和误诊率,为临床决策提供更为可靠的参考依据。

本研究的局限性:首先,本研究为单中心回顾性研究,样本量少,患者纳入存在选择性偏倚,一定程度上限制了结论的外推性。后续需开展多中心大样本前瞻性研究以验证本研究结论。其次,本研究探索了PCTN的CEUS定性特征,但未对其定量资料进行分析。

综上所述,常规超声与CEUS对PCTN均具有较高的诊断价值。两者联合应用的诊断效能优于单独使用任一技术,能够有效弥补单一成像方式的固有局限,可为临床决策提供更精准的影像学依据,有助于优化个体化诊疗路径,提升整体临床管理水平。

第一作者:

陈果 (ORCID:0009-0006-3135-3337), 硕士研究生在读。

通信作者:

聂芳 (ORCID:0000-0001-9725-1743), 博士, 主任医师, E-mail: ery_nief@lzu.edu.cn。

作者贡献声明:

陈果: 研究设计和实施、查阅文献、撰写文章; 周欣, 吕晓蓉: 图像分析、修改文章; 杨荣, 张元庆, 郑冉, 汪延芳: 数据和统计分析; 聂芳: 指导、图像分析、审阅文章。

[参 考 文 献]

- [1] 宋建明, 陈花, 游宇光, 等. 超声造影联合超声弹性成像在甲状腺TI-RADS 3~4类结节中的应用[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(9): 969-973.
SONG J M, CHEN H, YOU Y G, et al. Application of CEUS combined with ultrasound elastography in thyroid TI-RADS 3-4 nodules[J]. Chin J Ultrasound Med, 2023, 39(9): 969-973.
- [2] LIU Y J, ZHAO Y R, FU J, et al. Ultrasonographic differentiation and Ultrasound-based management of partially cystic thyroid nodules [J]. Arch Endocrinol Metab, 2021: 336-341.
- [3] RAGO T, VITTI P. Risk stratification of thyroid nodules: from ultrasound features to TIRADS[J]. Cancers, 2022, 14(3): 717.
- [4] ZHOU T H, HUANG H, DONG H P, et al. Ultrasound-based risk stratification system for the assessment of partially cystic thyroid nodules[J]. Endocr Pract, 2023, 29(6): 428-435.
- [5] DOLIDZE D D, COVANTSEV S, CHECHENIN G M, et al. Core needle biopsy for thyroid nodules assessment—a new horizon? [J]. World J Clin Oncol, 2024, 15(5): 580-586.
- [6] AL-YOUSOFY F, HAMOOD M, ALMATARY A M, et al.

- Accuracy of ultrasound-guided fine-needle aspiration cytology in evaluation of thyroid nodules using different ultrasonographic and cytological features [J]. *Cytopathology*, 2024, 35(6): 738-748.
- [7] 刘颖, 徐娟, 冯华梅, 等. 多模态超声在甲状腺炎性疾病与结节鉴别诊断中的应用[J]. *中国医学物理学杂志*, 2024, 41(4): 444-448.
- LIU Y, XU J, FENG H M, et al. Application of multimodal ultrasonography in the differential diagnosis of thyroid inflammatory diseases and nodules [J]. *Chin J Med Phys*, 2024, 41(4): 444-448.
- [8] 罗渝昆. 多模态超声诊断甲状腺肿瘤[J]. *中国医学影像学杂志*, 2024, 32(1): 1-8.
- LUO Y K. Diagnosis of thyroid tumors by multimodal ultrasound imaging [J]. *Chin J Med Imag*, 2024, 32(1): 1-8.
- [9] 陈名正, 符尚宏, 王雪峰. 甲状腺肿瘤的超声诊断分析[J]. *中国普通外科杂志*, 2016, 25(11): 1666-1670.
- CHEN M Z, FU S H, WANG X F. Analysis of ultrasonographic diagnosis of thyroid cancer [J]. *Chin J Gen Surg*, 2016, 25(11): 1666-1670.
- [10] XIN Y, LIU F, SHI Y, et al. A Scoring System for Assessing the Risk of Malignant Partially Cystic Thyroid Nodules Based on Ultrasound Features [J]. *Front Oncol*, 2021, 11: 731779.
- [11] TESSLER F N, MIDDLETON W D, GRANT E G. Thyroid Imaging Reporting and Data System (TI-RADS): A User's Guide [J]. *Radiology*, 2018, 287(1): 29-36.
- [12] 中华医学会超声医学分会浅表器官和血管学组, 中国甲状腺与乳腺超声人工智能联盟. 2020甲状腺结节超声恶性危险分层中国指南: C-TIRADS [J]. *中华超声影像学杂志*, 2021, 30(3): 185-200.
- Superficial Organ and Vascular Ultrasound Group of the Society of Ultrasound in Medicine of the Chinese Medical Association, Chinese Artificial Intelligence Alliance for Thyroid and Breast Ultrasound. 2020 Chinese guidelines for ultrasound malignancy risk stratification of thyroid nodules: the C-TIRADS [J]. *Chin J Ultrason*, 2021, 30(3): 185-200.
- [13] HAUGEN B R, ALEXANDER E K, BIBLE K C, et al. 2015 American Thyroid Association management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer: the American Thyroid Association Guidelines task force on thyroid nodules and differentiated thyroid cancer [J]. *Thyroid*, 2016, 26(1): 1-133.
- [14] JIN Z, PEI S F, SHEN H, et al. Comparative study of C-TIRADS, ACR-TIRADS, and EU-TIRADS for diagnosis and management of thyroid nodules [J]. *Acad Radiol*, 2023, 30(10): 2181-2191.
- [15] 何尚鹏, 黄炜贤, 江燕辉, 等. 超声特征与超声影像组学对Bethesda III类甲状腺结节良恶性再评价的价值[J]. *实用医学杂志*, 2025, 41(12): 1892-1898.
- HE S P, HUANG W X, JIANG Y H, et al. Value of ultrasound radiomics in re-evaluating the benign or malignant of Bethesda III nodules [J]. *J Pract Med*, 2025, 41(12): 1892-1898.
- [16] TESSLER F N, MIDDLETON W D, GRANT E G, 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.
- [17] 朱鸿燕, 宗珍, 黄品同. 多模态超声及 *BRAF* V600E 基因突变对囊实性甲状腺结节的诊断价值 [J]. *中国超声医学杂志*, 2024, 40(12): 1330-1333.
- ZHU H Y, ZONG Z, HUANG P T. The diagnostic value of multimodal ultrasound and *BRAF* V600E gene mutation in partially cystic thyroid nodules [J]. *Chin J Ultrasound Med*, 2024, 40(12): 1330-1333.
- [18] 孙金孝, 曹跃龙, 丁以芹, 等. 超声在诊断甲状腺囊实性结节中的应用 [J]. *中国疗养医学*, 2021, 30(12): 1319-1321.
- SUN J X, CAO Y L, DING Y Q, et al. Application of ultrasound in diagnosis of thyroid cystic-solid nodules [J]. *Chin J Conval Med*, 2021, 30(12): 1319-1321.
- [19] 李莉. 高频超声对甲状腺囊实性结节良恶性鉴别的效果 [J]. *实用癌症杂志*, 2017, 32(9): 1472-1474.
- LI L. High frequency ultrasonography in the differentiation of benign and malignant thyroid cystic nodules [J]. *Pract J Cancer*, 2017, 32(9): 1472-1474.
- [20] SHI X L, LIU R F, GAO L Y, et al. Diagnostic value of sonographic features in distinguishing malignant partially cystic thyroid nodules: a systematic review and meta-analysis [J]. *Front Endocrinol*, 2021, 12: 624409.
- [21] 邹颖, 刘继华, 李静宜, 等. 基于超声的迁移学习人工智能模型对甲状腺囊实性结节恶性概率的评估效能 [J]. *实用医学杂志*, 2025, 41(6): 889-895.
- ZOU Y, LIU J H, LI J Y, et al. Efficacy of transfer learning artificial intelligence model based on ultrasound in evaluating the probability of malignancy of partially cystic thyroid nodule [J]. *J Pract Med*, 2025, 41(6): 889-895.
- [22] 王文涵, 詹维伟, 徐上妍. 超声诊断囊实性甲状腺癌 [J]. *中国医学影像技术*, 2013, 29(7): 1095-1098.
- WANG W H, ZHAN W W, XU S Y. Ultrasonography in the diagnosis of cystic-solid thyroid carcinoma [J]. *Chin J Med Imag Technol*, 2013, 29(7): 1095-1098.
- [23] SHI Y Z, JIN Y, ZHENG L. Partially cystic thyroid nodules on ultrasound: the associated factors for malignancy [J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2020, 74(4): 373-381.
- [24] WANG C Y, LI Y, ZHANG M M, et al. Analysis of differential diagnosis of benign and malignant partially cystic thyroid nodules based on ultrasound characterization with a TIRADS grade-4A or higher nodules [J]. *Front Endocrinol*, 2022, 13: 861070.
- [25] LI W B, ZHU Q L, JIANG Y X, et al. Partially cystic thyroid nodules in ultrasound-guided fine needle aspiration: prevalence of thyroid carcinoma and ultrasound features [J]. *Medicine*, 2017, 96(46): e8689.
- [26] 史可欣, 马雯婷, 邓红艳, 等. 超声对甲状腺囊实性结节良恶性的鉴别 [J]. *现代医用影像学*, 2022, 31(7): 1307-1309.
- SHI K X, MA W T, DENG H Y, et al. Differential diagnosis of

- benign and malignant thyroid cystic solid nodules by ultrasound [J]. *Mod Med Imageology*, 2022, 31(7): 1307-1309.
- [27] 王延海, 杨 华, 郭宝生. 囊实性甲状腺癌与结节性甲状腺肿囊性变的超声鉴别诊断[J]. *中国医科大学学报*, 2016, 45(11): 1031-1034.
- WANG Y H, YANG H, GUO B S. Ultrasonography in the differential diagnosis of cystic-solid thyroid carcinoma and nodular goiter[J]. *J China Med Univ*, 2016, 45(11): 1031-1034.
- [28] ZHANG Y T, JIANG J, CHEN A Q, et al. Machine learning-based quantification of overall and internal ultrasound characteristics for diagnosing malignant partially cystic thyroid nodules[J]. *Front Endocrinol*, 2025, 16: 1635122.
- [29] 李子凤, 王金萍, 朱 琳, 等. 常规超声联合剪切波弹性成像多参数权重法鉴别甲状腺结节的临床价值[J]. *临床超声医学杂志*, 2023, 25(9): 696-700.
- LI Z F, WANG J P, ZHU L, et al. Clinical value of conventional ultrasonography combined with shear wave elastography multi-parameter weight method in differentiating thyroid nodules [J]. *J Clin Ultrasound Med*, 2023, 25(9): 696-700.
- [30] 徐宇缘, 吴 萌, 冯晓丹, 等. 基于超声影像学及临床特征构建列线图预测甲状腺囊实性结节良恶性[J]. *中国超声医学杂志*, 2024, 40(10): 1089-1093.
- XU Y Y, WU M, FENG X D, et al. Nomogram construction based on ultrasonography and clinical features to predict benign and malignant in partially cystic thyroid nodules [J]. *Chin J Ultrasound Med*, 2024, 40(10): 1089-1093.
- [31] O'CONNOR E, MULLINS M, O'CONNOR D, et al. The relationship between ultrasound microcalcifications and psammoma bodies in thyroid tumors: a single-institution retrospective study[J]. *Clin Radiol*, 2022, 77(1): e48-e54.
- [32] 邱顺平, 周丽娟. 基于患者甲状腺结节超声特征构建甲状腺结节良恶性的诊断模型[J]. *中国超声医学杂志*, 2024, 40(7): 729-733.
- QIU S P, ZHOU L J. A differential diagnostic model for benign and malignant thyroid nodule based on the ultrasonic characteristics of thyroid nodules [J]. *Chin J Ultrasound Med*, 2024, 40(7): 729-733.
- [33] ZHANG Q B, SUN Z H, WANG Y D, et al. Ultrasound-based transfer learning model to assist partially cystic thyroid nodule diagnosis[J]. *J Clin Ultrasound*, 2025, 53(8): 1741-1751.
- [34] 韦芳玲, 韦荣文, 黄慧琨, 等. 常规超声及超声造影在囊实性甲状腺结节良恶性鉴别诊断中的应用价值[J]. *影像研究与医学应用*, 2023, 7(7): 134-136.
- WEI F L, WEI R W, HUANG H K, et al. Application value of conventional ultrasound and contrast-enhanced ultrasound in differential diagnosis of benign and malignant cystic-solid thyroid nodules[J]. *J Imag Res Med Appl*, 2023, 7(7): 134-136.
- [35] 王爱珠, 黄吁宁, 王乐华, 等. 常规超声及超声造影诊断囊实性甲状腺乳头状癌[J]. *中国医学影像技术*, 2025, 41(1): 60-64.
- WANG A Z, HUANG X N, WANG L/Y)H, et al. Conventional ultrasound and contrast-enhanced ultrasound for diagnosing partially cystic papillary thyroid carcinoma[J]. *Chin J Med Imag Technol*, 2025, 41(1): 60-64.
- [36] 杨骁勇, 姜 波, 罗渝昆. 常规超声及超声造影在囊实性甲状腺结节良恶性鉴别诊断中的应用价值[J]. *解放军医学院学报*, 2020, 41(12): 1197-1201.
- YANG X Y, JIANG B, LUO Y K. Conventional ultrasound versus contrast-enhanced ultrasound in differential diagnosis of benign and malignant cystic solid thyroid nodules [J]. *Acad J Chin Pla Med Sch*, 2020, 41(12): 1197-1201.
- [37] 杨 星, 王灵悦, 康小慢. 常规超声联合超声造影对恶性部分囊性甲状腺结节患者鉴别诊断价值[J]. *实用医学影像杂志*, 2022, 23(2): 141-144.
- YANG X, WANG L Y, KANG X M. The value of routine ultrasound combined with contrast-enhanced ultrasound in the differential diagnosis of patients with malignant PCTN [J]. *J Pract Med Imag*, 2022, 23(2): 141-144.
- [38] 胡海平, 赵海娜, 马步云, 等. 常规超声及超声造影对甲状腺囊性乳头状癌的诊断价值[J]. *肿瘤预防与治疗*, 2020, 33(2): 147-153.
- HU H P, ZHAO H N, MA B Y, et al. Diagnostic value of conventional ultrasound and contrast-enhanced ultrasound in cystic papillary thyroid carcinoma [J]. *J Cancer Control Treat*, 2020, 33(2): 147-153.
- [39] FANG F K, GONG Y, LIAO L Y, et al. Value of contrast-enhanced ultrasound in partially cystic papillary thyroid carcinomas[J]. *Front Endocrinol*, 2021, 12: 783670.
- [40] 王 娟, 陈阿倩, 梁汝娜, 等. 基于常规超声与超声造影特征构建列线图用于囊实性甲状腺癌风险预测的研究[J]. *中国超声医学杂志*, 2023, 39(3): 256-260.
- WANG J, CHEN A Q, LIANG R N, et al. Assessment of nomogram model for predicting the risk of cystic and solid thyroid cancer based on the features of routine ultrasound and CEUS[J]. *Chin J Ultrasound Med*, 2023, 39(3): 256-260.
- [41] 马淑梅, 闫瑞斌, 冯桃桃. 超声造影成像及参数特征对甲状腺 TI-RADS 4 类结节良恶性的诊断价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2019, 35(10): 868-872.
- MA S M, YAN R B, FENG T T. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound imaging and parameter characteristics in the diagnosis of benign and malignant thyroid TI-RADS 4 nodules[J]. *Chin J Ultrasound Med*, 2019, 35(10): 868-872.
- [42] 朱天彤, 庄连婷, 马孝芬, 等. 常规超声联合超声造影鉴别诊断甲状腺恶性与炎性病灶[J]. *中国医学影像技术*, 2021, 37(12): 1789-1793.
- ZHU T T, ZHUANG L T, MA X F, et al. Conventional ultrasound combining with contrast-enhanced ultrasound for differential diagnosis of thyroid malignant and inflammatory lesions [J]. *Chin J Med Imag Technol*, 2021, 37(12): 1789-1793.
- [43] 钱 露, 赵石砚, 谌 辉, 等. 超声造影联合弹性成像评分在甲状腺 C-TI-RADS 4 类结节校正中的价值分析[J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2025, 32(3): 137-142.
- QIAN L, ZHAO S Y, SHEN Hui, et al. Analysis of the value of ultrasonography combined with elastography scoring in the

- correction of thyroid C-TI-RADS category 4 nodules [J]. Chin Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2025, 32(3): 137-142.
- [44] 张仁容. US联合CEUS量化评估甲状腺结节良恶性的临床研究[D]. 遵义: 遵义医科大学, 2023.
- ZHANG R R. Clinical study on quantitative evaluation of benign and malignant thyroid nodules using conventional ultrasound combined with contrast-enhanced ultrasound (CEUS) [D]. Zunyi: Zunyi Medical University, 2023.
- [45] 乔妙, 孙艳, 侯新华, 等. 超声造影对桥本甲状腺炎背景下甲状腺良性结节的诊断效能[J]. 中国医学影像学杂志, 2018, 26(2): 104-108.
- QIAO M, SUN Y, HOU X H, et al. Diagnostic efficacy of ultrasound contrast on benign and malignant thyroid nodules under Hashimoto's thyroiditis [J]. Chin J Med Imag, 2018, 26(2): 104-108.
- [46] 王珍芳, 商静, 朱媛, 等. 超声造影在伴有钙化的甲状腺实性结节良恶性鉴别方面的辅助价值[J]. 中国医学科学院学报, 2021, 43(6): 905-910.
- WANG Z F, SHANG J, ZHU Y, et al. Role of contrast-enhanced ultrasound in distinguishing between benign and malignant thyroid nodules with calcification [J]. Acta Acad Med Sin, 2021, 43(6): 905-910.
- [47] 汪延芳, 聂芳, 李琪, 等. 超声造影对甲状腺实性结节恶性风险的评估价值[J]. 中国超声医学杂志, 2017, 33(5): 395-398.
- WANG Y F, NIE F, LI Q, et al. Value of contrast-enhanced ultrasound in assessing the malignant risk of solid thyroid nodules [J]. Chin J Ultrasound Med, 2017, 33(5): 395-398.
- (收稿日期: 2025-12-03 修回日期: 2026-02-12)

沉痛悼念沈镇宙教授



我国著名乳腺肿瘤学家, 复旦大学附属肿瘤医院终身教授、外科名誉主任, 《中国癌症杂志》第二、三、四届编辑委员会主编, 第五届编辑委员会名誉主编沈镇宙教授, 因病医治无效, 于2026年3月30日凌晨逝世, 享年91岁。

沈镇宙教授1935年7月10日出生于上海, 1957年毕业于上海第一医学院医疗系后在肿瘤医院工作。曾任上海医科大学附属肿瘤医院(现复旦大学附属肿瘤医院)大外科主任, 上海市乳腺癌临床医学中心和复旦大学乳腺癌研究所首席专家, 肿瘤外科学博士生导师, 是复旦大学附属肿瘤医院乳腺外科的开拓者和奠基人。曾担任中国抗癌协会副理事长、中华医学会肿瘤学会副主任委员、上海市抗癌协会理事长、上海医学会肿瘤专业委员会主任委员、中国抗癌协会乳腺癌专业委员会副主任委员及肉瘤专业委员会主任委员, 《抗癌》主编及国内外20余种肿瘤专业期刊的编委。

沈镇宙教授是我国著名的乳腺肿瘤专家, 为推动我国乳腺肿瘤学发展鞠躬尽瘁, 被誉为“东方神手”。他毕其一生潜心于乳腺肿瘤的临床与基础研究, 特别是在乳腺癌的早期诊断、综合治疗及个体化治疗等方面做了大量探索性工作。沈镇宙教授搭建了我国首个乳腺癌患者数据库, 开创我国保乳手术研究之先河, 创建了上海市第一个乳腺癌患者康复俱乐部, 并提出乳腺癌的个体化治疗原则, 相关研究成果荣获国家科技进步奖二等奖、卫生部科技进步奖一等奖、中华医学科技奖、上海市科技进步奖等多项奖励。多年手术经验和创新技术汇聚于他的《乳腺肿瘤学》《肿瘤外科手术学》《现代乳腺肿瘤学进展》等专著, 一直为我国同行学习借鉴。他高超的手术能力获得国内同行公认, 堪称乳腺肿瘤手术学的大师, 为无数乳腺肿瘤患者解除病痛。

沈镇宙教授毕生致力于乳腺肿瘤防治事业, 治学严谨, 医术精湛, 为学科发展和人才培养作出了巨大贡献, 以至诚至精、正谊明道的精神激励着一代又一代乳腺肿瘤医生。我们沉痛悼念并深切缅怀沈镇宙教授。

《肿瘤影像学》编辑部