

论 著

三维超声结合CT双期增强扫描对甲状腺结节良恶性的诊断价值*

刘明阳¹ 韩树博¹ 杨香花¹
刘振兴^{2,*}

1.邢台市人民医院超声科

2.邢台市人民医院健康体检中心

(河北邢台 054001)

【摘要】目的 探讨三维超声(3D-US)结合CT双期增强扫描对甲状腺结节(TNS)良恶性的诊断效能。方法 选择本院2021年7月至2022年7月接受TNS手术治疗的TNS患者120例,手术切除167个结节,根据病理结果分为恶性组(n=33)和良性组(n=87)。所有研究对象均于术前进行3D-US、CT双期增强扫描。对比两组的3D-US、CT双期增强扫描检查结果差异及影像学征象;绘制受试者工作曲线(receiver operating characteristic, ROC)分析3D-US结合CT双期增强扫描对恶性TNS的诊断效能。结果 恶性组形态不规则、混合回声、边界不清晰二维超声特征占比高于良性组($P<0.05$)。恶性组VI、FI、VFI的3D-US定量参数均高于良性组($P<0.05$)。两组密度均匀度、囊变、微钙化对比无差异($P>0.05$),而恶性组动脉期、静脉期CT值,以及双期扫描结节边界变化模糊占比均高于良性组($P<0.05$)。ROC曲线显示,3D-US结合CT双期增强扫描诊断恶性TNS的AUC(95%CI)为0.826(0.747~0.925)均高于单一技术诊断,其灵敏度、特异度分别为82.26%、79.28%。结论 3D-US及CT双期增强扫描对TNS良恶性鉴别有着重要价值,且联合诊断可提高检出准确性。

【关键词】甲状腺结节; 良恶性;
CT双期增强扫描; 三维超声

【中图分类号】R581

【文献标识码】A

【基金项目】邢台市重点研发计划

自筹项目(2022ZC230)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.015

Value of Three-dimensional Ultrasound Combined with CT Two-phase Enhanced Scanning in the Diagnosis of Benign and Malignant Thyroid Nodules*

LIU Ming-yang¹, HAN Shu-bo¹, YANG Xiang-hua¹, LIU Zhen-xing^{2,*}.

1.Department of Ultrasound, Xingtai People's Hospital, Xingtai 054001, Hebei Province, China

2.Health Examination Center, Xingtai People's Hospital, Xingtai 054001, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the diagnostic efficacy of three-dimensional ultrasound (3D-US) combined with two-phase enhanced CT scanning in benign and malignant thyroid nodules (TNS). **Methods** A total of 120 TNS patients who received TNS surgery in our hospital from July 2021 to July 2022 were selected, 167 nodules were surgically removed, and they were divided into malignant group (n=33) and benign group (n=87) according to pathological results. All subjects underwent 3D-US and CT two-phase enhanced scanning before surgery. The results and imaging signs of 3D-US and CT were compared between the two groups. Receiver operating characteristic (ROC) was plotted to analyze the diagnostic efficiency of 3D-US combined with CT two-phase enhanced scanning for malignant TNS. **Results** The proportion of two-dimensional ultrasound features with irregular morphology, mixed echoes, and unclear boundaries in the malignant group was higher than that in the benign group ($P<0.05$). The 3D-US quantitative parameters of VI, FI, and VFI in the malignant group were higher than those in the benign group ($P<0.05$). There was no significant difference in density uniformity, cystic changes, and microcalcifications between the two groups ($P>0.05$), while the malignant group had higher CT values in the arterial and venous phases, and a higher proportion of blurred nodule boundaries on biphasic scans compared to the benign group ($P<0.05$). The ROC curve shows that the AUC (95% CI) of 3D-US combined with CT biphasic enhanced scanning for the diagnosis of malignant TNS is 0.826 (0.747-0.925), which is higher than that of single technique diagnosis, with sensitivity and specificity of 82.25% and 79.28%, respectively. **Conclusion** Dual phase enhanced scanning with 3D-US and CT has important value in distinguishing between benign and malignant TNS, and combined diagnosis can improve detection accuracy.

Keywords: Thyroid Nodules; Benign and Malignant; Dual Phase Enhanced CT Scan; 3D Ultrasound

甲状腺结节(thyroid nodules, TNS)是临床常见且高发的头颈部疾病,超过半数成年人存在TNS,患病率居高不下,疾病负担较重^[1-2]。多数TNS为良性结节,表现为无症状,且无需治疗,但仍有5%-15%为恶性结节,需要及时根治,因此鉴别TNS良恶性有着重要意义^[3]。但目前临床对TNS诊断方式仍存在一定争议,认为精准诊断可提高恶性结节检出准确性,但过度诊断亦可能增加甲状腺癌发病率,选择科学适宜的诊断方式对甲状腺癌生存率尤为重要^[4]。三维超声(three-dimensional ultrasound, 3D-US)是将多角度二维超声与血管三维重建技术结合,实现器官及肿瘤立体成像,清晰显示病变组织及邻近器官的空间关系。相较于二维超声,3D-US鉴别TNS良恶性具有更高的灵敏度和特异定量参数^[5-6]。CT双期增强扫描是指在动脉期和静脉期分别进行增强扫描,比较两个时相的影像,可以更准确地评估甲状腺结节的血供情况和强化特点,从而为良恶性的鉴别提供更多信息。该技术较超声技术具有更高空间及密度分辨率,对于鉴别TNS良性特征效能显著^[7-8]。因此,本研究将3D-US结合CT双期增强扫描用于TNS,旨在探讨联合检查诊断方式在良恶性结节鉴别诊断中的应用效能。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集本院2021年7月至2022年7月接受TNS手术治疗的TNS患者120例,其影像资料及临床资料完整。

纳入标准:经接受甲状腺手术治疗,并经病理诊断^[9];满足3D-US、CT扫描影像学检查适应证^[10],且无碘过敏;患者签署知情同意书。排除标准:结节直径 $\leq 3\text{mm}$;既往有甲状腺手术史;合并桥本甲状腺炎、单纯囊性结节及其他肿瘤病史。120例患者手术切除167个结节,根据病理结果分为恶性组(n=33)和良性组(n=87)。其中恶性组49个结节,男17例,女16例,年龄24-65岁(45.37 ± 5.28)岁,类型:甲状腺乳头状癌28例,滤泡状癌5例;良性组118个结节,男48例,女39例,年龄27-63岁(45.54 ± 5.16)岁,类型:甲状腺囊肿62例,甲状腺瘤25例。两组基线资料对比无差异($P>0.05$)。

1.2 方法

【第一作者】刘明阳,男,主治医师,主要研究方向:甲状腺结节的超声诊断。E-mail: slfuefb@163.com

【通讯作者】刘振兴,男,副主任医师,主要研究方向:甲状腺结节的超声诊断。E-mail: slfuefb@163.com

1.2.1 检查方法 所有研究对象均于术前先行3D-US、CT双期增强扫描。3D-US仪器选择PHILIPS iU22及PHILIPS iU G Elite三维彩色超声诊断仪，探头频率参数7.5-10.0MHz。操作如下：引导患者取仰卧位，保持头部后仰伸展颈部，使颈部组织充分暴露。首先进行常规二维超声诊断，明确甲状腺结节位置，观察边缘、回声类型、后方回声等特征。再切换为三维能量多普勒超声检查模式，根据结节大小确定取样框大小，再框选病灶组织获取血流信息，采用内置软件自动计算血管化指数(viscosity indicator, VI)、血流指数(flow index, FI)、血管化血流指数(viscosity indicator, VFI)。经肘静脉一次性注射2.5mLSonoVue造影剂混合5mL生理盐水，切换为静态三维超声造影，机械指数0.08，开启成像模式并储存图像。

CT双期增强扫描仪器选择采用PHILIPS 256 层螺旋 Brilliance iCT。操作如下：参数设置：管电压/管电流120 kV/140 mA，层厚/层距5mm/5mm，螺距 1.0。高压注射器注射 80~100 mL的非离子型对比剂碘氟醇(速率 2.5~3 mL/s)。扫描范围由下颌骨下缘到甲状腺下极病变延伸区。引导患者取3D-US相同体位，动脉期采用对比剂追踪技术触发扫描，触发阈值参数为120HU，监测C4/5水平

颈总动脉，达到阈值后延迟10s触发扫描，结束动脉期扫描后延迟25s进行静脉期扫描。结束扫描后自动进行薄层及三维重建。

1.2.2 图像分析 采用双盲法，由统一的2名经验丰富(工作经验≥5年)的影像科医生共同阅片，并对影像检查结果做出判断，若意见不一致，经讨论协商后达成一致。3D-US：根据结节影像立体图像记录以下征象，包括形体、与周围组织的空间关系、内部细微结构特征等，良性结节一般呈圆形或椭圆形、边缘光滑、可能存在细小的钙化灶；恶性结节一般呈不规则状或有分叶、边缘粗糙或有毛刺、存在较大的钙化灶或边缘钙化。CT双期增强扫描：良性结节一般形态规整清晰、边界清楚、无明显钙化；恶性结节一般形态不规则、边界不清晰、可能存在细颗粒状钙化，增强扫描可表现出“强化残圈征”或“蟹足状强化”。

1.3 统计学方法 将数据纳入SPSS 26.0软件中分析，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，组间比较采用t检验，计数资料以[n(%)]表示，采用 χ^2 检验；绘制ROC曲线分析3D-US结合CT双期增强扫描对恶性TNS的诊断效能，并记录曲线下面积(area under curve, AUC)、灵敏度、特异度、约登指数，($P<0.05$)为差异有统计学意义。

表1 两组CT双期增强扫描征象特征比较[n,(%)]

组别	例数	形态		回声		边界	
		规则	不规则	混合回声	低回声	不清晰	清晰
良性组	87	59(67.82)	28(32.18)	23(26.44)	64(73.56)	14(16.09)	73(83.91)
恶性组	33	14(42.42)	19(57.58)	15(45.45)	18(54.55)	21(63.64)	12(36.36)
χ^2	-	6.474		3.999		26.177	
P	-	0.011		0.046		<0.001	

2 结 果

2.1 两组二维超声征象特征比较 恶性组形态不规则、混合回声、边界不清晰二维超声特征占比高于良性组($P<0.05$)，见表1。

2.2 两组3D-US定量参数比较 恶性组VI、FI、VFI的3D-US定量参数均高于良性组($P<0.05$)，见表2。

2.3 两组CT双期增强扫描征象特征比较 两组密度均匀度、囊变、微钙化对比无差异($P>0.05$)，而恶性组动脉期、静脉期CT值，以及双期扫描结节边界变化变模糊占比均高于良性组($P<0.05$)，见表3。

表2 两组3D-US定量参数比较

组别	例数	VI	FI	VFI
良性组	87	0.94±0.28	29.35±4.63	0.85±0.26
恶性组	33	2.39±0.45	41.26±5.74	1.53±0.51
t	-	21.188	11.755	9.610
P	-	<0.001	<0.001	<0.001

表3 两组CT双期增强扫描征象特征比较(n)

组别	例数	密度		囊变		CT 值(HU)		双期扫描结节边界变化		微钙化	
		均匀	不均匀	有	无	动脉期	静脉期	无变化	变模糊	是	否
良性组	87	43	44	47	40	74.54±23.32	63.45±15.16	56	31	26	61
恶性组	33	16	17	13	20	113.67±29.58	98.94±20.47	12	21	14	19
χ^2	-	0.009		2.048		7.604	10.353	7.641		1.693	
P	-	0.927		0.152		<0.001	<0.001	0.006		0.193	

2.4 3D-US结合CT双期增强扫描对恶性TNS的诊断效能 ROC曲线显示，3D-US结合CT双期增强扫描诊断恶性TNS的AUC(95%CI)为0.826(0.747~0.925)均高于单一技术诊断，其灵敏度、特异度分别为82.26%、79.28%，见表4、图1。

2.5 典型病例影像学征象 CT双期增强扫描图像见图2A-2D。恶性结节：图2A-2B所示，其中图2A动脉期CT值最高约106HU，图2B静脉期CT值最高约94HU，可见点状钙化灶，增强后动脉期不均匀强化，静脉期病灶边界稍模糊。良性结节：图2C-2D所

示，其中图2C动脉期CT值最高约52HU，图2D静脉期CT值最高约41HU，病灶与正常甲状腺组织边界清晰。

超声图像见图3A-3D。恶性结节：图3A-3B所示，其中图3A出现实质期呈低增强，图3B为恶性TNS二维图像，可见病区钙化灶。良性结节：图3C-3D所示，其中图3C出现实质期呈等增强，图3D为良性TNS二维图像，结节边缘光滑，无明显侵袭、扩散。

表4 3D-US结合CT双期增强扫描对恶性TNS的诊断效能

指标	AUC(95%CI)	P	灵敏度(%)	特异性(%)	约登指数
3D-US	0.723(0.685~0.794)	0.027	72.35	69.34	0.40
CT双期增强扫描	0.752(0.729~0.861)	0.020	78.43	65.32	0.44
联合	0.826(0.747~0.925)	<0.001	82.26	79.28	0.62

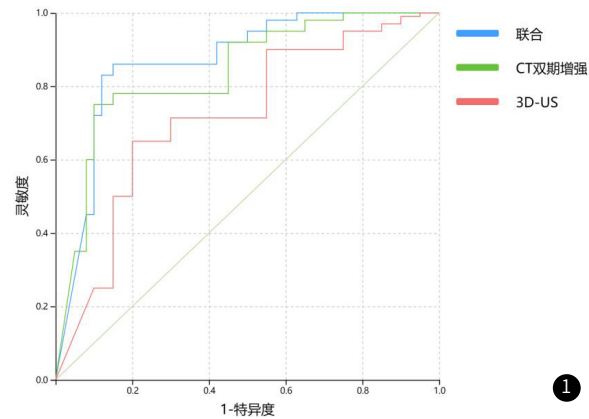


图1 3D-US结合CT双期增强扫描诊断恶性TNS的ROC图。

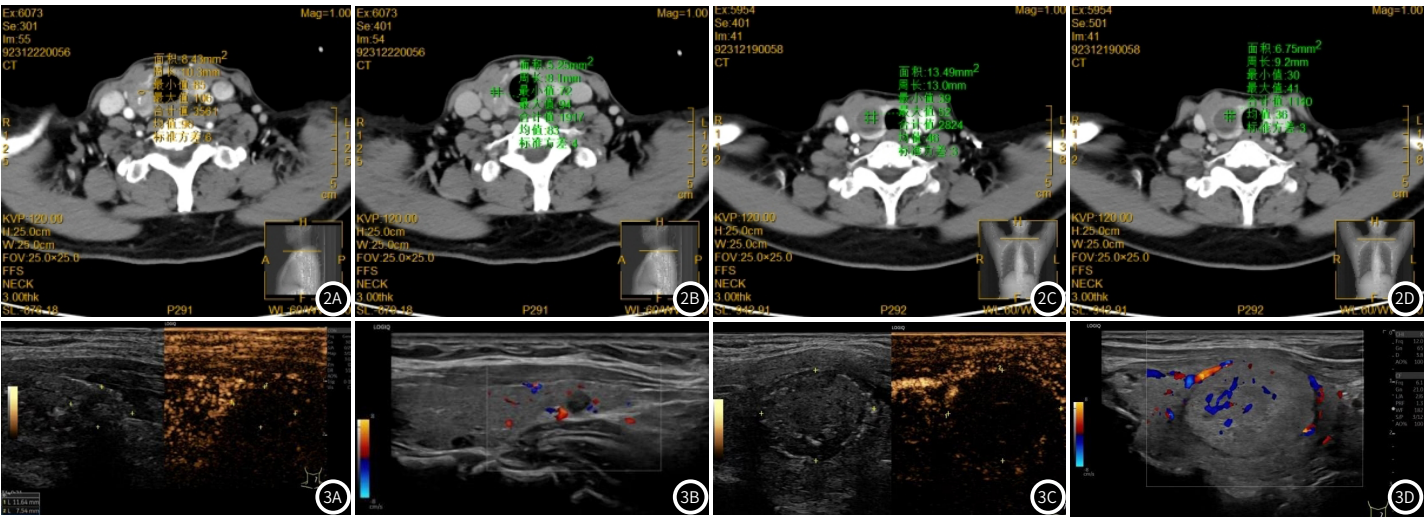


图2A-2D 良性甲状腺结节的CT双期增强扫描图像。图2A-2B 女，68岁，2A为恶性TNS动脉期，2B为恶性TNS静脉期，可见钙化灶。图2C-2D 女，71岁，2C为良性TNS动脉期，2D为良性TNS静脉期，病灶与正常甲状腺组织边界清晰。
图3A-3D 良性甲状腺结节的三维超声影像。图3A-3B 女，52岁，3A为恶性TNS超声造影，3B为恶性TNS二维图像，可见病区钙化灶。图3C-3D 女，59岁，3C为良性TNS超声造影，3D为良性TNS二维图像，结节边缘光滑。

3 讨论

TNS发病机制涉及多个因素，可能与遗传、环境、放射线暴露以及营养不良等因素有关。而良恶性鉴别对于甲状腺结节的治疗和预后至关重要，不同性质的患者治疗决策及预后结局截然不同，而恶性结节患者不良预后可能导致严重的健康问题甚至危及生命，应采取积极有效治疗。目前，超声技术在甲状腺结节的筛查和诊断中发挥着不可替代的作用。超声检查可以清晰显示甲状腺结节的形态特征、内部结构和血流情况，有助于医生进行良恶性的初步判断。此外，超声引导下的穿刺活检技术可以提高活检的准确性，减少了对患者的创伤，有助于及时发现和诊断恶性结节^[11]。但是常规二维超声只能提供结节在一个平面上的信息，难以准确反映结节内部的微血管分布和血流情况，仍存在漏诊误诊风险。而3D-US可弥补二维超声局限性，通过三维重建技术，提高临床对目标病变可视化能力，可以全面、立体评估结节内部细微血管周围空间分布及形态，更好地观察TN不规则边缘^[12-14]。其检测优势在于：同时具备能量多普勒、超声造影及三维立体成像优势，不受血管位置、速度、方向及探测声速束角度等影响，

连续显示血流信息，减少混叠现象；并对结节进行定性、定量诊断。韩蕊君等^[15]研究报道，三维超声成像更有利于立体显示结节形态特征，降低漏诊率。胡紫玥等^[16]同样报道，联合三维超声成像各方位诊断效能均优于二维成像。CT双期增强扫描具有扫描速度快、病灶覆盖面广、连续性强等诸多优势，可以通过静脉注射造影剂，分别在动脉期和门静脉期进行扫描，利用不同时间点的影像数据来观察甲状腺结节的血供情况和强化模式，对结节性质进行评估^[17]。研究报道，CT定量参数在识别甲状腺良恶性微小结节方面显示出良好的预测效率^[18]。研究报道，CT双期增强对甲状腺乳头状癌淋巴结转移动脉期诊断有着高效能^[19]。
本研究结果显示，二维超声诊断中恶性结节表现出形态不规则、混合回声、边界不清晰等特征，3D-US中较良性结节，恶性结节表现出VI、FI、VFI水平更高。刘玉如等^[20]研究报道，相较于二维超声，3D-US可提高恶性甲状腺结节诊断敏感度，尤其是腺体外侵犯和点状强回声特征评估。廖冰等^[21]研究报道，3D-US技术诊断中恶性结节的VI、FI、VFI水平高于良性结节，与本研究结

果一致。3D-US可对获得血流信息进行半定量分析,其中VI反映了局部组织血管密度,FI是评估血流信号强度,VFI结合了彩色比重值血管和血流信息,能够更全面地反映血管的血流灌注情况。由于甲状腺恶性结节具有更强的血管侵袭性,其生长过程中通常伴随着大量的血管新生,可促进癌细胞增殖,从而使得VI、FI和VFI的数值相应升高。CT双期增强扫描中,恶性结节表现出动脉期、静脉期CT值、双期扫描结节边界变化变模糊占比更高。吴猛等^[22]研究报道,CT双期增强扫描中的囊性病变、静脉期结节边界变模糊为恶性TNS主要症状,与本研究结果一致。CT双期增强扫描通过对比剂变化观察对比不同扫描时相的病灶特点,更全面展示病灶特征,提高诊断准确性。甲状腺恶性结节患者在动脉期由于动脉血供的高速流动,造影剂快速进入血管系统,而静脉期静脉血供的慢速流动,停留时间较长,其血供特点表现为动脉期增强显著,而静脉期持续强化或延迟强化,这种血供模式导致了动脉期CT值的增加,而静脉期CT值的持续强化或延迟强化,使得在静脉期恶性结节的CT值也较高。此外,在动脉期扫描时,由于肿瘤血管的异常扩张和通透性增加,造成了动脉期CT值较高的表现。而在静脉期,由于造影剂的滞留和血管通透性的改变,同样表现出较高CT值。但这种血管灌注的差异导致了结节边界在静脉期扫描时更容易变得模糊。ROC曲线显示,3D-US结合CT双期增强扫描诊断恶性TNS效能优于单一技术诊断。夏晓娜等^[23]研究报道,CT双期增强扫描阳性特征预测TNS良恶性AUC为0.899,敏感度及特异度分别为86.93%、78.3%,与本研究结果基本一致。张倩等^[24]研究报道,CT联合超声技术较单一技术诊断准确性、敏感性特异度均明显升高。超声诊断具有实时成像、无辐射等诸多优势,但对于孤立性粗钙化、胸骨后甲状腺病变等类型患者诊断相对困难,且对操作者经验依赖性较高。CT诊断具有对操作者经验依赖性小优势,可规避超声诊断局限性,但该技术软组织分辨率低,不适用于微小结节诊断。而两者结合诊断可以避免诊断局限性,进一步提高诊断准确性。

综上所述,3D-US及CT双期增强扫描对TNS良恶性鉴别有着重要价值,且联合诊断可提高检出准确性。然而,3D-US及CT双期增强扫描在临床应用中仍存在一些局限性,联合应用可能导致成本增高,在某些医疗资源匮乏的地区可能无法广泛应用。临床应权衡利弊,选择适宜的诊断策略。

参考文献

- [1]Uppal N,Collins R,James B.Thyroid nodules:global,economic,and personal burdens[J].Front Endocrinol (Lausanne),2023,14:1113977.
- [2]徐初,翁晓波.居民甲状腺结节流行病学特征及相关因素分析[J].中国地方病防治杂志,2022,37(6):508-511,514.
- [3]姬秋和,王钺,周洁.甲状腺瘤的诊断:争议与共识[J].国际内分泌代谢杂志,2022,42(6):457-460,488.
- [4]Azizi G,Faust K,Ogden L,et al.3-D ultrasound and thyroid cancer diagnosis:a prospective study[J].Ultrasound Med Biol,2021,47(5):1299-1309.

- [5]李朝喜,温德惠,刘伟亮,等.SMART 3D-SMI在甲状腺TI-RADS 4类结节良恶性鉴别诊断中的应用[J].影像科学与光化学,2022,40(3):510-514.
- [6]Hao L,Liu P,Ding C,et al.Diagnostic value of ACR TI-RADS combined with three-dimensional shear wave elastography in ACR TI-RADS 4 and 5 thyroid nodules[J].Chin Med J (Engl),2023,136(10):1225-1230.
- [7]薛峰,孙丹,厉玛莹董,等.CT双期增强扫描在甲状腺腺瘤及结节性甲状腺肿鉴别诊断中的价值[J].CT理论与应用研究,2016,25(4):471-476.
- [8]张金梅,董江宁,吴瑶媛,等.甲状腺结节钙化灶在CT增强前后的差异性及其临床价值[J].中国医学装备,2021,18(10):60-64.
- [9]中华医学会内分泌学分会,中华医学会外科学分会内分泌学组,中国抗癌协会头颈肿瘤专业委员会,等.甲状腺结节和分化型甲状腺瘤诊治指南[J].中华核医学与分子影像杂志,2013,33(2):96-115.
- [10]中华医学会放射学分会头颈学组.甲状腺结节影像检查流程专家共识[J].中华放射学杂志,2016,50(12):911-915.
- [11]侯迎迎,陈策,都晓英,等.基于C-TIRADS指南的阳性超声征象对甲状腺结节恶性风险的预测价值[J].中华解剖与临床杂志,2023,28(12):782-786.
- [12]Azizi G,Faust K,Mayo ML,et al.Diagnosis of thyroid nodule with new ultrasound imaging modalities[J].VideoEndocrinology,2020,7(1):ve.2020.0173.
- [13]Hao L,Liu P,Ding C,et al.Diagnostic value of ACR TI-RADS combined with three-dimensional shear wave elastography in ACR TI-RADS 4 and 5 thyroid nodules[J].Chin Med J (Engl),2023,136(10):1225-1230.
- [14]刘志燕,伍玉晗.三维能量多普勒超声联合超声乳腺影像报告和数据系统在乳腺良恶性病灶鉴别诊断中的应用价值[J].中国医学装备,2019,16(8):43-46.
- [15]韩蕊君,杜晶,陈翠,等.超声TI-RADS分级联合三维剪切波弹性成像对甲状腺微小癌的诊断效能[J].上海交通大学学报(医学版),2020,40(1):76-80.
- [16]胡紫玥,卢漫,王璐,等.三维剪切波弹性成像诊断甲状腺结节良恶性的初步应用[J].中华医学超声杂志(电子版),2020,17(1):11-16.
- [17]林礼波,何长久,刘杰克,等.联合双能量CT定量参数和形态学特征在鉴别良恶性肺实性结节的应用价值[J].放射学实践,2023,38(11):1392-1398.
- [18]Song Z,Li Q,Zhang D,et al.Nomogram based on spectral CT quantitative parameters and typical radiological features for distinguishing benign from malignant thyroid micro-nodules[J].Cancer Imaging,2023,23(1):13.
- [19]Shao C,Shu Y,Wei P,et al.Quantitative analysis of dual-phase enhanced CT in cervical lymph node metastasis of papillary thyroid carcinoma:a comparative study along with pathological manifestations[J].Endocrine,2023,82(1):108-116.
- [20]刘如玉,姜玉新,赵瑞娜,等.三维超声与二维超声对甲状腺结节恶性风险分级评估的对比研究[J].中华医学超声杂志(电子版),2022,19(4):317-324.
- [21]廖冰,曾凡,黎玲,等.甲状腺癌超声血管化指数、血流指数与肿瘤恶性程度的相关关系[J].海南医学院学报,2017,23(6):813-815,819.
- [22]吴猛,孟玉莲,刘鹏,等.CT双期增强影像征象在单发性甲状腺结节良恶性诊断中的价值[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(10):46-48,83.
- [23]夏晓娜,黄召弟,任庆国,等.CT双期增强扫描对182枚甲状腺良恶性结节的诊断价值[J].山东大学学报(医学版),2021,59(7):57-62.
- [24]张倩,于俊颖,高丽娟,等.双源CT联合超声弹性指数鉴别诊断甲状腺结节良恶性价值探讨[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(12):44-46.

(收稿日期:2024-06-21)

(校对编辑:韩敏求)