

论 著

双源CT双能量成像技术在鉴别诊断甲状腺良恶性结节中的临床价值研究*

李 超 王道清 郭 伟
程留慧*
河南中医药大学第一附属医院放射科
(河南 郑州 450000)

【摘要】目的 分析甲状腺良恶性结节的诊断中双源CT双能量成像的应用价值。方法 回顾性选取甲状腺结节患者106例，病例收集时间为2022年1月至2023年5月，收集地点为我院。患者均行双源CT双能量成像，统计甲状腺结节的病理结果，分析甲状腺良恶性结节的CT特征及双源CT双能量定量参数，并绘制ROC曲线分析CT特征、双源CT双能量定量参数联合检测对甲状腺良恶性结节的诊断价值。结果 106例甲状腺结节患者中恶性结节52例，良性结节54例。与良性结节组比较，恶性结节组边缘模糊、形状不规则患者占比更高，动静脉期碘浓度(IC)、标准化碘浓度(NIC)、能谱曲线斜率(λ_{HU})更低($P<0.05$)。ROC分析显示，边缘、形状、动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 联合检测诊断甲状腺良恶性结节的AUC值为0.948，高于边缘、形状、动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 单独检测(0.726、0.686、0.761、0.789、0.782， $P<0.05$)。结论 甲状腺良恶性结节的诊断中CT特征、双源CT双能量定量参数联合检测更具优势。

【关键词】甲状腺结节；CT；双源；双能量
【中图分类号】R581
【文献标识码】A
【基金项目】河南省国家中医临床研究基地科研专项课题(2021JDZY100)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.12.015

Study on the Clinical Value of Dual Source CT Dual Energy Imaging Technology in Differential Diagnosis of Benign and Malignant Thyroid Nodules*

LI Chao, WANG Dao-qing, GUO Wei, CHENG LIU-Hui*.
Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, Henan Province, China

ABSTRACT
Objective To analyze the value of dual-source CT dual-energy imaging in the diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. **Methods** 106 thyroid nodules patients were retrospectively selected. The case collection time was from January 2022 to May 2023, and the collection place was our hospital. The pathological results were statistically analyzed. The CT characteristics, dual source CT dual energy quantitative parameters of thyroid nodules benign and malignant were analyzed, ROC curve was drawn to analyze the diagnostic value of CT features and dual-source CT dual-energy quantitative parameters in benign and malignant thyroid nodules. **Results** Among 106 patients with thyroid nodules, 52 were malignant nodules and 54 benign nodules. The fuzzy margin and irregular shape in malignant nodule were higher than benign nodule, the IC, NIC and λ_{HU} in arterial venous phase were lower than benign nodule ($P<0.05$). ROC showed AUC value of boundary, shape, IC, NIC and λ_{HU} in arterial phase was 0.948, which was higher than AUC value of boundary, shape, IC, NIC and λ_{HU} in arterial phase (0.726、0.686、0.761、0.789、0.782, $P<0.05$). **Conclusion** CT characterization and combined detection of dual energy quantitative parameters of dual source CT are more advantageous in the diagnosis of benign and malignant thyroid nodules.
Keywords: Thyroid Nodules; CT; Dual Source; Dual Energy

甲状腺结节是出现在甲状腺内结构异常，可随吞咽上下移动的病灶，近年来据有关报道显示，其发病率呈明显升高趋势^[1-2]。由于甲状腺结节病变种类较多，影像特征具有一定的相似性，不同病变种类间存在鉴别难度大、误诊率高等特点^[3]。因此，采取及时有效的检查手段对甲状腺结节的良恶性进行鉴别诊断十分重要。超声是诊断甲状腺疾病的重要手段，但其也存在检查弊端，如针对小病灶缺乏典型特征，易造成漏诊和误诊^[4]。近年来，影像技术不断创新和发展，CT能够提高对病灶的检出率，但其在鉴别良恶性病灶方面仍有困难^[5]。双源CT双能量成像技术是近年来新发展起来的一种检查手段，其利用不同能量的X线，可获得较多的定量参数，包括CT征象、碘图及能谱曲线等，在病灶的良恶性定性中具有较高的临床价值^[6]。但目前关于甲状腺良恶性结节的诊断中双源CT双能量成像技术的应用价值尚需探索。基于此，本研究纳入甲状腺结节患者，旨在研究甲状腺良恶性结节的诊断中双源CT双能量成像的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集甲状腺结节患者106例，病例收集时间2022年1月至2023年5月，收集地点为我院。

纳入标准：甲状腺结节诊断参照文献^[7]；年龄超过18周岁者；均行双源CT双能量成像，且图像清晰者；手术病理、临床及影像资料齐全者等。排除标准：对碘过敏者；图像伪影较大者等。其中男、女各为30、76例；体质量指数平均 $(21.49\pm1.53)\text{kg/m}^2$ ；年龄平均 (46.58 ± 11.44) 岁。伦理委员会对本研究设计进行审核(伦理批号：2022HL-264-01)，并批准同意实施。

1.2 检查方法 (1)双源CT双能量成像技术检查及图像后处理：检查仪器选用德国Siemens SOMATOM Definition双源CT扫描仪，行双能量(颈部动、静脉期)扫描，从颅底扫描至主动脉弓。参数：A、B球管电压分别为80 kV、140 kV，启动CARE Dose 4D，重组层间隔、层厚各为1.5 mm、1.5 mm。行增强扫描(经肘静脉注射碘海醇)，使用剂量、流率各为1.0 mL/kg、3.5 mL/s。注射对比剂后延迟25 s、50 s后采集动、静脉期图像，而后传输图像至后处理工作站。(2)图像分析：甲状腺结节的特征分析(包括甲状腺结节数目、最大径、边缘、有无周围组织侵犯、有无钙化、强化程度、形状、有无囊变等)由头颈部影像诊断医师2名(10年以上工作经验的)按双盲法进行分析。(3)双源CT双能量定量参数测量：在工作站Dual Energy软件中上传双源CT双能量动、静脉双期增强数据，选择软件能谱曲线“Monoenergetic”、碘图“Liver VNC”进行分析，并手动勾画甲状腺结节感兴趣区(ROI)，将ROI放于同侧颈内动脉管腔内，对甲状腺结节ROI的碘浓度(IC)进行测量(注意手动勾画过程中需避开钙化和囊变坏死区)。CT_{ROI}/CT_{颈内动脉}=标准化CT值，IC_{ROI}/IC_{颈内动脉}=标准化碘浓度(NIC)，碘浓度差异(ICD)=IC_{甲状腺}-IC_{病灶}，ICD/IC_{甲状腺}=碘浓度差异比(ICDNR)。在双源CT双能量图像上，按“Monoenergetic”模式获得

【第一作者】李 超，男，主治医师，主要研究方向：心胸影像学。E-mail: rainnight03@163.com
【通讯作者】程留慧，男，副主任医师，主要研究方向：心胸影像学。E-mail: chengliuhui2013@163.com

40~190 keV区间单能量图像,获得CT值,观察能谱曲线,(CT_{40 keV}-CT_{100 keV})/(100 keV-40 keV)=能谱曲线斜率(λ_{HU})。

1.3 观察指标 (1)统计甲状腺结节的手术病理结果;(2)分析甲状腺良恶性结节的CT特征(包括甲状腺结节数目、最大径、边缘、有无周围组织侵犯、钙化、强化程度、形状、有无囊变等);(3)分析甲状腺良恶性结节的双源CT双能量定量参数(包括IC、NIC、ICDNR、 λ_{HU});(4)分析CT特征、双源CT双能量定量参数联合检测对甲状腺良恶性结节的诊断价值。

1.4 统计学处理 统计数据用软件SPSS 24.0,计数资料以[n(%)]表示,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,分布予以 χ^2 、独立样本t检验。绘制ROC曲线,获取AUC,分析CT特征、双源CT双能量定量参数联合检测对甲状腺良恶性结节的诊断价值,检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。P<0.05为存在统计学差异。

表1 甲状腺良恶性结节的CT特征比较

CT特征	恶性结节组(52例)	良性结节组(54例)	χ^2/t	P
数目[n(%)]			0.302	0.582
单发	18(34.62)	16(29.63)		
多发	34(65.38)	38(70.37)		
最大径(cm)	1.71±0.46	1.69±0.57	0.189	0.851
边缘[n(%)]			21.744	0.000
清楚	14(26.92)	39(72.22)		
模糊	38(73.08)	15(27.78)		
周围组织侵犯[n(%)]			2.244	0.134
有	15(28.85)	9(16.67)		
无	37(71.15)	45(83.33)		
钙化[n(%)]			0.306	0.580
有	16(30.77)	14(25.93)		
无	36(69.23)	40(74.07)		
强化程度[n(%)]			0.164	0.686
轻中度	29(55.77)	28(51.85)		
明显	23(44.23)	26(48.15)		
形状[n(%)]			15.806	0.000
规则	23(44.23)	44(81.48)		
不规则	29(55.77)	10(18.52)		
囊变[n(%)]			0.114	0.736
有	15(28.85)	14(25.93)		
无	37(71.15)	40(74.07)		

2 结果

2.1 甲状腺结节的手术病理结果 106例甲状腺结节患者中恶性结节52例,良性结节54例。

2.2 甲状腺良恶性结节的CT特征比较 与良性结节组比较,恶性结节组边缘模糊、形状不规则患者占比均更高(P<0.05)。见表1。

2.3 甲状腺良恶性结节的双源CT双能量定量参数比较 与良性结节组比较,恶性结节组动脉期IC、NIC及 λ_{HU} 均更低(P<0.05)。见表2。

2.4 CT特征、双源CT双能量定量参数联合检测对甲状腺良恶性结节的诊断价值 ROC曲线分析结果显示,边缘、形状、动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 联合诊断甲状腺良恶性结节的AUC值为0.948,高于边缘、形状、动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 单独检测(0.726、0.686、0.761、0.789、0.782, P<0.05)。见表3、图1。

2.5 典型影像图片分析 见图2。

表2 甲状腺良恶性结节的双源CT双能量定量参数

双源CT双能量定量参数	恶性结节组(52例)	良性结节组(54例)	χ^2/t	P
动脉期				
IC(mg/mL)	11.54±3.55	16.09±5.34	5.146	0.000
NIC	0.49±0.22	0.78±0.30	5.658	0.000
ICDNR	0.42±0.15	0.44±0.08	0.861	0.391
λ_{HU}	1.75±0.24	2.52±0.81	11.961	0.000
静脉期				
IC(mg/mL)	18.95±2.09	22.54±4.65	5.093	0.000
NIC	0.30±0.08	0.52±0.15	9.370	0.000
ICDNR	-0.19±0.05	-0.20±0.04	1.139	0.257
λ_{HU}	1.26±0.49	1.96±0.55	6.909	0.000

表3 CT特征、双源CT双能量定量参数联合检测对甲状腺良恶性结节的诊断价值

指标	cut-off	AUC	95%CI	敏感度 (%)	特异度 (%)	约登指数
CT特征						
边缘		0.726	0.631~0.809	73.1	72.2	0.453
形状		0.686	0.589~0.773	55.8	81.5	0.373
双源CT双能量						
定量参数						
动脉期IC	≤16.92mg/mL	0.761	0.669~0.839	98.1	50.0	0.481
动脉期NIC	≤0.71	0.789	0.699~0.862	90.4	64.8	0.552
动脉期 λ_{HU}	≤2.29	0.782	0.692~0.857	100.00	59.3	0.593
联合		0.948 ^{abcde}	0.887~0.982	88.5	90.7	0.792

注:与边缘比较,^aP<0.05;与形状比较,^bP<0.05;与动脉期IC比较,^cP<0.05;与动脉期NIC比较,^dP<0.05;与动脉期 λ_{HU} 比较,^eP<0.05。

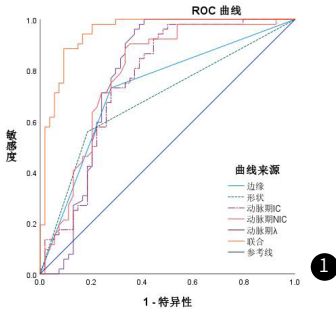
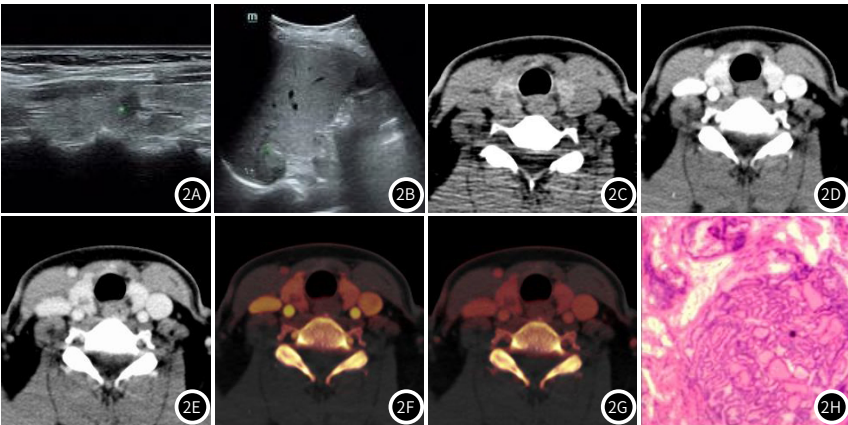


图1 ROC曲线



患者,女,49岁,
图2A-图2B 甲状腺结节呈囊实性,边界清晰;
图2C-图2E CT平扫、动、静脉期图像,可见甲状腺右叶类圆形结节,边界欠清,增强后呈轻中度不均匀强化;
图2F-图2G 甲状腺结节的动、静脉期碘图; 图2H 免疫组化结果提示甲状腺乳头状癌。

3 讨论

甲状腺根据临床表现及预后可分为恶性结节和良性结节^[8]。甲状腺恶性结节具有起病隐匿、结节特征不明显等特点，其临床、影像及病理表现与甲状腺良性结节相似性较高，鉴别较困难，进而易延误患者的最佳治疗时期，导致预后不理想^[9]。病理组织活检仍是诊断“金标准”，但其因具有创伤性而应用受限^[10]。超声检查小病灶因缺乏典型征象，也应用受限^[11]。因此，探索一种积极有效的检查方式显得尤为重要。本研究探讨甲状腺良恶性结节的诊断中双源CT双能量成像技术的应用价值，取得了较好的结果。

本研究统计病理结果显示，106例甲状腺结节患者中恶性结节52例，良性结节54例，且恶性结节组边缘模糊、形状不规则患者占比高于良性结节组，说明CT特征(边缘、形状等)能够初步判断甲状腺结节的良恶性。随着CT影像技术的发展，其可在一定程度上提高病灶的检出率。甲状腺良性结节CT特征多表现为结节形态边界多规则清晰，并呈膨胀性生长，伴包膜；而恶性结节多表现为呈浸润性生长，且生长速度不同，进而导致结节形态边界模糊不清，且不规则^[12-13]。因此，甲状腺结节的边界是否清晰、形状是否规则可作为甲状腺结节良恶性鉴别的重要征象。既往有研究^[14]指出，甲状腺恶性结节与结节内钙化相关，而本研究发现甲状腺结节良恶性与结节内钙化无明显关系，表明结节内钙化情况尚无法作为甲状腺结节良恶性鉴别的唯一依据。故寻找一种更典型的定量参数鉴别诊断甲状腺结节良恶性十分重要。

本研究分析双源CT双能量定量参数，结果显示相较于良性结节组，恶性结节组动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 均更低，提示动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 是重要的鉴别诊断甲状腺结节良恶性的定量参数。双源CT双能量成像可为疾病的诊断提供定量、客观和无创的评价方法，该技术利用不同能量的X线，可获得较多的定量参数，包括CT征象、碘图及能谱曲线等，具体参数如IC、NIC及 λ_{HU} 等^[15-16]。甲状腺结节性质会影响其摄碘量，恶性结节内因大部分的正常甲状腺滤泡细胞被癌细胞取代，会导致该区域的摄碘能力下降，导致动脉期IC降低^[17]。NIC能显示靶器官碘分布情况，同时在碘基图上划定甲状腺结节ROI可获得CT值、IC，可用于定量分析组织器官血供情况，进而可判断病变性质^[18-19]。甲状腺恶性结节的肿瘤微血管生成量更多，血管通透性更大，血供更丰富，故与甲状腺良性结节相比其动脉期NIC更低^[20]。能谱曲线能对病灶的强化程度及摄碘率进行反映，由于甲状腺结节性质的不同其内部组织成分存在一定的差异，能谱曲线表现不同^[21]。甲状腺恶性结节内正常的甲状腺滤泡细胞多被肿瘤细胞替代，且癌组织中乳头分支及纤维血管间质丰富，会使能谱曲线趋势降低，导致动脉期 λ_{HU} 降低^[22]。因此，动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 可作为重要的诊断甲状腺结节良恶性的定量参数。此外本研究分析CT特征、双源CT双能量定量参数联合检测诊断甲状腺良恶性结节的价值，结果显示，边缘、形状、动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 联合检测诊断甲状腺良恶性结节的AUC值高于边缘、形状、动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 单独检测，提示边缘、形状、动脉期IC、NIC、 λ_{HU} 联合诊断可相互补足，进一步提高诊断价值，而CT特征与静脉期IC、NIC、 λ_{HU} 联合检测是否能提高诊断价值仍需临床进一步研究予以验证。

综上所述，甲状腺良恶性结节的诊断中CT特征、双源CT双能量定量参数联合检测更具优势。值得注意的是，本研究为回顾性研究，统计样本的过程中可能存在信息偏差。未来，为进一步提高结果的准确性，临床可采用前瞻性多中心研究进一步深入探究，以获得更具代表性的研究结论。

参考文献

- [1] 杨扬, 王桂东, 李雪菲, 等. CT增强扫描结合后处理技术对良恶性甲状腺病变的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(5): 74-76.
- [2] Peng S, Liu Y, Lv W, et al. Deep learning-based artificial intelligence model to assist thyroid nodule diagnosis and management: a multicentre diagnostic study[J]. Lancet Digit Health, 2021, 3(4): 250-259.
- [3] Zhou J, Song Y, Zhan W, et al. Thyroid imaging reporting and data system (tirads) for ultrasound features of nodules: multicentric retrospective study in china[J]. Endocrine, 2021, 72(1): 157-170.
- [4] 张风云, 杨亚菲, 马芳. 实时剪切波弹性成像结合超声量化评分在甲状腺结节良恶性鉴别诊断中的应用价值[J]. 中国临床保健杂志, 2023, 26(4): 545-549.
- [5] 魏来, 王伟, 董慧玲, 等. CT对甲状腺结节钙化良恶性的鉴别作用分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(2): 46-48.
- [6] 刘妮, 王淑霞, 谢元亮, 等. 双能量CT联合超声鉴别甲状腺良恶性结节的价值[J]. 放射学实践, 2019, 34(11): 1224-1227.
- [7] 中华医学会内分泌学会. 甲状腺结节和分化型甲状腺癌诊治指南[J]. 中国肿瘤临床, 2012, 33(17): 1249-1249.
- [8] 任乐朋, 郑磊, 宋喜亮. 超声引导下甲状腺细针穿刺活检对甲状腺微小乳头状癌的诊断价值[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(11): 32-33.
- [9] 张利妮, 赵宏伟, 牛殿英. C-TIRADS联合超声弹性成像在甲状腺结节良恶性鉴别中的应用价值[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(7): 22-24.
- [10] 刘广华, 郑力鹏, 王瑞才, 等. 超声检查及引导细针穿刺活检在甲状腺结节良恶性中的鉴别诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(5): 756-758.
- [11] 戴红, 李慎义, 龙湘英, 等. 超声造影定量参数联合血清TSH、Tg、外周血NLR在甲状腺结节良恶性诊断中的应用价值[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(11): 2094-2097, 2052.
- [12] Lee DH, Lee YH, Seo HS, et al. Dual-energy CT iodine quantification for characterizing focal thyroid lesions[J]. Head Neck, 2019, 41(4): 1024-1031.
- [13] Li F, Huang F, Liu C, et al. Parameters of dual-energy CT for the differential diagnosis of thyroid nodules and the indirect prediction of lymph node metastasis in thyroid carcinoma: a retrospective diagnostic study[J]. Gland Surg, 2022, 11(5): 913-926.
- [14] Ha T, Kim W, Cha J, et al. Differentiating pulmonary metastasis from benign lung nodules in thyroid cancer patients using dual-energy ct parameters[J]. Eur Radiol, 2022, 32(3): 1902-1911.
- [15] 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.
- [16] 卢子婕, 李文美, 雷毅武, 等. 多模态MRI联合双源CT成像对甲状腺TI-RADS 4类结节鉴别诊断的临床价值[J]. 广西医科大学学报, 2021, 38(1): 166-171.
- [17] 郭油油, 李咏梅, 王静杰, 等. 双源CT能谱参数定性诊断甲状腺乳头状癌术后颈部转移淋巴结[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(5): 669-672.
- [18] 金弋人, 韩丹, 赵雯, 等. 双源CT平扫碘值联合TSH诊断良恶性甲状腺结节的价值[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(4): 591-595.
- [19] Choi Y, Jung SL, Jang J, et al. CT-based quantitative evaluation of the efficacy after radiofrequency ablation in patients with benign thyroid nodules[J]. Int J Hyperthermia, 2020, 37(1): 742-748.
- [20] Zhou J, Zhou Y, Hu H, et al. Feasibility study of using virtual non-contrast images derived from dual-energy ct to replace true non-contrast images in patients diagnosed with papillary thyroid carcinoma[J]. J Xray Sci Technol, 2021, 29(4): 711-720.
- [21] 程留慧, 窦允龙, 黄方方, 等. 双源CT双能量成像在甲状腺良恶性结节鉴别中的应用价值[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(6): 915-919.
- [22] 隋愿, 张丽英, 王兴龙, 等. 双能量CT增强碘图形态学特征联合标准化碘浓度对良恶性甲状腺结节的鉴别诊断价值[J]. 癌症进展, 2022, 20(21): 2206-2209.

(收稿日期: 2023-11-14)
(校对编辑: 韩敏求)