

论 著

基于能谱CT及超声初步建立的Logistic回归模型对甲状腺良恶性结节鉴别诊断价值的对比研究*

赵祖红 王铭洁 张云
唐雪飞 王谦 曹雷
任金武*

河北省保定市第一中心医院医学影像三科
(河北保定 071000)

【摘要】目的 探讨基于能谱CT表现、超声表现分别建立的Logistic回归模型对甲状腺良恶性结节的鉴别诊断价值。**方法** 回顾性分析我院2020年3月~2022年3月手术治疗的110例甲状腺结节患者的临床资料,整理并总结术前能谱CT及超声表现。二元Logistic逐步回归法分别建立术前能谱CT及超声表现鉴别诊断甲状腺良恶性结节的Logistic回归模型,并绘制ROC曲线,对比分析各自拟合的联合预测因子对其的鉴别诊断效能。**结果** 术后病理显示,恶性结节患者32例,共36个结节,其中甲状腺乳头状癌30例,滤泡状癌1例,未分化癌1例;良性结节患者78例,共98个结节,其中结节性甲状腺肿66个,甲状腺腺瘤32个。能谱CT表现为有边缘截断征,无包膜,较低的动脉期 γ_{HU} 、平扫IC及动脉期NIC是恶性结节的独立危险因素($P<0.05$),超声表现为形态不规则、钙化、无声晕或欠完整、较高血流分布分级是恶性结节的独立危险因素($P<0.05$)。能谱CT及超声表现模型拟合度均较好,有良好的校准能力($P>0.05$),能谱CT模型对甲状腺良恶性结节的鉴别诊断价值明显优于超声模型(AUC: 0.943 vs. 0.859) ($P<0.05$)。**结论** 与超声相比,以能谱CT表现建立的Logistic回归预测模型鉴别诊断甲状腺良恶性结节的临床价值更高,更具科学性,更有助于为临床治疗方案的选择提供参考,而对于基层医院,术前超声预测模型也是一种较可靠的鉴别诊断手段。

【关键词】 甲状腺结节; 甲状腺癌; 能谱CT; 超声; 危险因素; 回归模型

【中图分类号】 R322.5+1

【文献标识码】 A

【基金课题】 保定市科技计划项目(2041ZF098)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.06.012

Comparative Study on the Differential Diagnosis Value of Logistic Regression Model Based on Spectral CT and Ultrasonography for Benign and Evil Thyroid Nodules*

ZHAO Zu-hong, WANG Ming-jie, ZHANG Yun, TANG Xue-fei, WANG Qian, CAO Lei, REN Jin-wu*.
The Third Department of Medical Imaging, Baoding First Central Hospital, Baoding 071000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the value of Logistic regression model based on energy spectrum CT and ultrasound findings in differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. **Methods** To retrospectively analyze the clinical data of 110 patients with thyroid nodules undergoing surgical treatment in our hospital from March 2020 to March 2022, to organize and summarize the preoperative spectral CT and ultrasonography manifestations of benign and malignant thyroid nodules. Binary Logistic stepwise regression was used to establish the Logistic regression models for the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules by energy spectrum CT and ultrasound before surgery, and ROC curve was drawn. To compare and analyze the differential diagnostic efficacy of the combined predictors. **Results** Postoperative pathology showed 32 patients with 36 malignant nodules, including 30 cases of papillary thyroid carcinoma, 1 case of follicular carcinoma and 1 case of undifferentiated carcinoma. 78 patients with benign nodules, a total of 98 nodules, 66 nodules were nodular goiter and 32 nodules were thyroid adenoma. Spectral CT showed marginal truncation sign, no capsule, low arterial phase γ_{HU} , IC and NIC were independent risk factors for malignant nodules ($P<0.05$). Ultrasonography findings of irregular shape, calcification, silent halo or incomplete, high blood flow distribution grade were independent risk factors for malignant nodules ($P<0.05$). The spectral CT and ultrasonography models had good fit and good calibration ability ($P>0.05$). The spectral CT model was significantly better than the ultrasonography model in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules (AUC: 0.943 vs. 0.859), and the difference had statistical significance ($P<0.05$). **Conclusion** Compared with ultrasonography, Logistic regression prediction model based on energy spectrum CT findings has higher clinical value in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules, which is more scientific and helpful to provide a reference for the selection of clinical treatment. For primary hospitals, the preoperative ultrasonic prediction model is also a reliable means of differential diagnosis.

Keywords: Thyroid Nodule; Thyroid Cancer; Spectral CT; Ultrasonography; Risk Factors; Regression Model

甲状腺结节是临床常见病,早期对甲状腺结节良恶性进行判断,对制定合理治疗方案及患者预后均具有重要临床意义。甲状腺结节良恶性判定标准主要以术前细针穿刺细胞学检测及术后病理为准^[1],但细针穿刺为有创性操作,同时可能会增加甲状腺癌种植转移风险^[2]。而与其他恶性肿瘤相比,甲状腺癌的肿瘤标志物较少,甲状腺球蛋白(Tg)及甲状腺球蛋白抗体(TgAb)在甲状腺癌中可能会有增高,但敏感性及特异性均较低^[3]。因此,临床常通过影像学检查对甲状腺结节良恶性进行早期鉴别。超声操作简便,且定性诊断价值较高,但存在过多依赖操作者的经验,诊断主观性强的不足,且无法检查延伸至胸廓内的结节。MRI扫描时间较长,且易受受检者呼吸、吞咽影响,成像质量不理想,在甲状腺病变诊断中应用较少。传统CT检测分辨率高,能较好的呈现结节内囊变、钙化、浸润及淋巴结转移等情况,但甲状腺良恶性结节的CT表现有较多重叠,导致其对甲状腺癌诊断的特异性较低^[4]。能谱CT成像能通过单能量成像,利用物质分离功能进行能谱定量分析,从而为病灶诊断提供更多、更有意义的信息。目前,已发现能谱CT在头颈及胸腹部等病变诊断中具有重要临床价值^[5]。基于此,本研究整理并总结我院收治的110例甲状腺结节患者的术前能谱CT及超声资料,初步建立甲状腺结节良恶性鉴别诊断的Logistic回归模型,并对诊断效能进行对比分析,旨在为其早期临床诊治提供参考。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 资料收集 选择我院2020年3月至2022年3月手术治疗的110例甲状腺结节患者为研究对象。

纳入标准:年龄>18岁;所有患者术前均行超声及颈部CT平扫联合能谱CT成像增强扫描,并结合术后病理检查明确诊断^[5];无甲状腺疾病手术史及放化疗史;无碘造影剂过敏史及禁忌症;均能积极配合并顺利完成相关检查;临床相关资料完整。排除标准:除甲状腺外的其他重要脏器功能障碍者;合并其他颈部恶性肿瘤患者;实性成分无法测

【第一作者】 赵祖红,女,主治医师,主要研究方向:颈部肿瘤诊断。E-mail: zzh07300415@163.com

【通讯作者】 任金武,男,主任医师,主要研究方向:颈部肿瘤诊断。E-mail: 954069309@qq.com

量者；CT图像质量差无法评估者。本研究已获得院伦理委员会审核批准，且所有患者或家属均知情同意。其中男41例，女69例；年龄19~71岁，平均(52.26±12.57)岁，<60岁者65例，≥60岁者45例。

1.2 检查方法 所有患者均采用TOSHIBA Aplio XG彩超诊断仪进行检查，探头频率为7.5~13.0MHz。同时均应用GE Discovery CT 750HD行颌下至胸廓上缘部的宝石能谱成像(GSI)扫描，相关参数如下，管电压：140kVp与80kVp瞬时切换，管电流：260mA，转速：0.7s/r，层厚和层间距：0.625 mm，螺距：0.984。经肘正中静脉注入对比剂碘海醇(含I 300mg/mL)，剂量1.3mL/kg，注射速度为3~4mL/s。监测点统一为颈总动脉，动脉期扫描CT值触发点为100HU，动脉期后13s进入静脉期。扫描结束后将获得的图像以70keV的输出能量传至PACS系统进行图像重建，并进一步将重建数据上传至AW4.5后处理工作站进一步进行平扫、动脉期、静脉期的能谱分析。

1.3 图像分析 由两位临床经验丰富的超声医师共同探讨并完成超声图像分析。血流分布参考Adler分级法，0级为无血供，无血流信号；1级为低血供，有一两个点状或短棒状血流信号；2级为中等血供，有三四个点状血流信号或一条清晰血管；3级为丰富血供，可见2条管壁清晰血管，或片状血流信号^[6]。另外，由两位高年资放射科医生共同探讨并完成图像分析。平扫期感兴趣区(ROI)设定于实性成分密度均匀的结节，动静脉期ROI设定于强化最明显的结节，获取平扫、动静脉期有效原子序数、能谱曲线斜率 $[\gamma_{HU}, \gamma_{HU}=(HU40keV-HU100keV)/60]$ ，平扫碘浓度(IC)，而为了避免个体间循环因素差异的影响，通过测得同侧颈总动脉内另外一个ROI碘浓度值(IC_{CA})，分别计算动静脉期标准化碘浓度(NIC)，公式为 $NIC_{\text{动脉期(静脉期)}}=IC_{\text{动脉期(静脉期)}}/IC_{CA}$ 。同时观察并记录70keV单能量图像下结节形态学特征。

1.4 统计学处理 应用SPSS18.0统计软件对相关数据统计学处理，计数资料比较采用卡方检验，等级资料比较采用非参数检验；计量资料符合正态分布时用均数±标注差表示，不符合正态分布时用中位数(P₂₅, P₇₅)表示，组间比较分别采用两独立样本t检验和非参数检验；二元Logistic逐步回归法分别建立术前能谱CT及超声表现鉴别诊断甲状腺结节良恶性的Logistic回归模型，绘制ROC曲线分析其鉴别诊断效能，AUC比较采用Z检验。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 甲状腺结节术后病理诊断情况 术后病理结果显示，恶性结节患者32例，共36个结节，其中甲状腺乳头状癌30例，滤泡状癌1例，未分化癌1例；良性结节患者78例，共98个结节，结节性甲状腺肿66个，甲状腺腺瘤32个。

2.2 甲状腺结节能谱CT表现 结节形态学特征方面，恶性结节边界欠清晰、边缘截断征、无包膜、钙化及单发结节占比明显高于良性结节(P<0.05)；在能谱CT参数方面，恶性结节平扫 γ_{HU} 、IC、动脉期 γ_{HU} 、NIC均明显低于良性结节(P<0.05)。见表1。

2.3 初步建立甲状腺良恶性结节鉴别诊断的能谱CT表现Logistic回归模型及ROC曲线分析 以甲状腺结节的良恶性为因变量(0=良性，1=恶性)，纳入能谱CT参数及形态学特征分析中P<0.1的因素作为协变量，初步建立恶性结节术前能谱CT诊断的Logistic回归模型，最终进入模型标准为P<0.05，同时采用Logistic向前逐步回归法以避免各因素间可能存在的多重共线性问题，最终得到回归方程为 $Logit(P)=6.556+1.690 \times \text{边缘截断}$

$\text{征}-1.653 \times \text{包膜}-1.232 \times \text{动脉期}\gamma_{HU}-0.128 \times \text{平扫IC}-8.632 \times \text{动脉期NIC}$ ，并拟合成新的联合预测因子PRE₁。能谱CT表现为有边缘截断征，无包膜，较低的动脉期 γ_{HU} 、平扫IC及动脉期NIC是恶性结节的独立危险因素(P<0.05)，见表2。ROC曲线结果显示，术前能谱CT表现拟合的联合预测因子对甲状腺恶性结节诊断效能优于各原始协变量。见表3，图1。

2.4 甲状腺良恶性结节超声表现比较 甲状腺良恶性结节在形态、钙化、边界、声晕、血流分布分级及回声类型方面差异均有统计学意义(P<0.05)，见表4。

2.5 初步建立甲状腺良恶性结节鉴别诊断的超声表现Logistic回归模型及ROC曲线分析 以甲状腺结节的良恶性为因变量(0=良性，1=恶性)，纳入能谱CT参数及形态学特征分析中P<0.1的因素作为协变量，初步建立恶性结节术前超声诊断的Logistic回归模型，最终进入模型标准为P<0.05，同时采用Logistic向前逐步回归法以避免各因素间可能存在的多重共线性问题，最终得到回归方程为 $Logit(P)=-4.002+1.129 \times \text{形态}+1.288 \times \text{钙化}-1.732 \times \text{声晕}+0.992 \times \text{血流分布分级}$ ，并拟合成新的联合预测因子PRE₁。超声表现为形态不规则、钙化、无声晕或欠完整、较高血流分布分级是恶性结节的独立危险因素(P<0.05)，见表5。ROC曲线结果显示，术前超声表现拟合的联合预测因子对甲状腺恶性结节诊断效能优于各原始协变量。见表6，图2。

2.6 基于能谱CT及超声表现的Logistic回归模型对甲状腺良恶性结节鉴别诊断价值比较 能谱CT及超声表现对甲状腺良恶性结节鉴别诊断的回归方程中协变量容忍度均>0.1、VIF均<10、条件索引均<30，因此认为两个模型中各协变量间无共线性。拟合优度检验显示，能谱CT及超声表现模型Hosmer-Lemeshow χ^2 分别为3.096、4.603，P分别为0.930、0.799>0.05，提示两个预测模型拟合度均较好，有良好的校准能力。能谱CT模型对甲状腺良恶性结节的鉴别诊断价值明显优于超声模型(AUC: 0.943 vs.0.859),差异有统计学意义(Z=2.148, P=0.032)。

表1 甲状腺良恶性结节能谱CT表现比较

因素		恶性结节(n=36)	良性结节(n=98)	$\chi^2/t/Z$	P
形态	规则	10	44	3.207	0.073
	不规则	26	54		
边界	清晰	10	60	11.805	0.001
	欠清晰	26	38		
边缘截断征	无	11	70	18.397	0.000
	有	25	28		
包膜	无	29	61	4.003	0.045
	有	7	37		
钙化	无	19	70	4.106	0.043
	有	17	28		
囊变	无	28	71	0.387	0.534
	有	8	27		
结节数量	单发	28	56	4.793	0.029
	多发	8	42		
有效原子序数	平扫	7.97±0.86	8.27±0.96	1.620	0.108
	动脉期	9.48±1.30	9.81±1.22	1.332	0.185
	静脉期	9.36±0.76	9.23±0.78	0.869	0.386
YHU	平扫	0.56(-0.08,0.76)	0.64(0.45,1.05)	2.711	0.007
	动脉期	2.66±1.14	4.07±0.90	7.468	0.000
	静脉期	3.48±0.85	3.59±0.51	0.892	0.374
IC(100μg/ml)	平扫	6.52(0.02,9.36)	9.16(5.22,13.68)	2.969	0.003
NIC	动脉期	0.25±0.11	0.44±0.20	5.438	0.000
	静脉期	0.40±0.19	0.42±0.21	0.486	0.628

表2 甲状腺恶性结节能谱CT表现危险因素的回归分析结果

协变量	赋值	B	S.E	Wals χ^2	P	OR	95%CI
边缘截断征	0=无，1=有	1.690	0.672	6.317	0.012	5.421	1.451~20.252
包膜	0=无，1=有	-1.653	0.795	4.322	0.038	0.191	0.040~0.910
动脉期 γ_{HU}	连续变量	-1.232	0.329	14.018	0.000	0.292	0.153~0.556
平扫IC	连续变量	-0.128	0.059	4.710	0.030	0.880	0.784~0.988
动脉期NIC	连续变量	-8.632	2.518	11.756	0.001	0.000	0.000~0.025
常量		6.556	1.636	16.056	0.000	703.704	

表3 术前能谱CT鉴别诊断甲状腺结节良恶性的效能参数

指标	临界值	约登指数	敏感度	特异度	准确度	AUC(95%CI)
边缘截断征	有	0.408	0.694	0.714	0.709	0.704(0.603~0.806)
包膜	无	0.184	0.806	0.378	0.493	0.592(0.487~0.696)
动脉期 γ_{HU}	3.45	0.615	0.778	0.837	0.821	0.837(0.751~0.923)
平扫IC(100 μ g/mL)	8.55	0.228	0.667	0.561	0.590	0.668(0.568~0.767)
动脉期NIC	0.36	0.575	0.861	0.714	0.754	0.798(0.720~0.875)
联合预测因子PRE_1	0.29	0.749	0.861	0.888	0.881	0.943(0.880~0.980)

表4 甲状腺良恶性结节超声表现比较

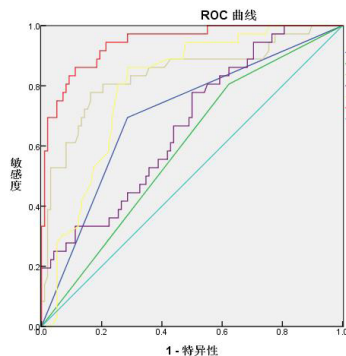
因素		恶性结节(n=36)	良性结节(n=98)	$\chi^2/t/Z$	P
形态	规则	9	48	6.194	0.013
	不规则	27	50		
边界	清晰	14	61	5.828	0.016
	欠清晰	22	37		
钙化	无	16	65	5.273	0.022
	有	20	33		
声晕	无或欠完整	26	37	12.556	0.000
	有	10	61		
血流分布分级	0级	6	47	4.642	0.000
	1级	5	28		
	2级	13	15		
	3级	12	8		
回声类型	无回声	1	10	17.102	0.000
	低回声	22	24		
	混合回声	8	50		
	等回声或高回声	5	14		

表5 甲状腺恶性结节超声表现危险因素的回归分析结果

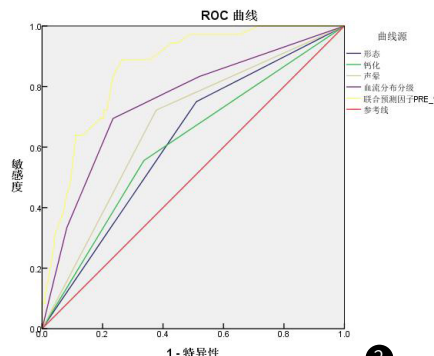
协变量	赋值	B	S.E	Wals χ^2	P	OR	95%CI
形态	1=规则, 2=不规则	1.129	0.519	4.732	0.030	3.093	1.118~8.552
钙化	0=无, 1=有	1.288	0.516	6.240	0.012	3.627	1.320~9.966
声晕	0=无或欠完整, 1=有	-1.732	0.521	11.056	0.001	0.177	0.064~0.491
血流分布分级	0=0级, 1=1级, 2=2级, 3=3级	0.992	0.230	18.642	0.000	2.697	1.719~4.230
常量		-4.002	1.033	15.024	0.000	0.018	

表6 术前超声鉴别诊断甲状腺良恶性结节的效能参数

指标	临界值	约登指数	敏感度	特异度	准确度	AUC(95%CI)
形态	不规则	0.240	0.750	0.490	0.560	0.620(0.516~0.724)
钙化	有	0.219	0.556	0.663	0.634	0.609(0.500~0.719)
声晕	无或欠完整	0.344	0.722	0.622	0.649	0.672(0.570~0.774)
血流分布分级	2级	0.459	0.694	0.765	0.746	0.750(0.653~0.847)
联合预测因子PRE_1	0.22	0.624	0.889	0.735	0.776	0.859(0.793~0.924)



①



②

图1 术前能谱CT表现联合预测因子鉴别诊断甲状腺良恶性结节的ROC曲线。图2 术前超声表现联合预测因子鉴别诊断甲状腺良恶性结节的ROC曲线。

3 讨论

甲状腺结节在临床较为常见,约有3%~8%的成年人可触及或通过影像学检查发现有甲状腺结节^[7]。而甲状腺癌常发病隐匿,进展较慢,很难在早期进行准确的诊断,误诊、漏诊率较高^[8]。超声表现中甲状腺结节形态、边界、回声、血流等征象均对良恶性结节鉴别有一定意义,但存在因操作者主观性较强而影响结果判断的弊端。本研究结果显示,形态不规则、钙化、无声晕或欠完整、较高血流分布分级是恶性结节的独立危险因素($P<0.05$),但单一因素对良恶性结节的鉴别诊断效能较低,仅血流分布分级的AUC>0.7。传统螺旋CT扫描在甲状腺良恶性结节诊断及随访中发挥着重要作用,但“异病同影,同病异影”现象比较普遍,具有较高的重叠性^[9],依据CT形态学特征对甲状腺癌的诊断效能较差。本研究发现,仅边缘截断征、无包膜是甲状腺恶性结节的独立危险因素。边缘截断征主要表现为正常高密度的甲状腺轮廓部分被低密度肿瘤所占据,瘤体轮廓较完整,而表现为甲状腺轮廓局部缺损。而包膜出现往往是甲状腺良性结节的特异性征象,但恶性结节也常可能有假包膜形成。本研究结果显示,单纯以边缘截断征、无包膜鉴别诊断甲状腺良恶性结节的效能较低(AUC为0.704、0.592)。另外,传统CT为多能量成像,无物质定量分析功能,难以获得准确的CT值,且无法重复呈现组织X线衰减特性,导致得出的碘浓度存在较大偏差,定量准确性较低^[10-11]。

能谱CT采用瞬时切换高低能量(80kVp及140kVp两组电压)的成像模式,获取两组原始能量信息的相关原始数据,并对其进行能谱分析,进而得到各水平的单能量图像及物质分离图像,由于在此过程中不损失原始能量信息,使相关图像更真实、清楚,可以通过对基物质含量进行定量及能谱曲线分析,从而为肿瘤良恶性鉴别及进展提供更多的参考信息^[12-13]。以碘及水为基物质对所得到的能谱CT碘基图,能很好地反应碘的空间分布及沉积^[14],加之甲状腺组织对碘具有摄取及贮藏能力,任何能破坏甲状腺组织的病变均可不同程度地改变碘的含量^[15],因此,能谱CT碘含量既能反映甲状腺病变组织碘分布情况,也能间接体现该区域的供血情况^[16]。佟晶等^[17]的研究发现,能谱CT测得甲状腺结节的碘浓度与组织中测得的碘含量具有较高一致性。李琳等^[18]研究认为,能谱CT能定量评估甲状腺病变碘含量,对其良恶性鉴别具有一定的价值,而联合形态学特征,可能会进一步提高鉴别诊断效果,但目前相关模型建立及系统研究甚少。

本研究结果显示,甲状腺恶性结节平扫 γ_{HU} 、IC,动脉期 γ_{HU} 、NIC均明显低于良性结节($P<0.05$),而静脉期各指标无显著差异。平扫及动脉期碘含量差异可能与甲状腺癌细胞取代正常甲状腺细胞后,细胞排列更加紧密,且多为乳头状结构而导致其摄碘能力显著降低;而甲状腺良性结节多为退行性病变,主要为滤泡上皮经过反复的增生、复原,并伴随纤维间隔和结节生成所致,病灶中仍残存有滤泡组织而保留了部分摄碘功能有关^[19]。而曲线斜率的差异除上述因素外,还可能是甲状腺癌组织血供相对更少所致^[20]。另外,静脉期 γ_{HU} 、NIC主要体现组织细胞对造影剂的廓清能力,甲状腺癌细胞会诱导血管内皮细胞的增殖,对肿瘤新血管生成具有调节作用,从而扩张血管并增加其通透性,导致组织间隙中部分碘滞留,而这部分碘可在一定程度上抵消甲状腺癌所导致的甲状腺摄碘功能低下;而甲状腺良性结节可通过丰富的血流快速廓清摄取的碘,固甲状腺癌静脉期碘含量可能会更接近甚至略高于甲状腺良性结节。但进一步绘制ROC曲线显示,较低的动脉期 γ_{HU} 及NIC对甲状腺恶性结节具有一定的诊断价值(AUC>0.7),而平扫IC的AUC仅为0.668,单一能谱CT参数的鉴别诊断价值并不理想。

基于上述研究结果,本研究进一步建立能谱CT参数及形态学特征鉴别诊断甲状腺良恶性结节的Logistic回归模型,以期提高鉴别诊断效能,同时也建立超声表现的Logistic回归模型作为对

比,结果显示,能谱CT及超声回归模型的联合预测因子鉴别诊断甲状腺良恶性结节的AUC分别为0.943和0.859,能谱CT回归模型明显优于超声模型($P=0.032$),约登指数、灵敏度、准确度也均较单一因素预测得到显著提高,且模型拟合度均较好(Hosmer-Lemeshow拟合优度检验, $P=0.930$ 、0.799),表明术前能谱CT及超声表现预测模型对甲状腺良恶性结节均具有很好的鉴别诊断价值,尤其是能谱CT预测模型。

综上所述,与超声相比,以能谱CT表现建立的Logistic回归预测模型对甲状腺良恶性结节的术前鉴别诊断效能更高,更具科学性,且更有助于为临床治疗方案的选择提供参考,而对于基层医院,术前超声预测模型也是一种较可靠的鉴别诊断手段。但本研究属回顾性研究,且样本量相对较小,可能存在一定的偏倚,故仍需进一步大样本的前瞻性研究对数据进行修正使预测模型更具临床价值。

参考文献

- [1]王春梅,甄燕,王利利,等.超声弹性成像与超声引导下细针穿刺活检对甲状腺结节的诊断价值[J].现代仪器与医疗,2017,23(2):14-15,18.
- [2]李红文.能谱CT对甲状腺良恶性结节鉴别价值的探讨[D].合肥:安徽医科大学,2014.
- [3]Nikiforov YE.Role of Molecular Markers in Thyroid Nodule Management:Then and Now[J].Endocr Pract,2017,23(8):979-988.
- [4]高雪峰,钱林清.甲状腺良恶性结节的CT表现及鉴别诊断[J].实用医学影像杂志,2017,18(1):78-80.
- [5]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,中华医学会核医学分会.甲状腺结节和分化型甲状腺癌诊治指南[J].中华核医学与分子影像杂志,2013,33(2):96-115.
- [6]夏丛燕,卢延嘉,韩煜东,等.甲状腺结节的彩色多普勒血流Adler分级对超声引导下细针穿刺细胞学结果的影响[J].临床与病理杂志,2018,38(10):2102-2108.
- [7]Grani G,Sponziello M,Pecce V,et al.Contemporary Thyroid Nodule Evaluation and Management[J].J Clin Endocrinol Metab,2020,105(9):2869-2883.
- [8]Singh Ospina N,Maraka S,Espinosa DeYcaza A,et al.Diagnostic accuracy of thyroid nodule growth to predict malignancy in thyroid nodules with benign cytology:systematic review and meta-analysis[J].Clin Endocrinol (Oxf),2016,85(1):122-131.
- [9]Wu JH,Zeng W,Wu RG,et al.Comparison of Ultrasonography and CT for Determining the Preoperative Benign or Malignant Nature of Thyroid Nodules:Diagnostic Performance According to Calcification[J].Technol Cancer Res Treat,2020 Jan-Dec(19):1533033820948183.
- [10]Ohira S,Karino T,Ueda Y,et al.How Well Does Dual-energy CT with Fast Kilovoltage Switching Quantify CT Number and Iodine and Calcium Concentrations?[J].Acad Radiol,2018,25(4):519-528.
- [11]程远.能谱CT参数在诊断鉴别甲状腺良恶性病变中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(4):26-28.
- [12]李泉江.能谱CT在颌面部及颈部疾病诊断中的应用[J].临床放射学杂志,2020,39(6):1232-1235.
- [13]Liang G,Yu W,Liu SQ,et al.The value of radiomics based on dual-energy CT for differentiating benign from malignant solitary pulmonary nodules[J].BMC Med Imaging,2022,22(1):95.
- [14]冀乐,徐玉芹,张庆,等.宝石能谱CT成像碘基图在肺栓塞诊断中的应用价值[J].中西医结合心血管病电子杂志,2020,8(18):108,119.
- [15]赵艳蕊,马二奎,高晓琳,等.能谱CT成像在甲状腺良恶性结节诊断中的应用价值研究[J].中国现代普通外科进展,2021,24(9):716-720.
- [16]Zopfs D,Lennartz S,Große Hokamp N,et al.Head and neck squamous cell carcinoma:evaluation of iodine overlay maps and low-energy virtual mono-energetic images acquired with spectral detector CT[J].Clin Radiol,2022,77(6):e425-e433.
- [17]佟晶,李松柏.甲状腺结节的能谱CT研究[J].放射学实践,2015,30(6):694-695.
- [18]李琳.能谱CT在甲状腺病变诊断及鉴别诊断中的应用研究[D].北京:清华大学医学部,2017.
- [19]班允清,杨进军,邵泽锋.甲状腺良恶性病变的双源CT能谱特征分析[J].中国临床研究,2016,29(10):1327-1329.
- [20]薛龙梅,潘自兵,张志远,等.CT能谱成像在鉴别甲状腺良恶性结节中的应用价值[J].中国医学影像学杂志,2014,22(12):908-911.

(收稿日期:2022-09-25)

(校对编辑:姚丽娜)