



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2021.11.012  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2021.11.012  
Chinese Journal of General Surgery, 2021, 30(11):1359-1366.

· 临床研究 ·

## 能谱CT及其联合甲状腺球蛋白检测对良恶性甲状腺结节的诊断价值

石灿, 彭松, 梁琪

(中南大学湘雅三医院 放射科, 湖南 长沙 410013)

### 摘要

**背景与目的:** 甲状腺结节是一临床常见病。其中恶性结节具有较高转移风险, 正确判断甲状腺结节性质对于制定治疗方案和改善预后具有重要意义。目前检查方法均存在局限性, 本研究通过探讨能谱CT及其联合多种因素对甲状腺结节性质的诊断效能。

**方法:** 回顾性分析2018年8月—2021年3月间收治的甲状腺结节患者资料, 按纳入与排除标准选择合适的病例, 分析良恶性结节患者的人口学因素、影像资料、能谱数据以及甲状腺功能检验结果, 筛选其中有差异的指标, 并绘制受试者工作特征曲线(ROC), 以曲线下面积(AUC)评价诊断效能。

**结果:** 最终纳入151例患者, 男46例, 女105例, 共计224枚结节, 其中良性组结节61枚, 恶性组结节163枚。良恶性甲状腺结节患者间具有明显差异的指标包括年龄( $P<0.001$ )、甲状腺球蛋白(Tg)( $P<0.001$ )、甲状腺过氧化物酶抗体( $P=0.003$ )和降钙素( $P=0.017$ ); 良恶性结节形态学与能谱参数中方面有明显差异的指标包括边界( $P<0.001$ )、钙化( $P=0.03$ )、囊变( $P<0.001$ )、水含量变化率( $RC_{wc}$ )( $P=0.002$ )。多项因素回归分析结果显示, 无囊变、 $RC_{wc}$ 、Tg、年龄均为恶性结节的危险因素(均 $P<0.05$ )。能谱CT单独诊断(能谱参数和影像学特征)的灵敏度为55.7%, 特异度为94.4%, 准确度为91.0%, AUC为0.783; 能谱CT联合Tg诊断甲状腺癌的灵敏度为81.0%, 特异度为80.9%, 准确度为80.9%, AUC为0.850; 能谱CT联合Tg与年龄诊断甲状腺癌的灵敏度为85.7%, 特异度为84.6%, 准确度为84.7%, AUC为0.905。

**结论:** 能谱CT对诊断甲状腺结节的良恶性具有一定的价值, 通过能谱CT所获得的 $RC_{wc}$ 与影像学特征联合Tg检测并结合患者年龄考虑, 对诊断甲状腺结节性质有较高的准确度。

### 关键词

甲状腺结节; 能谱成像; 甲状腺球蛋白; 诊断, 鉴别  
中图分类号: R736.1

## Diagnostic values of spectral CT and its combination with thyroglobulin detection for benign or malignant thyroid nodules

SHI Can, PENG Song, LIANG Qi

(Department of Radiology, the Third Xiangya Hospital of Central South University, Changsha 410013, China)

### Abstract

**Background and Aims:** Thyroid nodules are common clinical entities. Among them, malignant nodules have a higher risk of metastasis. Correct definition of the nature of thyroid nodules is of great

收稿日期: 2021-08-24; 修订日期: 2021-10-13。

作者简介: 石灿, 中南大学湘雅三医院主管技师, 主要从事CT的临床应用方面的研究。

通信作者: 梁琪, Email: csuliangqi10@163.com

significance for developing treatment plans and improving prognosis. However, all currently available inspection methods have their limitations. Therefore, this study was performed to investigate the efficiency of spectral CT and its combination with multiple other factors in differential diagnosis of thyroid nodules.

**Methods:** The data of patients with thyroid nodules admitted from August 2018 to March 2021 were reviewed, and the eligible cases were selected according to the inclusion and exclusion criteria. The demography factors, imaging findings, spectral data and thyroid function test results of between patients with benign or malignant thyroid nodules were analyzed, and the variables with significant difference were screened out. The receiver operating characteristic (ROC) curve was draw, and the diagnostic efficiency was evaluated by the value of the area under curve (AUC).

**Results:** A total of 151 patients were enrolled, of whom 46 were males and 105 were females with a total of 224 nodules that included 61 benign nodules and 163 malignant nodules. The variables showing significant difference between patients with benign or malignant thyroid nodules were age ( $P<0.001$ ), thyroglobulin (Tg) ( $P<0.001$ ), thyroid peroxidase antibody ( $P=0.003$ ) and calcitonin ( $P=0.017$ ); the variables with significant difference in terms of morphological features and spectral parameters between benign and malignant thyroid nodules included the boundary ( $P<0.001$ ), calcification ( $P=0.03$ ), cystic degeneration ( $P<0.001$ ), and rate of change of water concentration ( $RC_{wc}$ ) ( $P=0.002$ ). The results of multivariate analysis revealed that absent of cystic degeneration,  $RC_{wc}$ , Tg and age were risk factors for malignant nodules (all  $P<0.05$ ). The sensitivity, specificity, accuracy and AUC for spectral CT alone (spectral parameters plus imaging characteristics) were 55.7%, 94.4%, 91.0% and 0.783, for spectral CT combined with Tg detection were 81.0%, 80.9%, 80.9% and 0.850, and for spectral CT combined with Tg and age were 85.7%, 84.6%, 84.7% and 0.905, respectively.

**Conclusion:** Spectral CT has certain value in differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. The  $RC_{wc}$  and imaging characteristics obtained from spectral CT combined with Tg detection, with consideration of age of the patients, may offers a higher accuracy for definition of the nature of thyroid nodules.

#### Key words

Thyroid Nodule; Spectral Imaging; Thyroglobulin; Diagnosis, Differential

CLC number: R736.1

甲状腺结节是一临床常见病，文献<sup>[1]</sup>报道超过50%的成人存在甲状腺结节。其中恶性结节甲状腺癌具有较高转移风险，正确判断甲状腺结节性质对于制定治疗方案和改善预后具有重要意义。目前检查方法中，细针穿刺细胞学检查（fine needle aspiration cytology, FNAC）是定性的金标准，但其为有创检查，存在假阴性<sup>[2]</sup>和肿瘤种植转移可能<sup>[3]</sup>。超声检查无创、经济，但对肿瘤周围侵犯范围的评估不够，且操作者的主观性较强。国内常规一般超声鉴别甲状腺结节性质的灵敏度、特异度、准确度分别约为75.5%、73.3%、75.0%<sup>[4]</sup>。美国放射学会的指南上公布了超声TIRADS诊断甲状腺结节良恶性的效能，其灵敏度、特异度、准确度分别为74.7%、67.3%和50.9%，其阴性预测值和阳性预测值分别为90.1%和40.2%<sup>[5]</sup>。超声引导下穿

刺的准确度可高达95.8%，但毕竟是一种有创的检查，存在感染、出血和多种并发症的风险<sup>[6]</sup>。传统CT虽然可较好观察甲状腺与周围组织的解剖关系，但影像学特征往往缺乏特异性，其定性诊断效能不佳<sup>[7]</sup>。能谱CT可对目标组织的碘、水含量等进行定量分析，具有更高的病变定性能力<sup>[8]</sup>，为解决上述问题提供了可能。检验学方面，甲状腺球蛋白（thyroglobulin, Tg）被认为与肿瘤直径、TMN分期、淋巴结转移及远处转移相关；在甲状腺癌患者中，甲状腺球蛋白抗体（thyroglobulin antibody, TgAb）的阳性率约为健康人群的2倍，良性结节患者的1.5倍，提示甲状腺功能具有潜在诊断价值<sup>[9]</sup>。本研究探讨能谱CT及其联合甲状腺功能等指标对甲状腺结节性质的诊断效能，以期为临床术前准确判断甲状腺结节性质提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

收集自2018年8月—2021年3月间,所有因发现甲状腺结节入住我院乳甲外科并行能谱甲状腺CT扫描的患者资料。入组标准:(1)年龄>18岁;(2)术前行甲状腺能谱CT检查;(3)具有病理学诊断结果;(4)术前除甲状腺癌外,无其他确诊的恶性肿瘤。排除标准:(1)无病理结果或病理结果不明确;(2)发现患者行术前甲状腺能谱CT时存在其他恶性肿瘤;(3)从CT影像上无法辨识病灶。该研究方案于研究前申报并得到本院伦理委员会的批准,所有患者在受试前均知情同意并签署知情同意书。

### 1.2 方法

**1.2.1 形态学分析** 由3名具有丰富头颈部肿瘤诊断经验的放射科医师在未知晓手术及病理的情况下使用AW4.6工作站独立阅片并诊断。患者存在多个结节时,每个结节分别观测。观测的内容包括:结节的边界、钙化、囊变和颈部是否存在肿大(短径 $\geq 1$  cm)的淋巴结。以上征象若有不同意见,以2名医师一致的结论为准。

**1.2.2 能谱分析** 由1名具有丰富经验的放射科技师对所有结节进行测量,在横断位图像上,将感兴趣区域(region of interest, ROI)分别放置于病灶与正常甲状腺。尽量选择病灶中实性区域,并避开明显的钙化、囊变和坏死组织。采集参数包括:结节和正常甲状腺组织40 keV时的CT值(HU40 keV)、100 keV时的CT值(HU100 keV)、碘含量(iodine concentration, IC)、水含量(water concentration, WC)、有效原子序数(effective atomic number, Eff-Z)。能谱曲线斜率(slope of spectral curve,  $\lambda$ HU)的计算公式为 $\lambda$ HU=(HU40keV-HU100 keV)/(100-40)<sup>[10-11]</sup>。为减少个体差异对实验的影响,可通过计算获得结节与正常甲状腺组织的能谱参数变化率,如:碘含量变化率(rate of change of iodine concentration,  $RC_{IC}$ )=(甲状腺结节的IC-正常甲状腺组织的IC)/正常甲状腺组织的IC; WC变化率(rate of change of water concentration,  $RC_{WC}$ )、Eff-Z变化率(rate of change of effective atomic number,  $RC_{Eff-Z}$ )和能谱曲线变化率(rate of change of slope of spectral curve,  $RC_{\lambda HU}$ )同理计算。

### 1.3 统计学处理

所有数据采用SPSS 22.0软件进行统计学分析。计量资料采用均值 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,计数资料采用百分率表示。符合正态分布的计量资料组间比较独立样本 $t$ 检验;计数资料组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用二元Logistic回归分析方法筛选甲状腺恶性肿瘤危险因素,并绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,以曲线下面积(area under curve, AUC)评价该诊断模型的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者一般资料

共入组151例患者,结节共计224枚。良性组结节61枚,包括结节性甲状腺肿( $n=56$ ),桥本甲状腺炎( $n=2$ ),淋巴细胞性甲状腺炎( $n=3$ );男8例,女17例;年龄27~75岁,平均( $53.72 \pm 12.16$ )岁。恶性组结节163枚,均为甲状腺乳头状癌(PTC),男性38例,女性88例;年龄21~75岁,平均( $41.66 \pm 11.77$ )岁。良性患者组与恶性患者组间年龄差异有统计学意义( $P < 0.001$ ),性别差异无统计学意义( $P=0.739$ )(表1)。

表1 患者一般信息  
Table 1 General information of the patients

项目	良性患者组 ( $n=25$ )	恶性患者组 ( $n=126$ )	$t/\chi^2$	$P$
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	53.72 $\pm$ 12.16	41.68 $\pm$ 11.77	0.021	<0.001
性别[n(%)]				
女	17(68.0)	88(69.8)	0.193	0.739
男	8(32.0)	38(30.2)		

### 2.2 形态学分析

良性结节与恶性结节间形态学指标中差异有统计学意义的包括:边界清楚( $P < 0.001$ )、钙化( $P=0.030$ )和囊变( $P < 0.001$ ),而淋巴结增大的差异无统计学意义( $P=0.235$ )(表2)。

### 2.3 能谱参数定量分析

良性结节和恶性结节的 $RC_{WC}$ 差异有统计学意义( $P=0.002$ ),其余各能谱参数差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )(表3)。良恶性病灶能谱CT图像见图1。

表2 形态学特征统计结果[n (%)]

Table 2 Statistical results of morphological characteristics [n (%)]

病理	边界清楚	钙化	囊变	淋巴结增大
良性结节(n=61)	23(37.7)	9(14.8)	31(50.8)	21(34.4)
恶性结节(n=163)	21(12.9)	47(28.8)	9(5.5)	43(26.4)
$\chi^2$	17.326	4.693	62.094	1.408
P	<0.001	0.030	<0.001	0.235

表3 良性结节与恶性结节的能谱参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Comparison of energy spectrum parameters between benign and malignant thyroid nodules ( $\bar{x} \pm s$ )

能谱参数	良性结节(n=61)	恶性结节(n=163)	t	P
RC <sub>λHU</sub>	-0.23±0.25	-0.23±0.18	0.147	0.883
RC <sub>IC</sub>	-0.23±0.25	-0.23±0.18	0.186	0.853
RC <sub>WC</sub>	-0.005 6±0.012 2	-0.011 1±0.011 4	3.174	0.002
RC <sub>EF-Z</sub>	-0.042 5±0.046 4	-0.042 3±0.032 9	-0.030	0.976

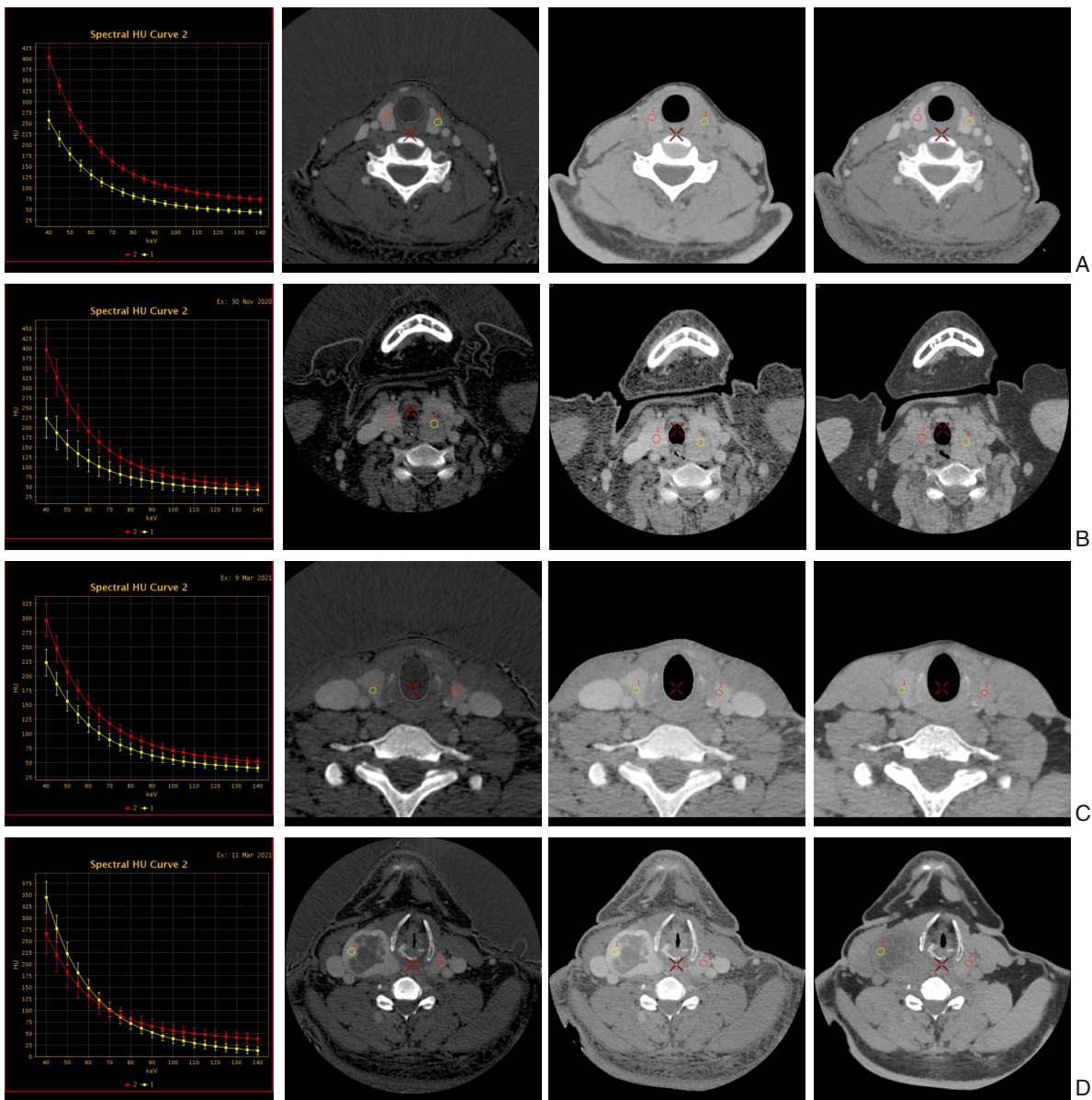


图1 良恶性病灶能谱CT图 A: PTC患者(女, 35岁)甲状腺能谱CT图; B: 结节性甲状腺肿患者(女, 69岁)甲状腺能谱CT图, 黄色ROI为病灶, 红色为正常甲状腺组织; C: PTC患者(男, 28岁)甲状腺能谱CT图; D: 结节性甲状腺肿患者(男, 44岁)甲状腺能谱CT图, 黄色ROI为病灶, 红色为正常甲状腺组织

Figure 1 Spectral CT images of benign and malignant lesions A: Spectral CT image of the thyroid of a PTC patient (female, 35 years old); B: Spectral CT image of the thyroid of a patient with nodular goiter (female, 69 years old), yellow ROI showing the lesions, and red showing the normal thyroid tissue; C: Spectral CT image of PTC patient (male, 28 years old); D: Spectral CT image of patient with nodular goiter (male, 44 years old), yellow ROI showing the lesions, and red showing the normal thyroid tissue

## 2.4 甲状腺功能检验

甲状腺功能方面, Tg、甲状腺过氧化物酶抗体(TPOAb)和降钙素(Ct)在良性患者组和恶性患者组之间存在统计学差异( $P < 0.05$ ), 而促甲状腺激素(TSH)、TgAb、癌胚抗原(CEA)、血管内皮生长因子(VEGF)等指标在良恶性组间的差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )(表4)。

表4 良性组与恶性组的甲状腺功能结果比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 4 Comparison of thyroid function between patients with benign and malignant thyroid nodules ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	良性患者组 (n=25)	恶性患者组 (n=126)	t	P
TSH( $\mu$ IU/mL)	1.50 $\pm$ 0.96	1.97 $\pm$ 1.82	1.647	0.101
Tg(ng/mL)	134.71 $\pm$ 154.92	37.31 $\pm$ 83.18	-3.904	<0.001
TgAb(IU/mL)	23.49 $\pm$ 113.99	95.56 $\pm$ 405.21	1.860	0.064
TPOAb(IU/mL)	27.72 $\pm$ 134.34	121.99 $\pm$ 279.28	2.991	0.003
CEA(ng/mL)	2.74 $\pm$ 2.10	2.33 $\pm$ 1.65	-1.319	0.189
VEGF(pg/mL)	132.46 $\pm$ 135.17	144.75 $\pm$ 91.84	0.508	0.612
Ct(pg/mL)	0.84 $\pm$ 0.58	1.62 $\pm$ 2.20	2.442	0.017

## 2.5 多因素回归分析

为找出对判断结节良恶性最具影响的参数, 将所有参数分为4组分别进行二元 Logistic 回归分析, 结果如下: (1) 能谱参数组: 在  $RC_{\lambda HU}$ 、 $RC_{IC}$ 、 $RC_{WC}$  和  $RC_{EF-Z}$  中, 最具影响的参数为  $RC_{WC}$ ; (2) 形态学组: 在边界不清、有钙化、无囊变、颈部存在增大的淋巴结中, 最具影响的参数为边界不清和无囊变; (3) 甲状腺功能组: 在 TSH、Tg、TgAb、TPOAb、CEA、VEGF 和 Ct 中, 最具影响的参数为 Tg; (4) 一般信息组: 在年龄和性别中, 最具影响的参数为年龄。将上述各组中筛选出的最具影响的参数再次进行回归分析, 结果显示, 无囊变、 $RC_{WC}$ 、Tg、年龄均为恶性结节的危险因素(均 $P < 0.05$ )(表5)。

## 2.6 能谱CT诊断甲状腺结节良恶性的效能

能谱CT扫描一次可同时获得能谱参数和影像学特征, 故其效能可视为能谱参数与形态学的联合效能。能谱CT( $RC_{WC}$ 和无囊变)联合Tg、年龄的ROC曲线分析(图2)显示, ROC曲线下面积为0.905, 高于单纯能谱CT及能谱CT联合Tg的曲线下面积(表6)。该模型诊断甲状腺恶性结节的灵敏度、特异度和准确度分别为85.7%、84.6%和84.7%。

表5 各参数对诊断甲状腺癌的二元 Logistic 回归分析

Table 5 Binary Logistic regression analysis of each variables in the diagnosis of thyroid cancer

参数	B	S.E.	Wald	P	Exp	95% CI
无囊变	3.003	0.608	24.356	<0.001	20.143	6.112~66.381
$RC_{WC}$	-54.113	22.239	5.921	0.015	<0.001	0.000~0.000
Tg	0.006	0.002	7.586	0.006	1.006	1.002~1.010
年龄	0.095	0.021	20.208	<0.001	1.100	1.055~1.146

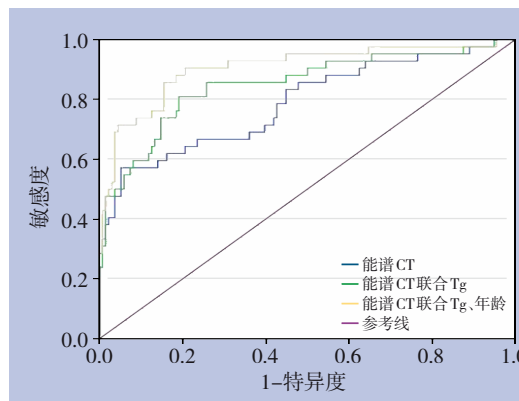


图2 不同方法诊断甲状腺癌的ROC曲线图

Figure 2 ROC curves of the different methods for the diagnosis of thyroid cancer

表6 能谱CT单用及其联合诊断甲状腺结节良恶性的效能比较(%)

Table 6 Comparison of the diagnostic efficacy of spectral CT alone and its combination for benign and malignant thyroid nodules (%)

指标	能谱CT	能谱CT联合Tg	能谱CT联合Tg、年龄
灵敏度	55.7	81.0	85.7
特异度	94.4	80.9	84.6
准确度	91.0	80.9	84.7
AUC	0.783	0.850	0.905

## 3 讨论

在多个涉及肿瘤的研究中, 年龄都被视为一种可以独立预测肿瘤发生的因素, 多种肿瘤的发生与年龄呈正相关<sup>[12-13]</sup>。过去人们也认为年龄越大, 甲状腺癌的发生风险越高。但新近研究<sup>[14-15]</sup>发现甲状腺乳头状癌在年轻人中高发, 乳头状微小癌(papillary thyroid micro-carcinoma, PTMC)的增殖速率与年龄呈负相关, 甲状腺癌的首次发病甚至可能发生在婴儿期。类似急性淋巴细胞白血病, 其发病高峰年龄为0~6岁<sup>[16-18]</sup>。这可能与甲状腺病

变的组织细胞学起源和基因静默有关,也提示年龄较大患者的结节更可能是良性。本研究也观察到恶性组的平均年龄更小。

形态学方面,与大多数良性肿瘤相似,甲状腺良性结节多表现为边界清晰、无钙化、有囊变、颈部没有增大的淋巴结,而恶性结节的表现多与之相反<sup>[19-20]</sup>,本研究结果显示良性组与恶性组在边界是否清晰、是否存在囊变、钙化等形态学特征存在统计学差异,与文献报道一致<sup>[8]</sup>。既往的研究中,于甲状腺结节患者颈部发现肿大的淋巴结,可以作为甲状腺结节是恶性的佐证<sup>[2]</sup>,但本研究中两组无统计学差异,一方面可能本研究的早期结节相对较多,另外可能与良性病变也可导致患者颈部淋巴结肿大有关<sup>[21]</sup>。

甲状腺是人体的摄碘器官,甲状腺病变时,甲状腺滤泡上皮细胞的合成和储存甲状腺激素的能力发生变化,能谱CT可通过碘基图对组织碘含量(IC)进行定量分析<sup>[22-23]</sup>。甲状腺癌患者甲状腺滤泡上皮细胞破坏,病灶IC降低<sup>[10]</sup>。本研究中良、恶性组病灶IC较正常甲状腺组织均降低,与上述研究一致,但良恶性组间病灶IC相比无统计学差异,RC<sub>ic</sub>亦无统计学差异,这可能与当前人们健康意识增强、体检普及导致我们恶性组患者病程较短有关。另一能谱参数——能谱曲线反映的是X线穿透该物质后能量衰减的特性<sup>[24]</sup>。理论上,能谱曲线所反映的病灶在不同能量的X线下衰减特性差异比IC更具有特异性。有小样本研究提示利用能谱曲线在寻找组织同源性的方面具有相当的潜力<sup>[25]</sup>。目前有学者<sup>[26]</sup>将λHU用于结节定性。本研究良性组与恶性组间λHU并无统计学差异,可能与本研究恶性组恶性程度偏低有关,目前的技术难以捕捉。

能谱CT能通过水基图测量WC。其测出的WC与物质真实的WC具有良好的一致性<sup>[27]</sup>。WC在现有研究中经常被忽略。水是组织内环境的主要成分,体液约占成年人体重的60%<sup>[28]</sup>。大量研究证实,肿瘤组织与正常组织的内环境存在差异<sup>[29-30]</sup>,能谱CT上表现为WC的差异。WC的差异可一定程度反映病灶甲状腺组织的异型性大小<sup>[31]</sup>,从组织细胞学的角度来看,异型性越大则表示病灶组织为恶性的可能性越大。Ghita等<sup>[27]</sup>对深度拉曼架构应用于非侵入性检测生物组织深部水含量的检测进行研究后,认为水含量可用于发现在组织表面

下的癌变病变和定位中发挥作用。Çamlıdağ等<sup>[32]</sup>为鉴别乳头状肾细胞癌和良性蛋白质囊肿,对62例患者进行了能谱CT扫描,证实了上述两者之间水含量存在显著差异( $P<0.001$ )。一项旨在提出和评估适用于脑肿瘤的多参数和多模态成像协议的MRI研究中发现,活性肿瘤组织和水肿区域的水含量高于正常白质,接近正常灰质,肿瘤和水肿区域的平均峰度测量值低于正常白质和灰质<sup>[33]</sup>。本研究中良性组和恶性组的RC<sub>wc</sub>存在统计学差异,提示RC<sub>wc</sub>对鉴别甲状腺良恶性结节具有诊断价值。

Tg是一种由甲状腺滤泡上皮细胞分泌的糖蛋白,在正常甲状腺组织中即存在的物质。所有刺激或抑制甲状腺功能和激素分泌的因素,都可以影响Tg的合成和分泌。生理情况下,Tg水平与甲状腺组织的大小、TSH水平等相关。有研究表明血清Tg水平对甲状腺癌患者的诊断作用有限<sup>[34]</sup>。而近年来,研究发现,术前Tg与肿瘤直径、TMN分期、淋巴结转移及远处转移显著相关<sup>[35-38]</sup>。Yu等<sup>[39]</sup>将术前Tg与超声特征结合建立了一个预测模型,提高了甲状腺癌术前诊断的准确性。本研究中,良性组和恶性组Tg均可升高,恶性病变导致Tg升高幅度低于良性病变( $P<0.001$ )。值得注意的是本研究包含18例良性结节和恶性结节并存的患者,实际良性组和恶性组组间Tg差异可能更大。由此可见,单独用血清Tg水平诊断甲状腺癌存在局限性。

在目前已有的研究中,Li等<sup>[40-41]</sup>研究发现能谱参数碘含量、λHU等在良性和恶性甲状腺结节患者中具有统计学差异,但仅是相关性研究,这些能谱参数对诊断有多大程度的影响并不知道。程远等<sup>[26]</sup>量化了能谱参数对甲状腺结节良恶性诊断的影响程度,通过对IC病灶、正常甲状腺标准化碘含量、λHU这3个能谱参数单独绘制ROC曲线并计算出其AUC分别为0.712、0.698和0.702,但未进一步联合多个参数建模。李琳等<sup>[10]</sup>对形态学和能谱参数联合建模,对甲状腺癌进行预测,但未联合除CT外的其他检查方法。本研究通过对无囊变、RC<sub>wc</sub>、Tg和年龄联合建模,其AUC为0.905,灵敏度为85.7%,特异度为84.6%,准确度为84.7%,较单独形态学联合能谱参数,ROC曲线AUC提高12.2%,可多使19名患者获益。进一步提高模型的诊断水平,在甲状腺结节良恶性鉴别诊断以及其他肿瘤良恶性鉴别诊断中,均具有实

际的临床应用价值。能谱CT水含量作为一个有效参数,可以为其他肿瘤鉴别模型借鉴,通过更多类型的肿瘤,更大样本研究,和结合一些新的技术进展如血中游离肿瘤核酸等指标,有望提高多种肿瘤结节术前鉴别诊断的水平。

综上,能谱CT  $RC_{wc}$  对诊断甲状腺结节的良恶性具有一定的价值,  $RC_{wc}$ 、年龄、形态学(有无囊变)联合  $T_g$  可进一步提高能谱CT对甲状腺结节的性质的诊断效能,为临床术前准确判断甲状腺结节性质提供依据。本研究的临床资料,更新了有关甲状腺肿瘤良恶性与年龄相关性认识,能谱CT各参数的比较,发现了水含量在良恶性结节中的显著性差异,同时,利用统计学建模分析,建立了一个4参数的鉴别诊断甲状腺结节良恶性的新方法,该方法与任一单一参数相比,诊断效能均有显著改善。

#### 参考文献

- [1] 林晓珠,沈云,陈克敏. CT能谱成像的基本原理与临床应用研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(8):798-800. doi:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.08.028.  
Lin XZ, Shen Y, Chen KM. Spectral CT imaging: principle, clinical application and research[J]. Chinese Journal of Radiology, 2011, 45(8):798-800. doi:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.08.028.
- [2] Paschou SA, Vryonidou A, Goulis DG. Thyroid nodules: Alpha guide to assessment, treatment and follow-up[J]. Maturitas, 2017, 96:1-9. doi: 10.1016/j.maturitas.2016.11.002.
- [3] Maino F, Forleo R, Martinelli M, et al. Prospective validation of ATA and ETA sonographic pattern risk of thyroid nodules selected for FNAC[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2018, 103(6): 2362-2368. doi: 10.1210/jc.2018-00274.
- [4] 程秀丽,杨晓,赵雯婷. 常规超声成像与超声弹性成像诊断甲状腺结节良恶性的价值分析[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(8): 32-33. doi:10.3969/j.issn.2096-3807.2021.08.015.  
Cheng XL, Yang X, Zhao WT. Analysis of the diagnostic values of conventional ultrasound imaging and ultrasound elastography for benign and malignant thyroid nodules[J]. Journal of Imaging Research and Medical Applications, 2021, 5(8):32-33. doi:10.3969/j.issn.2096-3807.2021.08.015.
- [5] Tessler FN, Middleton WD, Grant EG, 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. doi: 10.1016/j.jacr.2017.01.046.
- [6] 黄万泽,张哲嘉,白宁,等. 超声引导下细针穿刺对甲状腺结节的诊断价值及其影响因素[J]. 中国普通外科杂志, 2019, 28(11): 1347-1353. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.11.005.  
Huang WZ, Zhang ZJ, Bai N, et al. Diagnostic value of ultrasound-guided fine needle aspiration for thyroid nodules and the influential factors[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2019, 28(11):1347-1353. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.11.005.
- [7] 王兴龙. 能谱CT在甲状腺结节性病变诊断中的应用研究[D]. 新乡: 新乡医学院, 2019.  
Wang XL. Application of spectral computed tomography in diagnosis of thyroid nodular lesions[D]. Xinxiang: Xinxiang Medical College, 2019.
- [8] Sananmuang T, Agarwal M, Maleki F, et al. Dual energy computed tomography in head and neck imaging: Pushing the envelope[J]. Neuroimaging Clin N Am, 2020, 30(3): 311-323. doi: 10.1016/j.nic.2020.04.003.
- [9] Coscia F, Taler-Vercic A, Chang VT, et al. The structure of human thyroglobulin[J]. Nature, 2020, 578(7796): 627-630. doi: 10.1038/s41586-020-1995-4.
- [10] 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: 北京协和医学院, 2017, doi:10.7666/d.Y3277974.  
Li L. Application of spectral computed tomography in diagnosis and differential diagnosis of thyroid lesions[D]. Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, 2017.
- [11] Forghani R, Mukherji S K. Advanced dual-energy CT applications for the evaluation of the soft tissues of the neck[J]. Clin Radiol, 2018, 73(1): 70-80. doi: 10.1016/j.crad.2017.04.002.
- [12] Wang S, Campbell J, Stenmark MH, et al. A model combining age, equivalent uniform dose and IL-8 may predict radiation esophagitis in patients with non-small cell lung cancer[J]. Radiother Oncol, 2018, 126(3): 506-510. doi: 10.1016/j.radonc.2017.12.026.
- [13] Lee HW, Ahn SH. Prediction models of hepatocellular carcinoma development in chronic hepatitis B patients[J]. World J Gastroenterol, 2016, 22(37): 8314-8321. doi: 10.3748/wjg.v22.i37.8314.
- [14] Araque DVP, Bleyer A, Brito JP. Thyroid cancer in adolescents and young adults [J]. Future Oncol, 2017, 13(14): 1253-1261. doi: 10.2217/fon-2017-0024.
- [15] Takano T. Natural history of thyroid cancer [Review][J]. Endocr J, 2017, 64(3):237-244. doi: 10.1507/endocr.EJ17-0026.
- [16] Miranda-Filho A, Piñeros M, Ferlay J, et al. Epidemiological patterns of leukaemia in 184 countries: a population-based study[J]. Lancet Haematol, 2018, 5(1):e14-24. doi: 10.1016/S2352-3026(17)30232-6.
- [17] Mehrvar A, Rahiminejad M S, Hedayati Asl A A, et al. Features of Childhood Acute Myeloid Leukemia in Iran: a Report from Double Center Study[J]. Acta Med Iran, 2015, 53(12):749-752.
- [18] Lustosa de Sousa DW, de Almeida Ferreira FV, Cavalcante Félix FH, et al. Acute lymphoblastic leukemia in children and adolescents: prognostic factors and analysis of survival[J]. Rev Bras Hematol Hemoter, 2015, 37(4): 223-229. doi: 10.1016/j.bjhh.2015.03.009.
- [19] Ou D, Yao J, Jin J, et al. Ultrasonic identification and regression analysis of 294 thyroid follicular tumors[J]. J Cancer Res Ther, 2020, 16(5):1056-1062. doi: 10.4103/jcrt.JCRT\_913\_19.
- [20] Wang H, Wei R, Liu W, et al. Diagnostic efficacy of multiple MRI

- parameters in differentiating benign vs. malignant thyroid nodules[J]. BMC Med Imaging, 2018, 18(1): 50. doi: 10.1186/s12880-018-0294-0.
- [21] Ohta T, Nishioka M, Nakata N, et al. Significance of perithyroidal lymph nodes in benign thyroid diseases[J]. J Med Ultrason (2001), 2018, 45(1):81-87. doi: 10.1007/s10396-017-0804-7.
- [22] Forghani R. An update on advanced dual-energy CT for head and neck cancer imaging[J]. Expert Rev Anticancer Ther, 2019, 19(7): 633-644. doi: 10.1080/14737140.2019.1626234.
- [23] Li L, Cheng SN, Zhao YF, et al. Diagnostic accuracy of single-source dual-energy computed tomography and ultrasonography for detection of lateral cervical lymph node metastases of papillary thyroid carcinoma[J]. J Thorac Dis, 2019, 11(12):5032-5041. doi: 10.21037/jtd.2019.12.45.
- [24] Chen M, Li X, Wei Y, et al. Spectral CT imaging parameters and Ki-67 labeling index in lung adenocarcinoma[J]. Chin J Cancer Res, 2020, 32(1):96-104. doi: 10.21147/j.issn.1000-9604.2020.01.11.
- [25] 赵超, 纪盛章, 宫长水, 等. 能谱CT在鉴别甲状腺结节性质中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2014, 12(5):1-4. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2014.05.01.
- Zhao C, Ji SZ, Gong CS, et al. Application of Gemstone Spectral CT Imaging in Differentiation of Thyroid Nodules [J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2014, 12(5):1-4. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2014.05.01.
- [26] 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. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2019.04.009.
- Cheng Y. Application of Energy Spectrum CT Parameters in Differential Diagnosis of Benign and Malignant Thyroid Lesions[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2019, 17(4):26-28. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2019.04.009.
- [27] Ghita A, Hubbard T, Matousek P, et al. Noninvasive Detection of Differential Water Content Inside Biological Samples Using Deep Raman Spectroscopy[J]. Anal Chem, 2020, 92(14):9449-9453. doi: 10.1021/acs.analchem.0c01842.
- [28] Rondon-Berrios H, Berl T. Physiology and Pathophysiology of Water Homeostasis[J]. Front Horm Res, 2019, 52: 8-23. doi: 10.1159/000493233.
- [29] Münch NS, Fang HY, Ingermann J, et al. High-Fat Diet Accelerates Carcinogenesis in a Mouse Model of Barrett's Esophagus via Interleukin 8 and Alterations to the Gut Microbiome[J]. Gastroenterology, 2019, 157(2): 492-506. doi: 10.1053/j.gastro.2019.04.013.
- [30] Junaid A, Schoeman J, Yang W, et al. Metabolic response of blood vessels to TNFalpha[J]. Elife, 2020, 9: e54754. doi: 10.7554/eLife.54754.
- [31] Murphey MD, Vidal JA, Fanburg-Smith JC, et al. Imaging of synovial chondromatosis with radiologic-pathologic correlation[J]. Radiographics, 2007, 27(5):1465-1488. doi: 10.1148/rg.275075116.
- [32] Çamlıdağ İ, Nural MS, Kalkan C, et al. Discrimination of papillary renal cell carcinoma from benign proteinaceous cyst based on iodine and water content on rapid kV-switching dual-energy CT[J]. Diagn Interv Radiol, 2020, 26(5): 390-395. doi: 10.5152/dir.2020.19483.
- [33] Oros-Peusquens AM, Loução R, Zimmermann M, et al. Methods for molecular imaging of brain tumours in a hybrid MR-PET context: Water content, T2( \*), diffusion indices and FET-PET[J]. Methods, 2017, 130:135-151. doi: 10.1016/j.ymeth.2017.07.025.
- [34] 庄大勇. Tg与分化型甲状腺癌的研究进展(文献综述)[J]. 放射免疫学杂志, 2012, 25(5): 532-535. doi: 10.3969/j.issn.1008-9810.2012.05.029.
- Zhuang DY. Research progress of Tg and differentiated thyroid carcinoma(review)[J]. Journal of Radioimmunology, 2012, 25(5): 532-535. doi: 10.3969/j.issn.1008-9810.2012.05.029.
- [35] Kim H, Kim YN, Kim HI, et al. Preoperative serum thyroglobulin predicts initial distant metastasis in patients with differentiated thyroid cancer[J]. Sci Rep, 2017, 7(1):16955. doi: 10.1038/s41598-017-17176-6.
- [36] Kim H, Park SY, Choe JH, et al. Preoperative Serum Thyroglobulin and Its Correlation with the Burden and Extent of Differentiated Thyroid Cancer[J]. Cancers (Basel), 2020, 12(3):625. doi: 10.3390/cancers12030625.
- [37] Patell R, Mikhael A, Tabet M, et al. Assessing the utility of preoperative serum thyroglobulin in differentiated thyroid cancer: a retrospective cohort study[J]. Endocrine, 2018, 61(3):506-510. doi: 10.1007/s12020-018-1643-z.
- [38] Huang Z, Song M, Wang S, et al. Preoperative serum thyroglobulin is a risk factor of skip metastasis in papillary thyroid carcinoma[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(6):389. doi: 10.21037/atm.2019.10.92.
- [39] Yu Q, Liu K, Xie C, et al. Development and validation of a preoperative prediction model for follicular thyroid carcinoma[J]. Clin Endocrinol (Oxf), 2019, 91(2): 348-355. doi: 10.1111/cen.14002.
- [40] Li M, Zheng X, Li J, et al. Dual-energy computed tomography imaging of thyroid nodule specimens: comparison with pathologic findings[J]. Invest Radiol, 2012, 47(1): 58-64. doi: 10.1097/RLL.0b013e318229fef3.
- [41] 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. doi:10.13429/j.cnki.cjcr.2016.10.008.
- Ban YQ, Yang JJ, Shao ZF. Study on features of dual source CT energy spectrum of benign and malignant thyroid lesions[J]. Chinese Journal of Clinical Research, 2016, 29(10):1327-1329. doi: 10.13429/j.cnki.cjcr.2016.10.008.

( 本文编辑 姜晖)

**本文引用格式:** 石灿, 彭松, 梁琪. 能谱CT及其联合甲状腺球蛋白检测对良恶性甲状腺结节的诊断价值[J]. 中国普通外科杂志, 2021, 30(11):1359-1366. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2021.11.012

**Cite this article as:** Shi C, Peng S, Liang Q. Diagnostic values of spectral CT and its combination with thyroglobulin detection for benign or malignant thyroid nodules[J]. Chin J Gen Surg, 2021, 30(11): 1359-1366. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2021.11.012