



· 论 著 ·

双能量CT多参数定量鉴别腮腺肿瘤的应用价值及可重复性研究

王飞宇, 袁 瑛, 王博成, 陶晓峰

上海交通大学医学院附属第九人民医院放射科, 上海 200011

[摘要] 目的: 探讨双能量计算机体层成像 (dual-energy computed tomography, DECT) 定量参数在腮腺肿瘤鉴别诊断中的价值。方法: 回顾并分析2023年3月—2024年7月就诊于上海交通大学医学院附属第九人民医院的腮腺肿瘤患者的影像学资料。测量增强后虚拟平扫CT值 (virtual non-contrast CT value, VNC)、碘浓度 (iodine concentration, IC)、标准化碘浓度 (normalized iodine concentration, NIC)、有效原子序数 (effective atomic number, Z_{eff})、电子云密度 (electron density, Rho)、40~100 keV的虚拟单能CT值 (间隔20个单位) 及能谱曲线斜率 (slope of spectral curve, K)。比较良恶性腮腺肿瘤间、不同病理学类型肿瘤两两之间的定量参数差异。采用单、多因素logistic回归分析筛选各组间的独立预测因子, 并用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评价定量参数的诊断效能。结果: 共纳入71例患者, 其中良性腮腺肿瘤58例, 包括33例33枚多形性腺瘤, 25例26枚Warthin瘤; 恶性腮腺肿瘤13例。良性与恶性肿瘤组之间, 各参数差异均有统计学意义 ($P>0.05$)。相较于Warthin瘤, 多形性腺瘤具有显著更低的 K (0.87 ± 0.50)、VNC ($27.28 \text{ HU} \pm 8.03 \text{ HU}$)、IC ($1.00 \text{ mg/mL} \pm 0.08 \text{ mg/mL}$)、NIC ($11.32\% \pm 5.64\%$)、 Z_{eff} (7.91 ± 0.31)、Rho (33.27 ± 5.99) 及40~100 keV单能CT值 (分别为 $91.39 \text{ HU} \pm 36.05 \text{ HU}$ 、 $57.81 \pm 17.48 \text{ HU}$ 、 $44.96 \text{ HU} \pm 10.95 \text{ HU}$ 、 $39.31 \text{ HU} \pm 8.50 \text{ HU}$) (均 $P<0.05$), 其中Rho是鉴别两者的独立预测因子, 曲线下面积 (area under curve, AUC) 为0.978。恶性肿瘤组的VNC ($37.17 \text{ HU} \pm 9.86 \text{ HU}$)、Rho (42.89 ± 6.64) 及100 keV单能CT值 ($50.34 \text{ HU} \pm 7.33 \text{ HU}$) 显著高于多形性腺瘤组 ($P<0.05$), Rho是鉴别两者的独立预测因子, AUC为0.858。相较于Warthin瘤, 恶性肿瘤有着显著更低的 K (1.00 ± 0.58)、IC ($1.05 \text{ mg/mL} \pm 0.18 \text{ mg/mL}$)、NIC ($13.00\% \pm 9.98\%$)、 Z_{eff} (7.89 ± 0.34) 及40~100 keV单能CT值 (分别为 $110.46 \text{ HU} \pm 39.64 \text{ HU}$ 、 $71.71 \text{ HU} \pm 17.85 \text{ HU}$ 、 $56.87 \text{ HU} \pm 10.14 \text{ HU}$ 、 $50.34 \text{ HU} \pm 7.33 \text{ HU}$) (均 $P<0.05$), 其中100 keV单能CT值是鉴别两者的独立预测因子, AUC为0.852。结论: DECT可为腮腺肿瘤的鉴别诊断提供可靠的定量指标, 具有重要的临床应用价值。

[关键词] 腮腺肿瘤; 双能量计算机体层成像; 碘浓度; 有效原子序数
中图分类号: R739.87; R445.3 文献标志码: A
DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2025.02.008

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (82172049)。
利益冲突: 作者声明无利益冲突。
伦理批件: SH9H-2024-T446-1。
知情同意: 不需要。
引用本文: 王飞宇, 袁 瑛, 王博成, 等. 双能量CT多参数定量鉴别腮腺肿瘤的应用价值及可重复性研究 [J]. 肿瘤影像学, 34(2): 162-171.

Funding: General Program of National Natural Science Foundation of China (82172049).
Conflicts of interest: authors declare no conflicts of interest.
Ethical approval: SH9H-2024-T446-1.
Informed consent: not required.
Cite this article: WANG F Y, YUAN Y, WANG B C, et al. The Value and reproducibility of dual-energy computed tomography multi parameters quantitative differentiation of parotid gland tumors [J]. Oncoradiology, 34(2): 162-171.

The value and reproducibility of dual-energy computed tomography multi parameters quantitative differentiation of parotid gland tumors WANG Feiyu, YUAN Ying, WANG Bocheng, TAO Xiaofeng (Department of Radiology, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China)

Correspondence to: TAO Xiaofeng E-mail: cjr.taoxiaofeng@vip.163.com

[**Abstract**] **Objective:** To investigate the value of quantitative parameters of dual-energy computed tomography (DECT) in the differential diagnosis of parotid gland tumors. **Methods:** The imaging data of patients with parotid gland tumors who attended the Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine from March 2023 to July 2024 were reviewed and analyzed. Virtual non-contrast CT value (VNC), iodine concentration (IC), normalized iodine concentration (NIC), effective atomic number (Z_{eff}), electron density (Rho), virtual monochromatic CT values of 40-100 keV (interval of 20 keV) and slope of spectral curve (K) of enhanced phase were measured. The differences of quantitative parameters between benign parotid gland tumors and malignant parotid gland tumors, as well as between different pathological types of parotid gland tumors were compared. Univariate and multivariate logistic regression analysis was performed to screen for independent predictors among groups, and receiver operating characteristic (ROC) curves were used to evaluate the diagnostic performance of quantitative parameters. **Results:** The DECT images of 72 parotid gland tumors in 71 cases were retrospectively analyzed. There were 58 cases of benign parotid gland tumors, including 33 pleomorphic adenomas in 33 cases, 26 Warthin tumors in 25 cases, and 13 malignant parotid gland tumors. There were no significant differences in any parameters between benign and malignant tumor groups (all $P > 0.05$). Compared with Warthin tumors, pleomorphic adenomas had significantly lower K (0.87 ± 0.50), VNC ($27.28 \text{ HU} \pm 8.03 \text{ HU}$), IC ($1.00 \text{ mg/mL} \pm 0.08 \text{ mg/mL}$), NIC ($11.32\% \pm 5.64\%$), Z_{eff} (7.91 ± 0.31), Rho (33.27 ± 5.99), and virtual monochromatic CT values of 40-100 keV ($91.39 \text{ HU} \pm 36.05 \text{ HU}$, $57.81 \text{ HU} \pm 17.48 \text{ HU}$, $44.96 \text{ HU} \pm 10.95 \text{ HU}$, and $39.31 \text{ HU} \pm 8.50 \text{ HU}$, respectively) (all $P < 0.05$). Among these, Rho was an independent predictor for differentiating between the two, with an AUC of 0.978. VNC ($37.17 \text{ HU} \pm 9.86 \text{ HU}$), Rho (42.89 ± 6.64), and monochromatic CT values of 100 keV ($50.34 \text{ HU} \pm 7.33 \text{ HU}$) in the malignant tumor group were significantly higher than those in the pleomorphic adenoma group ($P < 0.05$). Rho was an independent predictor for differentiating between the two, with an AUC of 0.858. Compared with Warthin tumors, malignant tumors had significantly lower K (1.00 ± 0.58), IC ($1.05 \text{ mg/mL} \pm 0.18 \text{ mg/mL}$), NIC ($13.00\% \pm 9.98\%$), Z_{eff} (7.89 ± 0.34), and monochromatic CT values of 40-100 keV ($110.46 \text{ HU} \pm 39.64 \text{ HU}$, $71.71 \text{ HU} \pm 17.85 \text{ HU}$, $56.87 \text{ HU} \pm 10.14 \text{ HU}$, $50.34 \text{ HU} \pm 7.33 \text{ HU}$, respectively) (all $P < 0.05$). And the monochromatic CT value of 100 keV was an independent predictor for differentiating between the two, with an AUC of 0.852. **Conclusion:** DECT can provide reliable quantitative indicators for the differentiation of parotid gland tumors, possessing significant clinical application value.

[**Key words**] Parotid gland tumor; Dual-energy computed tomography; Iodine concentration; Effective atomic number

涎腺肿瘤占头颈部肿瘤的3%~5%^[1], 其中近80%的涎腺肿瘤发生于腮腺。腮腺肿瘤中良性肿瘤多见, 约占80%, 以多形性腺瘤及腺淋巴瘤 (Warthin tumor) 为主, 而黏液表皮样癌和腺样囊性癌为最常见的恶性肿瘤^[2]。手术切除是腮腺肿瘤最有效的治疗方法, 对于良性肿瘤, 多采用局部腮腺切除或病灶切除, 而恶性肿瘤或有潜在恶性的肿瘤需要更为积极、彻底的治疗方法, 比如全腮腺切除联合术后放疗^[3]。因此, 术前对腮腺肿瘤的性质进行准确的评估, 对临床治疗方案的选择及预后预测有重要的意义。

双能量计算机体层成像 (dual-energy computed tomography, DECT) 使用高、低水平的管电压, 利用物质在不同X线能量下产生不同吸收的原理成像。DECT不仅能够提供常规的定位、解剖结构信息, 其图像经过后处理能够获得

多种定量参数, 如增强后虚拟平扫CT值 (virtual non-contrast CT value, VNC)、碘浓度 (iodine concentration, IC)、标准化碘浓度 (normalized iodine concentration, NIC) 等, 能够从多方面反映肿瘤的内部特征。虚拟平扫通过碘物质分离技术, 去除增强影像中的碘对比剂模拟常规CT平扫至多能够减少40%~50%辐射剂量^[4], 能够反映组织密度。且研究表明VNC在肺结节^[5]、肾占位性病变诊断^[6]方面与常规CT平扫有着相似的效能。笔者推测不同病理学类型腮腺肿瘤的组织密度不同, 因而VNC有所差异。既往研究^[7-8]表明, 基于DECT的定量参数可以帮助鉴别腮腺肿瘤, 但有关VNC在腮腺肿瘤鉴别诊断方面的研究甚少, 因此, 本研究旨在既往研究基础上进一步探讨DECT多参数定量鉴别腮腺肿瘤的应用价值及可重复性。

1 资料和方法

1.1 研究对象

回顾并分析2023年3月—2024年7月就诊于上海交通大学医学院附属第九人民医院的腮腺肿瘤患者资料。纳入标准：①术前2周内接受DECT检查且资料完整；②经术后病理学检查证实为腮腺肿瘤。排除标准：①DECT图像上直径 <10 mm的肿瘤；②既往有其他肿瘤病史；③DECT检查前接受过有创检查或治疗，包括活检、手术、放疗、化疗等；④图像质量不佳。本研究经本院医学伦理委员会审批，伦理号SH9H-2024-T446-1。

1.2 检查方法

所有患者均使用第3代DECT扫描仪（德国Siemens公司的SOMATOM Force双源CT机）进行颌面CT增强检查，扫描范围从下颌骨边缘到颞颌关节。参数如下：机架旋转时间为0.25 s，间距为0.5，准直度为 128×0.6 mm，管A的管电压和参考电流分别为90 kV和150 mA，管B的管电压和参考电流为150 kV和94 mA。对于增强扫描，使用美国Lieber公司的Optivantage电动注射器以0.8 mL/kg的剂量通过肘前静脉以2 mL/s的速率施用非离子造影剂（含碘400 mg/mL，商品名典迈伦），随后以相同的注射速率注射30 mL生理盐水。监测颈内动脉水平的CT值（HU）达到预定阈值100 HU后2 s，自动启动增强扫描。

1.3 图像分析

图像分析均在DECT专用的Siemens后处理工作站上进行，将影像存储与传输系统（picture archiving and communication system, PACS）上的患者图像导入工作站，对增强后图像使用相应程序重建出碘图、 $Z_{\text{eff}}/\text{Rho}$ 图及虚拟单能成像（virtual monoenergetic imaging, VMI）图（典型患者见图2、3）。由2名在头颈部疾病诊断方面分别有3年和7年经验的放射科医师在对病理学检查结果不知情的情况下独立评估定量DECT参数：尽量在肿瘤最大区域采用圆形勾画方式在肿瘤实性区勾画感兴趣区（region of interest, ROI），ROI面积 $0.2 \sim 0.4 \text{ cm}^2$ ，避开囊变坏死、

钙化、出血、血管等，重复勾画3次取平均值。首先，从碘图中测量同层面同侧颈内动脉的碘浓度（iodine concentration of the carotid artery, IC_a ），之后在病灶实性区域勾画ROI获得病灶VNC（HU）、 IC_t （ mg/cm^3 ）、NIC（ $\text{NIC} = \text{IC}_t / \text{IC}_a$, %）， Z_{eff} 、 Rho 、虚拟单能CT值使用对应程序获得。记录VMI 40~100 keV下（间隔20个单位）对应的CT值，根据公式计算出增强后病灶ROI能谱曲线斜率 $K = (\text{HU}_{40 \text{ keV}} - \text{HU}_{100 \text{ keV}}) / (40 - 100)$ 。

1.4 统计学处理

采用SPSS 26.0、Medical进行统计学分析。计数资料以 n （%）表示，符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，使用组内相关系数（intraclass correlation coefficient, ICC）评估DECT参数的观察者间一致性。组间比较使用两个独立样本比较的Mann Whitney U 检验或多样本Kruakal-Wallis H 检验，当总体检验具有统计学意义时，采用Bonferroni校正的事后检验进行成对比较。使用二元logistic回归分析肿瘤良恶性及亚组鉴别的独立预测因素。使用受试者工作特征（receiver operating characteristic, ROC）曲线用于评价独立预测因子鉴别诊断阈值和效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般临床资料及DECT定量参数的观察者间一致性

总计纳入71例腮腺肿瘤患者共72枚病灶，良性肿瘤组包括58例患者共59枚病灶，其中包括33例多形性腺瘤患者共33枚病灶，25例Warthin瘤患者共26枚病灶；恶性肿瘤组13例患者共13枚病灶，其中包括淋巴上皮癌3例，小淋巴细胞淋巴瘤3例，黏液表皮样癌2例，腺样囊性癌1例，导管内癌1例，分泌性癌1例，癌在多形性腺瘤中2例，以上均为单发病灶（图1）。

多形性腺瘤、Warthin瘤、恶性肿瘤3组间性别及年龄差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ，表1）。2名放射科医师所测量的DECT各参数观察者间一致性良好（表2）。典型病例图像见图2、3。

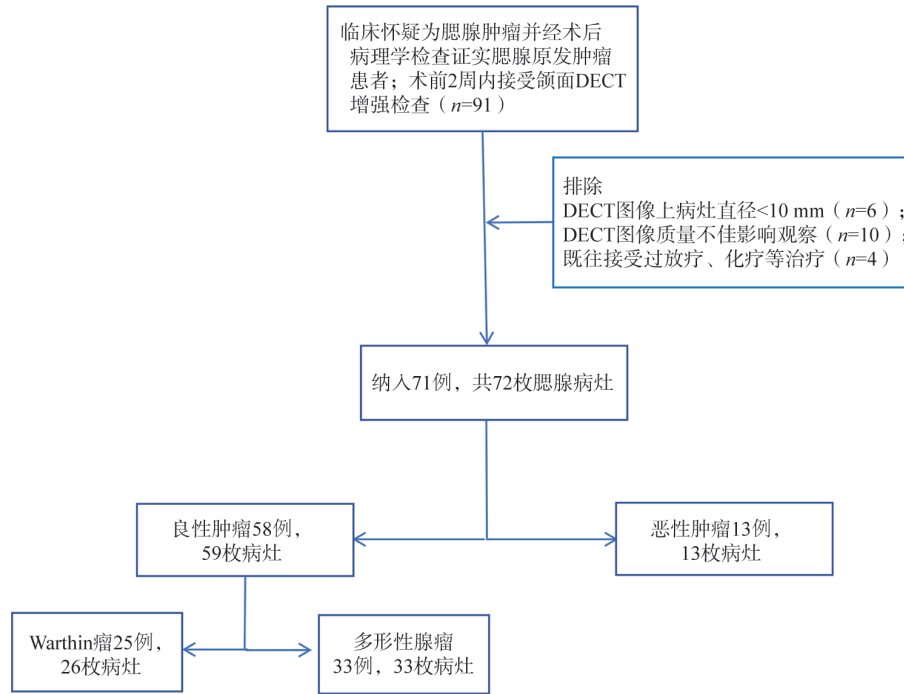


图1 研究对象纳入排除流程图

Fig.1 Flowchart showing inclusion and exclusion criteria of participants

表1 患者基本信息

Tab.1 Demographic characteristics of patients

项目	多形性腺瘤 (n=33)	Warthin瘤 (n=25)	恶性肿瘤 (n=13)	总计	P值
性别					<0.001
男性	15 (45.5)	24 (96.0)	7 (53.8)	46	
女性	18 (54.5)	1 (4.0)	6 (46.1)	25	
年龄/岁	36.85 ± 13.54	59.84 ± 9.46	44.85 ± 19.63	46.41 ± 16.99	<0.001
病灶数量	33	26	13	72	
直径/cm	2.42 ± 0.81	2.31 ± 0.74	2.65 ± 1.34	2.42 ± 0.90	

表2 DECT定量参数的ICC

Tab.2 ICC of DECT quantitative parameters

参数	ICC (95% CI)
VNC	0.961 (0.939~0.975)
IC	0.978 (0.965~0.986)
NIC	0.987 (0.980~0.992)
Z _{eff}	0.936 (0.899~0.959)
Rho	0.928 (0.887~0.954)
K	0.908 (0.846~0.944)
虚拟单能CT值	
40 keV	0.914 (0.858~0.948)
60 keV	0.912 (0.858~0.945)
80 keV	0.899 (0.842~0.936)
100 keV	0.879 (0.814~0.923)

注：VNC为虚拟平扫CT值；IC为碘浓度；NIC为标准化碘浓度；Z_{eff}为有效原子序数；Rho为电子云密度；K为能谱曲线斜率。

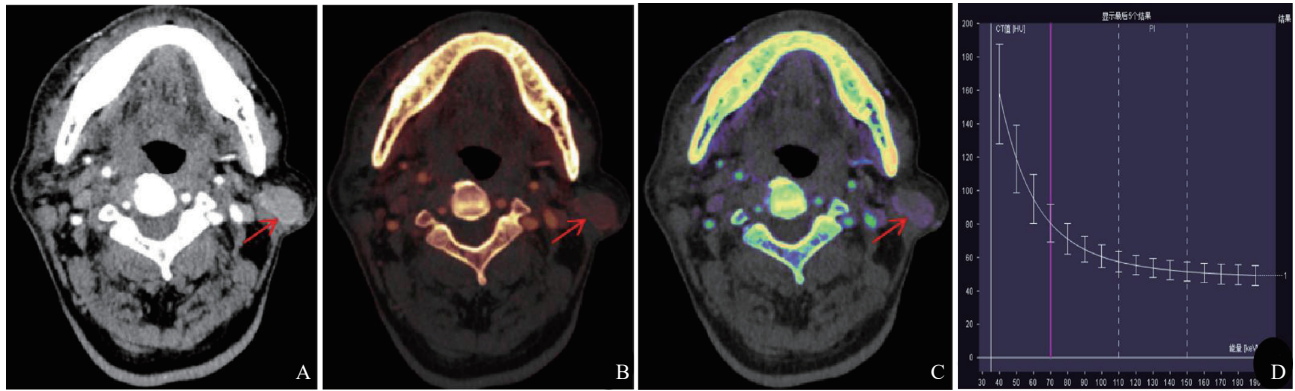


图2 典型病例1 (男性, 75岁, 左腮腺Warthin瘤) DECT图像

Fig.2 DECT images of typical case 1 (male, 75 years old, Warthin tumor of left parotid gland)

A: 增强后90、150 kV混合图像; B: 碘图, VNC=38.70 HU, IC=1.80 mg/mL, NIC=20.25%; C: 有效原子序数图, Z_{eff} =8.31, Rho =46.45; D: 40~190 keV的虚拟单能衰减曲线图, K =1.95, 40 keV、60 keV、80 keV及100 keV单能CT值分别为177.30 HU、101.96 HU、73.13 HU、60.44 HU。

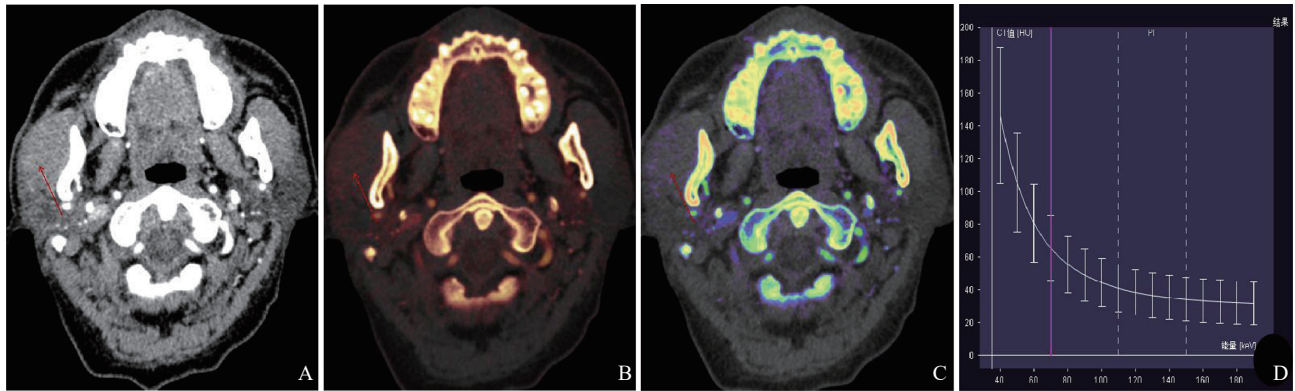


图3 典型病例2 (男性, 68岁, 右腮腺黏液表皮样癌) DECT图像

Fig.3 DECT images of typical case 2 (male, 68 years old, mucoepidermoid carcinoma of right parotid gland)

A: 增强后90、150 kV混合图像; B: 碘图, VNC=25.15 HU, IC=1.65 mg/mL, NIC=16.30%; C: 有效原子序数图, Z_{eff} =8.19, Rho =34.50; D: 40~190 keV的虚拟单能衰减曲线图, K =1.50, 40 keV、60 keV、80 keV及100 keV单能CT值分别为134.85 HU、76.68 HU、54.42 HU、44.62 HU。

2.2 组间比较及单、多因素回归分析

良恶性腮腺肿瘤组的DECT定量参数的组间比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$, 表3); 亚组分析, 多形性腺瘤的各参数显著低于Warthin瘤, 且差异均有统计学意义, Rho 是鉴别两者的独立预测因子, $AUC=0.978$; 多形性腺瘤的

VNC、 Rho 及100 keV的单能CT值显著低于恶性肿瘤, 且差异均有统计学意义, Rho 是鉴别两者的独立预测因子, $AUC=0.858$; 恶性肿瘤除VNC、 Rho 外各参数显著低于Warthin瘤, 且差异均有统计学意义, 100 keV的单能CT值是鉴别两者的独立预测因子, $AUC=0.852$ (表4~6, 图4)。

表3 良恶性腮腺肿瘤组的DECT定量参数的组间比较

Tab.3 Comparison of DECT quantitative parameters between benign and malignant parotid gland tumor groups

参数	良性肿瘤 (n=59)	恶性肿瘤 (n=13)	Z值	P值
VNC/HU	34.55 ± 12.64	37.17 ± 9.86	-0.695	>0.05
IC/(mg·mL ⁻¹)	1.28 ± 0.56	1.05 ± 0.66	-1.414	>0.05
NIC/%	15.44 ± 7.95	13.00 ± 9.98	-1.391	>0.05

续表

参数	良性肿瘤 (n=59)	恶性肿瘤 (n=13)	Z值	P值
Z _{eff}	8.11 ± 0.42	7.89 ± 0.34	-1.391	>0.05
Rho	40.74 ± 10.70	42.89 ± 6.64	-0.893	>0.05
K	1.27 ± 0.72	1.00 ± 0.58	-0.944	>0.05
虚拟单能CT值/HU				
40 keV	124.78 ± 56.82	110.46 ± 39.64	-0.695	>0.05
60 keV	76.71 ± 29.19	71.71 ± 17.85	-0.329	>0.05
80 keV	58.32 ± 19.29	56.87 ± 10.14	-0.007	>0.05
100 keV	50.20 ± 15.34	50.34 ± 7.33	-0.476	>0.05

表4 不同病理学类型腮腺肿瘤组的DECT定量参数的组间比较

Tab.4 Comparison of DECT quantitative parameters between two groups of parotid gland tumors with different pathological types

参数	多形性腺瘤 (n=33)	Warthin瘤 (n=26)	恶性肿瘤 (n=13)	P值 ^a	P值 ^b		
					多形性腺瘤 vs Warthin瘤	多形性腺瘤 vs 恶性肿瘤	Warthin瘤 vs 恶性肿瘤
VNC/HU	27.28 ± 8.03	43.78 ± 11.39	37.17 ± 9.86	<0.001	<0.001	0.035	>0.05
IC/ (mg·mL ⁻¹)	1.00 ± 0.08	1.65 ± 0.09	1.05 ± 0.18	<0.001	<0.001	>0.05	0.004
NIC/%	11.32 ± 5.64	20.67 ± 7.42	13.00 ± 9.98	<0.001	<0.001	>0.05	0.006
Z _{eff}	7.91 ± 0.31	8.36 ± 0.40	7.89 ± 0.34	<0.001	<0.001	>0.05	0.005
Rho	33.27 ± 5.99	50.23 ± 7.24	42.89 ± 6.64	<0.001	<0.001	0.004	>0.05
K	0.87 ± 0.50	1.78 ± 0.15	1.00 ± 0.58	<0.001	<0.001	>0.05	0.005
虚拟单能CT值/HU							
40 keV	91.39 ± 36.05	167.15 ± 49.88	110.46 ± 39.64	<0.001	<0.001	>0.05	0.013
60 keV	57.81 ± 17.48	100.70 ± 22.71	71.71 ± 17.85	<0.001	<0.001	>0.05	0.013
80 keV	44.96 ± 10.95	75.26 ± 13.26	56.87 ± 10.14	<0.001	<0.001	>0.05	0.016
100 keV	39.31 ± 8.50	64.02 ± 9.92	50.34 ± 7.33	<0.001	<0.001	0.016	0.044

a: Kruskal-Wallis H检验; b: 两两组间比较经Bonferroni校正后的P值。

表5 DECT定量参数亚组间单因素回归分析

Tab.5 Univariate regression analysis of DECT quantitative parameters between subgroups

参数	P值		
	多形性腺瘤 vs Warthin瘤	多形性腺瘤 vs 恶性肿瘤	Warthin瘤 vs 恶性肿瘤
VNC	<0.001	0.008	—
IC	<0.001	—	0.008
NIC	<0.001	—	0.019
Z _{eff}	<0.001	—	0.005
RHO	<0.001	0.002	—
K	<0.001	—	0.012
虚拟单能CT			
40 keV	<0.001	—	0.006
60 keV	<0.001	—	0.003
80 keV	<0.001	—	0.002
100 keV	<0.001	0.004	0.002

注: 仅对组间比较有差异性的参数进行单因素回归分析。

表6 DECT定量参数的多因素回归分析及其亚组鉴别诊断性能

Tab.6 Multivariate logistic regression analysis of DECT quantitative parameters and their differential diagnostic performance between subgroups

组别	多因素回归分析		阈值	AUC	灵敏度/%	特异度/%	P值
	OR (95% CI)	P值					
多形性腺瘤 vs Warthin瘤 Rho	0.610 (0.461~0.807)	<0.001	42.85	0.978	100.0	84.6	<0.001
多形性腺瘤 vs 恶性肿瘤 Rho	1.365 (1.125~1.658)	0.002	39.55	0.858	69.2	90.9	<0.001
Warthin瘤 vs 恶性肿瘤单能 CT值 _{100 keV}	0.860 (0.782~0.946)	0.002	52.94HU	0.852	84.6	80.8	<0.001

注: 仅保留多因素回归分析中有统计学意义的参数。

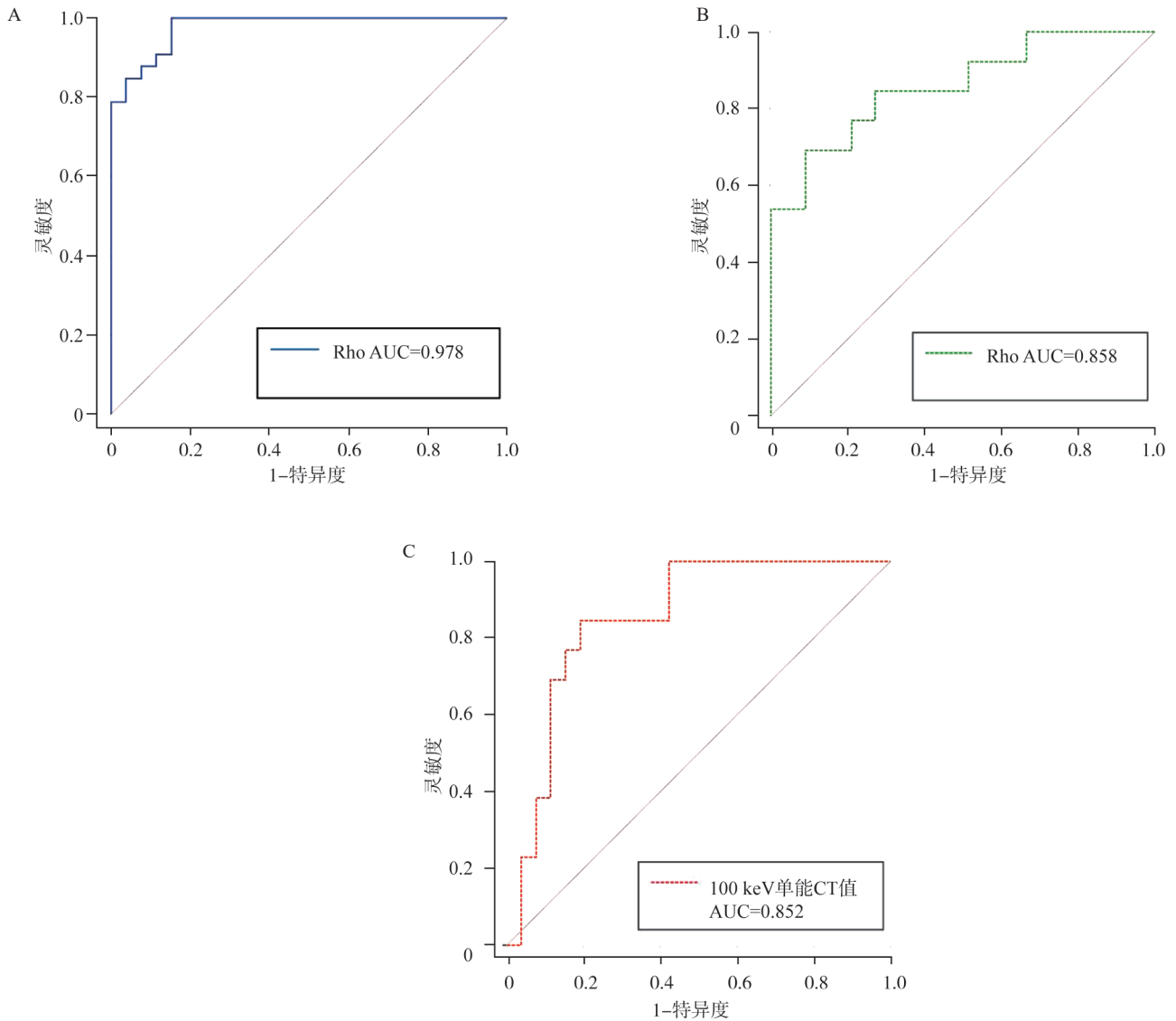


图4 亚组鉴别诊断的ROC曲线

Fig.4 ROC curves for subgroup differential diagnosis

A: 鉴别多形性腺瘤和Warthin瘤的ROC曲线; B: 鉴别多形性腺瘤和恶性腮腺肿瘤的ROC曲线; C: 鉴别Warthin瘤和恶性腮腺肿瘤的ROC曲线。

3 讨 论

不同病理学类型的腮腺肿瘤手术方式及患者预后有所不同, 因此, 术前准确的鉴别诊断对制订治疗计划和疾病预后预测至关重要。细针穿刺细胞学检查 (fine-needle aspiration cytology, FNAC) 是术前最常用的判断腮腺肿瘤病理学性质的方法, 但是在多形性腺瘤和恶性病变中, 该方法可能会导致肿瘤细胞扩散, 引起局部复

发^[9], 此外可能会损伤面神经。影像学检查以无创性的方式提供肿瘤定位、实质及邻近结构的信息。然而, CT、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 常规序列难以区分不同病理学类型的腮腺肿瘤。CT增强检查可以提供肿瘤血供信息, 但缺乏鉴别诊断的直观定量参数。近年来, 研究^[10-11]表明, 功能性MRI成像如动态对比增强MRI (dynamic contrast-enhanced MRI, DCE-MRI)、弥散加权成像 (diffusion-weighted imaging, DWI) 可以用于腮腺肿瘤鉴

别诊断。Tao等^[10]的研究表明,以表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)= $1.12 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 为界可以鉴别良恶性腮腺肿瘤, AUC=0.71,当联合ADC与时间-信号曲线(time-signal intensity curve, TIC),诊断效能进一步提高。但是该研究中Warthin瘤的ADC低于恶性肿瘤,两者难以鉴别。而Mikaszewski等^[11]发现,Warthin瘤虽为良性肿瘤,但是有着比恶性肿瘤更低的ADC,且单用ADC鉴别两者的AUC较低,为0.683。当联合达峰时间、廓清率及ADC时,鉴别两者的AUC提高到0.971。DCE、DWI在部分病理学类型的腮腺肿瘤鉴别诊断中有着很好的应用价值,但是部分亚组分析中参数阈值有所重叠,且相对于CT、MRI有着价格昂贵、检查时间长的缺点。

既往研究^[7-8]表明,基于DECT的定量参数可以帮助鉴别腮腺肿瘤。罗冰等^[8]发现,腮腺恶性肿瘤的静脉期40 keV及70 keV单能量CT值、各段K及IC均高于良性肿瘤($P < 0.05$)。Wang等^[7]的研究表明,恶性肿瘤的IC、NIC、Z_{eff}、Rho、K高于良性肿瘤的相应参数,且差异有统计学意义($P < 0.05$),而本研究中腮腺肿瘤良恶性组间上述参数差异均无统计学意义,与既往研究结论不一致,且本研究中额外增加的VNC、40~100 keV的单能CT值在两者间差异也并无统计学意义。多形性腺瘤间质富含黏液而缺乏血管,Warthin有着丰富的毛细血管网和渗漏血管^[12]。两者虽均为良性腮腺肿瘤,但病理学特点明显不同,笼统地将其归为一组所获得的参数无法反映任意一种肿瘤的病理学特点,且恶性腮腺肿瘤组包含不同病理学类型的腮腺肿瘤,良恶性组中病理学类型差异、比例差异及病理学特点差异可以解释良恶性组间无差异的原因。本研究亚组分析中,多形性腺瘤的IC、NIC、Z_{eff}、Rho、K显著低于Warthin瘤($P < 0.05$),与既往研究^[7]一致。一项头颈部肿瘤的DECT研究^[13]表明低能级虚拟单能CT值增大了碘对比剂的强化效果,提示单能CT值与血供的相关性,能够更清楚地显示肿瘤的边界及范围,所以本研究纳入

低能级单能CT值进行统计学分析。而多形性腺瘤的VNC及40~100 keV的单能CT值同样显著低于Warthin瘤($P < 0.05$),原因可能在于Warthin瘤体内细胞分布密集,细胞外间隙较少^[14],因而有着更高的组织密度。IC、NIC通过量化组织内的碘分布间接反映组织微血管密度,体现组织的血供特点。K可以量化IC,并与肿瘤中的IC呈正相关^[15]。Z_{eff}表示组织的平均原子序数,组织密度越大、血流量越丰富,则Z_{eff}越高^[16]。相较于多形性腺瘤,Warthin瘤组织微血管丰富、细胞丰富、细胞核含量高,上述特点是Warthin瘤的DECT参数高于多形性腺瘤的原因。多因素回归分析表明Rho是鉴别两者的独立预测因子, AUC为0.978。既往对于Rho在腮腺肿瘤中的应用解释并不明确,但是洪榕等^[17]的研究表明高级别亚型组(high grade pattern, HGP)肺浸润性非黏液腺癌(Rho)明显高于非高级别亚型组,原因可能在于含HGP成分肺浸润性非黏液腺癌病灶内肿瘤细胞密度更高、结构更紧凑,含水量更高。因此,笔者推测腮腺肿瘤的Rho同样与其细胞密度、结构紧凑度及含水量有关。理论上,大多数恶性肿瘤具有丰富的不成熟新生血管,因而血管通透性增加,导致碘对比剂的积聚及渗透到细胞外间隙。其恶性增殖、生长迅速的特点导致组织结构紧密度、细胞密度、核质比均高于多形性腺瘤,而多形性腺瘤常因间质富含黏液样成分、囊变、液化坏死等^[12, 18]而导致密度减低,结构疏松。本研究中恶性肿瘤的VNC、Rho及100 keV单能CT值显著高于多形性腺瘤,这与两者病理学特点一致,其中Rho是鉴别两者的独立预测因子, AUC为0.858。最后,对于Warthin瘤vs恶性肿瘤,Warthin瘤的K、IC、NIC、Z_{eff}及40~100 keV的单能CT值显著高于恶性肿瘤。这提示前者的组织密度、强化程度高于后者。既往对于腮腺肿瘤的DCE-MRI的研究^[19]表明,两者随着时间延长病灶强化的差异性:Warthin瘤多为快进快出型,而恶性腮腺肿瘤多为快进慢出型,以上观点或许可以解释Warthin瘤的DECT定量参数显著高于恶性肿瘤。

本研究的局限性在于: 第一, 这是一项回顾性研究, 可能会在患者选择中产生偏倚; 第二, 本研究采用部分勾画方式获取肿瘤的DECT定量参数, 无法反映肿瘤整体特征; 第三, 本研究中良恶性比例与腮腺肿瘤流行病学大致相符, 但是恶性腮腺肿瘤样本量相对较小, 后续需进一步扩大样本; 第四, 本研究为单中心研究, DECT定量参数用于腮腺肿瘤鉴别诊断的应用潜力仍需进一步验证。

综上所述, DECT作为一种快速成像技术, 能够提供多种定量参数, 对于鉴别多形性腺瘤与Warthin瘤、多形性腺瘤与恶性腮腺肿瘤及Warthin瘤与恶性腮腺肿瘤有着重要的应用价值, 有助于术前临床手术方案的选择。

第一作者:

王飞宇 (ORCID:0009-0008-8712-9291), 硕士。

通信作者:

陶晓峰 (ORCID:0000-0002-8472-0456), 博士, 主任医师, E-mail:cjr.taoxiaofeng@vip.163.com。

作者贡献声明:

王飞宇: 数据资料收集, 数据统计分析, 论文撰写; 袁瑛: 论文指导; 王博成: 病例收集; 陶晓峰: 基金支持。

[参 考 文 献]

- [1] TARTAGLIONE T, BOTTO A, SCIANDRA M, et al. Differential diagnosis of parotid gland tumours: which magnetic resonance findings should be taken in account? [J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2015, 35(5): 314-320.
- [2] COUDERT H, MIRAFZAL S, DISSARD A, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging of parotid tumors: a systematic review [J]. *Diagn Interv Imaging*, 2021, 102(3): 121-130.
- [3] 杨功鑫, 戴晓庆, 朱 凌, 等. 基于MRI多参数成像的决策树模型在腮腺肿瘤诊断中的价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2024, 58(5): 503-509.
YANG G X, DAI X Q, ZHU L, et al. Value of decision tree model based on MRI multi-parameter imaging in the diagnosis of parotid tumors [J]. *Chin J Radiol*, 2024, 58(5): 503-509.
- [4] 张艺腾, 夏春潮, 曾令明, 等. 双能CT虚拟平扫技术临床应用及研究进展 [J]. *中华放射学杂志*, 2023, 57(4): 441-446.
ZHANG Y T, XIA C C, ZENG L M, et al. Clinical application and research progress of dual-energy CT virtual plain scan technology [J]. *Chin J Radiol*, 2023, 57(4): 441-446.
- [5] 徐亚运, 胡政杨, 吕 品, 等. 双层探测器光谱CT虚拟平扫应用于肺结节人工智能诊断的可行性研究 [J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2023, 43(10): 827-832.
XU Y Y, HU Z Y, LÜ P, et al. Feasibility study on the application of double-layer detector spectral CT virtual plain scan in artificial intelligence diagnosis of pulmonary nodules [J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2023, 43(10): 827-832.
- [6] XIAO J M, HIPPE D S, ZECEVIC M, et al. Virtual unenhanced dual-energy CT images obtained with a multimaterial decomposition algorithm: diagnostic value for renal mass and urinary stone evaluation [J]. *Radiology*, 2021, 298(3): 611-619.
- [7] WANG Y, HU H J, BAN X H, et al. Evaluation of quantitative dual-energy computed tomography parameters for differentiation of parotid gland tumors [J]. *Acad Radiol*, 2024, 31(5): 2027-2038.
- [8] 罗 冰, 徐志锋, 林景兴, 等. CT能谱成像在腮腺良恶性肿瘤鉴别诊断中的应用 [J]. *实用放射学杂志*, 2022, 38(3): 376-380.
LUO B, XU Z F, LIN J X, et al. Application of CT energy spectrum imaging in differential diagnosis of benign and malignant parotid tumors [J]. *J Pract Radiol*, 2022, 38(3): 376-380.
- [9] DAS D K, PETKAR M A, AL-MANE N M, et al. Role of fine needle aspiration cytology in the diagnosis of swellings in the salivary gland regions: a study of 712 cases [J]. *Med Princ Pract*, 2004, 13(2): 95-106.
- [10] TAO X F, YANG G X, WANG P Z, et al. The value of combining conventional, diffusion-weighted and dynamic contrast-enhanced MR imaging for the diagnosis of parotid gland tumours [J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2017, 46(6): 20160434.
- [11] MIKASZEWSKI B, MARKIET K, SMUGAŁA A, et al. Clinical and demographic data improve diagnostic accuracy of dynamic contrast-enhanced and diffusion-weighted MRI in differential diagnostics of parotid gland tumors [J]. *Oral Oncol*, 2020, 111: 104932.
- [12] LI L, ZHAO Y F, LUO D H, et al. Diagnostic value of single-source dual-energy spectral computed tomography in differentiating parotid gland tumors: initial results [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2018, 8(6): 588-596.
- [13] 洪汝建, 潘宇澄, 王 鹏, 等. 双能CT低能级虚拟单能图像对下咽鳞状细胞癌病灶显示及T分期的评估价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2023, 57(2): 136-141.
HONG R J, PAN Y C, WANG P, et al. Evaluation value of dual-energy CT low-energy virtual single-energy image in lesion display and T staging of hypopharyngeal squamous cell carcinoma [J]. *Chin J Radiol*, 2023, 57(2): 136-141.
- [14] 俞 顺, 石清磊, 苏家威, 等. DCE-MRI定量参数在不同病理学类型腮腺肿瘤鉴别诊断中的初步研究 [J]. *磁共振成像*, 2017, 8(9): 654-661.
YU S, SHI Q L, SU J W, et al. An initial study using the quantitative parameters of dynamic contrast-enhanced MRI in differential diagnosis for parotid tumors with different

- pathological types [J] . Chin J Magn Reson Imag, 2017, 8(9): 654-661.
- [15] WANG P, TANG Z H, XIAO Z B, et al. Dual-energy CT in differentiating benign sinonasal lesions from malignant ones: comparison with simulated single-energy CT, conventional MRI, and DWI [J] . Eur Radiol, 2022, 32(2): 1095-1105.
- [16] WU J J, LV Y, WANG N, et al. The value of single-source dual-energy CT imaging for discriminating microsatellite instability from microsatellite stability human colorectal cancer [J] . Eur Radiol, 2019, 29(7): 3782-3790.
- [17] 洪 榕, 平小夏, 胡 粟, 等. 双层探测器光谱CT定量参数联合常规CT特征列线图评估含高级别亚型成分肺浸润性非黏液腺癌的价值 [J] . 中华放射学杂志, 2024, 58(2): 187-193.
- HONG R, PING X X, HU S, et al. The value of quantitative parameters of spectral CT combined with conventional CT characteristic nomogram in evaluating pulmonary invasive non-mucinous adenocarcinoma with high-grade subtype components [J] . Chin J Radiol, 2024, 58(2): 187-193.
- [18] 朱 凌, 王 灿, 杨功鑫, 等. 腮腺肿瘤性病变的影像学诊断思路及功能MRI价值评估 [J] . 中华放射学杂志, 2022, 56(5): 587-590.
- ZHU L, WANG C, YANG G X, et al. Imaging diagnosis and functional MRI evaluation of parotid tumor lesions [J] . Chin J Radiol, 2022, 56(5): 587-590.
- [19] YABUUCHI H, KAMITANI T, SAGIYAMA K, et al. Characterization of parotid gland tumors: added value of permeability MR imaging to DWI and DCE-MRI [J] . Eur Radiol, 2020, 30(12): 6402-6412.
- (收稿日期: 2025-02-07 修回日期: 2025-03-26)

《抗癌》2025年征订启事

《抗癌》杂志于1988年创刊, 主管单位为上海市科学技术协会, 主办单位为上海市抗癌协会。
《抗癌》杂志坚持以读者为导向, 架起读者与医院之间的桥梁, 介绍抗癌防癌的科学知识, 倡导健康的生活方式, 宣传癌症患者战胜病魔的动人事迹, 努力为广大癌症患者和家属服务。杂志刊号: CN 31-1664/R, ISSN 1008-3065。欢迎广大读者订阅。

杂志为季刊, 每期48页。本刊季末出版, 每期8元, 全年共32元整。订购请通过邮政局汇款。

通信地址: 上海市东安路270号10号楼415室《抗癌》杂志社收

邮 编: 200032

电 话: (021)64042258

电子信箱: anti-cancer@163.com

《抗癌》杂志社