

# 能谱 CT 成像鉴别实性肺癌病理类型的定量参数及诊断作用分析

赵超

(天津市静海区医院 CT 室, 天津 301600)

**摘要:**目的 分析能谱 CT 成像鉴别实性肺癌病理类型的定量参数及诊断作用。方法 选取 2019 年 10 月–2021 年 10 月天津市静海区医院确诊的 78 例实性肺癌病例, 给予能谱 CT 成像检查, 对其定量参数及诊断作用进行分析。结果 平扫能谱 CT 定量参数  $\text{Eff-Z}$  (有效原子序数)、钙(水)浓度及能谱曲线斜率( $K_{40-65\text{keV}}$ )由大到小依次为腺癌>鳞癌>小细胞肺癌( $P<0.05$ ); 动脉期能谱 CT 定量参数标准化碘浓度(NIC)及  $K_{40-65\text{keV}}$  由大到小依次为腺癌>鳞癌>小细胞肺癌( $P<0.05$ )。经 ROC 曲线分析显示, 平扫参数[钙(水)浓度、 $\text{Eff-Z}$ 、 $K_{40-65\text{keV}}$ ]与动脉期参数(NIC、 $K_{40-65\text{keV}}$ )诊断小细胞肺癌与非小细胞肺癌的曲线下面积分别为 0.65、0.63、0.68、0.70、0.57, 诊断肺腺癌与鳞癌的曲线下面积分别为 0.65、0.66、0.64、0.72、0.63。不同病理类型实性肺癌平扫能谱衰减曲线走势分型比较, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ), 其中腺癌多表现为 III 型, 鳞癌主要为 II 型, 小细胞肺癌则集中在 IV 型。结论 能谱 CT 成像定量参数在不同病理类型的实性肺癌中存在差异, 对肺腺癌、鳞癌及小细胞肺癌均具有确切的鉴别诊断价值。

**关键词:** 实性肺癌; 能谱 CT 成像; 病理类型; 定量参数

中图分类号: R734.2; R445.3

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-1959.2022.16.023

文章编号: 1006-1959(2022)16-0098-04

## Quantitative Parameters and Diagnostic Value of Energy Spectrum CT Imaging in Differentiating Pathological Types of Solid Lung Cancer

ZHAO Chao

(CT Room, Jinghai Hospital, Tianjin 301600, China)

**Abstract:** **Objective** To analyze the quantitative parameters and diagnostic effects of energy spectrum CT imaging in identifying the pathological types of solid lung cancer. **Methods** A total of 78 solid lung cancer cases diagnosed by Tianjin Jinghai Hospital from October 2019 to October 2021 were selected for energy spectrum CT imaging, and their quantitative parameters and diagnostic effects were analyzed. **Results** The quantitative parameters  $\text{Eff-Z}$  (effective atomic number), calcium (water) concentration and energy spectrum curve slope ( $K_{40-65\text{keV}}$ ) of plain energy spectrum CT in descending order were adenocarcinoma>squamous cell carcinoma>small cell lung cancer ( $P<0.05$ ); the normalized iodine concentration (NIC) and  $K_{40-65\text{keV}}$  of spectral CT quantitative parameters in arterial phase were adenocarcinoma>squamous cell carcinoma>small cell lung cancer ( $P<0.05$ ). ROC curve analysis showed that the area under the curve of plain scan parameters [calcium (water) concentration,  $\text{Eff-Z}$ ,  $K_{40-65\text{keV}}$ ] and arterial phase parameters (NIC,  $K_{40-65\text{keV}}$ ) in the diagnosis of small cell lung cancer and non-small cell lung cancer were 0.65, 0.63, 0.68, 0.70, 0.57, respectively; the area under the curve of lung adenocarcinoma and squamous cell carcinoma was 0.65, 0.66, 0.64, 0.72, 0.63, respectively. Different pathological types of solid lung cancer had differences in the trend classification of the flat scan energy spectrum attenuation curve ( $P<0.05$ ). Among them, adenocarcinoma was mostly type III, squamous cell carcinoma was mainly type II, and small cell lung cancer was concentrated in type IV. **Conclusion** There are significant differences in the quantitative parameters of energy spectrum CT imaging in solid lung cancer of different pathological types, and it has a definite differential diagnosis value for lung adenocarcinoma, squamous cell carcinoma and small cell lung cancer.

**Key words:** Solid lung cancer; Energy spectrum CT imaging; Pathological type; Quantitative parameters

肺癌(lung cancer)为我国常见恶性肿瘤,其早期影像学表现可分为磨玻璃结节肺癌与实性结节肺癌,前者以腺癌为主,恶性程度低,分期多集中在 I A 期,后者则包括鳞癌、腺癌及小细胞肺癌,恶性程度高,分期多为 I A 期以后,二者分型不同,其治疗方案也存在较大差异<sup>[1,2]</sup>。因此,早期发现并明确肺癌的病理类型,对患者治疗方案的制定及预后生存尤为重要。目前,肺癌病理类型的诊断主要依赖于病理组织学检查,但其有创性限制了该方案的临床应用<sup>[3]</sup>。能谱 CT(spectral CT)成像是近年来兴起的双能量成像技术,可提高图像质量、完善图像信息,其

定量指标丰富,可提供有效且多样化的综合分析方向<sup>[4,5]</sup>。目前,能谱 CT 在肺癌病理特征方面的研究尚处于初级阶段,且缺乏统一、规范的应用标准,基于此,本研究结合 2019 年 10 月–2021 年 10 月天津市静海区医院确诊的 78 例实性肺癌病例,分析能谱 CT 成像鉴别实性肺癌病理类型的定量参数及诊断作用,现报道如下。

### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取 2019 年 10 月–2021 年 10 月天津市静海区医院确诊的 78 例实性肺癌病例,其中腺癌 31 例,男 20 例,女 11 例;年龄 48~79 岁,平均年龄( $62.75\pm 5.80$ )岁;病变最大直径 2.15~7.53 cm,平均病变最大直径( $4.90\pm 1.81$ )cm;鳞癌 27 例,男 16 例,女 11 例;年龄 49~78 岁,平均年龄( $62.69\pm 5.76$ )岁;病变最大直径 2.09~7.73 cm,平均病变最大直径

作者简介:赵超(1983.2–),男,天津人,硕士,副主任医师,主要从事影像诊断工作

( $4.87 \pm 1.74$ )cm; 小细胞肺癌 20 例, 男 11 例, 女 9 例; 年龄 50~79 岁, 平均年龄( $62.72 \pm 5.80$ )岁; 病变最大直径 2.16~5.47cm, 平均病变最大直径( $4.89 \pm 1.79$ )cm。不同病理类型患者性别、年龄、病变最大直径比较, 差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 具有可比性。本研究经我院医学伦理委员会批准, 所有受检者均知情且自愿参加, 并签署知情同意书。

1.2 纳入和排除标准 纳入标准: ①行能谱 CT 平扫及增强检查并经活检病理学检查确诊为肺癌; ②CT 检查配合度高, 图像质量可满足研究需要; ③无碘对比剂过敏。排除标准: ①肺癌病灶内有影响测量的磨玻璃、钙化、大片坏死及空洞; ②病历资料不全者; ③能谱 CT 扫描近期接受抗肿瘤治疗者; ④病症最大直径  $< 2$  cm。

1.3 方法 采用宝石能谱 CT 扫描仪 (Discovery CT750 HD, GE Healthcare Milwaukee, USA) 进行胸部能谱扫描, 受检者取仰卧位, 采用宝石能谱成像模式完成平扫及多期增强扫描, 其平扫及增强扫描范围由肺尖至肋膈角水平。扫描参数: 管电压 80 与 140 kV 瞬时切换, 管电流 405 mA, 层厚 5.0 mm, 层间距 5.0 mm, 探测器宽度 80 mm, 螺距 0.984:1, 准直宽度 64 mm $\times$ 0.625 mm。增强时经肘正中静脉注入 80 ml 碘海醇 (扬子江药业集团有限公司, 国药准字 H10970327, 规格: 50 ml:17.5 g), 注射速率 3.0 ml/s, 选取主支气管分叉水平的同层胸主动脉监测 CT 值 (Smart Prep 技术), 触发阈值设定为 150 HU, 达到阈值后延迟 5 s 开始扫描, 获取动脉期图像, 于动脉期后延迟 30 s 行静脉期扫描, 获取静脉期图像。将所得数据导入处理工作站 (GE AW4.5), 利用 GSI 专业软件对平扫及增强图像进行后处理与测量, 取病灶横断面最大层面及邻近上、下层放置相同大小的感兴趣区 (ROI), 避开血管、钙化及坏死等区域, 当病症密度均匀时, ROI 面积应大于病灶横街面积 1/2; 当密度不均时, 需选择该层实性部分最多的区域进行测量, 确保平扫及动脉期 ROI 一致 (大小、形态、位置), 测量参数包括平扫钙 (水) 浓度、有效原子序数 (Eff-Z)、能谱曲线斜率 ( $K_{40-65\text{keV}}$ ) 与动脉期标准化碘浓度 (NIC)、 $K_{40-65\text{keV}}$ 。各期每个数值均于相邻 3

个层面分别测量 1 次, 取其平均值。  $K_{40-65\text{keV}} = \text{CT 值} (40\text{keV}) - \text{CT 值} (65\text{keV}) / |40 - 65|$ 。  $\text{NIC} = \text{ICR} / \text{ICA}$ , ICR、ICA 分别代表 ROI 的碘浓度、主支气管分叉水平胸主动脉的碘浓度。

1.4 观察指标 ①比较不同病理类型能谱 CT 定量参数, 包括平扫钙 (水) 浓度、Eff-Z、NIC、 $K_{40-65\text{keV}}$ ; ②通过受试者工作特征 (ROC) 曲线分析能谱 CT 定量参数对实性肺癌的诊断效能; ③比较不同病例类型病灶平扫能谱衰减曲线的走势, I 型: 能谱衰减曲线呈缓慢上升型, 曲线斜率 ( $K_{40-65\text{keV}}$ )  $< 0$ ; II 型: 能谱衰减曲线呈直线或近似直线状,  $0 \leq K_{40-65\text{keV}} \leq 0.3$ ; III 型: 能谱衰减曲线呈缓慢递减型,  $0.3 < K_{40-65\text{keV}} \leq 0.6$ 。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 21.0 统计学软件进行数据处理, 计量资料以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 组间比较行  $t$  检验, 多组间比较行单因素方差分析; 计数资料以 [ $n(\%)$ ] 表示, 组间比较行  $\chi^2$  检验; 采用 ROC 曲线分析各病理类型的诊断效能, 以  $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 不同病理类型能谱 CT 定量参数比较 平扫能谱 CT 定量参数 Eff-Z、钙 (水) 浓度及  $K_{40-65\text{keV}}$  由大到小依次为腺癌 > 鳞癌 > 小细胞肺癌, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 动脉能谱 CT 定量参数 NIC 及  $K_{40-65\text{keV}}$  由大到小依次为腺癌 > 鳞癌 > 小细胞肺癌, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 见表 1。

2.2 能谱 CT 定量参数诊断实性肺癌的诊断效能分析 ROC 曲线分析显示, 平扫参数 [钙 (水) 浓度、Eff-Z、 $K_{40-65\text{keV}}$ ] 与动脉期参数 (NIC、 $K_{40-65\text{keV}}$ ) 诊断小细胞肺癌与非小细胞肺癌的曲线下面积分别为 0.65、0.63、0.68、0.70、0.57, 诊断肺腺癌与鳞癌的曲线下面积分别为 0.65、0.66、0.64、0.72、0.63, 见表 2、图 1、图 2。

2.3 不同病理类型平扫能谱衰减曲线走势分型比较 不同病理类型实性肺癌的平扫能谱衰减曲线走势分型比较, 差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 4.346$ ,  $P = 0.006$ ), 其中腺癌多表现为 III 型, 鳞癌主要为 II 型, 小细胞肺癌则集中在 IV 型, 见表 3。

表 1 不同病理类型的能谱 CT 定量参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

病理类型	n	平扫			动脉期	
		钙 (水) 浓度 (mg/cm <sup>3</sup> )	Eff-Z	$K_{40-65\text{keV}}$	NIC	$K_{40-65\text{keV}}$
腺癌	31	$8.53 \pm 2.85$	$7.92 \pm 0.16$	$1.06 \pm 0.54$	$0.41 \pm 0.15$	$3.28 \pm 1.25$
鳞癌	27	$6.02 \pm 2.42$	$7.78 \pm 0.14$	$0.82 \pm 0.47$	$0.30 \pm 0.10$	$2.89 \pm 1.18$
小细胞肺癌	20	$5.34 \pm 2.27$	$7.52 \pm 0.11$	$0.45 \pm 0.38$	$0.22 \pm 0.06$	$2.23 \pm 1.11$
F		5.428	4.176	3.810	1.209	2.831
P		0.004	0.002	0.000	0.004	0.007

表 2 能谱 CT 定量参数诊断实性肺癌的 ROC 曲线分析

诊断目标	参数	平扫			动脉期	
		钙(水)浓度( $\text{mg}/\text{cm}^3$ )	Eff-Z	$K_{40-65\text{keV}}$	NIC	$K_{40-65\text{keV}}$
小细胞肺癌与非小细胞肺癌	最佳阈值	5.12	7.75	0.96	0.35	3.19
	曲线下面积	0.65	0.63	0.68	0.70	0.57
	敏感度(%)	57.93	77.63	66.84	72.92	58.17
	特异度(%)	74.82	55.60	57.09	77.84	64.68
肺腺癌与鳞癌	最佳阈值	6.00	7.86	0.69	0.27	2.65
	曲线下面积	0.65	0.66	0.64	0.72	0.63
	敏感度(%)	45.42	48.13	43.82	52.36	44.72
	特异度(%)	69.24	69.20	74.96	84.62	62.86

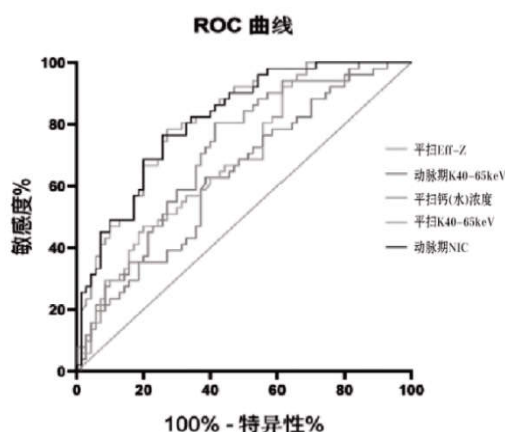
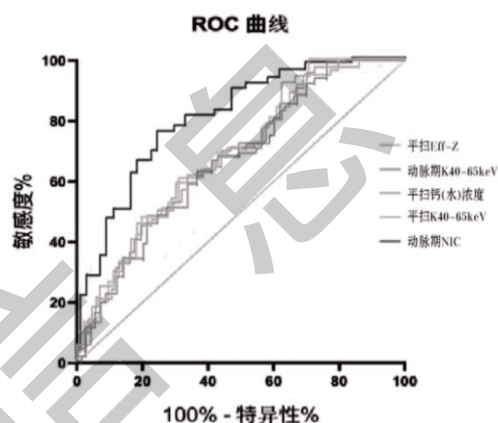
图 1 能谱 CT 定量参数诊断小细胞肺癌  
与非小细胞肺癌的 ROC 曲线图 2 能谱 CT 定量参数诊断肺腺癌  
与鳞癌的 ROC 曲线

表 3 不同病理类型的平扫能谱衰减曲线走势分型比较[n(%)]

病理类型	n	I 型	II 型	III 型	IV 型
腺癌	31	3(9.68)	2(6.45)	16(51.61)	10(32.26)
鳞癌	27	6(22.22)	15(55.56)	4(14.81)	2(7.41)
小细胞肺癌	20	1(5.00)	1(5.00)	5(25.00)	13(65.00)

### 3 讨论

近年来,随着 CT 领域的不断发展,其应用模式已由传统单参数及形态学成像模式向多参数及功能学成像模式转变<sup>[6]</sup>。能谱 CT 成像技术正是基于这一方向发展而来的新型 CT 成像手段,可通过高低能量(140 kVp 与 80 kVp)旋转的快速切换,获取 40~140 keV 共 101 个连续单能量 CT 值,既可生成单能量图像,又可获得其能谱衰减曲线、有效原子序数及物质分离图像<sup>[7-9]</sup>。其中,能谱衰减曲线可反映不同物质结构,而物质分解图像则用于定量测量碘/水浓度,通过以上多参数定量的分析,可进一步掌握其病变时生物学特征<sup>[10-12]</sup>。相较于常规 CT,能谱 CT 具有更多的量指标及分析工具,可更为客观的反映肿瘤组织的细微病理变化,应用价值更为显著<sup>[13,14]</sup>。

本研究结果显示,平扫能谱 CT 定量参数 Eff-Z、钙(水)浓度及  $K_{40-65\text{keV}}$  由大到小依次为腺癌>鳞癌>

小细胞肺癌 ( $P<0.05$ ); 动脉能谱 CT 定量参数 NIC 及  $K_{40-65\text{keV}}$  由大到小依次为腺癌>鳞癌>小细胞肺癌 ( $P<0.05$ ),提示不同病理类型肺癌之间的定量参数存在显著差异,与既往报道相似<sup>[15-17]</sup>。其中,肺腺癌的钙(水)浓度高于鳞癌及小细胞肺癌,分析认为腺癌较鳞癌与小细胞肺癌更易发生钙化,因而其钙(水)浓度明显更高<sup>[18,19]</sup>。同时,腺癌 Eff-Z 大于鳞癌与小细胞肺癌,这与其腺样分化等病理学基础有关,而鳞癌多以角化及细胞间桥为主,小细胞癌则通常细胞质较少,癌巢松散,三者化学成分及密度各不相同,因而 Eff-Z 参数各异<sup>[20,21]</sup>。在 NIC 方面,腺癌大于鳞癌与小细胞肺癌,这是由于腺癌的癌组织较为疏松,其间质成分多,且具有丰富的小血管,而鳞癌的癌组织相对密实,间质成分及血管均较少,因而动脉期腺癌组织内的碘含量不如腺癌<sup>[22,23]</sup>。同时,腺癌间质成分多、细胞成分少,其细胞内与细胞间的总体含

水量较少,而鳞癌可呈堆积式生长,细胞密度高,总体含水量高,因而碘浓度相对较低<sup>[24]</sup>。

此外,曲线斜率是能谱衰减曲线的重要评定参数,其斜率高低与物质的化学结构及密度有关,本研究中肺癌曲线斜率高于鳞癌与小细胞肺癌,这与其分化程度、肿瘤实质与间质比例及坏死程度存在密切相关。经 ROC 曲线分析,平扫参数[钙(水)浓度、Eff-Z、 $K_{40-65keV}$ ]与动脉期参数(NIC、 $K_{40-65keV}$ )诊断小细胞肺癌与非小细胞肺癌的曲线下面积分别为 0.65、0.63、0.68、0.70、0.57,诊断肺腺癌与鳞癌的曲线下面积分别为 0.65、0.66、0.64、0.72、0.63。以上参数的 ROC 曲线下面积均大于 0.5,表明其在实性肺癌病例类型的鉴别诊断中具有确切诊断价值,但其敏感度及特异度普遍不够高,这与本次纳入病例数较少有关,需进一步扩大样本获取更为可靠的研究结论。此外,不同病理类型实性肺癌的平扫能谱衰减曲线走势分型存在差异( $P<0.05$ ),其中腺癌多表现为Ⅲ型,鳞癌主要为Ⅱ型,小细胞肺癌则集中在Ⅳ型,可见不同类型肺癌的能谱衰减曲线分型也存在较大差异。其中,能谱衰减曲线代表着感兴趣区在不同能量下的 CT 变化规律,其数值由物质的化学分子结构决定,鳞癌内部结构致密,腺癌多呈腺样分化,且肿瘤实质/间质比值、坏死程度等方面的差异也是导致其结构及密度的重要原因<sup>[25,26]</sup>。

综上所述,能谱 CT 成像定量参数在不同病理类型的实性肺癌中存在显著差异,对肺腺癌、鳞癌及小细胞肺癌均具有确切的鉴别诊断价值,值得进一步研究。

#### 参考文献:

[1]王炜华,孙希文,袁明远.高端高分辨薄层 CT 在早期肺腺癌诊断筛查中的应用[J].检验医学与临床,2019,16(7):865-869,873.  
[2]赵森,杜森,鲍志国,等.宝石能谱 CT 对肺鳞癌分化程度的评估价值分析[J].中国体视学与图像分析,2021,26(1):92-99.  
[3]李琳,罗娅红.一站式 CT 能谱联合灌注成像技术在肺癌病理类型鉴别中的应用研究[J].现代肿瘤医学,2021,29(6):1032-1035.  
[4]Cohen JG,Reymond E,Jankowski A,et al.Lung adenocarcinomas: correlation of computed tomography and pathology findings[J].Diagnostic & Interventional Imaging,2016,97(10):955-963.  
[5]梁远凤,李琦,罗天友.能谱 CT 平扫定量分析鉴别诊断周围型肺癌与结核球[J].中国医学影像技术,2017,33(8):1206-1210.  
[6]朱巧,任翠,张艳,等.能谱 CT 成像评价晚期非小细胞肺癌化疗近期疗效的价值[J].放射学实践,2020,35(8):953-959.  
[7]贾祯,李卫星,盛俊卿.GSI 定量参数对 NSCLC 患者病理分化程度评估价值探讨[J].社区医学杂志,2020,18(12):886-890.  
[8]张武.宝石能谱 CT 成像在不同组织来源、病理类型肿瘤

及其转移淋巴结中的诊断价值[J].临床和实验医学杂志,2016,15(8):813-815.

[9]黄家瑶,汤光宇.宝石 CT 能谱成像技术在非小细胞肺癌患者中的应用价值[J].中国医师杂志,2020,22(3):432-434.

[10]陈麦林,孙应实.能谱 CT 成像瞬时切换技术对于肺结节的临床价值[J].CT 理论与应用研究,2019,28(6):701-708.

[11]周智越,曹绍东,韩东,等.能谱 CT 支气管动脉成像在中央型肺癌中的应用价值[J].医学研究杂志,2019,48(8):150-153,99.

[12]吴金棉,陈云辉,黄洲,等.能谱 CT 成像定量分析在鉴别诊断周围型肺癌和肺炎性肿块中的临床价值[J].深圳中西医结合杂志,2017,27(17):27-28.

[13]戴钢,邓克学,韦炜,等.能谱 CT 平扫定量分析在非小细胞肺癌与炎性肿块中的鉴别价值[J].中国医学计算机成像杂志,2019,25(1):23-26.

[14]钱利明.宝石能谱 CT 成像的临床应用[J].实用医学影像杂志,2015,16(1):82-83.

[15]闫凤全.能谱 CT 在肺癌病理分型中的应用价值分析[J].现代诊断与治疗,2019,30(15):2627-2628.

[16]任占丽,贺太平,张喜荣,等.能谱 CT 多参数成像在鉴别肺癌病理类型中的价值[J].中国中西医结合影像学杂志,2020,18(5):486-489,501.

[17]Fehrenbach U,Kahn J,Böning G,et al.Spectral CT and its specific values in the staging of patients with non-small cell lung cancer: technical possibilities and clinical impact[J].Clin Radiol,2019,74(6):456-466.

[18]周航,武峰.肺癌 CT 能谱成像:定量分析及与 TTF-1 和 EGFR 表达水平的相关性[J].放射学实践,2017,32(8):839-842.

[19]田彤彤,叶靖,彭铮堃,等.低剂量能谱 CT 结合 ASIR 重建对肺部炎性肿块与周围型肺癌的鉴别诊断价值[J].实用医学杂志,2017,33(16):2769-2772.

[20]周静宜,刘芸,黄劲柏.宝石能谱 CT 成像在不同病理类型肺癌分类诊断的价值探讨[J].CT 理论与应用研究,2017,26(3):291-298.

[21]梁远凤,李琦,马超豪,等.肺癌周灌注的能谱 CT 定量研究[J].重庆医科大学学报,2017,42(3):357-360.

[22]陈盈,姚琼瑛,郑昊,等.能谱 CT 在肺癌淋巴结转移诊断中的临床应用研究[J].肿瘤学杂志,2016,22(8):632-638.

[23]曾炳亮,李滋聪,廖小清,等.双源 CT 能谱成像技术在肺内孤立性结节良恶性鉴别诊断中的应用价值[J].江西医药,2016,51(5):391-394.

[24]Wang P,Tang Z,Xiao Z,et al.Dual-energy CT in predicting Ki-67 expression in laryngeal squamous cell carcinoma[J].Eur J Radiol,2021,140:109774.

[25]Gong HX,Zhang KB,Wu LM,et al.Dual Energy Spectral CT Imaging for Colorectal Cancer Grading: A Preliminary Study[J].PLoS One,2016,11(2):e0147756.

[26]田双凤,田为中,夏建国,等.能谱 CT 成像技术在不同病理类型实性肺癌中的临床价值[J].交通医学,2021,35(3):287-290.

收稿日期:2021-11-02;修回日期:2021-11-21

编辑/杜帆