论著

# 双层探测器光谱CT多 参数成像在不同病理类 型肺癌中的应用

薛莉雅<sup>1</sup> 赵卫东<sup>2,\*</sup> 苏琳<sup>1</sup> 董卓瑞<sup>1</sup>

1.山西医科大学医学影像学院 (山西太原 030000)

2.山西医科大学第二医院影像科 (山西太原 030000)

【摘要】 目的 探究双层探测器光谱CT(duallayer spectral detector CT, DSCT)定量参数对 肺癌不同病理类型的诊断评估。方法 回顾性分 析2021年8月至2022年11月总计88例肺癌患者在 我院DSCT进行胸部双期增强扫描的病例,根据 病理结果分为肺腺癌组(n=42)、鳞癌组(n=30)及 小细胞肺癌组(n=16)。对三组动脉期和静脉期碘 浓度(iodine concentration, IC)、标准化碘浓度 (normalized iodine concentration,NIC)、有效原 子序数(Z-effective, Zeff)、能谱曲线斜率(K40~100kev) 及40~100keV(间隔10keV)的单能量CT值进行测 量、计算和分析。运用统计学方法:单因素方差 分析对数据进行分析。绘制受试者工作特征曲线 (receiver operator characteristic curve, ROC), 计算曲线下面积(area under the cure, AUC)分析 光谱CT各参数鉴别诊断肺腺癌与非肺腺癌、非小 细胞肺癌与小细胞肺癌的效能并计算灵敏度、特异 度、约登指数。结果 静脉期肺腺癌IC、NIC、Zeff、 K40~100kev及CT40keV高于鳞癌和小细胞肺癌;静脉 期肺腺癌CT50kev、CT60kev高于小细胞肺癌;动脉期 肺腺癌NIC高于小细胞肺癌,差异均具有统计学意 义(P<0.05)。绘制ROC,静脉期K40~100kev诊断肺腺 癌与非肺腺癌的AUC最大值为0.815,诊断阈值、灵 敏度和特异度分别为1.505、92.9%和65.2%。静脉 期K40~100kev诊断非小细胞肺癌与小细胞肺癌的AUC 最大值为0.768,诊断阈值、灵敏度和特异度分别为 1.418、76.4%和75.0%。结论 双层探测器光谱CT定 量参数在评估肺癌病理类型中具有一定参考价值。

【关键词】光谱CT; 肺癌; 病理类型 【中图分类号】R734.2 【文献标识码】A DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.12.016

# Application of Dual-layer Detector Spectral CT Multi-parameter Imaging in Different Pathological Types of Lung Cancer

XUE Li-ya<sup>1</sup>, ZHAO Wei-dong<sup>2,\*</sup>, SU Lin<sup>1</sup>, DONG Zhuo-rui<sup>1</sup>.

1.Department of Medical Imaging, Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi Province, China 2.Department of Medical Imaging, the Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan

030000, Shanxi Province, China

#### ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic evaluation of quantitative parameters of dual-layer spectral detector CT (DSCT) for different pathological types of lung cancer. Methods From August 2021 to November 2022, a total of 88 patients with lung cancer underwent chest dual-phase enhanced scanning with DSCT in our hospital were retrospectively analyzed. According to the pathological results, they were divided into lung adenocarcinoma group (n=42), squamous cell carcinoma group (n=30) and small cell lung cancer group (n=16). The iodine concentration (IC), normalized iodine concentration (NIC), effective atomic number (Zeff), slope of energy spectrum curve (K40~100keV) and single energy CT values of 40~100keV (interval 10keV) were measured, calculated and analyzed in the three groups. The data were analyzed using statistical methods: one-way analysis of variance.Draw the receiver operator characteristic curve (ROC) of the subject, calculate the area under the curve (AUC) and analyze the efficiency of spectral CT parameters in differentiating lung adenocarcinoma and non-lung adenocarcinoma, non-small cell lung cancer and small cell lung cancer, and calculate the sensitivity, specificity, Youden index. Results IC, NIC, Zeff, K40~100keV and CT40keV in venous phase of lung adenocarcinoma were higher than those in the squamous cell carcinoma and small cell lung cancer; CT<sub>50keV</sub> and CT<sub>50keV</sub> in venous phase of lung adenocarcinoma were higher than those in the small cell lung cancer. The NIC in arterial phase of lung adenocarcinoma was higher than that in the small cell lung cancer, and the differences were statistically significant (P<0.05). When ROC was plotted, the maximum AUC of K40~100keV in venous phase for diagnosis of lung adenocarcinoma and non-lung adenocarcinoma was 0.815, and the diagnostic threshold, sensitivity and specificity were 1.505, 92.9% and 65.2%, respectively. The maximum AUC of K40~100keV in venous phase for diagnosis of non-small cell lung cancer and small cell lung cancer was 0.768, and the diagnostic threshold, sensitivity and specificity were 1.418, 76.4% and 75.0%, respectively. Conclusion The quantitative parameters of DSCT have certain reference value in evaluating the pathological types of lung cancer. Keywords: Spectral CT; Lung Cancer; Type of Pathology

全球老龄化问题形式严峻,癌症逐渐成为严重损害人体健康的重要疾病<sup>[1]</sup>。全球癌症 最新统计报告显示,肺癌的发病率和致死率大幅度上升,生存率处于相对较低的水平, 其严重危害广大人民群众的生命健康<sup>[2-3]</sup>。根据国际胸部肿瘤分类方法(2021年WHO胸部 肿瘤分类),肺恶性肿瘤主要被划分为上皮性肿瘤、神经内分泌肿瘤、异位起源肿瘤、肺 间叶性肿瘤和淋巴造血系统肿瘤,其中上皮性肿瘤中恶性病变主要包括腺癌、鳞状细胞 癌(鳞癌)、大细胞癌、腺鳞癌和肉瘤样癌;神经内分泌癌包括小细胞肺癌和大细胞神经内 分泌癌<sup>[4]</sup>。临床中最常见的3种肺恶性肿瘤是腺癌、鳞癌和小细胞肺癌,其中腺癌与鳞癌 统称为非小细胞肺癌<sup>[5]</sup>。常规计算机X线断层扫描(CT)检查只是对肿块的良恶性进行初步 定性评估,不能明确诊断肿块病理类型。目前,肺癌病理类型的确诊方式主要为侵入性 有创方式,部分患者不具备手术或穿刺条件,可能会引发气胸、出血及转移等一系列风 险<sup>[6-7]</sup>。功能显像是术前更全面判断肿瘤病理类型的重要辅助手段。DSCT这种新的功能成 像技术已成为诊断肺癌的重要工具。DSCT以双层探测器技术为基础,无需前瞻性设置能 量扫描模式,在不额外增加扫描辐射剂量及碘对比剂用量的前提下可同时获得常规CT图 像和多种光谱CT图像,可以通过有效原子序数、虚拟单能量图像、碘密度图及其他光谱 图像数据分析病灶的组织结构和功能状态,为临床诊断提供了新的思路<sup>[8-9]</sup>。本研究目的 是探讨DSCT多定量参数鉴别肺癌不同病理类型的应用价值。

#### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集2021年8月至2022年11月在山西医科大学第二医院DSCT完成胸部增强检查的患者病例。

根据以下纳入标准选择患者:经病理科确诊为肺腺癌、鳞癌和小细胞肺癌的患者病例;光谱CT检查前未做手术、放化疗或药物等一系列抗肿瘤治疗的患者病例;图像清晰分辨率高,质量满足观察和分析要求的患者病例。排除标准:病灶与相邻肺不张区域分界模糊,干扰病灶的观察;病灶为亚实性结节和磨玻璃结节。总计患者88例,男63例, 女25例,年龄范围为44~82岁,平均年龄(64.92±8.63)岁。依据病理结果进行分组,肺 腺癌组(n=42)、鳞癌组(n=30)和小细胞肺癌组(n=16)共3组。本研究经过医院伦理委员 会批准,并与患者签署知情同意书。 1.2 检查方法 患者在双层探测器光谱CT(IQon Spectral CT, Philips Healthcare)进行胸部双期增强扫描。扫描方式为仰卧 位、头先进。扫描参数:自动电流,管电压120kVp,准直器宽 度64×0.625mm,矩阵512×512,螺距1.234,转速0.4 s/周, 层间距与层厚均为5.0mm。扫描范围:胸廓入口至膈肌水平(全 胸)。扫描步骤:使用Ulrich高压注射器将18 mL生理盐水从右肘 静脉注入(注射流速为3.5 mL/s),然后注射碘海醇(350 mgl/mL, 流速同上)70mL,继续注射生理盐水40mL,然后分别在30s、 60s进行扫描。最后把所有数据重建成全息光谱图像(spectral based image, SBI),层厚与层间距均为1mm,能谱重建等级为 Spectral Level 3。肺窗:窗宽、窗位分别为-1200、-600;纵隔 窗:窗宽、窗位分别为350、60。

1.3 图像分析 将重建后图像传输至后处理专用工作站 (IntelliSpace Portal, Philips Healthcare),使用Spectral CT viewer软件在双期增强图像、碘密度图及有效原子序数图上选取 病灶的上、中(最大截面)和下三个连续轴向层面运用复制粘贴分别 进行感兴趣区(region of interest, ROI)的勾画与测量,保证ROI大 小和形状完全一致,计算平均值。在尽量避开囊变、坏死、钙化 和血管的情况下,ROI放置在肿瘤的实性区域,并且范围选取最大 值,以最大限度地减少噪声和部分容积效应的影响。两名高年资 放射科医师独立进行主观诊断与分析。测量每个ROI的下列参数: (1)动脉期和静脉期40~100keV(间隔10keV)单能量CT值;(2)动脉 期和静脉期的IC值、Zerf值;(3)为了最大限度地减少个人循环状态 和扫描时间的影响,将病灶的IC值与同一横断面降主动脉或锁骨下动脉IC值进行归一化,计算动脉期和静脉期NIC值,定义公式为NIC=IC<sub>肿物</sub>/IC<sub>主动脉</sub>;(4)动脉期和静脉期能谱曲线斜率K<sub>40-100kev</sub>:定义公式为K<sub>40-100kev</sub>=(CT<sub>40kev</sub>-CT<sub>100kev</sub>)/(100keV-40keV)。

**1.4 统计学分析**采用SPSS 25.0统计学分析软件。符合正态分布 和方差齐性的计量资料数据用均数±标准差(x±s)表示,多组 数据之间运用单因素方差分析,进一步运用LSD检验进行两两比 较,P<0.05为差异有统计学意义。用有统计学意义的数据绘制 ROC,计算AUC衡量各定量参数鉴别肺腺癌与非肺腺癌、非小细 胞肺癌与小细胞肺癌的效能并计算灵敏度、特异度和约登指数。 AUC>0.5认为该诊断试验具有一定的诊断价值。

#### 2 结 果

2.1 光谱CT各参数比较 静脉期肺腺癌、肺鳞癌与小细胞肺癌 IC、NIC、Zeff、K40-100keV、CT40keV、CT50keV、CT60keV及动脉期NIC 比较,差异均具有统计学意义(P<0.05),结果见表1-表2、图1-图3。两两组间比较,静脉期肺腺癌IC、NIC、Zeff、K40-100keV及 CT40keV高于肺鳞癌和小细胞肺癌,静脉期肺腺癌CT50keV、CT60keV 高于小细胞肺癌,动脉期肺腺癌NIC高于小细胞肺癌,差异均具 有统计学意义(P<0.05),静脉期肺鳞癌IC、NIC、Zeff、K40-100keV、 CT40keV、CT50keV、CT60keV高于小细胞肺癌,但差异均无统计学差 异(P>0.05),结果见表3。

			表1 肺腺癌、肺鳞癌、	、小细胞肺癌静脉其	<b>月光谱参数的比较</b>		
组别	n	IC(mg/mL)	NIC	Z <sub>eff</sub>	K <sub>40~100keV</sub>	CT <sub>40keV</sub>	
肺腺癌	42	$1.43 \pm 0.53$	$0.32 \pm 0.09$	8.09±0.22	$1.83 \pm 0.30$	162.98±25.32	
肺鳞癌	30	$1.19 \pm 0.35$	$0.27 \pm 0.07$	7.98±0.21	$1.43 \pm 0.39$	$138.59 \pm 26.81$	
小细胞肺癌	16	0.98±0.39	$0.22 \pm 0.08$	7.87±0.22	$1.22 \pm 0.48$	123.14±35.95	
F值		6.241	8.509	6.730	20.281	14.017	
P值		0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	
组别		CT <sub>50keV</sub>	CT <sub>60keV</sub>	CT <sub>70keV</sub>	CT <sub>80keV</sub>	CT <sub>90keV</sub>	CT <sub>100keV</sub>
肺腺癌		113.73±29.47	89.16±22.81	74.22±19.63	64.02±16.10	57.45±14.14	52.99±13.00
肺鳞癌		$102.80 \pm 18.00$	81.85±12.71	69.53±9.87	61.57±8.21	56.31±7.23	52.73±6.67
小细胞肺癌		92.80±24.25	$74.90 \pm 17.45$	64.29±13.63	57.48±11.32	53.08±9.91	50.11±9.04
F值		3.990	3.290	2.341	1.500	0.926	0.582
P值		0.026	0.047	0.109	0.235	0.404	0.563

		表2	肺腺癌、肺鳞癌、	小细胞肺癌动脉期	光谱参数的比较		
组别	n	IC(mg/mL)	NIC	Z <sub>eff</sub>	K <sub>40~100k</sub>	ev CT	40keV
肺腺癌	42	$1.25 \pm 0.44$	0.11±0.04	4 8.02±0.2	22 1.56±0	.55 147.39	)±37.76
肺鳞癌	30	$1.19 \pm 0.47$	$0.10 \pm 0.04$	4 7.99±0.2	26 1.51±0	.61 143.57	′±42.27
小细胞肺癌	16	$0.97 \pm 0.50$	$0.08 \pm 0.03$	3 7.87±0.3	31 1.26±0	.74 125.18	3±49.86
F值		2.088	3.137	1.965	1.456	1.676	
P值		0.130	0.048	0.146	0.239	0.193	
组别	CT	50keV	CT <sub>60keV</sub>	CT <sub>70keV</sub>	CT <sub>80keV</sub>	CT <sub>90keV</sub>	CT <sub>100keV</sub>
	100.00		NE 70   17 05	70 07 1 10 10	CO 17   10 70	57.40 1 0.50	50 70 L 0 00

肺腺癌	$108.86 \pm 25.31$	85.72±17.35	$72.07 \pm 13.18$	$63.17 \pm 10.76$	57.48±9.53	53.72±8.83
肺鳞癌	$105.90 \pm 27.20$	83.73±18.49	$70.59 \pm 13.45$	62.11±10.37	$56.69 \pm 8.55$	52.99±7.38
小细胞肺癌	93.74±31.62	$75.22 \pm 20.99$	64.27±14.82	$57.21 \pm 10.98$	52.69±8.70	49.59±7.28
F值	1.814	1.902	1.935	1.839	1.658	1.528
P值	0.169	0.156	0.151	0.165	0.197	0.223

表3 三组各参数两两比较LSD-t分析结果										
组别	静脉	圳IC	静脉期	NIC	静脉其	月Z <sub>eff</sub>	静脉期K <sub>40~100keV</sub>			
	标准误	Р	标准误	Р	标准误	Р	标准误	Р		
肺腺癌与肺鳞癌组	0.109	0.029	0.020	0.013	0.051	0.037	0.088	0.000		
肺腺癌与小细胞肺癌组	0.134	0.001	0.025	0.000	0.063	0.001	0.108	0.000		
肺鳞癌与小细胞肺癌组	0.141	0.151	0.026	0.084	0.066	0.088	0.114	0.063		
组别	静脉期	静脉期CT <sub>40keV</sub>		静脉期CT <sub>50keV</sub>		T <sub>60keV</sub>	动脉期NIC			
	标准误	Р	标准误	Р	标准误	Р	标准误	Р		
肺腺癌与肺鳞癌组	6.687	0.000	5.610	0.157	4.217	0.241	0.009	0.418		
肺腺癌与小细胞肺癌组	8.218	0.000	7.578	0.028	5.605	0.046	0.011	0.014		
肺鳞癌与小细胞肺癌组	8 660	0 078	6 895	0 407	4 941	0 433	0.012	0 084		



图1A-图1C 右肺下叶肺腺癌(绿圈为R01);图1A、1B、1C分别为静脉期碘密度图(值为1.23mg/mL)、有效原子序数图(值为8.05)、能谱曲线图。
图2A-图2C 右肺上叶肺鳞癌(绿圈为R01);图2A、2B、2C分别为静脉期碘密度图(值为1.35mg/mL)、有效原子序数图(值为8.11)、能谱曲线图。
图3A-图3C 左肺上叶非小细胞肺癌(绿圈为R01);图3A、3B、3C分别为静脉期碘密度图(值为1.13mg/mL)、有效原子序数图(值为7.97)、能谱曲线图。

**2.2 光谱CT参数ROC曲线分析** 各参数诊断肺腺癌与非肺腺 癌的ROC曲线、临界值和诊断效能,见图4、表4所示。静脉期  $K_{40-100keV}$ 的AUC最大值为0.815,诊断阈值、灵敏度和特异度分别 为1.505、92.9%、65.2%。

0.0

敏感度

各参数诊断非小细胞肺癌与小细胞肺癌的ROC曲线、临界 值和诊断效能,见图5、表5所示。静脉期K<sub>40-100kev</sub>的AUC最大值 为0.768,诊断阈值、灵敏度和特异度分别为1.418、76.4%、 75.0%。



图4 光谱参数鉴别诊断肺腺癌与非肺腺癌的ROC曲线



图5 光谱参数鉴别诊断非小细胞肺癌与小细胞肺癌的ROC曲线

5

表4	诊断肺腺癌与	表5 光谱参数诊断非小细胞肺癌与小细胞肺癌的效能											
鉴别指标	截断值	AUC	95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	鉴别指标	截断值	AUC	95%CI	灵敏度(%)	特异度(%	) 约登指数
静脉期IC	1.145	0.694	0.582~0.806	5 73.8	60.9	0.347	静脉期IC	1.135	0.717	0.577~0.856	65.3	75.0	0.403
静脉期NIC	0.320	0.722	0.614~0.829	50.0	89.1	0.391	静脉期NIC	0.266	0.751	0.627~0.876	69.4	75.0	0.444
静脉期Z <sub>eff</sub>	8.045	0.698	0.587~0.809	66.7	69.6	0.363	静脉期Z <sub>eff</sub>	7.890	0.712	0.572~0.852	80.6	56.2	0.368
静脉期K <sub>40~100kev</sub>	1.505	0.815	0.724~0.905	92.9	65.2	0.581	静脉期K <sub>40~100kev</sub>	1.418	0.768	0.627~0.909	76.4	75.0	0.514
静脉期CT <sub>40keV</sub>	134.993	0.769	0.671~0.866	5 90.5	54.3	0.448	静脉期CT <sub>40keV</sub>	129.103	0.746	0.604~0.887	84.7	56.2	0.409
静脉期CT <sub>50keV</sub>	116.921	0.649	0.528~0.769	50.0	89.1	0.391	静脉期CT <sub>50keV</sub>	110.428	0.669	0.529~0.810	48.6	81.2	0.298
静脉期CT <sub>60keV</sub>	91.369	0.634	0.511~0.756	50.0	89.1	0.391	静脉期CT <sub>60keV</sub>	91.369	0.651	0.509~0.793	3 34.7	93.7	0.284
动脉期NIC	0.089	0.617	0.500~0.734	71.4	54.3	0.257	动脉期NIC	0.102	0.694	0.555~0.833	3 52.8	87.5	0.403

## 3 讨 论

传统CT检查作为肺部疾病的最常用辅助检查手段,主要依据 病变的形态学表现和增强扫描的强化方式对其良恶性进行初步评 估,较难实现病理类型的鉴别诊断。DSCT作为一种近年来出现 的新型能谱成像方法,特殊之处是双层探测器技术,上下层材料 不同,吸收高低能量X线不同,低能X线在上层吸收,高能X线在 下层吸收,在常规扫描的同时采集高、低能量信息,将得到的信 息数据进行解析通过投影数据域的方式,与此同时生成常规CT图 像和其它多参数图像,实现了"同时、同源、同向"的光谱功能 成像<sup>[10-11]</sup>。DSCT扫描时避免了不同能量射线之间的相互干扰, 使数据更加具有准确性,它具有的同时性、同源性和同向性三大 特性,可以在不同相位产生更好的数据配准和一致对应的图像, 从而减小测量误差。能谱曲线反映随keV值增加测量的物质或结 构CT值的动态变化,能量范围为40~200keV,每种组织的能谱曲 线都是独一无二的,利用能谱曲线计算出的能谱曲线斜率可以用 来反映组织CT值的衰变规律,因为100keV后的能谱曲线趋干平 缓并且基本重合,所以本研究主要对40~100keV范围能谱曲线斜 率进行分析<sup>[7]</sup>。IC和NIC可以定量分析增强扫描病灶摄取的碘的剂 量,进而反映病灶内的血供情况<sup>[12]</sup>。有效原子序数主要是与某混 合物质量衰减系数相同的元素的原子序数,是一种可以用来识别 不同成分物质的光谱CT的定量指标<sup>[13]</sup>。

肺癌不同病理类型的生物学行为、治疗方法和预后评估存在 很大差异<sup>[14]</sup>。在临床上小细胞肺癌较非小细胞肺癌具有快速生 长、早期全身转移、对特定放化疗高反应性和预后差等特点,因 此在临床上区分肺癌病理类型至关重要<sup>[15]</sup>。本研究结果提示静脉 期肺腺癌IC、NIC、Zeff、K40~100kev及CT40kev高于鳞癌和小细胞肺 癌,静脉期小细胞肺癌CT50kev、CT60kev低于肺腺癌,动脉期小细 胞肺癌NIC低于肺腺癌,这一结果与张兆涛<sup>[7]</sup>、田双凤<sup>[16]</sup>、邓靓娜 <sup>[17]</sup>、张东升<sup>[18]</sup>等的研究结果相符。从病理组织学角度分析原因, 肺腺癌、肺鳞癌与小细胞肺癌各有特点,肺腺癌主要以贴壁生长 为主,容易形成饱满并且均匀一致的毛细血管网,基本不会出现 坏死和出血的情况,鳞癌生长特点为堆积性生长,其内部常见角 化珠及细胞间桥,结构较紧密,基本不会形成新的血管,最终导 致病灶内容易发生液化坏死,小细胞肺癌病变内的纤维含量较血 管占比高,包含了广泛大片坏死区域,综上所述可见肺腺癌血供 最丰富,与本研究中肺腺癌相关光谱参数最高的结果一致<sup>[12,15,19-</sup> 。另本研究显示肺鳞癌与小细胞肺癌各参数均无统计学差异,从 病理学分析可能是由于小细胞肺癌在病理组织成分及生长方式上 与中低分化鳞癌相似,本研究中肺鳞癌分化程度大多为中、低分 化,故难以鉴别<sup>[19]</sup>。黄玮等<sup>[21]</sup>研究指出肺腺癌、鳞癌和小细胞肺 癌的IC、Zeff和能谱曲线斜率均无显著统计学差异,这与本研究结 果不一致,可能是采用的扫描技术、病例样本量或能谱曲线斜率 的单能量范围选择不同等因素影响所致。王朝军等<sup>[22]</sup>研究结果提 示静脉期非小细胞肺癌能谱曲线斜率及NIC值最大,此结论与本研 究结果背离,这可能与研究的增强期相不同、入组病例的分化程 度、病灶大小或计算能谱曲线斜率范围不同等有关。在本研究中 动脉期光谱定量参数较静脉期鉴别诊断肺癌不同病理类型价值有 限,比如肿瘤中的IC主要取决于微血管密度和渗漏到细胞间隙的 碘对比剂的量,在动脉期对比剂短时间内不能全部进入微血管, 而在时间延迟后的静脉期对比剂可完全进入微血管,并穿透基底 膜从而渗入到细胞间隙,由此不难得出静脉期IC较动脉期IC值反映 肿瘤的微循环和肺癌血供分布方面更胜一筹<sup>[7,23]</sup>。

本研究不足之处:(1)小细胞肺癌样本量不够多;(2)包含的肺 癌病理类型较少,缺乏如大细胞癌、类癌等病例;(3)未对肺癌不 同病理类型分化程度进行进一步分类;(4)本研究仅对实性结节进 行讨论,而未对亚实性结节和磨玻璃结节进行探讨研究;(5)人工 勾画ROI可能受主观因素影响存在一定的误差。 综上所述双层探测器光谱CT作为近年来迅速发展的成像技术,其具有的多参数成像可为肺癌的精确诊断、病理类型以及制 订治疗方案提供帮助。

## 参考文献

- [1]Gao Y, Chen Y, Jiang Y, et al. Artificial intelligence algorithm-based feature extraction of computed tomography images and analysis of benign and malignant pulmonary nodules [J]. Comput Intell Neurosci, 2022, 2022: 5762623.
- [2] 石英杰, 李江, 孟耀涵, 等. 全球肺癌筛查指南及共识质量评价 [J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42 (2): 241-247.
- [3] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020; GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71 (3): 209-249.
- [4] Travis WD, Brambilla E, Nicholson AG, et al. The 2015 World Health Organization classification of lung tumors: impact of genetic, clinical and radiologic advances since the 2004 classification[J]. J Thorac Oncol, 2015, 10 (9): 1243-1260.
- [5]国家卫生健康委办公厅.原发性肺癌诊疗指南(2022年版)[J].协和医学杂志,2022,13(4):549-570.
- [6] Ma X, Xu M, Tian XJ, et al. A retrospectively study: diagnosis of pathological types of malignant lung tumors by dual-layer detector spectral computed tomography [J]. Technol Cancer Res Treat, 2022, 21: 15330338221074498.
- [7] Zhang Z, Zou H, Yuan A, et al. A single enhanced dual-energy CT scan may distinguish lung squamous cell carcinoma from adenocarcinoma during the venous phase [J]. Acad Radiol, 2020, 27 (5): 624-629.
- [8] Demirler Simsir B, Danse E, Coche E. Benefit of dual-layer spectral CT in emergency imaging of different organ systems [J]. Clin Radiol, 2020, 75 (12): 886-902.
- [9]Gao L, Lu X, Wen Q, et al. Added value of spectral parameters for the assessment of lymph node metastasis of lung cancer with dual-layer spectral detector computed tomography[J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(6): 2622-2633.
- [10] 双层探测器光谱CT临床应用中国专家共识(第一版)[J].中华放射学杂志,2020,54(7):635-643.
- [11] Rassouli N, Etesami M, Dhanantwari A, et al. Detector-based spectral CT with a novel dual-layer technology: principles and applications[J]. Insights Imaging, 2017, 8 (6): 589-598.
- [12] Mu R, Meng Z, Zhang X, et al. Parameters of dual-layer spectral detector CT could be used to differentiate non-small cell lung cancer from small cell lung cancer [J]. Curr Med Imaging, 2022, 18 (10): 1070-1078.
- [13] Goodsitt MM, Christodoulou EG, Larson SC. Accuracies of the synthesized monochromatic CT numbers and effective atomic numbers obtained with a rapid kVp switching dual energy CT scanner[J]. Med Phys, 2011, 38 (4): 2222-2232.
- [14] Zheng M. Classification and pathology of lung cancer [J]. Surg Oncol Clin N Am, 2016, 25 (3): 447-468.
- [15]Xu X, Sui X, Zhong W, et al. Clinical utility of quantitative dual-energy CT iodine maps and CT morphological features in distinguishing smallcell from non-small-cell lung cancer[J]. Clin Radiol, 2019, 74 (4): 268-277.
- [16] 田双风,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.
- [17] 邓靓娜,张国晋,张斌,等.周围型肺腺癌和周围型肺鳞癌的能谱CT表现[J].中国医学物理学杂志,2021,38(9):1097-1102.
- [18]张东升,盛茂,程庆红,等.双层探测器光谱CT定量参数与肺癌及其病理特征的关系 [J].分子影像学杂志,2022,45(5):759-762.
- [19] 陈盈,姚婷,郑昊,等. CT能谱在原发性肺癌病理分型中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26 (7): 1222-1225.
- [20] Wang G, Zhang C, Li M, et al. Preliminary application of high-definition computed tomographic gemstone spectral imaging in lung cancer [J]. J Comput Assist Tomogr, 2014, 38 (1): 77-81.
- [21] 黄玮,田添,孙国平.宝石能谱CT成像在鉴别不同病理类型肿瘤及其转移淋巴结中的作用[J].安徽医药,2013,17(11):1877-1880.
- [22] 王朝军,张蕾,马霞,等. 能谱CT在肺癌诊断及病理分型中的应用价值[J]. 中国CT和 MRI杂志, 2018, 16 (3): 33-36.
- [23]Li Q,Li X,Li XY, et al. Spectral CT in lung cancer: usefulness of iodine concentration for evaluation of tumor angiogenesis and prognosis[J]. AJR Am J Roentgenol, 2020, 215 (3): 595-602.

(收稿日期: 2022-12-19) (校对编辑: 孙晓晴)