

## 周围型肺腺癌和周围型肺鳞癌的能谱CT表现

邓靓娜<sup>1,2,3</sup>, 张国晋<sup>1,2,3</sup>, 张斌<sup>1,2,3</sup>, 景梦园<sup>1,2,3</sup>, 韩涛<sup>1,2,3</sup>, 林晓强<sup>1,2,3</sup>, 周俊林<sup>1,2,3</sup>

1. 兰州大学第二医院放射科, 甘肃 兰州 730030; 2. 兰州大学第二临床医学院, 甘肃 兰州 730000; 3. 甘肃省医学影像重点实验室, 甘肃 兰州 730030

**【摘要】目的:**观察周围型肺腺癌和周围型肺鳞癌的能谱CT表现。**方法:**回顾性分析经病理证实并行能谱CT扫描的周围型肺腺癌122例和周围型肺鳞癌89例。测量病灶在动脉期及静脉期下的CT<sub>40 keV</sub>值、CT<sub>70 keV</sub>值、CT<sub>100 keV</sub>值、碘(水)浓度(IC)、水(碘)浓度(WC)和有效原子序数(Zeff),并计算能谱曲线斜率(K<sub>70 keV</sub>)。比较两组之间各能谱参数之间的差异。**结果:**两组之间性别差异有统计学意义( $P<0.05$ ),而其他临床特征和临床症状在两组之间差异无统计学意义( $P>0.05$ )。动脉期和静脉期,周围型肺腺癌的CT<sub>40 keV</sub>、CT<sub>70 keV</sub>、K<sub>70 keV</sub>、IC及Zeff均大于周围型肺鳞癌,差异具有统计学意义( $P<0.05$ );而两组之间的WC和CT<sub>100 keV</sub>无统计学意义( $P>0.05$ )。ROC曲线分析显示,动脉期各定量参数联合较静脉期各定量参数联合的诊断效能好,曲线下面积、敏感性和特异性分别为86%、77%、83%。**结论:**周围型腺癌和周围型鳞癌的能谱CT表现存在一定差异,可为二者的鉴别提供参考。

**【关键词】**肺癌;能谱CT;肺鳞癌;肺腺癌;鉴别诊断

**【中图分类号】**R734.2;R816.41

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2021)09-1097-06

## Spectral CT findings of peripheral lung adenocarcinoma and peripheral lung squamous cell carcinoma

DENG Liangna<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Guojin<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Bin<sup>1,2,3</sup>, JING Mengyuan<sup>1,2,3</sup>, HAN Tao<sup>1,2,3</sup>, LIN Xiaoqiang<sup>1,2,3</sup>, ZHOU Junlin<sup>1,2,3</sup>

1. Department of Radiology, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730030, China; 2. the Second School of Clinical Medicine, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 3. Key Laboratory of Medical Imaging in Gansu Province, Lanzhou 730030, China

**Abstract: Objective** To compare the spectral computed tomography (CT) findings of peripheral lung adenocarcinoma *versus* peripheral lung squamous cell carcinoma. **Methods** A total of 122 cases of peripheral lung adenocarcinoma and 89 cases of peripheral lung squamous cell carcinoma were analyzed retrospectively. All of these cases were proved by pathology and received energy spectral CT examination. The CT<sub>40 keV</sub>, CT<sub>70 keV</sub>, CT<sub>100 keV</sub>, iodine (water) concentration (IC), water (iodine) concentration (WC) and effective atomic number (Zeff) were measured in the arterial phase and the venous phase, and the slope of spectral curve (K<sub>70 keV</sub>) was calculated. The differences of spectral parameters between two groups were compared. **Results** There was no significant difference between two groups in clinical features and symptoms ( $P>0.05$ ) except gender ( $P<0.05$ ). In the arterial phase and the venous phase, the CT<sub>40 keV</sub>, CT<sub>70 keV</sub>, K<sub>70 keV</sub>, IC and Zeff of peripheral lung adenocarcinoma were higher than those of peripheral lung squamous cell carcinoma, with statistical differences ( $P<0.05$ ), but no significant difference was found in WC and CT<sub>100 keV</sub> between two groups ( $P>0.05$ ). Receiver operating characteristic curve analysis showed that the combination of quantitative parameters in the arterial phase had better diagnostic efficiency than the combination of quantitative parameters in the venous phase, and that the area under the curve, sensitivity and specificity of the former were 86%, 77%, and 83%, respectively. **Conclusion** There are some differences in spectral CT findings between peripheral lung adenocarcinoma and peripheral lung squamous cell carcinoma, which can provide reference for the differential diagnosis.

**Keywords:** lung cancer; spectral CT; lung squamous cell carcinoma; lung adenocarcinoma; differential diagnosis

**【收稿日期】**2021-02-25

**【基金项目】**甘肃省医学影像重点实验室开放基金项目(GSYX202010);  
中央高校基本科研业务费专项资金资助(lzujbky-2021-kb32)

**【作者简介】**邓靓娜, 硕士, 研究方向: 胸部影像学, E-mail: 2312844186@qq.com

**【通信作者】**周俊林, 博士, 主任医师, 教授, 研究方向: 神经影像, E-mail: lzujl601@163.com

## 前言

肺癌是全世界范围内发病率及死亡率最高的恶性肿瘤之一,并且随着人口老龄化的发展,肺癌的发病率也呈上升趋势<sup>[1]</sup>。根据发病解剖学部位,肺癌分为中央型肺癌和周围型肺癌,后者以腺癌和鳞癌最

为常见<sup>[2]</sup>。周围型肺癌早期临床症状不明显,随着病情进展或发生转移才出现相应的症状<sup>[3]</sup>,因此早发现早诊断早治疗可以降低死亡率。胸部CT检查是肺癌早期诊断与评估分期的首选影像学方法,然而传统CT仅能提供一些病变形态学特征以及病变与邻近组织关系等方面的信息,而对鉴别病理亚型方面提供的信息有限。能谱CT使用瞬时kVp切换技术,可以对物质进行能谱分析,同时可以提供物质密度图像及单能量图像<sup>[4]</sup>。其在鉴别肺部良恶性病变、肺癌及肾癌病理分级等方面较传统CT更具优势<sup>[5-7]</sup>。本研究观察周围型腺癌和周围型鳞癌的能谱CT表现,为二者的鉴别提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

收集2018年1月~2020年8月在兰州大学第二医院经病理学证实,并行能谱CT扫描的周围型肺癌患者211例,其中,男112例,女99例,年龄39~79岁,平均年龄 $(59.40 \pm 7.98)$ 岁。其中包括周围型鳞癌89例,男58例,女31例,年龄43~79岁,平均年龄 $(59.78 \pm 8.40)$ 岁;周围型腺癌122例,男54例,女68例,年龄39~78岁,平均年龄 $(59.12 \pm 7.68)$ 岁。纳入标准:①能谱CT扫描前未接受任何治疗;②无碘对比剂过敏史或禁忌证;③手术和能谱CT扫描的时间间隔在2周内。排除标准:①CT扫描显示肿瘤位于中央;②存在呼吸伪影重或图像质量不佳。检查前签署知情同意书。

### 1.2 扫描方法

所有患者均在宝石能谱CT(Discovery CT 750 HD)GSI模式下进行扫描。扫描范围:胸廓入口至肋膈角水平,扫描参数:管电压为高、低能量(80、140 kVp)瞬时(0.5 ms)切换,管电流375 mA,球管旋转时间0.7 s,螺距0.984:1,扫描视野50 cm,准直器宽度40 mm,扫描层厚及层间距均为5 mm。用高压注射器经肘前静脉注射80~100 mL(1.2 mL/kg)的非离子型碘对比剂(300 mgI/mL),分别在注射造影剂后30和60 s采用能谱模式行动脉期(AP)和静脉期扫描(VP)。对AP和VP的CT图像进行重建,重建层厚和层间距均为1.25 mm,并采用自适应迭代重建(ASIR)算法对图像进行降噪处理。

### 1.3 图像分析

由一名主治医师和一名副主任医师分别在GE后处理工作站AW4.6上的GSI Viewer分析软件对所有图像进行独立的分析。选取病灶最大层面及其邻近的上、下各一个层面,共3个连续层面进行感兴趣区(ROI)测量。测量时尽可能避开血管、钙化、坏死

囊变等影响测量结果的区域。每个病灶分别测量3次并计算平均值,然后将两位医生测量得到的平均值再次计算均值。意见不一致时,经过讨论后达成一致。GSI Viewer软件自动生成40~100 keV(间隔10 keV)单能量下的CT值、碘(水)浓度(IC)、水(碘)浓度(WC)和有效原子序数(Zeff),并计算能谱曲线的斜率,斜率计算公式为:

$$K_{70\text{ keV}} = (CT_{40\text{ keV}} - CT_{70\text{ keV}}) / (70 - 40) \quad (1)$$

### 1.4 统计学分析

采用SPSS26.0软件进行统计分析,计量资料用均数±标准差表示,采用独立样本t检验;计数资料用百分比表示,采用 $\chi^2$ 检验或Fisher精确检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者的临床特点

周围型肺鳞癌男58例(65.2%),女31例(34.8%);周围型肺腺癌男54例(44.3%),女68例(55.7%);两组之间在性别方面比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ );而两组在年龄、吸烟史、病灶最大径、最小径、病灶位置及临床症状等方面差异无统计学意义( $P > 0.05$ )(表1)。

### 2.2 能谱CT定量参数分析比较

动脉期和静脉期,周围型肺腺癌的 $CT_{40\text{ keV}}$ 、 $CT_{70\text{ keV}}$ 、能谱曲线 $K_{70\text{ keV}}$ 、IC及Zeff均大于肺鳞癌,差异具有统计学意义( $P < 0.01$ );而两组之间的WC和 $CT_{100\text{ keV}}$ 无统计学意义(表2)。图1和图2分别是周围型肺鳞癌和周围型肺腺癌的示例图。

### 2.3 能谱CT定量参数诊断效能

动脉期和静脉期能谱CT定量参数的ROC分析结果见表3和图3。分析表明,在动脉期, $CT_{40\text{ keV}}$ 、 $K_{70\text{ keV}}$ 及动脉期定量参数联合AP-all的ROC曲线下面积均 $\geq 0.8$ ,其中AP-all的ROC曲线下面积最大(0.86);在静脉期,仅静脉期定量参数联合VP-all(0.77)的ROC曲线下面积 $\geq 0.75$ , $CT_{40\text{ keV}}$ 、 $K_{70\text{ keV}}$ 及Zeff的ROC曲线下面积 $> 0.7$ 。

## 3 讨论

随着个体化分子靶向治疗的发展,在开始治疗前确定肺癌的病理类型变得尤为重要,因为肺癌化疗方案的选择是基于其病理亚型和分子亚型,如肺腺癌可以通过贝伐单抗等靶向药物治疗获益,但它可能会导致肺鳞癌患者大量出血<sup>[8-9]</sup>,因此,肺癌的组织学诊断是决定治疗方案的关键。目前,侵入性方法如细针穿刺活检、支气管镜、细胞学检查等可以获得相对准确的病理类型,但仍存在患者不耐受和发生并发症的情况<sup>[10]</sup>。能谱CT多参数成像可以有效

表1 周围型肺鳞癌和肺腺癌的人口统计学及临床特征  
Tab.1 Demographic and clinical characteristics of peripheral lung squamous cell carcinoma (P-SCC) and peripheral lung adenocarcinoma (P-AC)

特征	鳞癌 (n=89)	腺癌 (n=122)	$\chi^2/t$ 值	P值
年龄/岁	59.78±8.40	59.12±7.68	-0.60	0.55
性别[例(%)]			9.03	<0.05
男	58(65.2)	54(44.3)		
女	31(34.8)	68(55.7)		
吸烟史[例(%)]			0.30	0.58
有	53(59.6)	68(55.7)		
无	36(40.4)	54(44.3)		
病灶大小/cm				
最大径	4.72±1.67	4.34±1.64	-1.67	0.09
最小径	3.60±1.26	3.30±1.21	-1.71	0.09
病灶位置[例(%)]				
左肺上叶	16(18.0)	22(18.0)	_*	0.93
左肺下叶	12(13.5)	12(9.8)		
右肺上叶	23(25.8)	33(27.0)		
右肺中叶	15(16.9)	24(19.7)		
右肺下叶	23(25.8)	31(25.4)		
症状[例(%)]			_*	0.87
无症状	18(20.2)	29(23.8)		
咳嗽	53(59.6)	58(47.5)		
咳血	34(38.2)	41(33.6)		
胸痛	26(29.2)	34(27.9)		
呼吸困难	19(21.3)	23(18.9)		

\*Fisher精确检验

反映肿瘤的组织成分及生物学特性,在鉴别肿瘤亚型及分化程度等方面表现出巨大的潜力<sup>[11]</sup>。

本研究结果显示,在动脉期和静脉期,周围型肺腺癌患者的CT<sub>40 keV</sub>、CT<sub>70 keV</sub>、K<sub>70 keV</sub>、IC均大于周围型肺鳞癌患者,这与以前的研究结果一致<sup>[12-14]</sup>。这些参数均间接反映了病灶的血供情况,从而表明周围型肺腺癌的血供较周围型肺鳞癌更为丰富。根据以前的病理研究结果<sup>[15]</sup>,周围型肺腺癌的微血管密度以及对比剂进入细胞间隙的数量较鳞癌是增加的。正常组织中的毛细血管内皮细胞连接紧密,对比剂很少渗入细胞间隙。然而,肿瘤组织形成了大量新的微血管,其中毛细血管内皮细胞连接松散,因此对比剂很容易渗入细胞间隙。

能谱曲线反映了不同keV值下病变的CT值变化规律,同时也反映了对比剂在病灶内的吸收情况<sup>[14]</sup>。本研究选择40~70 keV之间的能谱曲线斜率作为定量分析指标,结果显示无论在动脉期还是静脉期,肺

表2 动脉期和静脉期周围型肺鳞癌和腺癌的能谱定量参数比较  
Tab.2 Comparison of quantitative parameters between P-SCC and P-AC in arterial and venous phases

能谱CT定量参数	鳞癌 (n=89)	腺癌 (n=122)	t值	P值
动脉期				
CT <sub>40 keV</sub> /HU	149.88±11.66	164.31±11.98	8.74	<0.01
CT <sub>70 keV</sub> /HU	66.24±4.81	68.53±6.95	2.83	<0.01
CT <sub>100 keV</sub> /HU	46.20±5.08	45.85±4.50	0.82	0.45
K <sub>70 keV</sub>	2.79±0.31	3.19±0.34	8.90	<0.01
IC/100 μg·cm <sup>-3</sup>	8.47±0.09	8.58±0.10	7.54	<0.01
Zeff	14.66±1.63	16.56±1.82	7.85	<0.01
WC/mg·cm <sup>-3</sup>	1 029.22±5.16	1 027.73±8.20	-1.51	0.10
静脉期				
CT <sub>40 keV</sub> /HU	123.44±14.47	134.73±10.77	6.21	<0.01
CT <sub>70 keV</sub> /HU	55.93±6.61	57.91±5.40	2.40	0.02
CT <sub>100 keV</sub> /HU	39.58±6.38	40.03±5.61	0.55	0.59
K <sub>70 keV</sub>	2.25±0.42	2.56±0.34	5.79	<0.01
IC/100 μg·cm <sup>-3</sup>	8.31±0.13	8.40±0.10	5.21	<0.01
Zeff	11.79±2.16	13.31±1.77	5.41	<0.01
WC/mg·cm <sup>-3</sup>	1 026.19±7.53	1 024.93±6.90	-1.27	0.21

腺癌的能谱曲线斜率K<sub>70 keV</sub>均大于肺鳞癌,且差异具有统计学意义,这与其他学者的研究结果一致<sup>[16]</sup>。在本研究中,40~70 keV范围内曲线陡峭,这与低能量下X线吸收系数越大,引起X线衰减量越多有关。Zeff能够直接反映病变内部化合物的原子序数,从而确定化合物的性质<sup>[4,17]</sup>。本研究中,肺腺癌的Zeff在动脉期和静脉期均大于肺鳞癌,差异有统计学意义,这与其他研究结果相一致<sup>[13,18-19]</sup>。

ROC曲线分析,在动脉期,CT<sub>40 keV</sub>、K<sub>70 keV</sub>及AP-all表现出较高的诊断效能,其中AP-all鉴别周围型肺腺癌和周围型肺鳞癌的诊断效能更高,敏感性和特异性分别为77%和83%;在静脉期,VP-all也表现出较高的敏感性和特异性(91%和65%),较其他单独定量参数的诊断效能高。并且在我们的研究中,AP-all较VP-all表现出更高的诊断效能,然而Jia等<sup>[14]</sup>研究发现,两期的定量参数对鉴别肺鳞癌和腺癌没有明显的差异。另有研究表明,静脉期各定量参数对鉴别肺腺癌和肺鳞癌的诊断效能较动脉期更高<sup>[20]</sup>。以上研究之间的差异可能是由于各定量参数与组织对比剂的摄取有关,因此会受到各期增强扫描的时间及对比剂用量等因素的影响<sup>[21]</sup>,也可能是由于研究纳入的样本量较小,导致不同研究结果不一致。

本研究存在几个局限性,第一,为了减少辐射剂量,未对患者行能谱成像模式胸部CT平扫,因此,平扫各定量参数是否可以鉴别周围型肺鳞癌和肺腺



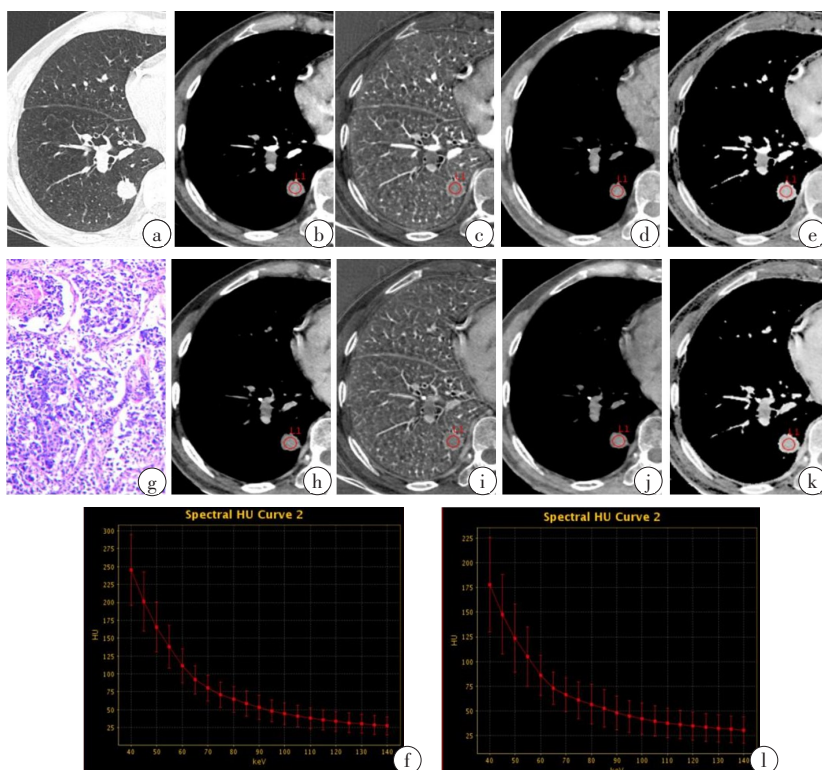


图1 右肺下叶鳞癌(男,73岁)

Fig.1 Squamous cell carcinoma of the inferior lobe of right lung (male, 73 years old)

a:肺窗;b,h: 70 keV下动脉期(b)和静脉期(h)单能量图像,CT值分别为80.37、66.43 HU;c,i:动脉期(c)及静脉期(i)碘基图,碘(水)值分别为28.34、19.08 ( $100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ );d,j:动脉期(d)及静脉期(j)水基图,水(碘)值分别为1 012.29、1 020.26  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ;e,k:动脉期(e)及静脉期(k)有效原子序数图,有效原子序数分别为9.20、8.37;f,l:动脉期(f)及静脉期(l)能谱曲线图;g:病理图(HE,×100)

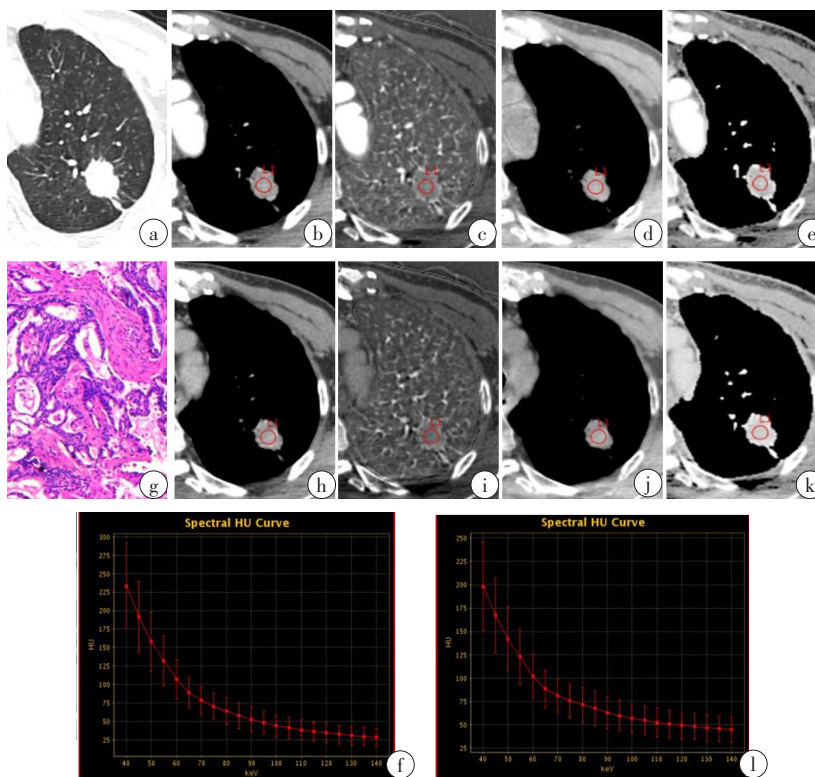


图2 左肺上叶腺癌(男,71岁)

Fig.2 Adenocarcinoma of the supper lobe of left lung (male, 71 years old)

a:肺窗;b,h:70 keV下动脉期(b)和静脉期(h)单能量图像,病灶的CT值分别约为78.4、81.2 HU;c,i:动脉期(c)及静脉期(i)碘基图,碘(水)值分别为26.48、19.96 ( $100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ );d,j:动脉期(d)及静脉期(j)水基图,水(碘)值分别为1 014.17、1 034.11  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ;e,k:动脉期(e)及静脉期(k)有效原子序数图,有效原子序数分别为9.11、8.76;f,l:动脉期(f)及静脉期(l)能谱曲线图;g:病理图(HE,×100)

表 3 周围型肺鳞癌和腺癌能谱CT定量参数的ROC曲线分析

Tab.3 Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis on CT quantitative parameters of P-SCC and P-AC

能谱CT定量参数	曲线下面积(95%CI)	约登指数	最佳阈值	敏感度	特异度
动脉期					
CT <sub>40 keV</sub>	0.82(0.76~0.88)	0.62	153.83 HU	0.83	0.79
CT <sub>70 keV</sub>	0.62(0.54~0.69)	0.25	69.67 HU	0.47	0.78
K <sub>70 keV</sub>	0.82(0.76~0.88)	0.55	2.92	0.81	0.74
IC	0.79(0.72~0.85)	0.48	8.57 (100 μg·cm <sup>-3</sup> )	0.62	0.85
Zeff	0.79(0.73~0.86)	0.47	16.16	0.63	0.84
AP~all	0.86(0.80~0.91)	0.60	0.59	0.77	0.83
静脉期					
CT <sub>40 keV</sub>	0.74(0.66~0.81)	0.51	121.29 HU	0.90	0.61
CT <sub>70 keV</sub>	0.63(0.55~0.70)	0.24	57.35 HU	0.59	0.65
K <sub>70 keV</sub>	0.73(0.65~0.80)	2.32	0.69	0.80	0.60
IC	0.70(0.63~0.78)	0.33	8.35 (100 μg·cm <sup>-3</sup> )	0.75	0.60
Zeff	0.71(0.64~0.78)	0.39	12.16	0.79	0.61
VP~all	0.77(0.70~0.84)	0.56	0.46	0.91	0.65

AP~all:动脉期定量参数的联合(CT<sub>40 keV</sub>+CT<sub>70 keV</sub>+K<sub>70 keV</sub>+IC+Zeff); VP~all:静脉期定量参数的联合(CT<sub>40 keV</sub>+CT<sub>70 keV</sub>+K<sub>70 keV</sub>+IC+Zeff)

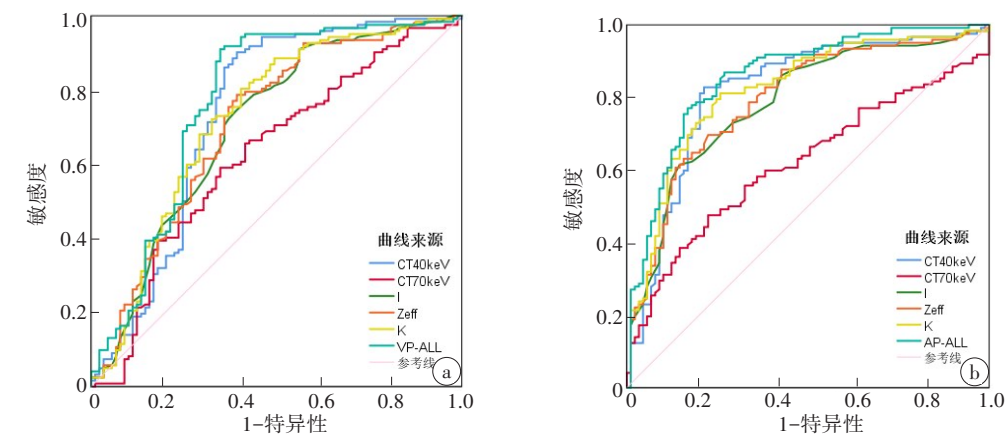


图 3 不同能谱定量参数鉴别周围型肺鳞癌和肺腺癌的 ROC 曲线

Fig.3 ROC curve analysis on quantitative parameters for distinguishing P-SCC and P-AC

a: 动脉期CT<sub>40keV</sub>、CT<sub>70keV</sub>、K<sub>70keV</sub>、碘浓度(IC)、有效原子序数(Zeff)及动脉期定量参数的联合(AP-all)鉴别周围型肺鳞癌和肺腺癌的ROC曲线;  
b: 静脉期CT<sub>40keV</sub>、CT<sub>70keV</sub>、K<sub>70keV</sub>、碘浓度(IC)、有效原子序数(Zeff)及静脉期定量参数的联合(VP-all)鉴别周围型肺鳞癌和肺腺癌的ROC曲线

癌,仍需进一步研究证实;第二,本研究着重于区分周围型肺鳞癌和肺腺癌,未来需要对更多不同病理类型的肺癌病例进行研究,以得出更广泛的结论。

综上所述,能谱CT多参数定量分析对周围型肺鳞癌与周围型肺腺癌的鉴别诊断具有一定价值,可以为肺癌患者治疗方式的选择和预后提供一定的影像学依据。

【参考文献】

[1] BRAY F, FERLAY J, SOERJOMATARAM I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality

worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68(6): 394-424.

[2] 支修益, 石远凯, 于金明. 中国原发性肺癌诊疗规范(2015年版)[J]. 中华肿瘤杂志, 2015, 37(1): 67-78.

ZHI X Y, SHI Y K, YU J M. Standards for the diagnosis and treatment of primary lung cancer (2015 version) in China[J]. Chinese Journal of Oncology, 2015, 37(1): 67-78.

[3] 中华医学会. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2019版)[J]. 中华肿瘤杂志, 2020, 42(4): 257-287.

Chinese Medical Association. Chinese Medical Association guidelines for clinical diagnosis and treatment of lung cancer (2019 edition)[J]. Chinese Journal of Oncology, 2020, 42 (4): 257-287.

[4] 叶伦, 叶奕兰, 冉艮龙, 等. 宝石能谱CT的成像原理及临床应用[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013(19): 8919-8921.

YE L, YE Y L, RAN G L, et al. Imaging principle and clinical application of gem spectral CT[J]. Chinese Journal of Clinicians

- (Electronic Edition), 2013(19): 8919-8921.
- [5] 张国晋, 曹云太, 张婧, 等. 局灶性机化性肺炎及周围型肺癌能谱CT表现[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(9): 1330-1334.  
ZHANG G J, CAO Y T, ZHANG J, et al. Spectral CT findings of focal organizing pneumonia and peripheral lung cancer[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2020, 36(9): 1330-1334.
- [6] 李琦, 罗天友, 黄兴涛, 等. 能谱CT定量参数评估非小细胞肺癌病理分化程度[J]. 中国医学影像技术, 2016, 32(11): 1678-1682.  
LI Q, LUO T Y, HUANG X T, et al. Quantitative parameters of spectral CT imaging in diagnosis of non-small cell lung cancer with different differentiation degrees [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2016, 32(11): 1678-1682.
- [7] 韩冬, 周洁丽, 于勇, 等. 基于能谱曲线斜率鉴别肾透明细胞癌WHO/ISUP 简化分级[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(6): 1133-1138.  
HAN D, ZHOU J L, YU Y, et al. The differential diagnosis in clear-cell renal cell carcinoma simplified WHO/ISUP grade based on the slope of curve of spectral CT[J]. Journal of Clinical Radiology, 2020, 39(6): 1133-1138.
- [8] ROSSI G, MENGOLI M C, CAVAZZA A, et al. Large cell carcinoma of the lung: clinically oriented classification integrating immunohistochemistry and molecular biology [J]. Virchows Arch, 2014, 464(1): 61-68.
- [9] FUKUOKA M, WU Y L, THONGPRASERT S, et al. Biomarker analyses and final overall survival results from a phase III, randomized, open-label, first-line study of gefitinib *versus* carboplatin/paclitaxel in clinically selected patients with advanced non-small-cell lung cancer in Asia (IPASS)[J]. J Clin Oncol, 2011, 29(21): 2866-2874.
- [10] 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.
- [11] 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.  
LIN X Z, SHEN Y, CHEN K M. Spectral CT imaging: principle, clinical application and research [J]. Chinese Journal of Radiology, 2011, 45(8): 798-800.
- [12] HONG S R, HUR J, MOON Y W, et al. Predictive factors for treatment response using dual-energy computed tomography in patients with advanced lung adenocarcinoma[J]. Eur J Radiol, 2018, 101: 118-123.
- [13] JIA Y, XIAO X, SUN Q, et al. CT spectral parameters and serum tumour markers to differentiate histological types of cancer histology [J]. Clin Radiol, 2018, 73(12): 1033-1040.
- [14] JIA Y L, XIAO X G, SUN Q L, et al. Gemstone spectral imaging in lung cancer: a preliminary study[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(29): e11170.
- [15] YUAN A, YU C J, KUO S H, et al. Vascular endothelial growth factor 189 mRNA isoform expression specifically correlates with tumor angiogenesis, patient survival, and postoperative relapse in non-small-cell lung cancer[J]. J Clin Oncol, 2001, 19(2): 432-441.
- [16] 郁义星, 朱慧, 胡粟, 等. 能谱CT在鉴别肺腺癌、鳞癌和炎性肌纤维母细胞瘤中的价值[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(10): 756-760.  
YU Y X, ZHU H, HU S, et al. The value of energy spectral CT in distinguishing lung adenocarcinoma, squamous cell carcinoma and inflammatory myofibroblastoma[J]. Chinese Journal of Radiology, 2017, 51(10): 756-760.
- [17] 贾永军, 贺太平. 宝石能谱CT临床应用及研究进展[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32(5): 799-801.  
JIA Y J, HE T P. Clinical application and research progress of CT gemstone spectral imaging [J]. Journal of Practical Radiology, 2016, 32(5): 799-801.
- [18] GONZÁLEZ-PÉREZ V, ARANA E, BARRIOS M, et al. Differentiation of benign and malignant lung lesions: dual-Energy computed tomography findings [J]. Eur J Radiol, 2016, 85(10): 1765-1772.
- [19] JU Y, LIU A L, DONG Y, et al. The value of nonenhanced single-source dual-energy CT for differentiating metastases from adenoma in adrenal glands[J]. Acad Radiol, 2015, 22(7): 834-839.
- [20] 胡蓉, 徐耀, 侯金鹏, 等. 能谱CT多参数定量分析对鉴别肺癌病理类型的价值[J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(3): 464-468.  
HU R, XU Y, HOU J P, et al. The value of multi-parameter quantitative analysis of spectral CT in distinguishing pathological types of lung cancer[J]. Journal of Practical Radiology, 2019, 35(3): 464-468.
- [21] 朱巧, 任翠, 张艳, 等. 能谱CT诊断非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移的应用价值[J]. 北京大学学报(医学版), 2020, 52(4): 730-737.  
ZHU Q, REN C, ZHANG Y, et al. Comparative imaging study of mediastinal lymph node from pre-surgery dual energy CT *versus* post-surgeron verifications in non-small cell lung cancer patients [J]. Journal of Peking University (Health Sciences), 2020, 52(4): 730-737.

(编辑: 薛泽玲)