

论 著

能谱CT鉴别孤立性肺结节性质的效能*

戴晓龙¹ 陆 兵² 黄 健³
许俊华^{1,*}

1.太仓市中医医院胸外科

2.太仓市中医医院呼吸与危重症医学科

3.太仓市中医医院放射科 (江苏 太倉 215400)

【摘要】目的 探讨能谱CT多参数联合形态学特征对肺孤立性结节(SPN)的诊断效能。方法 选取2021年1月至2023年12月我院收治的80例SPN患者,依据病理性质分为恶性组(n=49)与良性组(n=31),分析患者基线资料、CT形态学特征评分以及能谱CT多参数,探究其对SPN的诊断效能。结果 恶性组SPN毛刺征和棘突征、分叶征等CT形态学特征评分以及总分均高于良性组($P<0.05$)。恶性组动脉期(AP)、静脉期(VP)标准化碘浓度(NIC)高于良性组($P<0.05$);恶性组在AP 40 keV、70 keV、100 keV、140 keV能量水平CT值高于良性组($P<0.05$),在VP 40 keV、70 keV、100 keV能量水平CT值高于良性组($P<0.05$);恶性组在AP 40 keV~70 keV区间能谱曲线斜率高于良性组($P<0.05$),在VP 40 keV~70 keV、70 keV~100 keV区间能谱曲线斜率高于良性组($P<0.05$)。受试者工作特征曲线显示,AP NIC、VP NIC、AP在40 keV、70 keV、100 keV、140 keV能量水平CT值、VP在40 keV、70 keV、100 keV能量水平CT值、VP在40~70 keV区间能谱曲线斜率、CT形态学特征评分以及联合对SPN良恶性均有一定的诊断效能($P<0.05$),其曲线下面积分别为0.764、0.665、0.770、0.658、0.734、0.779、0.673、0.723、0.700、0.720、0.922、0.625,其中CT形态学特征评分诊断效能最高,敏感性为73.47%,特异性为96.77%。结论 恶性SPN CT形态学特征评分、NIC、单能量CT值、能谱曲线斜率均显著高于良性SPN,可利用能谱CT多参数联合形态学特征诊断SPN良、恶性,其中CT形态学特征诊断效能最高。

【关键词】能谱CT; 形态学特征;
肺孤立性结节; 诊断

【中图分类号】R563

【文献标识码】A

【基金项目】苏州市科技发展计划项目
(SYS2020113)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.03.024

Efficiency of Spectral CT in Differentiating the Properties of Solitary Pulmonary Nodule*

DAI Xiao-long¹, LU Bing², HUANG Jian³, XU Jun-hua^{1,*}.

1.Department of Thoracic Surgery, Taicang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Taicang 215400, Jiangsu Province, China

2.Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Taicang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Taicang 215400, Jiangsu Province, China

3.Department of Radiology, Taicang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Taicang 215400, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic efficiency of spectral CT multi-parameters combined with morphological characteristics on solitary pulmonary nodule (SPN). **Methods** 80 patients with SPN in our hospital from January 2021 to December 2023 were selected and divided into malignant group (n=49) and benign group (n=31) according to the pathological properties. The baseline data, CT morphological characteristics scores and spectral CT multi-parameters were analyzed, and the diagnostic efficiency on SPN was explored. **Results** The scores of CT morphological characteristics such as SPN spicule sign, spinous process sign and lobulation sign and total score in malignant group were higher than those in benign group ($P<0.05$). The normalized iodine concentrations (NICs) of arterial phase (AP) and venous phase (VP) in malignant group were higher compared with those in benign group ($P<0.05$). The CT values of AP at 40 keV, 70 keV, 100 keV and 140 keV in malignant group were higher ($P<0.05$), and the CT values of VP at 40 keV, 70 keV and 100 keV were higher than those in benign group ($P<0.05$). The slope of energy spectrum curve of AP at 40 keV-70 keV in malignant group was higher than that in benign group ($P<0.05$), and the slopes of energy spectrum curve of VP at 40 keV-70 keV and 70 keV-100 keV were higher compared to benign group ($P<0.05$). Receiver operating characteristic curve showed that AP NIC, VP NIC, CT values of AP at 40 keV, 70 keV, 100 keV and 140 keV, CT values of VP at 40 keV, 70 keV and 100 keV, slope of energy spectrum curve of VP at 40-70 keV, CT morphological characteristic score and combination had certain diagnostic efficiency on benign and malignant SPN ($P<0.05$), and the areas under the curves were 0.764, 0.665, 0.770, 0.658, 0.734, 0.779, 0.673, 0.723, 0.700, 0.720, 0.922 and 0.625 respectively. The diagnostic efficiency of CT morphological characteristics scores was the highest, with a sensitivity of 73.47% and a specificity of 96.77%. **Conclusion** The CT morphological characteristics scores, NIC, single energy CT value and energy spectrum curve slope of malignant SPN are significantly higher than those of benign SPN. Spectral CT multi-parameters combined with morphological characteristics can be used to diagnose benign and malignant SPN, and the diagnostic efficiency of CT morphological characteristics is the highest.

Keywords: Spectral CT; Morphological Characteristics; Solitary Pulmonary Nodule; Diagnosis

肺孤立性结节(SPN)是指单一的、边界清楚的、直径 ≤ 3.0 cm,且不伴随肺不张、胸腔大量积液表现的肺部结节类型^[1]。SPN可分为良性、恶性两大类,其治疗方法、预后显著不同,临床建议良性的SPN仅需定期复查或手术切除即可,无需其他特殊的治疗,但对于恶性的SPN则建议手术联合放化疗治疗,且患者预后与疾病发现早晚、分化程度有关^[2-3]。但SPN患者临床表现并不明显,甚至部分患者无任何临床症状,而延误治疗。因此,早期鉴别诊断SPN性质,对合理制定治疗方案,改善患者预后至关重要。目前,影像学鉴别良恶性结节主要依赖结节形态学特征、增强后结节强化程度^[4]。能谱CT是新型的影像技术,可实现瞬时变能,产生两种能量的扫描,大大提高了空间的分辨率,并实现动态变焦,提高影像图片质量,提高SPN良恶性鉴别能力^[5]。基于此,本研究探讨能谱CT多参数联合形态学特征在SPN的诊断效能,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年1月至2023年12月我院收治的80例SPN患者作为研究对象,依据病理学分型分为恶性组(n=49)与良性组(n=31)。

纳入标准:经胸部CT检查初步诊断为SPN^[6];经病理学诊断为良性或恶性肺部结节;临床资料完整;接受能谱CT增强扫描检查,且影像资料清晰可用;均为单个实性结节,且直径0.6cm~3cm。排除标准:影像资料质量不达标者;对比剂过敏者;能谱CT增强扫描前接受抗肿瘤、抗炎治疗者;合并肺不张、大量胸腔积液、癌细胞转移者。

1.2 方法

1.2.1 检查方法 利用美国GE宝石能谱CT进行胸部CT扫描,患者取仰卧位,扫描范围为肺尖至肺底。先进行胸部平扫,参数设置为:管电流300 mAs,管电压120 kV,球管转速0.5 s/r,螺距1.375:1,层厚5 mm。后进行胸部能谱扫描,参数设置为:管电流630 mAs,管电压80~140 kVp,球管转速0.5 ms/r,螺距1.375:1,层厚5.0 mm,层间距0.625 mm。利用双筒高压注射器,通过肘静脉以3.5 mL/s的速率注入碘克沙醇(北京北

【第一作者】戴晓龙,男,副主任医师,主要研究方向:胸外科。E-mail: taic005@163.com

【通讯作者】许俊华,男,主治医师,主要研究方向:胸外科。E-mail: 578008825@qq.com

陆药业股份有限公司, 国药准字H20153001, 100mL: 32g)1.5 mL/kg, 并以生理盐水(西安京西双鹤药业有限公司, 国药准字H20058668, 250mL:2.25g)30 mL进行冲管, 注射完成后30 s、60 s分别进行动脉期(AP)、静脉期(VP)扫描。

1.2.2 影像图像分析及数据获取 通过AW4.6工作站处理影像资料, 由2名经验丰富的医师阅片, 结果有异议时共同协商。获得碘基图、水基图以及40 keV、70 keV、100 keV、140 keV单能量图像和能谱曲线。为避免个体性差异影像, 将感兴趣区设置于AP、VP的肺结节、同层主动脉弓或降主动脉内。在病灶的横截面积最大的层面放置感兴趣区, 其应尽可能最大地包含病灶内密度均匀的实性部分, 避开病灶内的钙化、脂肪、气体、坏死及伪影明显区域, 且AP、VP放置的感兴趣区层面大小、形状、位置应保持一致。标准化碘浓度(NIC)=病灶碘含量/同层主动脉碘含量; 标准化水浓度(NWC)=病灶水含量/同层主动脉水含量; 40 keV~70 keV区间能谱曲线斜率=(40 keV-70 keV)Hu/(70-40), 其余区间能谱曲线计算方法同上。

表1 两组基线资料比较[n(%)]

基线资料	恶性组(n=49)	良性组(n=31)	t/ χ^2 值	P值
年龄(岁)	64.55±8.23	66.09±9.36	0.773	0.442
性别	男	26(53.06)	0.474	0.491
	女	23(46.94)		
吸烟	是	19(38.78)	1.428	0.232
	否	30(61.22)		
饮酒	是	18(36.73)	0.504	0.478
	否	31(63.27)		
结节直径(mm)	20.89±6.34	19.27±6.01	1.136	0.260
结节体积(cm ³)	4.19±1.33	3.53±1.20	1.904	0.061

2.3 两组SPN能谱CT多参数比较 两组AP、VP NWC比较无统计学差异($P>0.05$), 两组在VP 140 keV能量水平CT值比较无统计学差异($P>0.05$), 两组在AP 70 keV~100 keV、100 keV~140 keV区间能谱曲线斜率比较无统计学差异($P>0.05$), 两组在VP 100 keV~140 keV区间能谱曲线斜率比较无统计学差异($P>0.05$); 恶性组AP、VP NIC高于良性组($P<0.05$); 恶性组在AP 40 keV、70 keV、100

1.2.3 SPN形态学特征评分 2名经验丰富的医师阅片在标准重建的轴位及多平面重组上完成CT形态学特征评分, 采用综合评分法^[7], 有明显良性倾向记作0分, 有明显恶性倾向记作1分, 无法明确区分良恶性记作0.5分。观察内容包括分叶征、病灶内钙化、胸膜凹陷征等7个特征, 总分 ≥ 3 分则认为是恶性肺部结节。

1.3 统计学方法 采用SPSS 22.0软件进行分析, 计数资料以n(%)表示, 采用 χ^2 检验; 计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 所有数据经检验均呈正态分布, 两组间比较采用独立样本t检验; 采用受试者工作特征(ROC)曲线分析能谱CT多参数联合形态学特征评分对SPN的诊断效能; 以 $P<0.05$ 表示有统计学意义。

2 结果

2.1 两组基线资料比较 两组年龄、性别、吸烟史、饮酒史、结节直径、结节体积比较无统计学差异($P>0.05$), 见表1。

2.2 两组SPN形态学特征评分比较 恶性组SPN毛刺征和棘突征、分叶征等CT形态学特征评分以及总分均高于良性组($P<0.05$), 见表2。

表2 两组SPN形态学特征评分比较(分)

CT形态学特征	恶性组(n=49)	良性组(n=31)	t值	P值
毛刺征和棘突征	0.76±0.24	0.37±0.12	8.374	<0.001
分叶征	0.71±0.19	0.43±0.13	7.200	<0.001
血管集束征	0.43±0.12	0.28±0.09	5.972	<0.001
胸膜凹陷征	0.59±0.16	0.35±0.10	7.470	<0.001
支气管征	0.61±0.19	0.34±0.11	7.177	<0.001
病灶内钙化	0.52±0.18	0.22±0.07	8.849	<0.001
病灶强化值	0.56±0.16	0.32±0.10	7.470	<0.001
总分	4.18±1.12	2.31±0.52	8.706	<0.001

keV、140 keV能量水平CT值高于良性组($P<0.05$), 在VP 40 keV、70 keV、100 keV能量水平CT值高于良性组($P<0.05$); 恶性组在AP 40 keV~70 keV区间能谱曲线斜率高于良性组($P<0.05$), 在VP 40 keV~70 keV、70 keV~100 keV区间能谱曲线斜率高于良性组($P<0.05$), 见表3。

表3 两组SPN能谱CT多参数比较[n(%)]

能谱CT多参数		恶性组(n=49)	良性组(n=31)	t值	P值
动脉期AP	NIC	0.21±0.10	0.13±0.07	4.164	<0.001
	NWC	0.97±0.02	0.98±0.01	0.258	0.767
不同能量水平CT值(Hu)	40 keV	152.04±38.05	103.72±49.78	4.903	<0.001
	70 keV	55.49±19.16	41.79±20.03	3.061	0.003
	100 keV	28.85±19.91	10.11±10.48	3.799	<0.001
	140 keV	22.67±9.49	13.28±6.91	4.767	<0.001
能谱曲线斜率	40 keV~70 keV	2.64±0.98	2.11±1.20	2.165	0.033
	70 keV~100 keV	0.98±0.45	0.97±0.41	0.079	0.937
	100 keV~140 keV	0.21±0.08	0.23±0.0 0.801	0.425	
静脉期VP	NIC	0.60±0.43	0.37±0.24	2.748	0.007
	NWC	0.98±0.01	0.99±0.01	0.436	0.664
不同能量水平CT值(Hu)	40 keV	109.28±37.39	85.35±40.36	2.705	0.008
	70 keV	52.01±11.82	40.86±17.62	3.390	0.001
	100 keV	31.45±10.84	22.23±12.82	3.452	0.001
	140 keV	21.78±12.85	21.04±13.29	0.248	0.805
能谱曲线斜率	40 keV~70 keV	2.47±1.11	1.65±0.94	3.428	0.001
	70 keV~100 keV	0.58±0.23	0.47±0.25	2.011	0.048
	100 keV~140 keV	0.28±0.17	0.22±0.11	1.833	0.071

2.4 能谱CT多参数联合形态学特征评分对SPN的诊断效能 ROC曲线分析显示, AP NIC、VP NIC、AP在40 keV、70 keV、100 keV、140 keV能量水平CT值、VP在40 keV、70 keV、100 keV能量水平CT值、VP在40~70 keV区间能谱曲线斜率、CT形态学特征评分以及联合对SPN良恶性均有一定的诊断效能($P<0.05$), 其曲线下面积(AUC)分别为0.764、0.665、0.770、0.658、0.734、0.779、0.673、0.723、0.700、0.720、0.922、0.625, 其中CT形态学特征评分诊断效能最高, 敏感性为73.47%, 特异性为96.77%, 见表4、图1。

2.5 典型病例影像分析 见图2。患者男性, 69岁, 因“咳嗽、咳痰、胸痛”入院, 当天行能谱CT检查, 图2A-2D显示: 2A为平扫肺窗, 2B为平扫纵膈窗, 2C为增强动脉期纵膈窗, 2D为增强静脉期纵膈窗, CT扫描见左上肺结节, 直径约16mm×21mm, 见毛刺分叶, 局部支气管闭塞, 增强后可见轻中度强化, 形态学评分4.25分, 初步诊断为肺部恶性结节。

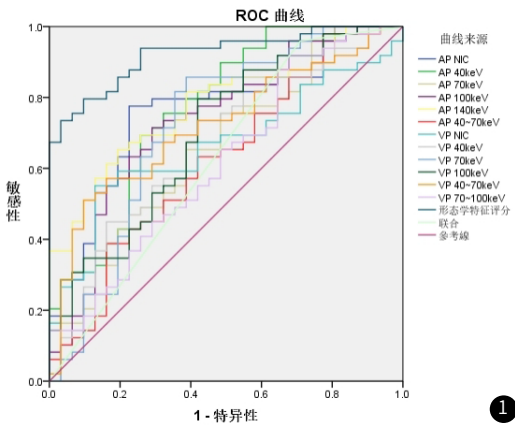


图1 能谱CT多参数联合形态学特征评分对SPN诊断效能的ROC曲线。

表4 能谱CT多参数联合形态学特征评分对SPN的诊断效能

参数	最佳截断值	约登指数	AUC	95%CI	敏感性(%)	特异性(%)	Z值	P值
AP NIC	0.161	0.550	0.764	0.656~0.852	77.55	77.42	4.807	<0.001
VP NIC	0.551	0.422	0.665	0.551~0.767	55.10	87.10	2.709	0.007
AP 40 keV	136.037	0.436	0.770	0.663~0.857	69.39	74.19	4.837	<0.001
AP 70 keV	42.838	0.271	0.658	0.543~0.760	75.51	51.61	2.493	0.013
AP 100 keV	23.092	0.424	0.734	0.623~0.827	71.43	70.97	3.953	<0.001
AP 140 keV	18.861	0.460	0.779	0.672~0.864	65.31	80.65	5.456	<0.001
VP 40 keV	91.446	0.315	0.673	0.559~0.774	73.47	58.06	2.743	0.006
VP 70 keV	39.086	0.470	0.723	0.611~0.817	58.71	61.29	3.476	0.001
VP 100 keV	24.804	0.377	0.700	0.587~0.797	79.59	58.06	3.272	0.001
AP 40~70 keV	2.983	0.227	0.625	0.509~0.731	38.78	83.87	1.904	0.057
VP 40~70 keV	2.588	0.413	0.720	0.608~0.814	51.02	90.32	3.795	<0.001
VP 70~100 keV	0.311	0.241	0.617	0.501~0.723	91.84	32.26	1.778	0.075
CT形态学特征评分	3.258	0.702	0.922	0.840~0.970	73.47	96.77	14.585	<0.001
联合		0.250	0.625	0.509~0.731	95.92	29.03	2.846	0.004

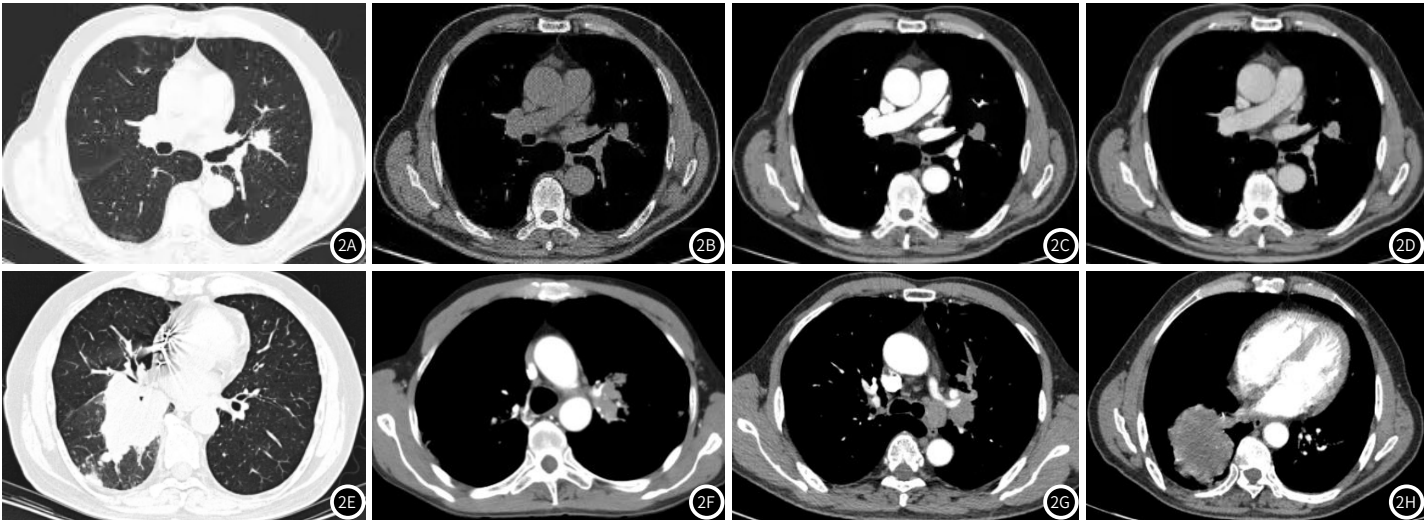


图2 肺部恶性结节患者影像图片。

3 讨论

研究发现, SPN中恶性结节发病率为20%~40%, 且多数为早期肺癌, 应尽快手术切除病灶^[8]。早期肺癌患者接受肺癌根治术后5年存活率可高达80%, 而晚期肺癌患者5年存活率则仅为

10%^[9]。因SPN临床症状不明显, 且病灶体积较小, 容易忽视, 造成误诊、漏诊的发生, 耽误救治时机, 不利于患者预后, 甚至危害患者生命。因此, 如何早期发现并定性肺部结节类型, 并实

施合理治疗对改善患者预后至关重要。

本研究对80例SPN患者进行胸部能谱CT扫描发现,恶性组SPN毛刺征和棘突征、分叶征等形态学特征评分以及总分均高于良性组($P<0.05$)。提示CT扫描图像形态学特征可作为区分SPN良恶性的有效指征,可为SPN临床分型提供可靠依据。CT属于临床常用的影像学检查手段,在诊断SPN时可依据毛刺征和棘突征、分叶征等形态学特征,且Ko JP等^[10]研究也认为,CT形态学特征可作为SPN定性诊断的可靠指征。恶性结节因周围浸润性生长、生长不均匀、内部新生血管形成、病灶累及胸膜等特点,导致出现特异性的、典型的征象棘突征、毛刺征、分叶征,可帮助其性质判断^[11]。但常规CT在鉴别SPN性质时存在异病同影、同病异影现象,通俗理解为易出现重叠现象,导致误诊或漏诊问题发生^[12]。能谱CT是近些年新兴的一种新型影像技术,通过40 keV、70 keV、100 keV、140 keV能量之间瞬间切换,并根据能量数据确定体素在能量范围内的衰减系数,获得高分辨率的单能图像,能明显降低硬化伪影、呼吸运动对影像图片质量的影响,提高对SPN定性诊断的准确性^[13]。

此外,本研究对80例SPN患者能谱CT多参数分析发现,恶性组AP NIC、VP NIC、AP 40 keV至140 keV、VP 40 keV至100 keV能量水平CT值、AP 40 keV~70 keV、VP 40 keV~70 keV、VP 70 keV~100 keV区间能谱曲线斜率高于良性组($P<0.05$)。提示NIC、单能量CT值、能谱曲线斜率可区分SPN良、恶性。SPN病灶碘含量、NIC的大小代表了增强后进入结节内部的碘对比剂的浓度高低,取决于结节的强化程度与血供情况,而不同病理类型的肺部结节其增强与血供也不相同^[14]。恶性肺部结节中血流丰富度显著高于良性结节,故在NIC值也高于良性结节,因此,NIC值鉴别肺部结节性质效能高。而结节强化也取决于结节内部血管形成,强化程度与微血管渗透性、微血管密度有关^[15]。贾霞^[16]研究提出,恶性肿瘤内部的新生微血管通透性高于正常血管8倍,故而可在恶性组中发现不同能量水平CT值高于良性组。肺部结节组织主要由支气管动脉供血,因恶性病灶内微血管网不成熟,血管直径不等、扭曲、部分破裂、血管内皮细胞基底膜不完整等导致通透性明显增高,碘对比剂更容易进入,导致AP明显强化;而病灶内血管紊乱、血流瘀滞,也会导致VP强化降低并不显著^[17-18]。绝大部分肺部良性结节内微血管显著少于恶性结节,且肉芽组织形成、组织水肿加重,导致少量的微血管逐渐闭塞,血流减缓,最终病灶内强化不明显或无强化。

最后,本研究对能谱CT多参数联合形态学特征评分对SPN的诊断效能分析发现,AP NIC、VP NIC、AP在40 keV、70 keV、100 keV、140 keV能量水平CT值、VP在40 keV、70 keV、100 keV能量水平CT值、VP在40~70 keV区间能谱曲线斜率、形态学特征评分以及联合对SPN良恶性均有一定的诊断效能($P<0.05$),其AUC分别为0.764、0.665、0.770、0.658、0.734、0.779、0.673、0.723、0.700、0.720、0.922、0.625,其中CT形态学特征评分诊断效能最高,敏感性为73.47%,特异性为96.77%。提示能谱CT多参数联合形态学特征可鉴别SPN良、恶性,其中CT形态学特征诊断效能最高。肺部恶性肿瘤CT形态学特征形成机制主要包括:(1)肿瘤组织分化程度不一、向各方向生长不均匀形成分叶征,也可能与气管、血管和叶间裂等框架结构阻挡造成;(2)肿瘤组织向周围浸润性生长,或肿瘤周围炎症反应引起纤维化,或新生血管而造成毛刺征和棘突征;(3)肺内病灶累及胸膜导致胸膜牵拉而形成胸膜凹陷;(4)恶性结节周围气管、支气管、邻近血管向结节显著聚拢引起支气管征和血管束征;(5)恶性结节内血供障碍、癌细胞坏死、变形、钙质沉积均可导致病灶内钙化;(6)20 Hu为鉴别结节良恶性的有效截断值,当强化值20~60 Hu提示恶

性^[19]。然而,肺部良性病变也可出现类似的形态学特征改变,主要因为肺部纤维化、炎症浸润等形成^[20]。这也可能是CT形态学特征鉴别特异度最高、敏感性较低的主要原因。因此,CT形态学特征在鉴别SPN良恶性中价值有限,通常用作筛查,而后续定性需要联合能谱CT多定量参数,以提高鉴别SPN良恶性的诊断效能。

综上所述,恶性SPN CT形态学特征评分、NIC、单能量CT值、能谱曲线斜率均显著高于良性SPN,可利用能谱CT多参数联合形态学特征诊断SPN良、恶性,其中CT形态学特征诊断效能最高。

参考文献

- [1]Huang L,Lin W,Xie D,et al.Development and validation of a preoperative CT-based radiomic nomogram to predict pathology invasiveness in patients with a solitary pulmonary nodule:a machine learning approach,multicenter,diagnostic study[J].Eur Radiol,2022,32(3):1983-1996.
- [2]Senent-Valero M,Librero J,Pastor-Valero M.Solitary pulmonary nodule malignancy predictive models applicable to routine clinical practice:a systematic review[J].Syst Rev,2021,10(1):308.
- [3]张帆,潘昭锦,李利军,等.早期孤立性肺腺癌患者淋巴结转移风险因素及与PET-CT摄取的关系研究[J].罕少疾病杂志,2023,30(1):37-38.
- [4]Xiao YD,Lv FJ,Li WJ,et al.Solitary pulmonary inflammatory nodule:CT features and pathological findings[J].J Inflamm Res,2021,14(1):2741-2751.
- [5]Zhao J,Chai Y,Zhou J,et al.Energy spectrum computed tomography improves the differentiation between benign and malignant solitary pulmonary nodules[J].Clin Invest Med,2019,42(3):E40-E46.
- [6]中华医学会放射学分会心胸学组.肺亚实性结节影像处理专家共识[J].中华放射学杂志,2015,49(4):254-258.
- [7]朱华,成瑶,常燕翔,等.孤立性肺结节的CT形态学特征结合GSI模式的诊断学研究[J].影像科学与光化学,2022,40(1):17-21.
- [8]Fernandes S,Williams G,Williams E,et al.Solitary pulmonary nodule imaging approaches and the role of optical fibre-based technologies[J].Eur Respir J,2021,57(3):2002537.
- [9]刘利,毛小博,蒋浩,等.基于Myrian影像后处理系统的CT诊断技术在早期肺癌筛查与诊断中的应用价值[J].解放军医学院学报,2021,42(1):34-38,44.
- [10]Ko JP,Bagga B,Gozansky E,et al.Solitary pulmonary nodule evaluation:pearls and pitfalls[J].Semin Ultrasound CT MR,2022,43(3):230-245.
- [11]隋愿,张丽英,王兴龙,等.双能量CT增强碘图形态学特征联合标准化碘浓度对良性甲状腺结节的鉴别诊断价值[J].癌症进展,2022,20(21):2206-2209.
- [12]Liu YY,Yu Z,Wang R,et al.Diagnostic value of dual-energy CT and clinicopathological and imaging feature analysis of mixed endometrial stromal and smooth muscle tumors with intracardiac extension[J].Front Cardiovasc Med,2022,9(1):917399.
- [13]Chen WB,Shi QQ,Li ZM,et al.Diagnostic value of spiral CT energy spectrum imaging in lymph node metastasis of colorectal cancer[J].Int J Colorectal Dis,2022,37(9):2021-2029.
- [14]Luo N,Li W,Xie J,et al.Preoperative normalized iodine concentration derived from spectral CT is correlated with early recurrence of hepatocellular carcinoma after curative resection[J].Eur Radiol,2021,31(4):1872-1882.
- [15]傅文悦,朱广辉.Revolution CT能谱成像技术对不同性质肺结节鉴别诊断价值的应用研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(6):58-61.
- [16]贾霞.能谱CT定量分析在孤立性肺结节诊断及鉴别诊断中的应用价值研究[D].宁夏:宁夏医科大学,2016.
- [17]吴宇强,秦涛,马晓臣,等.实性孤立性肺结节CT影像组学参数测量的可重复性研究[J].放射学实践,2020,35(9):1106-1111.
- [18]李琳,罗娅红.能谱CT及CT灌注成像技术在孤立性肺结节诊断中的研究进展[J].现代肿瘤医学,2021,29(9):1642-1646.
- [19]Kim MJ,Hong W,Kim TJ,et al.Solitary pulmonary capillary hemangioma:CT and PET-CT features with clinicopathologic correlation[J].Diagnostics (Basel),2022,12(11):2618.
- [20]林礼波,何长久,刘杰克,等.联合双能量CT定量参数和形态学特征在鉴别良恶性肺实性结节的应用价值[J].放射学实践,2023,38(11):1392-1398.

(收稿日期:2024-04-12)

(校对编辑:姚丽娜)