

多层 CT 容积扫描联合三维重建技术在孤立性肺结节患者良恶性诊断中的应用

杨静¹ 赵黎明² 王月波² 谢陈¹ 钟建勇¹

(1. 彭州市人民医院放射科, 四川 成都 611930; 2. 四川省人民医院放射科, 四川 成都 610000)

【摘要】 目的 观察多层 CT 容积扫描联合三维重建技术在孤立性肺结节定性鉴别中的应用, 旨在为临床孤立性肺结节疾病诊断及治疗方案的选择提供科学参考依据。**方法** 回顾性分析 2019 年 6 月~2021 年 6 月彭州市人民医院收治的 180 例孤立性肺结节患者的基线资料, 入组患者均行多层 CT 容积扫描与三维重建技术检测, 以病理检测作为金标准, 对比多层 CT 容积扫描联合三维重建技术在孤立性肺结节良恶性诊断中的效能分析。**结果** 180 例孤立性肺结节患者经病理组织诊断为良性结节 142 例 (78.89%), 恶性结节 38 例 (21.11%)。与良性组相比, 恶性组患者血容量、增强峰值、表面通透性水平较高, 灌注峰值时间较短, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。将多层 CT 容积扫描参数水平作为检验变量, 将孤立性肺结节性质作为状态变量, 绘制 ROC 曲线发现, 多层 CT 容积扫描参数单独及联合检测预测孤立性肺结节性质的 AUC 均 > 0.8 。将最佳阈值作为定性诊断的截断值, 多层 CT 容积扫描诊断良性孤立性肺结节 145 例, 恶性孤立性肺结节 35 例, 将病理结果作为金标准, 多层 CT 容积扫描在孤立性肺结节定性诊断中的 K 值为 0.811 ($P < 0.001$)。入组 180 例孤立性肺结节患者经三维重建技术检测, 其中诊断良性孤立性肺结节检出率 80.00%, 恶性检出率 20.00%, 将病理结果作为金标准, 多层 CT 容积扫描在孤立性肺结节定性诊断中的 K 值为 0.660 ($P < 0.001$); 联合检测时, 其中任何一项检测方法为阳性即判定联合诊断为阳性, 180 例孤立性肺结节患者经联合诊断检测时, 其中恶性孤立性肺结节检出率 20.56%, 良性检出率 79.44%, 将病理结果作为金标准, 多层 CT 容积扫描联合三维重建技术在孤立性肺结节定性诊断中的 K 值为 0.819 ($P < 0.001$)。**结论** 针对孤立性肺结节患者实施多层 CT 容积扫描与三维重建技术检测, 对孤立性肺结节定性诊断具有重要意义, 且以两者联合应用价值最为理想。

【关键词】 孤立性肺结节; 多层 CT 容积扫描; 三维重建技术; 联合诊断

【中图分类号】 R563; R814.42 **【文献标志码】** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-3511.2022.04.028

The application of multi-slice CT volume scan combined with three-dimensional reconstruction in the qualitative evaluation of solitary pulmonary nodules

YANG Jing¹, ZHAO Liming², WANG Yuebo², XIE Chen¹, ZHONG Jianyong¹

(1. Department of Radiology, Pengzhou People's Hospital, Chengdu 611930, China;

2. Department of Radiology, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610000, China)

【Abstract】 Objective To observe the application of multi-slice CT volume scan combined with three-dimensional reconstruction in the qualitative identification of solitary pulmonary nodules, in order to provide scientific reference for the diagnosis and treatment of clinically isolated pulmonary nodule disease. **Methods** Retrospective analysis was conducted to collect the baseline data of 180 patients with solitary pulmonary nodules treated from June 2019 to June 2021. All patients in the group were examined by multi-layer CT volume scan and 3D reconstruction technology. The effectiveness of multi-slice CT volume scan combined with 3D reconstruction technology in qualitative diagnosis of solitary pulmonary nodules was compared with that of pathological examination as gold standard. **Results** 180 patients with isolated pulmonary nodules were diagnosed by pathological tissue, with a benign rate of 78.89% and a malignant rate of 21.11%. Compared with the benign group, patients in the malignant group had higher blood volume, peak enhancement, and surface permeability levels and shorter peak perfusion times, with statistically significant differences ($P < 0.05$). The level

of multilayer CT volume scan parameters was used as a test variable, and the nature of isolated pulmonary nodules was used as an optimal threshold was used as the cutoff value for qualitative diagnosis, and multilayer CT volume scan was used to diagnose 145 benign isolated pulmonary nodules and 35 malignant isolated pulmonary nodules, using pathological findings as the gold standard. The K value of multilayer CT volume scan in the qualitative diagnosis of isolated pulmonary nodules was 0.811 ($P < 0.001$). 180 patients with isolated pulmonary nodules were enrolled and detected by 3D reconstruction technology, of which 80.00% were diagnosed with benign isolated pulmonary nodules and 20.00% with malignant, using pathological results as the gold standard, and the K value of multilayer CT volume scan in the qualitative diagnosis of isolated pulmonary nodules was 0.660 ($P < 0.001$). When 180 patients with isolated pulmonary nodules were detected by the combined diagnostic test, the detection rate of malignant isolated pulmonary nodules was 20.56% and the detection rate of benign nodules was 79.44%, and the K value of multilayer CT volume scanning combined with 3D reconstruction technique in the qualitative diagnosis of isolated pulmonary nodules, using pathological results as the gold standard, was 0.819 ($P < 0.001$). **Conclusion** The multi-slice CT volume scan and three-dimensional reconstruction technique are of great significance for the qualitative diagnosis of solitary pulmonary nodules, and the combination of the two is the best.

【Key words】 Solitary pulmonary nodules; Multi-slice CT volume scan; Three dimensional reconstruction technology; Combined diagnosis

孤立性肺结节是指肺内直径未超过 3 cm 的单独的由肺实质包绕的类圆形病灶,病灶形成初期,患者自觉无明显严重症状,仅表现为体温升高、咳嗽咳痰等呼吸道感染症状,不易引起临床重视,当疾病进展至癌病灶时,此时患者的预后往往难达预期^[1-2]。孤立性肺结节的病灶形态学改变一直是临床研究重点,且临床相关影像学研究虽有涉及,但结论尚未统一,故孤立性肺结节早期诊断及鉴别对指导临床治疗,改善患者预后尤为关键。多层 CT 通过对局部血液灌注进行连续动态的测量,为临床提供更加直观的病灶信息,为疾病的诊断提供科学参考^[3-4]。但孤立性肺结节的形态学改变是三维方向的,单纯依赖横断面扫描图像评估局限性较大,而三维重建图像可帮助检查者多方位、多角度地了解病灶部位、组织形态等,对指导临床治疗具有积极意义^[5-6]。本研究将重点分析多层 CT 容积扫描联合三维重建技术在孤立性肺结节定性鉴别中的应用,旨在为临床疾病诊断、治疗提供科学参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2019 年 6 月~2021 年 6 月彭州市人民医院收治的 180 例孤立性肺结节患者的基线资料,其中男性 108 例,女性 72 例;年龄 35~62 岁,平均 (48.52 ± 2.15) 岁;体重指数 $19.25 \sim 25.12 \text{ kg/m}^2$,平均 $(22.19 \pm 0.56) \text{ kg/m}^2$ 。纳入标准:①孤立性肺结节均经影像学检查确诊肺部占位性病变。②临床病理组织检查结果保存完善。③均行多层 CT 容积扫描与三维重建技术检查,且影像学资料保存完善。排除标准:①非初次发病。②入组前接受放化疗等治疗手段。③存在肺部及其他部位恶病

质者。

1.2 方法

1.2.1 多层 CT 容积扫描 ①检查方法 采用 Definition AS 西门子 64 排螺旋 CT 机,患者仰卧位,头先进,胸骨角为定位中心,先行胸部扫描,参数设置:球管电压:150kV,电流 200 mA,层厚与层距均为 5 mm,重建层厚 1 mm。在多层 CT 灌注扫描中,使用高压注射器从肘前静脉注入 80~100 mL 的碘普罗胺,浓度 300 mgI/mL,速率 3.0 mL/s,层厚 $64 \times 0.625 \text{ mm}$,管电压 120 kV,X 线球管速度 0.8 s/r,矩阵 512×512 。②图像分析:图像传入 GE 工作站处理,所有图像均由 2 位影像科经验丰富的医师盲阅片,明确感兴趣区域,避开灶内钙化、空洞及临近血管,计算病变部位增强峰值、灌注峰值时间、血容量、表面通透性等参数。所有数据均测量 3 次取其平均值。

1.2.2 三维重建 ①检测方法:采用 Definition AS 西门子 64 排螺旋 CT,扫描范围:胸廓入口至肋间角水平,参数设置:重建层厚 1.0 mm,重叠 30%,标准算法。将图像传输至 CT 工作站,行多平面重建、表面投影显示、感兴趣体积法三维重建。②孤立性肺结节定性评估方法:通过病灶形态特征评估。主要诊断征象:毛刺征、分叶征;次要征象:血管集束征、支气管气相、胸膜牵拉征、空泡征。恶性孤立性肺结节:2 个主要征象联合任意一个次要征象或者一个主要征象联合 2 个及其以上次要征象。反之则为良性孤立性肺结节。

1.3 统计学分析 采用 SPSS24.0 软件进行统计学分析,计量资料均经 Shapiro-Wilk 正态性检验,符合正态分布的计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用 t 检验,计数资料用百分比表示,采用 χ^2 检验;经绘制

受试者 ROC 曲线分析多层 CT 容积扫描预测孤立性肺结节良恶性的效能分析;计算敏感度[真阳性/(真阳性+假阴性)]、特异度[真阴性/(真阴性+假阳性)],采用一致性 Kappa 检验,以 K 值评价多层 CT 容积扫描、三维重建技术与金标准的一致性(K 值 ≥ 0.74 提示一致性好,K 值范围为 0.4~0.74 提示一致性一般,K 值 <0.4 提示一致性差)。P <0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 孤立性肺结节病理结果 180 例孤立性肺结节患者经病理组织确诊为良性 142 例,占比 78.89%,恶性孤立性肺结节 38 例,占比 21.11%,见图 1。

2.2 两组多层 CT 容积扫描参数分析 与良性组相比,恶性组患者血容量、增强峰值、表面通透性水平较

高,灌注峰值时间较短,差异有统计学意义(P <0.05),见表 1。

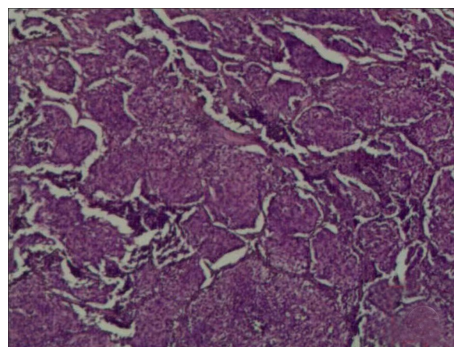


图 1 左肺下叶背段结节病理图(40 $\times$)

Figure 1 Pathology of nodules in the dorsal segment of the lower lobe of the left lung

表 1 两组多层 CT 容积扫描参数分析($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Analysis of two sets of multi-slice CT volume scan parameters

组别	n	血容量(mL/100 g)	灌注峰值时间(s)	增强峰值(HU)	表面通透性(mL/100g·min)
良性组	142	1.48 $\pm$ 0.50	16.92 $\pm$ 2.15	20.41 $\pm$ 0.38	1.12 $\pm$ 0.35
恶性组	38	9.38 $\pm$ 1.05	10.28 $\pm$ 1.40	40.19 $\pm$ 7.45	25.93 $\pm$ 3.75
t		66.177	18.023	31.728	78.165
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.3 多层 CT 容积扫描参数预测孤立性肺结节性质的效能分析 将多层 CT 容积扫描参数水平作为检验变量,将孤立性肺结节性质作为状态变量(1=恶性,0=良性),绘制 ROC 曲线发现,多层 CT 容积扫描参数单独及联合检测预测孤立性肺结节性质的 AUC 均 >0.8 ,均有一定预测价值,见表 2。将最佳阈值作为定性诊断的截断值,多层 CT 容积扫描诊断良性孤立性肺结节 145 例,良性检出率 80.56%(145/180),恶性孤立性肺结节 35 例,恶性检出率 19.44%(35/180),将病理结果作为金标准,多层 CT 容积扫描在孤立性肺结节定性诊断中的 K 值为 0.811(P <0.001)。见图 2~4。

2.4 三维重建在孤立性肺结节诊断中的效能分析 入组 180 例孤立性肺结节患者经三维重建技术检测,其中诊断良性孤立性肺结节患者 144 例,检出率

80.00%(144/180),恶性检出 36 例,占比 20.00%(36/180),三维重建在孤立性肺结节患者中诊断中的敏感度 71.05%(27/38)、特异度 93.66%(133/142)。将病理结果作为金标准,多层 CT 容积扫描在孤立性肺结节定性诊断中的 K 值为 0.660(P <0.001)。

2.5 多层 CT 容积扫描联合三维重建技术诊断孤立性肺结节定性诊断的效能分析 联合检测时,其中任何一项检测方法为阳性即判定联合诊断为阳性,180 例孤立性肺结节患者经联合诊断检测时,其中恶性孤立性肺结节检出 30 例,检出率 16.67%(30/180),良性检出 150 例,检出率 83.33%(150/180),敏感度 92.11%(35/38),特异度 98.59%(140/142),将病理结果作为金标准,多层 CT 容积扫描联合三维重建技术在孤立性肺结节定性诊断中的 K 值为 0.819(P <0.001)。

表 2 多层 CT 容积扫描参数预测孤立性肺结节性质的效能分析

Table 2 Efficacy analysis of multi-slice CT volume scan parameters in predicting the properties of solitary pulmonary nodules

指标	AUC	标准误	P	95%CI	敏感度	特异性	最佳阈值
灌注峰值时间	0.914	0.032	<0.001	0.851~0.977	0.986	0.974	8.921(s)
血容量	0.885	0.040	<0.001	0.806~0.964	0.974	0.951	1.024(mL/100 g)
增强峰值	0.937	0.031	<0.001	0.877~0.998	0.974	0.824	20.134(HU)
表面通透性	0.910	0.035	<0.001	0.840~0.979	0.974	0.866	0.887(mL/100 g·min)
联合	0.993	0.004	<0.001	0.985~1.000	0.974	0.056	—

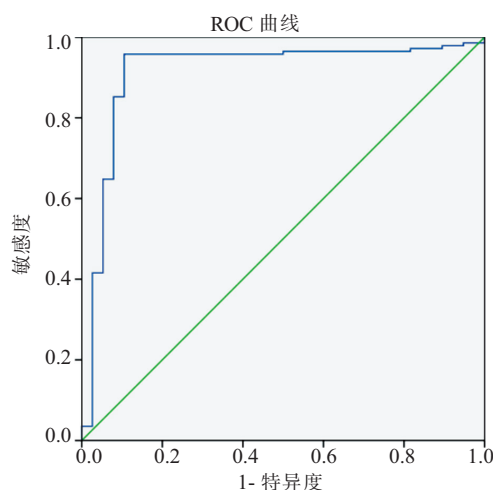


图 2 灌注峰值时间预测孤立性肺结节性质的 ROC 曲线图
Figure 2 ROC curve for predicting the nature of solitary pulmonary nodule by peak perfusion time

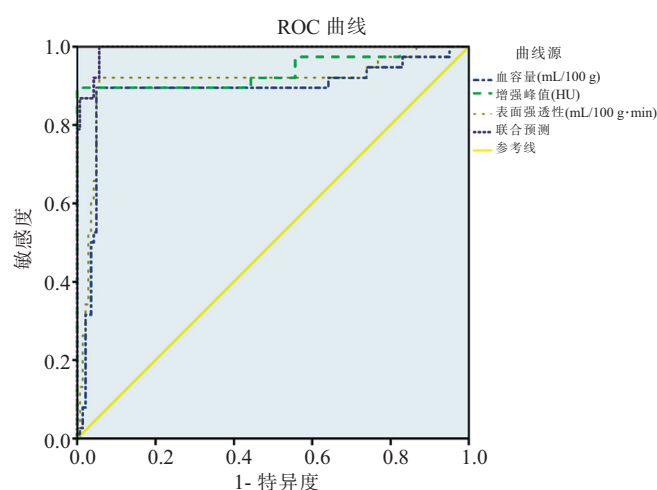


图 3 血容量、增强峰值、表面通透性及联合预测孤立性肺结节性质的 ROC 曲线图
Figure 3 ROC curve for predicting the nature of solitary pulmonary nodule by blood volume, peak enhancement, and surface permeability

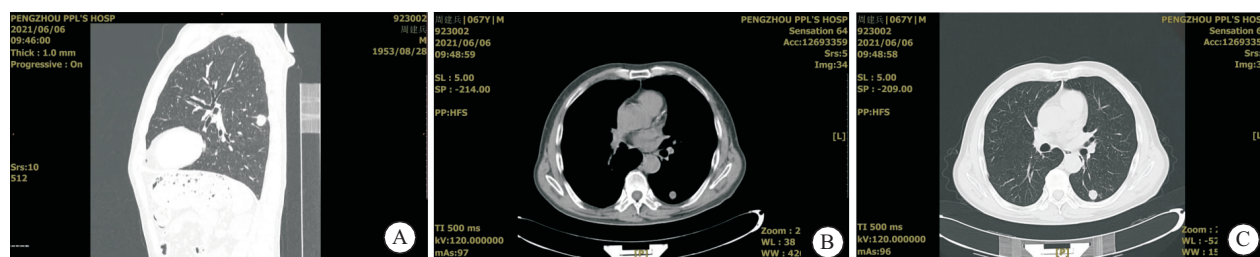


图 4 左肺下叶背段结节多层 CT 容积扫描图

Figure 4 Multi slice CT volume scan of nodules in the dorsal segment of the lower lobe of the left lung

注:A. 左肺下叶背段结节-冠状位;B. 左肺下叶背段结节-矢状位;C. 左肺下叶背段结节-轴位

3 讨论

孤立性肺结节病灶形态类似于圆形,且体积较小,影像学表现缺乏特异性表现,给临床定性诊断带来较大的诊断难度,延误治疗,影响预后,故探寻科学、精确的影像学检查方法对帮助临床诊断,改善患者预后尤为关键^[7-8]。

CT 具备良好的空间分辨率,在显示孤立性肺结节形态学方面优势明显,但因孤立性肺结节病因复杂,且良恶性病灶之间差异不明显,CT 影像学表现容易出现重叠现象,给影像学检查带来一定难度^[9]。CT 灌注成像工作原理是通过将对比剂注入肘静脉,实现 CT 增强,可实现连续、动态扫描观察微血管分布及灌注情况的目标,具有显著的临床检查优势^[10-11]:①利于检出射束硬化伪影,帮助受检者观察感兴趣区域中对比剂浓度变化,继而间接反应器官灌注量。②多层 CT 容积扫描属于多参数功能成像,为临床医师提供全面的功能与解剖信息。③图像质量清晰、稳定、信噪比低、分辨率高、扫描速度快等优势。

但 CT 轴位扫描只可通过计算层厚、层数了解孤立性肺结节高度,但无法显示周围血管,在评估病灶与周围血管之间的关系方面欠佳。血容量主要反应的是某区域内血管中血液总和,受毛细血管数量及血管直径影响较大;灌注峰值时间反应的是造影剂在局部的扩散速度,与靶病灶的血管结构密切相关;增强峰值主要反应扫描时间内感兴趣区域 CT 值变化范围,受微血管数量及局部病灶恶化程度相关;表面通透性主要反应局部微血管内皮细胞的完整性与细胞壁的通透性^[12-13]。本研究结果显示,与良性组相比,恶性组患者血容量、增强峰值、表面通透性水平较高,灌注峰值时间较短,分析其原因为恶性孤立性肺结节血管不成熟,基底膜缺失、不完整,造成血流易扩散至病变中,导致造影剂一定时间内增多明显,而良性孤立性肺结节血管基底膜完整,表面通透性水平较低;恶性孤立性肺结节因病灶性质导致支气管动脉弯曲,微血管与支气管数量增加,引起通透性增加^[14]。

三维重建技术是将传统的二维成像转变为三维

立体成像,可完整展现病灶的三维形态及病灶与周边邻近结构的关系,可帮助检查者充分观察,了解病灶信息。毛刺征、分叶征是孤立性肺结节三维重建主要诊断征象,其中毛刺征主要是因病灶浸润周边淋巴管、气管的血管鞘等,影像学表现为自病灶边缘向肺野周围呈放射状锐利笔直伸展的长短不规则的线条状;分叶征是病灶恶化的早期征象,病灶内各细胞生长速度不均,诸多恶性病灶呈深分叶,且分叶越深,恶性病灶越严重^[15]。血管束束征、支气管气相、胸膜牵拉征、空泡征是孤立性肺结节次要征象,其中血管束束征是因血管向病灶中心移位、聚集,对病灶周边组织形成牵拉,改变血管走向^[16-17]。本研究结果显示入组 180 例孤立性肺结节患者经三维重建技术检测,其中诊断良性孤立性肺结节检出率 88.89%,恶性检出率 20.00%,将病理检查结果作为金标准,敏感度 71.05%、特异度 93.66%。表明三维重建技术在孤立性肺结节诊断中有一定的价值。

本研究结果还显示,180 例孤立性肺结节患者经联合诊断检测时恶性孤立性肺结节检出率 20.56%,良性检出率 79.44%,将病理结果作为金标准,多层 CT 容积扫描联合三维重建技术在孤立性肺结节定性诊断中的 K 值为 0.819,较两种影像学检查单独检查时的 K 值高。表明针对孤立性肺结节的定性诊断,多层 CT 容积扫描与三维重建技术二者联合应用价值最为理想,可显著提高与金标准的一致性。分析原因:多层 CT 容积扫描可扩大扫描范围,减少容积效应,避免层漏,提高纵轴分辨率,清晰显示病灶;三维重建利于展现病灶立体形态,实现三维空间关系,利于观察病灶形态;多平面重建利于观察孤立性肺结节与周边组织关系,帮助检查者明确支气管形态与气道内的情况^[18-19]。但本研究纳入的样本数量较少,且良恶性病例样本差距相对较大,故研究结论存在偏倚性,研究结论的可信度还需在未来开展大样本的前瞻性深入研究加以验证,旨在为孤立性肺结节的后期治疗提供科学的参考依据。

4 结论

针对孤立性肺结节患者实施多层 CT 容积扫描与三维重建技术检测,对孤立性肺结节定性诊断具有重要意义,且以二者联合应用价值最为理想。

【参考文献】

[1] KARIM A, AKTER M, AZIZ T T, *et al.* Epidemiological characteristics of Hirschsprung's disease (HSCR): Results of a case series of fifty patients from Bangladesh [J]. J Pediatr Surg, 2018, 53(10):1955-1959.

- [2] 石新林, 徐兴祥, 杨慧俐. 148 例孤立性肺结节临床资料分析 [J]. 国际呼吸杂志, 2019, 39(13):985-989.
- [3] 姚本波, 余建群. CT 纹理特征分析在孤立性肺结节诊断中的研究进展 [J]. CT 理论与应用研究, 2020, 29(1):111-118.
- [4] 马宁, 赵铭, 田蓉蓉, 等. 对比基于 PET/CT 的不同方法定性诊断孤立性肺结节的效能 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2020, 17(4):233-237.
- [5] 柯君, 马亚宁. 螺旋 CT 三维重建对孤立性肺结节良恶性的诊断价值分析 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2019, 17(5):55-58.
- [6] HUANG S H, LO Y S, LUO Y C, *et al.* A homologous mapping method for three-dimensional reconstruction of protein networks reveals disease-associated mutations [J]. BMC Syst Biol, 2018, 12(Suppl 2):13.
- [7] 冯洋洋, 徐兴祥. 孤立性肺结节诊断模型研究进展 [J]. 现代肿瘤医学, 2020, 28(11):1989-1993.
- [8] 赫杨杨, 侯艳艳, 郭凯艳, 等. 18F-FDG PET/CT 显像联合 HRCT 对孤立性肺结节的应用价值 [J]. 河北医药, 2021, 43(5):701-704.
- [9] 王康, 李铭, 周翔, 等. 孤立性肺结节型肺黏液腺癌的 CT 表现与病理对照研究 [J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(9):1768-1772.
- [10] 郭凌云, 侯丽娜, 张剑锋, 等. 孤立性肺结节 97 例 CT 灌注成像研究 [J]. 中国药物与临床, 2020, 20(6):908-909.
- [11] 王建华, 王红昆, 李辉, 等. 低剂量多层螺旋 CT 对直径 < 2.0 cm 孤立性肺结节的诊断价值分析 [J]. 癌症进展, 2018, 16(14):43-46.
- [12] LI Z Z, HUANG Y L, SONG H J, *et al.* The value of 18F-FDG-PET/CT in the diagnosis of solitary pulmonary nodules [J]. Medicine, 2018, 97(12):e0130.
- [13] WANG M, LI B, SUN H, *et al.* Correlation study between dual source CT perfusion imaging and the microvascular composition of solitary pulmonary nodules [J]. Lung Cancer, 2019, 130:115-120.
- [14] TANG K, WANG L, LIN J, *et al.* The value of 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of different size of solitary pulmonary nodules. [J]. Medicine, 2019, 98(11):e14813.
- [15] 王伟, 展平, 谢青, 等. CT 三维重建联合快速现场评价辅助径向超声支气管镜对肺外周孤立性结节的诊断价值 [J]. 中华医学杂志, 2019, 99(2):93-98.
- [16] 陈国强, 苏福, 王卫星, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT 联合薄层螺旋 CT 三维重建诊断孤立性肺结节 [J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(1):91-95.
- [17] ZHAO Y X, WANG J P, LI J M, *et al.* Preoperative 3D and 4D-CT imaging using 640-Multislice CT (640-MSCT) in diagnosis of female urethral diverticulum [J]. World Journal of Urology, 2017, 35(7):1133-1139.
- [18] 张振显, 杨爱莲, 吴爱军, 等. 多层螺旋 CT 动脉扫描及三维重建在孤立性肺小结节诊断中的应用比较 [J]. 中国医学装备, 2018, 15(9):62-65.
- [19] 何承勇, 沈美铨, 文铁. 多层螺旋 CT 血管造影三维重建技术在肝癌诊断中的应用 [J]. 实用癌症杂志, 2020, 35(2):230-233.

(收稿日期:2021-09-24;修回日期:2022-02-07;编辑:黎仕娟)