

# MSCT 重建参数对肺结节定量测量的影响

陈澜菁, 李艳, 程勇, 傅建梅, 兰永树

**【摘要】 目的:**评价 MSCT 不同的重建参数层厚、重建野、迭代算法(iDose)重建级别对肺结节各项指标测量的影响,并比较不同 iDose 级别与肺结节标准算法(standard)对于肺结节体积测量的一致性。**方法:**搜集 2019 年 7 月—2020 年 1 月首次在本院行 CT 检查的 56 名患者,共计 82 个肺结节。皆采用 8 组不同重建参数进行处理,根据单因素变量分组并命名为层厚组、重建野组、iDose 级别组。测量体积、最大直径、最大表面积、平均/最大/最小 CT 值 6 项指标,采用秩和检验对不同组内进行差异性分析;并采用 Bland-Altman 方法对不同 iDose 级别与 standard 算法下测得的体积进行一致性分析。**结果:**不同层厚组、重建野组内测量的各项指标以及 iDose 级别组中最大、最小、平均 CT 值间的差异具有统计学意义( $P < 0.001$ )。不同 iDose 级别组中最大径线、体积、最大面积之间的差异无统计学意义( $P = 0.505, 0.949, 0.294$ )。Bland-Altman 一致性散点分析图表明 Standard 算法与 iDose5 级别算法测量肺结节体积有较好的一致性。**结论:**不同的重建参数对肺结节各项指标的测量有一定影响。iDose5 与 Standard 算法对于肺结节体积的测量有较好的一致性。推荐采用层厚 1.25 mm、重建野 18~36 cm、iDose 级别 3~4 的重建参数来对肺结节进行后处理。

**【关键词】** 体层摄影术, X 线计算机; 重建参数; 肺结节

**【中图分类号】** R814.42; R737.9 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)03-0403-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.03.022

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Effect of MSCT reconstruction parameters on the quantitative measurement of pulmonary nodules

CHEN Lan-jing, LI Yan, CHENG Yong, et al. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Sichuan 646000, China

**【Abstract】 Objective:** To evaluate the effects of MSCT reconstruction parameters, such as layer thickness, reconstruction field, and iDose reconstruction level on the measurement of pulmonary nodules, and to compare the consistency of different iDose levels and the standard algorithm for the measurement of pulmonary nodules volume. **Methods:** A total of 82 pulmonary nodules were collected from 56 patients newly diagnosed who underwent CT examination in our hospital from July 2019 to January 2020. Eight groups of different reconstruction parameters were used for processing, which were grouped according to single-factor variables and named as layer thickness group, wild reconstruction group, and iDose level group. The six indexes were measured, including volume, maximum diameter, maximum surface area, mean CT value, maximum CT value, minimum CT value. The Bland-Altman method was used to analyze the consistency of the volumes measured under different iDose levels and standard algorithm. **Results:** There were statistically significant differences between the indexes measured in different layer thickness groups, reconstruction field groups, and the maximum, minimum, and average CT values in the iDose level group ( $P < 0.001$ ). There was no statistically significant difference in the largest diameter, volume, and largest area in the iDose group ( $P = 0.505, 0.949, \text{and } 0.294$ , respectively). Bland-Altman consistency analysis results show that the standard algorithm and iDose5 algorithm have good consistency in measuring lung nodule volume. **Conclusion:** Different reconstruction parameters have a certain influence on the measurement of lung nodules; iDose5 and standard algorithm have good consistency in measuring lung nodule volume. The reconstruction parameters of 1.25mm slice thickness, 18~36cm reconstruction field, and iDose level 3~4 are recommended for the

作者单位: 646000 四川, 西南医科大学附属医院放射科

作者简介: 陈澜菁(1997-), 女, 四川眉山人, 硕士研究生, 主要从事胸部影像技术工作。

通信作者: 兰永树, E-mail: lyblue2008@aliyun.com

post-processing of lung nodules.

**【Key words】** Tomography, X-ray computed; Reconstruction parameters; Pulmonary nodules

肺癌是呼吸系统死亡率极高的疾病,随着人类生活形式及节奏的改变,发病率逐年上升<sup>[1]</sup>。现有研究表明,肺部结节与早期肺癌有密切联系<sup>[2]</sup>,所以不管是医疗人员还是患者,对于检出的肺结节都非常重视。现有的影像学检查技术如 CT、MRI 以及 PET/CT 对肺结节良、恶性鉴别诊断的效能都较低,增大了早期治疗方式选择的难度,且大多肺结节都为良性结节<sup>[3]</sup>,很可能造成过度治疗。因此,动态随访对于肺结节的诊断及治疗有着非常重要的作用<sup>[4]</sup>。但在临床实践中,肺结节定量数据的测量结果与患者呼吸相、机器扫描参数及重建参数等多种因素相关。本研究旨在比较不同重建参数下测量肺结节各类指标的差异,为临床上肺结节患者的随访提供参考。

## 材料与方法

### 1. 一般资料

搜集 2019 年 7 月—2020 年 1 月首次在本医院经 CT 扫描检出肺结节的 56 名患者的病例资料,共计 82 个肺结节。纳入标准:①可以很好配合呼吸训练者;②均经患者知情同意。男 35 名,平均年龄( $53.7 \pm 11.1$ )岁;女 21 名,平均年龄( $54.4 \pm 8.9$ )岁。实性结节 29 个,混合性结节 21 个,纯磨玻璃结节 32 个。

### 2. 仪器与扫描方法

采用 Philips iCT,扫描前对所有患者进行辐射安全的讲解,并训练患者听从医生指令做呼吸运动。扫描参数:管电压 120 kV,管电流采用自动毫安秒技术,螺距 1.375,扫描层厚 0.8 mm。扫描体位采用常规胸部检查体位:患者头先进,身体仰卧位躺置检查床上,双手举过头顶,身体正中矢状面与检查床垂直并与检查床长轴正中中线重合。扫描时注意与患者的配合,于患者吸气末进行定位相及断层图像的扫描。

### 3. 重建参数及测量指标

将原始图像通过不同重建参数处理后得到 8 组重建图像,将所有图像导入到 Philips IntelliSpace Portal 工作站。在工作站上采用 lung nodule assessment 软件,由 1 名主治医师手动识别肺结节,并逐层勾画结节轮廓,勾画完成后软件自动计算肺结节的体积、最大径线、最大面积、CT 值(最小、最大和平均 CT 值)共 6 种指标。以层厚(重建层厚分别为 0.625 mm、2.5 mm、5.0 mm,重建野 36 cm,Standard 重建)、重建野(重建层厚 0.625 mm,重建野分别为 18 cm、36 cm、45 cm,Standard 重建)、iDose 级别(重建层厚 0.625 mm,重建野 36 cm,重建算法分别为 Standard、iDose1、iDose3、

iDose5)分别作为单变量进行组内差异性分析。

### 4. 统计学分析

采用 SPSS 25.0 和 MedCalc 软件进行统计学分析。各组(层厚组、重建野组、iDose 级别组)数据经正态性检验后,显示为非正态分布,因此各组内采用多样本配对秩和检验进行统计学分析,如果差异有统计意义,进一步进行两两配对秩和检验比较各组间差异。应用 Bland-Altman 方法对不同 iDose 级别与标准算法下测得的体积进行一致性分析。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结果

将 3 组(层厚组、重建野组、iDose 级别组)测得的 6 种指标结果(最大径线、体积、最大面积、平均/最大/最小 CT 值)进行多样本配对设计秩和检验;在差异有统计学意义的基础上,进一步进行组内两两配对检验,具体结果如下:

### 1. 层厚组

不同重建层厚组(0.625 mm、2.5 mm、5.0 mm)中 6 种测量指标差异均有统计学意义(最大面积的  $P = 0.001$ ,余  $P$  均  $< 0.001$ ),将 6 种指标进行组间两两配对检验,0.625 mm 与 2.5 mm 组、2.5 mm 与 5.0 mm 组最大径线差异无统计学意义( $P = 0.078$ 、0.139);0.625 mm 与 2.5 mm 组最大面积差异无统计学意义( $P = 0.857$ );0.625 mm 与 5.0 mm 组最小 CT 值差异无统计学意义( $P = 0.355$ ),其余各组间各指标差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ,表 1,图 1)。

表 1 不同重建层厚组各指标的两两配对检验结果( $P$  值)

| 测量指标                  | 0.625mm 与<br>2.5mm | 2.5mm 与<br>5.0mm | 0.625mm 与<br>5.0mm |
|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 最大径线                  | 0.078              | 0.139            | $< 0.001$          |
| 体积( $\text{mm}^3$ )   | $< 0.001$          | $< 0.001$        | $< 0.001$          |
| 最大面积( $\text{mm}^2$ ) | 0.875              | 0.030            | 0.001              |
| 平均 CT 值(HU)           | $< 0.001$          | $< 0.001$        | $< 0.001$          |
| 最大 CT 值(HU)           | $< 0.001$          | $< 0.001$        | $< 0.001$          |
| 最小 CT 值(HU)           | $< 0.001$          | $< 0.001$        | 0.355              |

### 2. 重建野组

不同重建野组(18 cm、36 cm、45 cm)中 6 种测量指标差异均有统计学意义( $P$  均  $< 0.001$ ),将 6 种指标进行组间两两配对检验,重建野 36 cm 与 45 cm 组最大径线差异无统计学意义( $P = 0.237$ ),重建野 36 cm 与 18 cm 组最大 CT 值差异无统计学意义( $P = 0.303$ ),其余各组间各指标差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ,表 2,图 2)。

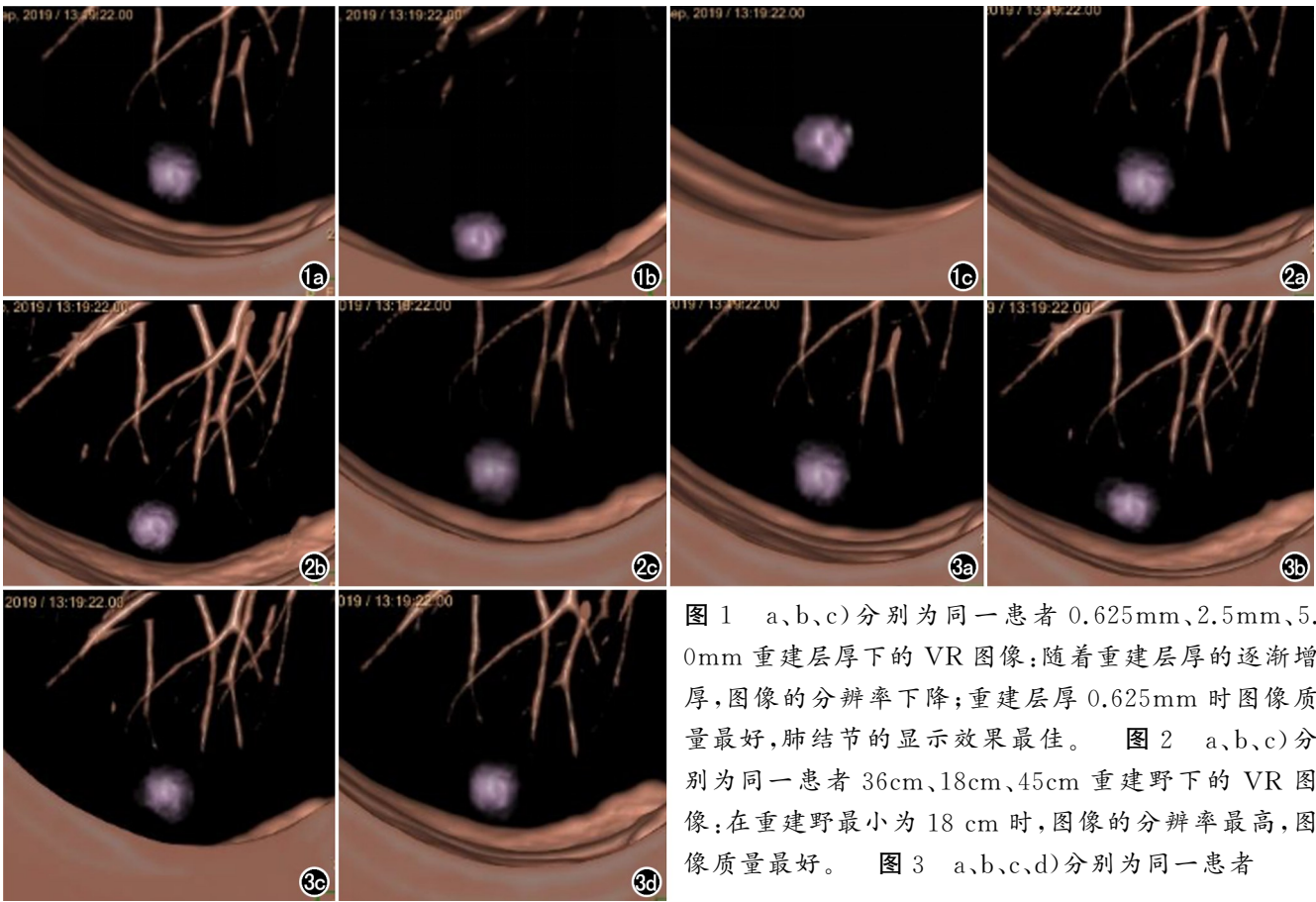


图 1 a、b、c) 分别为同一患者 0.625mm、2.5mm、5.0mm 重建层厚下的 VR 图像;随着重建层厚的逐渐增厚,图像的分辨率下降;重建层厚 0.625mm 时图像质量最好,肺结节的显示效果最佳。图 2 a、b、c) 分别为同一患者 36cm、18cm、45cm 重建野下的 VR 图像;在重建野最小为 18 cm 时,图像的分辨率最高,图像质量最好。图 3 a、b、c、d) 分别为同一患者

Standard 算法、iDose1、iDose3、iDose5 算法的 VR 图像。随着迭代算法级别的增加,图像的质量也随之递增,但是迭代次数越多,肺结节的边缘被处理的越光滑,存在一定的失真。

表 2 不同重建野组各指标的两两配对检验结果(P 值)

| 测量指标                   | 36cm 与 18cm | 36cm 与 45cm | 18cm 与 45cm |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 最大径线(mm)               | 0.002       | 0.237       | <0.001      |
| 体积(mm <sup>3</sup> )   | <0.001      | <0.001      | <0.001      |
| 最大面积(mm <sup>2</sup> ) | <0.001      | <0.001      | <0.001      |
| 平均 CT 值(HU)            | <0.001      | <0.001      | <0.001      |
| 最大 CT 值(HU)            | 0.303       | 0.030       | <0.001      |
| 最小 CT 值(HU)            | 0.046       | 0.012       | <0.001      |

3. 重建算法组

不同重建算法组(Standard、iDose1、iDose3、iDose5)6 种测量指标中,最大径线( $P=0.505$ )、体积( $P=0.949$ )、最大面积( $P=0.294$ )差异无统计学意义;平均 CT 值( $P=0.007$ )、最大 CT 值( $P<0.001$ )、最小 CT 值( $P<0.001$ )差异有统计学意义,对三种 CT 指标做进一步两两配对分析,Standard 与 iDose1、Standard 与 iDose5 的平均 CT 值差异有统计学意义,Standard 与 iDose3、Standard 与 iDose5、iDose1 与 iDose3、iDose1 与 iDose5 的最大 CT 值差异有统计学意义,Standard 与 iDose3、Standard 与 iDose5 的最小 CT 值差异有统计学意义( $P$  均 $<0.05$ ,表 3,图 3)。

表 3 不同重建算法组 CT 值的两两配对显著性分析结果(P 值)

| 测量指标              | 平均 CT 值 | 最大 CT 值 | 最小 CT 值 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Standard 与 iDose1 | 0.015   | 0.086   | 0.476   |
| Standard 与 iDose3 | 0.056   | <0.001  | 0.043   |
| Standard 与 iDose5 | 0.039   | <0.001  | <0.001  |
| iDose1 与 iDose3   | 1.000   | 0.002   | 1.000   |
| iDose1 与 iDose5   | 1.000   | <0.001  | 0.101   |
| iDose3 与 iDose5   | 1.000   | 1.000   | 0.880   |

4. 一致性分析

将 Standard 算法以及 iDose1、iDose3、iDose5 级别测得的肺结节体积数据采用 Bland-Altman 分析进行一致性分析,Standard 与 iDose1 组的一致性较差( $P=0.043$ );Standard 与 iDose3 组(95%CI:  $-1.29\sim 5.04$ )、Standard 与 iDose5 组(95%CI:  $-1.82\sim 4.41$ )有较好的一致性( $P=0.242,0.409$ )。结合散点图分析,得出 Standard 算法与 iDose5 算法测肺结节体积有更好的一致性(图 4、5)。

讨 论

肺癌是目前我国发病率、死亡率最高的癌症<sup>[5]</sup>,而经现有研究表明,肺结节与肺癌的发生有着密不可分的关系。肺结节临床确诊的金标准是病理活检(痰脱

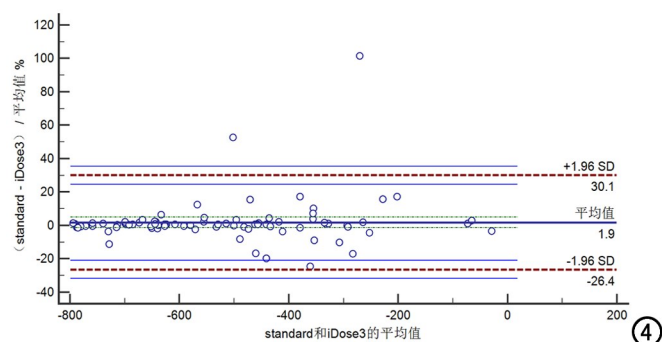


图 4 Standard 算法与 iDose3 的一致性分析散点图。

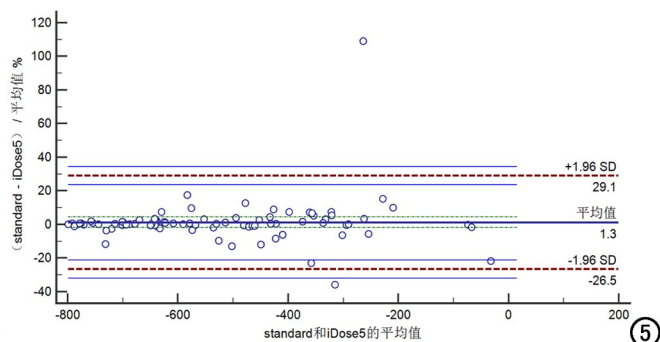


图 5 Standard 算法与 iDose5 的一致性分析散点图。

落细胞检测结合纤维支气管镜或穿刺活检),但该种方式为有创操作,可能对患者带来并发症或者造成过度治疗<sup>[6]</sup>。临床上现在上常采用影像学检查辅助诊断肺结节,但仅仅通过影像征象来确定结节的良、恶性存在一定困难,特别是直径小于 1 cm 的肺结节<sup>[7]</sup>。因此,通过影像学检查来动态随访观察肺结节,从而制定患者个性化的诊疗计划,成为现在临床上的常用手段。肺结节常用体积、直径、CT 值等来衡量变化,但以上指标的测量结果不仅与结节本身的变化有关,还与混着自身配合、不同扫描设备及参数、不同的后处理方式有关。本研究采用单次常规扫描肺结节患者,进行不同参数的重建处理,进而比较不同重建参数下肺结节测量结果的差异。

研究表明,不同重建层厚测量出的各项指标都存在不同程度的差异,以体积、平均 CT 值为主,其中重建层厚 0.625 mm 与 5.0 mm 之间的差异最大,这可能是由于重建层厚的逐渐增厚,图像的部分容积效应也随之增加导致的。部分容积效应对 CT 值的影响最为显著,因此在测量肺结节,特别是纯磨玻璃结节的时候,因为磨玻璃结节跟肺组织的 CT 值差异本来就不大,因此部分容积效应就会导致肺结节边缘勾画产生不同程度的误差,因而导致各项参数发生改变。本研究结果显示重建层厚 0.625 mm 与 2.5 mm 间最大径线及最大表面积差异无统计学意义,而其他各项指标存在一定的差异;而重建层厚 0.625 mm 与 5.0 mm 之间各项指标差异都具有统计学意义,这表明了随着重建层厚的增加,肺结节测量结果的差异逐渐增大。但对于层厚的选择并非越薄越好,考虑到技术人员繁重的工作量,再结合孙海宁等<sup>[8]</sup>的研究结果可知,0.625 mm 与 1.25 mm 两种重建层厚下测量的数据差异无统计学意义。因此临床上可建议使用 1.25 mm 层厚对图像进行重建。而三种不同重建野下测量的指标也都存在一定差异,表现为随着重建野的逐渐变小,体积测量的结果也随之减小。每台 CT 设备的矩阵是

一定的,像素的数目也不会发生改变;但随着重建野的减小,会使得图像上单位面积中的像素体积减小,数量增多,同时会减轻部分容积效应的作用,使得测量结果更为精确。因此在实际测量肺结节时,应根据结节的实际情况,结合不同程度的靶重建对图像进行分析。通过 VR 图像显示,薄层厚、小重建野的图像质量更好,分辨率更高,更加贴合肺结节的大小,可能更接近肺结节的各项指标的真实值。

在重建算法方面,迭代重建算法已经逐渐成为肺结节的常用算法,与传统的滤波投影法不同的是,迭代重建算法可降低图像的噪声,增加空间分辨率<sup>[9]</sup>。因此本研究将肺结节标准算法与不同级别的迭代重建算法进行比较,结果显示最大径线、体积、最大面积等测量指标在不同算法间差异无统计学意义,CT 值在各算法间的测量数据却存在不同程度的差异。而文洁等<sup>[10]</sup>学者的研究表明,不同权重前置自适应迭代技术(ASIR-V)条件下,检出肺结节的 CT 值具有高度一致性。这与本研究结果不同的原因可能是,iDose 与 ASIR-V 两类迭代重建技术的原理不同,因此可能出现不同的实验结果。由于标准算法与不同级别的迭代重建算法之间的差异无统计学意义,表明肺结节的标准算法与迭代重建算法之间存在结果的一致性。为了比较两者之间一致性的大小,本实验进一步利用 Bland-Altman 分析方法,对 Standard 算法以及 iDose1、iDose3、iDose5 重建级别的测量体积进行一致性分析,分析结果表明 Standard 算法与 iDose3、iDose5 算法测肺结节体积均有较好的一致性。但由于 iDose 级别越高,迭代次数越多,可能存在的失真度就越高,因此在临床测肺结节时,更推荐采用 iDose3~4 重建级别,具体选择要根据患者的实际情况以及原始扫描图像的质量决定。

本研究与李艳等<sup>[10]</sup>学者的研究最大的不同之处在于,本实验的研究对象是临床患者,而李艳等研究的是肺结节体模。体模的优势在于形状固定且标准,能

通过公式计算标准体积。而临床患者的肺结节形态不一定规则,密度性质也不全相同,对于测量结果无法确定一个金标准来与之比较。但本实验通过不同参数组的比较,也能得出不同重建参数对测量结果的影响,对以后的临床工作有一定的指导意义。

通过以上结果表明,不同的重建参数会导致肺结节的测量结果不同,而肺结节的随访结果对患者自身及临床诊疗非常重要。当肺结节增大或者 CT 值发生改变时,患者或其家属会产生极大的心理负担。研究表明<sup>[11]</sup>,患者或其家属在病程中的情绪会极大的影响患者的病程进展,积极向上的情绪和态度会提高患者的机体免疫力,使得病情往好的方向发展;反之,焦虑不安的情绪不仅会影响患者自身的生活质量,还会影响治疗效果。另一方面,临床医生会根据肺结节的影像学随访结果,做出不同诊疗计划。如果肺结节只是因为重建参数不同而产生“伪变化”,可能会造成对患者的过度治疗或者治疗不及时失误。因此,肺结节随访结果的准确性,极大程度的决定了患者病情的治疗及预后。综上,在肺结节 CT 检查中,操作技师应该尽量固定扫描参数,同时注意患者的情绪,呼吸波动等问题,尽可能提高肺结节复检的准确性。

本研究存在的不足:①与体模不同,临床患者的肺结节形态各异,因此体积测量软件的准确性未能得知;②结节个数较少,需要进一步扩大样本量。

综上所述,不同的重建层厚、重建野、重建算法都会对肺结节的测量产生一定的影响,因此在临床上对肺结节患者进行随访时,应尽量采用相同的重建参数,

从而提高随访结果的准确性。结合本研究结果,推荐重建参数采用层厚 1.25 mm、重建野 18~36 cm、iDose 3~4 对肺结节进行后处理。

#### 参考文献:

- [1] 梅佳,曾娟,王琴.肺癌患者舒缓疗护效果及其影响因素分析[J]. 护理研究,2018,32(7):1121-1122.
- [2] 邱钱赛,冯峰.孤立性肺结节影像学异质性的研究进展[J].放射学实践,2019,33(2):212-215.
- [3] Henschke CI, Yankelevitz DF, Naidich DP, et al. CT screening for lung cancer: Suspiciousness of nodules according to size on baseline scans[J]. Radiology, 2004, 231(1):164-168.
- [4] 刘俊,王伟.普通 X 线摄影与低剂量 CT 在孤立性肺结节随访中的价值比较[J].医学影像学杂志,2019,29(2):326-328.
- [5] 李艳芳,王燕,李峻岭,等.198 例晚期青年肺腺癌发病趋势及临床病理特征[J].中华肿瘤杂志,2016,38(10):750-755.
- [6] 迟凤,王翠娇,等.放射技术对诊断肺部肿瘤的诊断效果分析[J].中外女性健康研究,2019,26(17):187-189.
- [7] Zhao YR, van Ooijen PM, et al. Comparison of three software systems for semi-automatic volumetry of pulmonary nodules on baseline and follow-up CT examinations[J]. Acta Radiol, 2014, 17(55):691-698.
- [8] 孙海宁,于铁链,李东.重建算法和层厚对肺结节容积计量的影响[J].中国医学影像技术,2010,26(5):947-950.
- [9] 彭薇,李琛玮,杨利霞,许永华. Karl 迭代技术降低 16 层 CT 胸部扫描辐射剂量的水模和临床研究[J].放射学实践,2015,29(4):328-331.
- [10] 文洁,康文焱,林蒙,等.人工智能评估不同前置自适应迭代技术下仿真体模肺结节[J].中华医学杂志,2019,99(43):3424-3427.
- [11] 李俊.心理护理干预对恶性肿瘤放疗患者心理状况的影响[J].实用临床护理学电子杂志,2016,12(2):87-90.

(收稿日期:2020-04-22 修回日期:2020-08-22)