

## 不同 CT 设备肺结节扫描参数优化的体模对照研究

刘俊七,程勇,陈澜菁,沈倩,兰永树

**【摘要】 目的:**探讨不同 CT 设备不同肺结节扫描参数对图像质量及辐射剂量的影响,旨在进一步优化肺结节 CT 筛查方案。**方法:**在一仿真人体胸部模型中植入 3 种直径(3、5 和 8 mm)和 3 种密度(100、-630 和 -800 HU)共 9 个肺结节,在固定管电压(120 kVp)及不同曝光量(10、15、20、30、50、100 和 200 mAs)条件下对体模进行 CT 扫描。根据 CT 扫描设备分为 A 组(联影 uCT 550)、B 组(Philips iCT 256)和 C 组(GE Optima CT 540)。记录每次扫描的 CT 容积剂量指数(CTDIvol)和剂量长度乘积(DLP),计算结节检出率,对图像质量进行主观和客观评价。分析 CT 扫描设备及扫描参数与辐射剂量、图像质量的相关性。采用单因素方差分析和 Kruskal-Wallis  $H$  检验比较 3 组之间图像质量的差异。**结果:**辐射剂量、图像质量随曝光量的减少而降低,不同 CT 设备的最优曝光量有所不同;A、B、C 组在相同曝光量条件下的图像对比噪声比(CNR)及信号噪声比(SNR)差异均具有统计学差异( $P < 0.05$ );A、B、C 组在曝光量为 100、50、30 和 20 mAs 时,肺结节主观评分差异具有统计学意义( $P < 0.05$ );A、B、C 组在曝光量为 50 mAs 以上,肺结节检出率均为 100%。曝光量为 30、20、15 和 10 mAs 时 A 组肺结节检出率分别为 100%、100%、88.9%、77.8%,B 组分别为 79.6%、77.8%、77.8%、68.5%,C 组分别为 100%、94.5%、79.6%、66.7%,A 组明显优于 B 组和 C 组。综合评判,A、B、C 组最优化曝光量分别为 20、50 和 30 mAs,CTDIvol 分别为 1.75、3.38 和 3.45 mGy。**结论:**在图像质量合格的前提下,联影 uCT 550 CT 机具有最优化的扫描参数,辐射剂量最低,建议作为常规肺结节 CT 筛查的优化方案。

**【关键词】** 肺结节;体模;扫描参数;图像质量;辐射量;体层摄影术,X 线计算机

**【中图分类号】** R814.42;R734.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)12-1577-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.12.022

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Optimization of scanning parameters for pulmonary nodules using different CT scanner:a comparative phantom study** LIU Jun-qi, CHENG Yong, CHEN Lan-jing, et al. Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Sichuan 646000, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the effect of different lung nodule scanning parameters on image quality and radiation dose with the settings of different CT equipments, and to optimize the lung nodule CT screening protocol. **Methods:** A total of 9 pulmonary nodule model with three different diameters (3, 5 and 8 mm) and three different densities (100, -630 and -800 HU) were implanted into the simulated human chest model. The images were scanned under the fixed tube voltage (120 kVp) and different CT exposure (10, 15, 20, 30, 50, 100 and 200 mAs). The scanning parameters were recorded as group A (United imaging uCT 550), B (Philips iCT 256) and C (GE optima CT 540) according to the CT scanner. The CT volume dose index (CTDIvol) and dose length product (DLP) were recorded. The nodule detection rate and image quality (subjective evaluation and objective evaluation) were evaluated. The correlation between any two CT scanners and scanning parameters on radiation dose and image quality was analyzed. One-way ANOVA and Kruskal Wallis  $H$  test were used to analyze the difference of image quality among the three groups. **Results:** The CT exposure and image quality decreased as the CT exposure decreased, but the optimal CT exposure was different for different CT equipment. The differences of CNR and SNR among group A, B and C in the same CT exposure parameters were all statistically significant ( $P < 0.05$ ). The difference of subjective score of lung nodules among the three group was statistically significant when the tube current was 100, 50, 30 and 20 mAs.

作者单位:646000 四川泸州,西南医科大学附属附属医院放射科

作者简介:刘俊七(1996-),男,四川绵阳人,硕士研究生,主要从事影像技术基础研究与临床应用工作。

通讯作者:兰永树, E-mail: lyblue2008@aliyun.com

( $P < 0.05$ ). The detection rate of pulmonary nodules was 100% when the exposure was more than 50mAs in group A, B and C. The detection rate of lung nodules were 100%, 100%, 88.9% and 77.8% when CT exposure was 30, 20, 15 and 10mAs in group A, and those were 79.6%, 77.8%, 77.8% and 68.5% in group B; 100%, 94.5%, 79.6% and 66.7% in group C correspondingly. There were significantly better in group A than in groups B and C. For comprehensive evaluation, the optimal CT exposure for qualified image quality of group A, B and C were 20, 50 and 30mAs respectively, the CTDIvol of group A, B and C were 1.75, 3.38 and 3.45mGy, respectively. On the premise of qualified image quality, group A had the lowest radiation dose. **Conclusion:** With the premise of qualified image quality, uCT 550 has the most optimal scanning parameters and the lowest radiation dose. This scheme can be used as an optimization protocol for routine CT screening of pulmonary nodules.

**【Key words】** Pulmonary nodules; Phantom; Scanning parameters; Image quality; Radiation dose; Tomography, X-ray computed

肺癌是我国发病和死亡增长最快的恶性肿瘤, 并已经成为我国危害最严重的恶性肿瘤<sup>[1]</sup>。近年来, 随着体检的临床普及和肺癌早期筛查工作的开展, 肺结节尤其是磨玻璃结节 (ground-glass nodule, GGN) 的检出率不断上升。在检出的肺结节中, 部分经术后病理检查证实为肺癌。对于首次发现的可疑肺结节, 若无法判定其良、恶性, 临床上通常会采用定期复查的处置方式, 进而产生更多的 CT 检查需求, 导致了医疗照射剂量日益增加, 如何降低辐射剂量已成为研究的热点。目前普遍运用的方法为调整扫描参数, 但过低的扫描参数会降低图像的密度和空间分辨率, 从而可能导致图像的模糊和病变的遗漏<sup>[2]</sup>。本文旨在探讨通过对本院不同 CT 设备的肺结节扫描参数进行优化, 筛选用于肺结节 CT 筛查的最佳设备和参数, 为临床优化肺结节 CT 筛查提供新方案及新思路。

## 材料与方法

### 1. 胸部模型

采用 Kyoto Kagaku 多用途男性胸部模型 N1-Lungman 及 9 个小结节体模。胸部模型中的各个模块 (心脏、肺、肝脏) 均可拆卸, 仿真软组织及骨骼 X 线衰减等效性与真人相似。胸部仿真模型的大小为 40 cm × 43 cm × 48 cm, 胸围 94 cm, 其内部肺纹理与人体无显著差别 (图 1a)。9 个肺结节体模为 3 种直径 (0.8、0.5、0.3 cm)、3 组标准 CT 值 (分别为 100、-630 和 -800 HU) 的组合 (图 1b)。将肺结节体模随机置于胸部体模肺纹理之中。

### 2. 检查方法

分别采用联影 uCT 550 (A 组)、Philips iCT 256 (B 组)、GE optima CT 540 (C 组) CT 机对胸部仿真模型进行扫描。体模置于检查床上, 其正中矢状面与检查床的正中线重合, 扫描范围自肺尖到肺底 (上、下起止点相同), 3 组的扫描参数相同: 分别采用 7 组曝光

量 (10、15、20、30、50、100 和 200 mAs) 进行扫描, 管电压 120 kV, 0.7 s/r, 螺距 1, 视野 350 mm × 350 mm, 层间距 0.625 mm。记录各组剂量报告中的 CT 容积剂量指数 (volumetric CT dose index, CTDIvol) 和剂量长度乘积 (dose-length product, DLP)。

### 3. 图像质量评估

客观评估: 采用对比噪声比 (CNR) 和信号噪声比 (SNR) 来评估各组在不同曝光量时的图像质量<sup>[3]</sup>。在心脏中心层面测量心腔的 CT 值及对应水平椎体的 CT 值, 并获得椎体 CT 值的标准差 (SD), ROI 面积分别为 3000 和 300 mm<sup>2</sup>, 每个部位重复测量 3 次 (图 2a、3a、4a)。按照下列公式计算 CNR 和 SNR:

$$\text{CNR} = \frac{\text{CT}_{\text{椎体}} - \text{CT}_{\text{心脏}}}{\text{SD}_{\text{椎体}}} \quad (1)$$

$$\text{SNR} = \frac{\text{CT}_{\text{心脏}}}{\text{SD}_{\text{椎体}}} \quad (2)$$

主观评价: 由两位工作年限在 5 年以上的主治医师采用单盲法独立评价所有图像。设置图像的阅片条件: 肺窗的窗宽 1500 HU、窗位 -400 HU, 纵隔窗的窗宽 400 HU、窗位 40 HU。对图像的整体质量进行评价, 评估内容主要为肺血管、气管束、纵隔及其它细微结构的可视程度, 评价标准: 3 分, 图像无伪影, 肺血管、气管束等细微结构显示清楚, 完全满足诊断要求; 2 分, 图像有伪影, 肺血管、气管束等细微结构显示较好, 基本满足诊断要求; 1 分, 图像有较大伪影, 肺血管、气管束等细微结构显示较差, 不能满足诊断要求。若出现不同意见, 由两位医师经过协商后达成一致意见。此外, 对 9 个结节的显示情况进行独立评分 (图 2b、3b、4b), 主观评价采用 4 级评分: 4 分, 结节清晰可见; 3 分, 结节边缘稍模糊; 2 分, 结节边界较模糊, 但仍可见; 1 分, 结节不可见。两位医师对每个结节分别评价 3 次, 共计 54 次。

### 4. 统计学分析

使用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析。符合正态

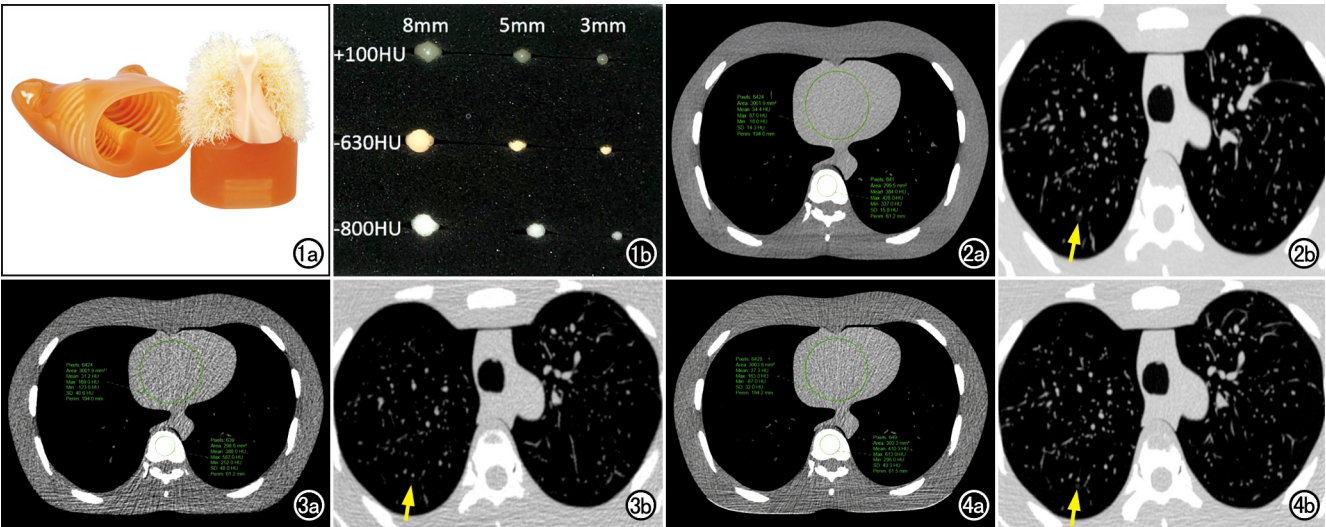


图 1 本研究中使用的体模示意图。a) 仿真胸部模型; b) 9 个肺结节模型的直径和密度。图 2 A 组中在 30 mAs 条件下的体模扫描图像。a) 纵隔窗图像, 图像噪声较小, 伪影少; b) 肺窗图像, 肺血管显示清晰, 可见右肺上叶直径 3 mm 的 GGO(箭; 6 次评价时均被检出)。图 3 B 组在 30 mAs 条件下的体模扫描图像。a) 纵隔窗图像, 图像噪声较大, 伪影多; b) 肺窗图像, 肺血管显示清晰, 右肺上叶直径 3 mm 的 GGO(箭) 未被检出(6 次评价仅检出 1 次)。图 4 C 组在 30 mAs 条件下的体模扫描图像。a) 纵隔窗图像, 图像噪声稍高, 伪影稍多; b) 肺窗图像, 肺血管显示清晰程度中等, 可见右肺上叶直径 3 mm 的 GGO(箭; 6 次评价时均被检出)。

分布的定量资料以均数±标准差表示。采用单因素方差分析比较相同曝光量时 3 组之间 CNR 和 SNR(方差齐)的差异。应用 Kruskal-Wallis *H* 检验比较同一曝光量时 3 组之间肺结节显示情况主观评分(方差不齐)的差异, 并计算各组的结节检出率。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

结 果

1. 辐射剂量

三组中不同曝光量时的辐射剂量指标值见表 1。辐射量随曝光量的减少而降低, 在相同曝光量条件下, B 组的 CDTIvol 最低, 较 A 组降低了 18.8%~34.0%, 在曝光量为 10 mAs 时降低最多, 在曝光量为 200 mAs 时降低最少。B 组较 C 组降低了 33.3%~46.1%, 在曝光量为 10 mAs 时降低最多, 在曝光量为 15 mAs 时降低最少。

2. 图像质量客观评价

三组之间不同曝光量条件下图像的客观评价结果

表 1 不同 CT 机型体模扫描时的辐射量

| 曝光量    | A 组           |              | B 组           |              | C 组           |              |
|--------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|        | CDTIvol (mGy) | DLP (mGy·cm) | CDTIvol (mGy) | DLP (mGy·cm) | CDTIvol (mGy) | DLP (mGy·cm) |
| 200mAs | 16.62         | 524.67       | 13.49         | 517.5        | 23.55         | 712.08       |
| 100mAs | 8.36          | 263.83       | 6.77          | 259.7        | 11.10         | 335.62       |
| 50mAs  | 4.25          | 134.03       | 3.38          | 129.9        | 5.36          | 162.02       |
| 30mAs  | 2.59          | 81.80        | 1.98          | 76.0         | 3.45          | 104.16       |
| 20mAs  | 1.75          | 55.14        | 1.35          | 51.9         | 2.30          | 69.44        |
| 15mAs  | 1.36          | 42.96        | 1.02          | 39.0         | 1.53          | 46.29        |
| 10mAs  | 0.94          | 29.55        | 0.62          | 24.0         | 1.15          | 34.72        |

表 2 不同曝光量条件 3 组图像质量的客观评价指标值

| 曝光量    | CNR        |            |            | F 值      | P 值    | SNR       |           |           | F 值      | P 值    |
|--------|------------|------------|------------|----------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|--------|
|        | A 组        | B 组        | C 组        |          |        | A 组       | B 组       | C 组       |          |        |
| 200mAs | 35.65±0.65 | 16.66±0.34 | 24.59±0.27 | 1652.46  | <0.001 | 3.47±0.04 | 1.63±0.03 | 2.47±0.03 | 2181.50  | <0.001 |
| 100mAs | 29.97±0.42 | 12.99±0.09 | 19.05±0.13 | 3255.67  | <0.001 | 2.93±0.03 | 1.19±0.01 | 1.92±0.10 | 8894.09  | <0.001 |
| 50mAs  | 21.97±0.14 | 10.02±0.15 | 11.45±0.06 | 8638.68  | <0.001 | 2.14±0.03 | 0.98±0.02 | 1.16±0.10 | 2301.54  | <0.001 |
| 30mAs  | 23.17±0.92 | 6.84±0.08  | 9.26±0.04  | 814.20   | <0.001 | 2.25±0.08 | 0.60±0.01 | 0.96±0.01 | 1101.80  | <0.001 |
| 20mAs  | 19.94±0.32 | 6.70±0.09  | 7.54±0.45  | 4515.61  | <0.001 | 1.91±0.03 | 0.50±0.02 | 0.79±0.01 | 5205.83  | <0.001 |
| 15mAs  | 22.18±0.09 | 4.94±0.06  | 5.76±0.02  | 75124.90 | <0.001 | 2.11±0.02 | 0.48±0.01 | 0.61±0.01 | 14716.87 | <0.001 |
| 10mAs  | 19.96±0.17 | 4.16±0.06  | 5.71±0.04  | 22262.88 | <0.001 | 1.84±0.01 | 0.41±0.01 | 0.66±0.01 | 22459.00 | <0.001 |

的比较见表 2。各组中图像质量均随曝光量的减少而降低。在同一曝光量条件下的三组间 CNR 和 SNR 的差异均具有统计学意义( $P<0.05$ )。在相同曝光量条件下,A 组的图像质量最高,C 组次之,B 组最差。

3. 图像质量的主观评价

在不同曝光量条件下三组中肺结节显示情况的主观评分及检出率、图像的整体质量评分见表 3~4。图像质量随曝光量的减少而降低。在曝光量为 100、50、30 和 20 mAs 时,三组之间肺结节主观评分的差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。在曝光量为 50 mAs 及以上时,三组的肺结节检出率均为 100%;三组中均以曝光量为 10 mAs 时的结节检出率最低,其中又以 C 组的检出率最低,仅 66.7%。低曝光量条件下微小磨玻璃结节的检出受限,详见表 5。

讨 论

肺结节在临床工作中较常见,其中钙化结节的边界清晰、以良性为主,而磨玻璃结节通常是鉴别的重点及难点,既可以是良性病变(如炎性改变、间质性纤维化等),也可能为原位腺癌(adenocarcinoma in situ, AIS)和微浸润腺癌(minimally invasive adenocarcino-

ma, MIA)等<sup>[4]</sup>。若能早期发现肺部肿瘤性病变、早期治疗,患者的生存率可显著提高<sup>[5]</sup>,但当鉴别 GGN 的良恶性较困难时,定期复查是主要处置方式。反复的胸部 CT 检查所致辐射量的累积效应,可能对被检查者的身体产生危害。一般来说更大的 CT 曝光剂量会带来更好的图像质量,但代价是被检查者接受了更多的电离辐射,为了降低肺结节随访患者累计辐射剂量,对于 CT 图像质量应该是满足诊断要求即可而并非最高的图像质量。降低辐射剂量的方法有很多,如降低管电压、管电流及增加螺距等。降低管电压因兼具增加图像对比及减少对对比剂剂量的用途,通常应用于 CT 血管成像的扫描方案中<sup>[6]</sup>,且管电压的变化对肿瘤检出率的影响程度高于管电流<sup>[7]</sup>,因此在肺结节筛查时不宜采用降低管电压的方法;增加螺距也能在一定程度上减少被检查者的辐射剂量,但当螺距超过一定限度后,可能丢失小病灶或图像细节<sup>[8]</sup>。故本研究采用固定管电压的条件下通过降低曝光量以达到降低辐射量的目的,为临床优化肺结节 CT 筛查提供新思路及方案。

本研究以仿真胸部体模为研究对象,既排除了人体检查中存在的生理运动、体重指数等因素的差异,保

表 3 在不同曝光量条件下三组中肺结节显示情况的主观评分结果 /次

| 曝光量    | A 组 |     |     |     | B 组 |     |     |     | C 组 |     |     |     | $\chi^2$ 值 | P 值   |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-------|
|        | 4 分 | 3 分 | 2 分 | 1 分 | 4 分 | 3 分 | 2 分 | 1 分 | 4 分 | 3 分 | 2 分 | 1 分 |            |       |
| 200mAs | 54  | 0   | 0   | 0   | 54  | 0   | 0   | 0   | 54  | 0   | 0   | 0   | 0          | 1.00  |
| 100mAs | 54  | 0   | 0   | 0   | 42  | 12  | 0   | 0   | 54  | 0   | 0   | 0   | 25.76      | <0.01 |
| 50mAs  | 42  | 12  | 0   | 0   | 24  | 18  | 12  | 0   | 42  | 12  | 0   | 0   | 22.92      | <0.01 |
| 30mAs  | 42  | 7   | 5   | 0   | 24  | 18  | 1   | 11  | 42  | 9   | 5   | 0   | 17.75      | <0.01 |
| 20mAs  | 42  | 6   | 6   | 0   | 24  | 12  | 6   | 12  | 32  | 9   | 10  | 3   | 14.71      | <0.01 |
| 15mAs  | 23  | 19  | 6   | 6   | 18  | 18  | 6   | 12  | 23  | 16  | 4   | 11  | 1.95       | 0.38  |
| 10mAs  | 12  | 17  | 13  | 12  | 6   | 12  | 19  | 17  | 12  | 17  | 7   | 18  | 3.98       | 0.14  |

表 4 不同曝光量条件下 3 组图像的整体质量评分和结节检出率

| 指标     | 200mAs | 100mAs | 50mAs | 30mAs | 20mAs | 15mAs | 10mAs |
|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A 组    |        |        |       |       |       |       |       |
| 评分     | 3      | 3      | 3     | 2     | 2     | 1     | 1     |
| 结节检出率  | 100%   | 100%   | 100%  | 100%  | 100%  | 88.9% | 77.8% |
| B 组    |        |        |       |       |       |       |       |
| 整体图像评价 | 3      | 2      | 2     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 结节检出率  | 100%   | 100%   | 100%  | 79.6% | 77.8% | 77.8% | 68.5% |
| C 组    |        |        |       |       |       |       |       |
| 整体图像评价 | 3      | 3      | 2     | 2     | 1     | 1     | 1     |
| 结节检出率  | 100%   | 100%   | 100%  | 100%  | 94.5% | 79.6% | 66.7% |

表 5 低曝光量条件下微小结节(直径≤0.5cm)的检出数 /个

| 直径    | 30mAs |        |        | 20mAs |        |        | 15mAs |        |        | 10mAs |        |        |
|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
|       | 100HU | -630HU | -800HU | 100HU | -630HU | -800HU | 100HU | -630HU | -800HU | 100HU | -630HU | -800HU |
| A 组   |       |        |        |       |        |        |       |        |        |       |        |        |
| 0.5cm | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 6      |
| 0.3cm | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 0      | 6     | 0      | 0      |
| B 组   |       |        |        |       |        |        |       |        |        |       |        |        |
| 0.5cm | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 1      |
| 0.3cm | 6     | 1      | 0      | 6     | 0      | 0      | 6     | 0      | 0      | 6     | 0      | 0      |
| C 组   |       |        |        |       |        |        |       |        |        |       |        |        |
| 0.5cm | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 0      |
| 0.3cm | 6     | 6      | 6      | 6     | 6      | 3      | 6     | 1      | 0      | 6     | 0      | 0      |

证了研究对象在扫描过程中的一致性,同时也有效避免了相应伦理问题。本研究结果显示,随着曝光量的降低,辐射剂量和图像质量也相应降低。当曝光量在 50 mAs 及以上时各设备能将所有结节全部检出。但在低曝光量条件下,对直径小(3 mm)的 GGN(−800 和 −630 HU)的检出受限。A 组中,在 15 和 10 mAs 条件下对直径 3 mm 结节的检出率仅为 66% 和 33%;B 组中,在 30、20、15 和 10 mAs 条件下对 3 mm 结节的检出率约为三分之一,在 10 mAs 条件下直径 5 mm 的 GGO(−800 HU)的结节未被检出;C 组中,在 20、15 和 10 mAs 条件下直径 3 mm 结节的检出率分别为 81%、39% 及 33%,在 10 mAs 条件下直径 5 mm 的 GGO(−800 HU)同样未被检出。这与 Jin 等<sup>[9]</sup>的研究结果类似,说明过低的曝光量对检出微小磨玻璃肺结节的影响很大。造成这种现象的原因可能是以降低曝光量来降低辐射剂量,会造成图像低对比分辨力降低,从而导致图像密度分辨力降低<sup>[10]</sup>。

评价肺结节恶性潜能的两大要素是肺结节的大小和生长方式,恶性的可能性与结节直径呈正相关关系<sup>[11]</sup>。关于肺结节的一项队列研究结果表明,当肺结节直径大于 3.7 mm 时癌变概率有增加的风险,新发肺结节为癌症的风险高于原有肺结节,而新发结节中包括因体积较小而未在上一次诊断报告中提出的结节,上述结果提示对肺结节进行定期复查尤为重要<sup>[12]</sup>。本研究中肺结节体模的形态规则且密度均匀,与临床工作中在患者人群中检出的肺结节有一定差异,因此在进行体模 CT 扫描时,能检出直径 3 mm 的磨玻璃结节应作为图像质量合格的评价要求之一。结合整体图像质量的主观评价结果,A、B、C 组中图像质量达 2 分(即达到基本满足诊断条件)的最低曝光量分别为 20、50 和 30 mAs。综合评估,A、B、C 组合格图像质量的最优曝光量分别为 20、50 和 30 mAs,对应的 CTDIvol 分别为 1.75、3.38 和 3.45 mGy。这充分说明在 GGN 的临床筛查中联影 uCT 550 是最优化的 CT 设备,可能是近年来联影使用了 KARL 迭代重建算法,该技术较常规使用的滤波反投影法(filtered back projection,FBP)能显著降低图像噪声,从而达到降低曝光量的目的<sup>[13]</sup>。除此之外,CT 设备之间探测器、滤过板及准直器等设备的不同也可能对扫描的辐射量和图像质量有一定影响<sup>[14-15]</sup>。

本研究的不足之处:①仅运用了模拟标准体型的人体模型,存在呼吸运动、心血管搏动的非标准体型的临床病例是否适用相应的 CT 扫描方案,本研究未涉及,尚需今后进一步进行深入研究;②仅仅针对本院现有的 CT 设备在进行胸部扫描时的情况进行了对比分析,对在其它部位的检查情况未作进一步研究。因此,

这些不足之处有待我们下一步更深入的研究。

综上所述,随着曝光量的降低,辐射剂量和图像质量也相应降低。在使用不同 CT 设备筛查肺结节的对比中,联影 uCT 550 较 Philips iCT 256 和 GE optima CT 540 的检查性能更佳,在满足基本诊断要求的前提下,联影 uCT 550 螺旋 CT 机的曝光量最低、辐射剂量也最低,推荐作为临床肺结节筛查的 CT 设备。

#### 参考文献:

- [1] 周清华,范亚光,王颖,等.中国肺癌低剂量螺旋 CT 筛查指南(2018 年版)[J].中国肺癌杂志,2018,21(2):67-75.
- [2] 李莹,艾娜娜,张颖颖,等.前置自适应统计迭代重建技术对体模肺纯磨玻璃结节图像质量及辐射剂量的影响[J].中国医学影像技术,2018,34(5):775-778.
- [3] 彭盛坤,赵原,蒲红.不同成像参数与肺部结节 CT 图像质量及辐射剂量的相关性研究[J].中国循证医学杂志,2019,19(10):1158-1162.
- [4] Zhang Y, Qiang JW, Ye JD, et al. High resolution CT in differentiating minimally invasive component in early lung adenocarcinoma[J]. Lung Cancer, 2014, 84(3):236-241.
- [5] Ippolito D, Casiraghi AS, Franzesi CT, et al. Low-dose computed tomography with 4th-generation iterative reconstruction algorithm in assessment of oncologic patients[J]. World J Gastrointest Oncol, 2017, 9(10):423-430.
- [6] Szucs-Farkas Z, Christe A, Megyeri B, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography pulmonary angiography with reduced radiation and contrast material dose: a prospective randomized clinical trial[J]. Invest Radiol, 2014, 49(4):201-208.
- [7] 袁颖,卢东生,钟朝辉.管电压对胸部 CT 图像质量及辐射剂量的影响[J].中国医疗设备,2018,33(2):69-72.
- [8] 中华医学会放射学分会心胸学组.低剂量螺旋 CT 肺癌筛查专家共识[J].中华放射学杂志,2015,49(5):328-335.
- [9] Jin L, Sun Y, Li M. Use of an anthropomorphic chest model to evaluate multiple scanning protocols for high-definition and standard-definition computed tomography to detect small pulmonary nodules[J]. Med Sci Monit, 2019, 25:2195-2205.
- [10] 王俊琴,刘太峰,张海燕.智能最佳管电压联合自动管电流在降低胸部 CT 扫描剂量中的应用[J].临床放射学杂志,2019,38(5):931-935.
- [11] 隋岩,杨德武.CT 对胸部体模内病灶的检出率:不同扫描条件的对比研究[J].放射学实践,2020,35(4):552-554.
- [12] Walter JE, Heuvelmans MA, de Jong PA, et al. Occurrence and lung cancer probability of new solid nodules at incidence screening with low-dose CT: analysis of data from the randomised, controlled NELSON trial[J]. Lancet Oncol, 2016, 17(7):907-916.
- [13] 黄晓旗,李建龙,韩炜,等.不同级别 Karl 迭代重建算法对胸部 CT 图像质量及噪声的价值[J].实用放射学杂志,2018,34(10):1612-1614,1626.
- [14] 崔茹欣,钟朝辉,王振常,等.探测器宽度对头颈 CTA 图像质量及辐射剂量影响的对比研究[J].临床放射学杂志,2020,39(1):165-168.
- [15] 朱纯生,赵虹,陈庆容,等.不同附加滤过组合对球管负荷和辐射剂量的影响[J].放射学实践,2017,32(5):526-528.

(收稿日期:2021-02-14 修回日期:2021-06-03)