

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2020.10.007

胸部低剂量 CT 扫描对肺部感染检查图像质量影响的研究

王国树,付彬洁,林芮羽,吕发金[△]

重庆医科大学附属第一医院放射科,重庆 400016

摘要:目的 探讨胸部常规剂量与低剂量 CT 扫描对拟诊为肺部感染患者图像质量的影响,以优化胸部低剂量 CT 扫描方案。方法 回顾性分析 2020 年 1—2 月于该院拟诊为肺部感染行胸部 CT 平扫的患者 108 例;以 2020 年 2 月 3 日为方案转换时间点,在此前为常规剂量(130 kV,参考管电流为 80 mAs)组共 48 例,在此后为低剂量(110 kV,参考管电流为 20 mAs)组共 60 例;两组均采用高级迭代重建算法(ADMIRE),重建层厚 1 mm。将数据传入 MMWP4 后处理工作站进行信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)、辐射剂量参数[容积 CT 剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)、有效辐射剂量(ED)]测量,同时数据传入 PACS 进行背景噪声评分和整体图像质量评分。结果 (1)客观评价显示常规剂量组的 SNR 和 CNR(7.33 ± 2.12 , 181.07 ± 48.13)显著大于低剂量组(3.81 ± 1.06 , 93.95 ± 25.08),差异均有统计学意义($P < 0.001$);常规剂量组的 CTDIvol、DLP、ED[(6.37 ± 1.28)mGy, (241.83 ± 63.31)mGy·cm, (3.39 ± 0.89)mSv]显著大于低剂量组[(1.62 ± 0.25)mGy, (63.79 ± 10.92)mGy·cm, (0.89 ± 0.15)mSv],差异均有统计学意义($P < 0.001$)。 (2)主观评价显示常规剂量组对背景噪声和整体图像质量的评分[(1.94 ± 0.24)分, (4.08 ± 0.35)分]与低剂量组[(1.97 ± 0.18)分, (3.98 ± 0.29)分]差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论 胸部低剂量 CT 扫描技术的图像质量与常规剂量无明显差异,而辐射剂量明显降低,图像质量满足肺部感染的影像诊断要求,该方案可在临床广泛推广。

关键词:螺旋 CT; 新型冠状病毒肺炎; 迭代重建; 辐射剂量

中图分类号:R445.3

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2020)10-1336-04

Study on influence of chest low-dose CT scan on quality of examination image for lung infection

WANG Guoshu, FU Binjie, LIN Ruiyu, LYU Fajin[△]

Department of Radiology, First Affiliated Hospital of Chongqing Medical

University, Chongqing 400016, China

Abstract: Objective To investigate the influence of chest routine dose and low-dose CT scan on the image quality of the patients with suspiciously diagnosed lung infection for optimize the chest low-dose CT scan program. **Methods** One hundred and eight patients with chest CT flat scan due to suspiciously diagnosed lung infection in the hospital from January to February 2020 were retrospectively analyzed. February 3, 2020 served as the time point of program conversion. The routine dose scan (130 kV, reference tube current 80 mAs) group (48 cases) was before this time point. The low-dose scan (110 kV, reference tube current 20 mAs) group (60 cases) was after this time point; the two groups adopted the advanced iterative reconstruction algorithm (ADMIRE), the reconstruction layer thickness was 1 mm. After the data was passed into the MMWP4 post-processing workstation for measuring the signal-to-noise ratio (SNR), contrast noise ratio (CNR), radiation dose parameters (CTDIvol, DLP, ED), meanwhile the data were also passed into PACS for conducting the background noise scoring and overall image quality scoring. **Results** (1) The objective evaluation showed that SNR and CNR (7.33 ± 2.12 , 181.07 ± 48.13) in the routine dose group were significantly greater than in the low dose group (3.81 ± 1.06 , 93.95 ± 25.08), and the differences were statistically significant ($P < 0.001$); CTDIvol, DLP and ED [(6.37 ± 1.28)mGy, (241.83 ± 63.31)mGy·cm, (3.39 ± 0.89)mSv] in the routine dose group were significantly greater than in the low dose group [(1.62 ± 0.25)mGy, (63.79 ± 10.92)mGy·cm, (0.89 ± 0.15)mSv], and the differences were statistically significant ($P < 0.001$). (2) The subjective evaluation showed that there was no statistically significant difference in the background noise and overall image quality score between the routine dose group [(1.94 ± 0.24)points, (4.08 ± 0.35)points] and the low dose group [(1.97 ± 0.18)points, (3.98 ± 0.29)points, $P > 0.05$]. **Conclusion** There is no significant difference in the image quality between the low dose and routine dose chest CT scanning technology, while the radiation dose is significantly reduced. The image quality meets the image diagnostic requirements of lung infection, and

this program can be widely promoted in clinic.

Key words: spiral CT; novel coronavirus pneumonia; iterative reconstruction; radiation dose

2019 年 12 月湖北省武汉市出现新型冠状病毒感染的肺炎,后来国内外均出现流行^[1-5]。国家卫生健康委员会组织专家根据新型冠状病毒肺炎的防治连续发布第一版至第六版诊治方案,均把影像学诊断作为重要的指标;《新型冠状病毒肺炎诊治方案(试行第六版)》中指出,胸部 CT 在疑似患者的筛查、新型冠状病毒肺炎病情的评估、出院影像标准判断中起了重要的作用^[6]。由于新型冠状病毒肺炎病情变化快,治疗经常需要 CT 检查评估肺部病变情况,常规会进行多次 CT 检查,是选择高分辨 CT、常规 CT 还是低剂量检查,对患者的累积辐射剂量存在显著差别,而目前相关的研究未见报道。扫描参数的选择决定了图像质量和患者所受辐射剂量,因此参数的设置对病变的显示和判断尤为重要。本研究通过回顾性分析常规剂量与低剂量扫描图像质量的差异,从而优化肺部感染的低剂量扫描方案。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究回顾性分析了 2020 年 1—2 月因发热、咳嗽等症状拟诊为肺部感染,在本院行胸部 CT 扫描的患者 108 例,其中男 66 例、女 42 例,平均年龄 (44.65 ± 14.39) 岁;以 2020 年 2 月 3 日为方案转换点,此时间点前为常规剂量组,共 48 例,此时间点后为低剂量组,共 60 例。排除标准:胸部有伪影的,包括呼吸移动伪影、异物伪影;定位像有缺陷,无法使用自动管电流调制技术。

1.2 设备与方法 采用西门子公司生产的 SOMA-TOM Perspective CT 机进行扫描。所有患者扫描前进行呼吸训练,保证扫描时处于深吸气后屏气状态。仰卧位,检查时用铅围裙遮盖射线敏感器官。扫描范围为胸廓入口至双侧肋膈角下界。扫描条件:常规剂量组,管电压 130 kV,参考管电流 80 mAs,螺距 1.1;低剂量组,管电压 110 kV,参考管电流 20 mAs,螺距 1.3。扫描层厚为 5 mm。两组探测器准直宽度均为 64×0.6 mm,矩阵均为 512×512 ,旋转时间均为 0.6 s/r,均开启自动管电流调制技术(CARE Dose 4D)。

1.3 图像重建 常规剂量组与低剂量组均采用高级迭代重建算法(ADMIRE)进行 1 mm 薄层重建。ADMIRE 迭代级别选择默认值 3,卷积核设置为中等锐利的 I50。将所有数据传入 MMWP4 后处理工作站进行测量,同时传入 PACS 进行主观分析。

1.4 图像质量分析

1.4.1 主观评价 由 2 名具有 5 年以上工作经验的放射科医师对图像进行主观评价。评价内容包括背景噪声和整体图像质量。背景噪声采用 3 分量表法^[7],1 分:噪声低;2 分:噪声中等;3 分:噪声严重。

噪声评分为 1 分或 2 分表示噪声并不影响对疾病的诊断或者对正常结构的识别,噪声等级为 3 表示噪声会影响对疾病的诊断或者对正常结构的识别。整体图像质量评价正常组织及病变组织结构显示,包括叶间裂,近端支气管和邻近肺血管,周围支气管和邻近肺血管,胸膜下血管。整体图像质量采用 5 分法对正常及异常肺组织进行分析,5 分:图像质量非常好,组织结构显示非常清晰;4 分:图像质量较好,组织结构显示较清晰;3 分:组织结构显示轻微模糊,图像诊断不受限制;2 分:组织结构显示中度模糊,图像诊断轻度受限;1 分:组织结构显示严重模糊,图像诊断严重受限。

1.4.2 客观评价 采用 MMWP4 后处理工作站的 Viewer 软件分别对常规剂量组和低剂量组图像进行数据测量。图像中测量部位的 ROI 大小、位置一致。将 ROI 置于主动脉弓最大层面中部及同层面胸骨正上方空气中,避开主动脉弓钙化灶及胸骨前异物,测量其平均 CT 值和噪声值(SD),计算图像信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR)。计算公式: $SNR = \text{主动脉弓 CT 值} / \text{肺背景 SD 值}$; $CNR = (\text{主动脉弓 CT 值} - \text{肺背景 SD 值}) / \text{肺背景 SD 值}$ 。

1.5 辐射剂量分析 记录所有患者的管电压,参考管电流/有效管电流,容积 CT 剂量指数(CTDIvol),剂量长度乘积(DLP),计算有效剂量(ED), $ED = k \times DLP$,k 值取 $0.014 \text{ mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ^[8]。

1.6 统计学处理 采用 SPSS22.0 (IBM, Chicago, USA)统计分析软件对数据进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,使用 Kolmogory-Smirnov 检测判断数据是否为正态分布,对连续正态分布的 SNR、CNR,组间比较采用独立样本 *t* 检验。计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验。主观评价通过 Cohen's Kappa 检验评价两位医生评分的一致性,若 Kappa 值很好,则两位医生图像评分平均值作 Mann-Whitney *U* 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 客观图像质量 对 108 例患者的图像进行客观评价,结果显示常规剂量组 SNR、CNR 显著大于低剂量组,差异有统计学意义($P < 0.001$);常规剂量组 CTDIvol、DLP、ED 显著大于低剂量组,差异有统计学意义($P < 0.001$),见表 1。

2.2 主观评价图像质量 2 位高年资医生对两组图像质量评估结果 Kappa 值分别为 0.82、0.85,显示两位医师评分的一致性较好。对背景噪声评分,常规剂量组 $[(1.94 \pm 0.24) \text{ 分}]$ 与低剂量组 $[(1.97 \pm 0.18) \text{ 分}]$ 差异无统计学意义($P = 0.476$);在整体图像质量

方面,常规剂量组 $[(4.08\pm0.35)$ 分]与低剂量组 $[(3.98\pm0.29)$ 分]差异无统计学意义($P=0.105$),见表 2、图 1、图 2。

表 1 常规剂量组与低剂量组扫描 SNR、CNR、CTDIvol、DLP、ED 比较($\bar{x}\pm s$)

组别	<i>n</i>	SNR	CNR	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)
低剂量组	60	3.81±1.06	93.95±25.08	1.62±0.25	63.79±10.92	0.89±0.15
常规剂量组	48	7.33±2.12	181.07±48.13	6.37±1.28	241.83±63.31	3.39±0.89
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

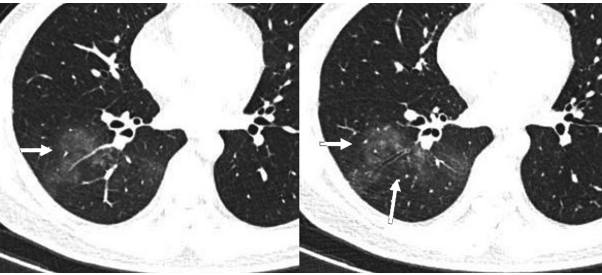
表 2 常规剂量组与低剂量组图像主观评分比较[*n*(%)]

评价内容	常规剂量组(<i>n</i> =48)	低剂量组(<i>n</i> =60)
主观背景噪声		
噪声较小(1分)	3(6.3)	2(3.3)
噪声中等(2分)	45(93.8)	58(96.7)
噪声严重(3分)	0(0.0)	0(0.0)
整体图像质量		
图像质量非常好,组织结构显示非常清晰(5分)	5(10.4)	2(3.3)
图像质量较好,组织结构较清晰(4分)	42(87.5)	55(91.7)
组织结构轻微模糊,图像诊断不受限制(3分)	1(2.1)	3(5.0)
组织结构中度模糊,图像诊断轻度受限(2分)	0(0.0)	0(0.0)
组织结构严重模糊,不能诊断(1分)	0(0.0)	0(0.0)



注:a为低剂量扫描,b为常规剂量扫描,两图整体图像质量评分均为4分,背景噪声评分均为2分,均能清晰显示叶间裂,支气管周围、胸膜下小片浅淡磨玻璃影,均能清晰显示周围支气管血管、胸膜下支气管血管(箭头所示)。

图 1 右肺上叶肺部感染治疗前后 CT 图像比较



注:清晰显示叶间裂、周围支气管血管、胸膜下血管,浅淡磨玻璃影、支气管壁增厚清楚显示(箭头所示),整体图像质量评分4分,背景噪声评分2分。

图 2 疑似新型冠状病毒肺炎患者胸部低剂量 CT 扫描图

3 讨 论

自新型冠状病毒肺炎疫情暴发以来,党和国家政

府高度重视,国家卫生健康委员会连续发布《新型冠状病毒肺炎诊疗方案》,从试行第一版到第六版,均肯定了影像学诊断和评估的价值,但未推荐影像学检查技术。此外,白浪等^[9]认为,病原学证据是确诊传染性疾病的唯一标准。而中华医学会放射学分会与影像技术分会制定的专家推荐意见、专家共识均推荐首选胸部 CT 扫描;郑颖彦等^[10]推荐高分辨 CT(HRCT)能够更准确且直观地显示胸部的细微结构,推荐为新型冠状病毒肺炎患者筛查和诊断的首选检查。由于新型冠状病毒肺炎病情变化快,治疗经常需要 CT 检查评估肺部病变情况,因此患者短期内会多次 CT 检查,常规 CT 和 HRCT 检查时辐射剂量将明显增加,导致辐射损伤;为了降低辐射剂量,本研究通过对比分析低剂量与常规剂量扫描对疑似肺部感染患者图像质量的影响,探讨低剂量扫描的可行性。

目前降低 CT 辐射剂量的方法较多,如降低管电压、管电流,联合使用迭代重建,采用自动管电流调制技术等^[11-13]。本研究通过降低管电压、管电流同时加大螺距降低辐射剂量。研究发现和常规剂量相比,在低剂量扫描图像中仍然能清晰显示肺部感染的多发小斑片影及间质改变^[14-15]。在两组图像质量评价中,客观评价显示常规剂量扫描具有较高的 SNR 和 CNR,同时具有较高的辐射剂量,而采用低剂量扫描可以显著降低患者受到的辐射剂量,且明显低于常规

剂量组,而主观评价图像质量评分显示常规剂量组与低剂量组在诊断以磨玻璃影为特征的肺部感染评分差异无统计学意义($P>0.05$)。因此,采用低剂量扫描(110 kV,参考参考管电流为 20 mAs,螺距 1.3)联合 ADMIRE 技术、自动管电流调制技术能获得满意的图像,满足肺部感染的影像诊断要求。

本研究不足之处:所选用的设备为西门子螺旋 CT,为发热患者专用,因此无法与其他厂家 CT 进行比较。扫描参数参照肺癌筛查的胸部低剂量 CT 扫描参数设置,未与其他参数进行比较。另外,在 CT 值测量上,部分患者主动脉弓较高,部分患者有较多饰物,影响测量准确性。

综上所述,肺部感染可以采用管电压 110 kV、参考管电流 20 mAs、螺距 1.3 联合自动管电流调制技术和迭代重建算法的低剂量扫描方式,明显降低辐射剂量,而图像质量与常规剂量无明显差别,达到诊断要求,建议在新型冠状病毒肺炎的诊治中广泛应用,作为胸部 CT 检查的技术参数,减少患者不必要的辐射暴露。

参考文献

- [1] HUANG C, WANG Y, LI X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China[J]. Lancet, 2020, 395(10223): 497-506.
- [2] HUI D S, I AZHAR E, MADANI T A, et al. The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronaviruses to global health — The latest 2019 novel coronavirus outbreak in Wuhan, China[J]. Int J Infect Dis, 2020, 91: 264-266.
- [3] ZHU N, ZHANG D, WANG W, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019[J]. N Engl J Med, 2020, 382(8): 727-733.
- [4] 中华医学会放射学分会. 新型冠状病毒肺炎的放射学诊断: 中华医学会放射学分会专家推荐意见(第一版)[J/OL]. 中华放射学杂志, 2020, 54(2020-02-08) [2020-02-29]. <http://rs.yiigle.com/yufabiao/1180115.htm>.
- [5] 中华医学会影像技术分会传染病影像技术专业委员会专家共识协作组. 新型冠状病毒感染的肺炎放射检查方案与感染防控专家共识(第一版)[J/OL]. 新发传染病电子

杂志, 2020, 5(1): 1-9.

- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)[S/OL]. (2020-02-18) [2020-02-29]. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7653p/202002/8334a8326dd94d329df351d7da8aefc2.shtml>.
- [7] PONTANA F, BILLARD A S, DUHAMEL A, et al. Effect of iterative reconstruction on the detection of systemic sclerosis-related interstitial lung disease: clinical experience in 55 patients[J]. Radiology, 2016, 279(1): 297-305.
- [8] 唐世龙, 刘波, 刘先凡, 等. 剂量指数在成人胸部低剂量 CT 扫描中的应用[J]. 国际医学放射学杂志, 2019, 42(5): 517-520.
- [9] 白浪, 王铭, 唐小琼, 等. 对新型冠状病毒肺炎诊疗中的热点问题的思考[J]. 华西医学, 2020, 35(2): 125-131.
- [10] 郑颖彦, 马听, 王慧英, 等. 新型冠状病毒肺炎的 CT 征象[J/OL]. 上海医学, 2020(2020-02-10) [2020-02-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1366.r.20200209.1042.002.html>.
- [11] 李妍, 金士琪, 多国帅, 等. 迭代重建算法联合不同卷积核应用于冠脉双低扫描支架显示的比较研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2019, 30(2): 109-113.
- [12] GORDIC S, MORSBACH F, SCHMIDT B, et al. Ultralow-dose chest computed tomography for pulmonary nodule detection: first performance evaluation of single energy scanning with spectral shaping[J]. Invest Radiol, 2014, 49(7): 465-473.
- [13] MESSERLI M, KLUICKERT T, KNITEL M, et al. Ultralow dose CT for pulmonary nodule detection with chest X-ray equivalent dose—a prospective intra-individual comparative study[J]. Eur Radiol, 2017, 27(8): 3290-3299.
- [14] KOO H J, LIM S, CHOE J, et al. Radiographic and CT features of viral pneumonia[J]. Radiographics, 2018, 38(3): 719-739.
- [15] KETAI L, PAUL N S, KA-TAK T W. Radiology of severe acute respiratory syndrome (SARS): the emerging pathologic-radiologic correlates of an emerging disease[J]. J Thorac Imaging, 2006, 21(4): 276-283.

(收稿日期: 2020-03-01 修回日期: 2020-03-03)