

# CT低剂量扫描技术在新型冠状病毒肺炎检查中的应用

王绍芳<sup>1</sup>, 彭成东<sup>1</sup>, 胡军武<sup>1</sup>, 石明国<sup>2</sup>, 夏黎明<sup>1</sup>

1. 华中科技大学同济医学院附属同济医院 放射科, 湖北 武汉 430030; 2. 空军军医大学西京医院 放射科, 陕西 西安 710032

**[摘要]** 目的 回顾性分析新型冠状病毒肺炎 (Coronavirus Disease 2019, COVID-19) 患者CT扫描的临床应用和CT低剂量扫描的辐射控制优势。方法 记录并分析98例就诊于发热门诊和急诊内科CT扫描阳性患者的信息, 分析其年龄分布, 多次检查次数以及重复检查间隔时间; 分析比较不同CT扫描参数控制下的辐射剂量, 并揭示低剂量CT扫描保护效应。结果 COVID-19流行的近期, 进行CT扫描的发热患者, 年轻化占比偏多, 多次重复CT扫描常见且其时间间隔短。COVID-19临床诊断病例患者CT低剂量扫描 (Low Dose Sn100 kV), 比较两种参数的常规胸部CT平扫 (Thorax 110 kV, Thorax 100 kV), 其辐射剂量明显偏低, 且具显著性差异 ( $P<0.001$ )。结论 CT扫描技术是COVID-19流行期间快速、高效辅助诊断和评估治疗的检查技术, 更是COVID-19临床诊断病例的黄金标准。CT低剂量扫描技术可显著性降低患者的受辐射剂量, 在COVID-19肆虐的特殊时期, 应用于COVID-19患者检查的远期有利效应不容忽视, 一定程度保护年轻育龄患者以及需频繁复查的患者。

**[关键词]** 新型冠状病毒肺炎; 冠状病毒; CT扫描; 低剂量扫描; 辐射

## Application of Low Dose CT Scanning in Coronavirus Disease 2019

WANG Shaofang<sup>1</sup>, PENG Chengdong<sup>1</sup>, HU Junwu<sup>1</sup>, SHI Mingguo<sup>2</sup>, XIA Liming<sup>1</sup>

1. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430030, China; 2. Department of Radiology, Xijing Hospital, The Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi 710032, China

**Abstract:** Objective To analyze the CT images of coronavirus disease 2019 (COVID-19) patients and the radiation control advantages in low dose CT scanning. Methods The age distribution, the times of multiple examinations and the interval of repeated imaging on 98 patients' CT scanning information in fever clinic and emergency department were recorded and analyzed. The radiation dose under different CT scanning parameters was compared, and the protective effect of low dose CT scanning was revealed. Results The proportion of fever patients who undergone CT scan was younger in the near future that COVID-19 was popular. Repeated CT scan was common and the time interval was so short. Low dose CT scan (Low dose Sn100 kV) of COVID-19 patients was significantly lower than that of conventional chest CT scan (Thorax 110kV, Thorax 100 kV), and the results had significant difference ( $P<0.001$ ). Conclusion CT scanning technology is a rapid and efficient examination technology for the diagnosis and treatment of COVID-19 during the epidemic period, and it is also the gold standard for the clinical diagnosis of COVID-19. CT low-dose scanning technology can significantly reduce the radiation dose of patients. In the special period of COVID-19, the long-term beneficial effect applied to COVID-19 patients cannot be ignored using low-dose CT scanning to protect young patients of childbearing age and patients who need repeated examinations.

**Key words:** coronavirus disease 2019; corona virus; CT scan; low dose scanning; radiation

[中图分类号] R473.5

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2020.03.006

[文章编号] 1674-1633(2020)03-0016-03

## 引言

新型冠状病毒肺炎 (Coronavirus Disease 2019, COVID-19) 由一种新型严重急性呼吸综合征冠状病毒 2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, SARS-CoV-2) 感染导致, 因其人群普遍易感性, 传播途径多样化,

强传染性等特点, 近两月来确诊、疑似患者已呈爆发式增长<sup>[1-2]</sup>。CT检查具有辅助辨别 COVID-19 患者情况, 快速预估感染人群, 评估患者疗效等多重身份, 在疫情筛查和控制上发挥了举足轻重的作用<sup>[3]</sup>。然而 CT 检查的辐射剂量相对较大, 在 COVID-19 疫情中的广泛应用以及重复使用等, 势必带来辐射危害防控问题。对于一些 COVID-19 敏感人群, 在保证诊断和疗效评估前提下, 使用低剂量扫描技术, 其远期有利效应不容忽视<sup>[4-5]</sup>。

收稿日期: 2019-02-18

基金项目: 国家自然科学基金 (81873889); 武汉市科技局计划项目 (2018-2020)。

通信作者: 夏黎明, 教授, 主要研究方向为心血管、胸部影像。

通信作者邮箱: xialiming@outlook.com

## 1 COVID-19流行现状

COVID-19 疫情自爆发以来不断加重,仅湖北省内已造成超过六万人次的确诊病例,打乱原有的国家传染病应对方案和程序的同时对广大人民群众的生命健康安全造成严重危害,对整个社会多层管理体系造成不小的冲击<sup>[1,6-9]</sup>。COVID-19 传播途径多样:可以人传人。经呼吸道飞沫和密切接触传播为主要传播途径,在相对密闭的环境中长时间暴露于高浓度气溶胶情况下存在气溶胶传播的可能。为控制该疾病的传播,国家已制定多项强有力的管控措施:限制人群流动,积极排查并收治确诊、疑似患者,力争在最短的时间内做好疫情应对,保障人民群众的生命健康安全<sup>[6]</sup>。

## 2 CT扫描与诊断的应用

《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第五版)》<sup>[3]</sup>,推荐采用影像学 CT 检查作为 COVID-19 患者的筛选工具,肯定了 CT 检查辅助诊断的灵敏度;同时新增影像学 CT 扫描结果为诊断指标的临床诊断病例。最近,湖北省内甚至将临床诊断病例直接纳入确诊病例,给予他们与核酸阳性确诊患者相同的隔离和治疗。《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第六版)》则将肺部影像学显示 24~48 h 病灶明显进展 >50% 者按照重症确诊患者处理。基于目前的临床实践,影像学专家们总结出 COVID-19 患者胸部高分辨 CT 扫描具有一些典型特征,且不同分期的 COVID-19 进程,肺部影像学特征有进展性的差异<sup>[10]</sup>。可见,CT 扫描与诊断在疫情流行与防控的当下,对于准确和快速判断肺部炎症,辅助判断 COVID-19 病程分型和评估治疗效果是极其必要与重要的。

## 3 CT阳性患者检查频繁化

随机收取近一月内到华中科技大学同济医学院附属同济医院光谷院区发热门诊和急诊内科就诊的 211 例患者,将其中 98 例 CT 报告为不排除病毒性肺炎(文章将此定义为 CT 阳性)患者的结果进行统计分析。

结果显示 98 例 CT 阳性患者中有 28% 的患者在短时间内 [ $n=27$ ,  $T_{\text{间隔}}=(5.48 \pm 2.31)$  d] 进行了两次 CT 扫描,有 12% 的患者在短时间内进行了三次甚至更多次的 CT 扫描。结果如图 1。扫描三次的患者,其首次和第二次的间隔时间为一周内 [ $n=12$ ,  $T_{\text{间隔}}=(5.45 \pm 2.98)$  d], 三次 CT 扫描的间隔时间最长者也在一个月内(29 d),最短者仅 6 d,即 3 d—复查。

此外,对 CT 阳性患者的年龄分布分析发现,人群普遍对 COVID-19 易感,因数据样本的缘故,结果与中国疾病预防控制中心发布的最新结果有所出入<sup>[11]</sup>。本研究中,50 岁以内的患者占比超过一半,占比有 64.3%,20~40 岁的患者占比 43.8%。如图 2 所示。

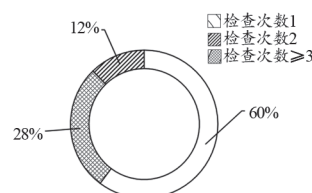


图1 98例CT阳性患者CT检查次数百分比

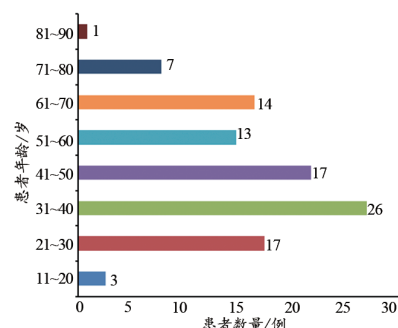


图2 98例CT阳性患者的年龄分布

## 4 COVID-19患者CT扫描辐射控制

### 4.1 辐射剂量参考

电离辐射的两大生物学效应包括确定性效应和随机性效应,照射剂量的增加可导致辐射诱发癌症等随机效应的发生概率增加<sup>[12-13]</sup>。CT 剂量指数 (CT Dose Index, CTDI) 是 CT 设备辐射剂量特性的使用表征量,目前公认的 CTDI 有以下三个:CT 剂量指数 100 (CTDI<sub>100</sub>, 反应 CT 标准测量模体中某一点所沉积的 X 射线能力),加权 CT 剂量指数 (CTDI<sub>w</sub>, 描述 CT 扫描某一断层平面上的平均剂量状况),容积 CT 剂量指数 (CTDI<sub>vol</sub>, 描述多排螺旋 CT 在整个扫描容积范围内的平均辐射剂量)。三个指数虽不直接代表各种 CT 扫描所致受检者的剂量,但与受检者剂量密切相关,与吸收剂量有相同的量纲,以毫戈瑞 (mGy) 为单位。剂量长度乘积 (Dose Length Product, DLP) 是常用评价受检者一次完整 CT 扫描总辐射剂量的重要指标,换算关系如式(1)~(2)。

$$\text{CTDI}_{\text{vol}} = \text{CTDI}_w / \text{CT螺距(因子)} = (N \cdot T \Delta d) \times \text{CTDI}_w \quad (1)$$

$$\text{DLP} = \text{CTDI}_{\text{vol}} \times L \quad (2)$$

其中:  $\Delta d$  位置 X 摄像管每旋转一周检查床移动的距离;  $N$  为一次旋转扫描产生的断层数;  $T$  为扫描层厚;  $L$  为沿 Z 轴的扫描长度。

2019 年中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所在全国范围内调查了 CT 扫描检查中受检者辐射剂量,其中主要以 CTDI<sub>w</sub> 和 DLP 两个指标表示,参考值见表 1<sup>[14]</sup>。

表1 2019年全国胸部CT辐射剂量调查结果

部位	台数 (台)	例数 (例)	管电 压 (kV)	管电 流 (mAs)	CTDI <sub>w</sub> (mGy)		DLP (mGy·cm)	
					均值	(P75)	均值	(P75)
胸部	127	1679	120	165	15±9	19	503±362	525

注: CTDI<sub>w</sub>: 加权CT剂量指数; DLP: 剂量长度乘积; P75: 第75百分数。

#### 4.2 COVID-19患者不同参数扫描辐射剂量对比

所有扫描采用 Siemens Force CT。扫描范围：上至肺尖，下至肋膈角胸部，扫描层厚 10/5 mm，重建为 1.0~1.5 mm 薄层。Thorax 110 kV (N=5), Thorax 100 kV (N=17), Low Dose Sn100 kV (N=17) 三组的扫描参数如下：管电压分别为 110、100、Sn100 kV (能谱纯化技术)；参考管电流分别为 51、62、96 mAs；转速分别为 0.5、0.5、0.25 s/圈，螺距Pitch值分别为 1.2、1.2、2.0。其他参数为：窗宽 1200，窗位-600；CareDose 4D技术；CT肺窗和纵隔窗 KemeI值分别B157和Br40；重建算法采用高级模拟迭代重建 (ADMIRE)；准直宽度为 192×0.6mm；重建矩阵 512×512。所有原始数据传至西门子工作站进行图像后处理。如图3所示可见常规胸部CT扫描时，管电压越大，其辐射剂量越大，Thorax 110 kV组 (N=5, DLP=149.6±7.0; CTDI<sub>vol</sub>=3.9±0.1) 与Thorax 100 kV组 (N=17, DLP=95.6±5.0; CTDI<sub>vol</sub>=2.5±0.1) 对比DLP和CTDI<sub>vol</sub>均存显著性差异 ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ )。Thorax 110 kV组 (N=5, DLP=149.6±7.0; CTDI<sub>vol</sub>=3.9±0.1) 与Low Dose Sn100 kV组 (N=17, DLP=13.4±0.8; CTDI<sub>vol</sub>=0.4±0.0) 对比DLP和CTDI<sub>vol</sub>都存在显著性差异 ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ )。Low Dose Sn100 kV组DLP和CTDI<sub>vol</sub>较Thorax 100 kV组显著性偏低，且均具有显著性差异 ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ )。

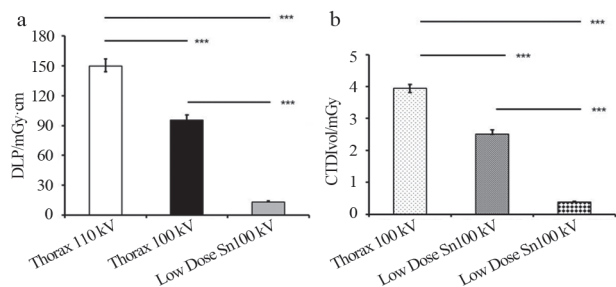


图3 不同参数CT扫描辐射剂量对比

注：a. 不同管电压下的DLP值 (mGy·cm)；b. 不同管电压下的CTDI<sub>vol</sub>值 (mGy)。\*\*\*为统计学上有显著性差异 ( $P<0.001$ )。

三组参数 CT 扫描图像由 2 名高年资诊断医师对原始三维图像以及重建图像进行双盲比较 (我们将图像质量按照五分法, 1 分为很差, 2 分为差, 3 分为一般, 4 分为好, 5 分为很好), 意见不统一时共同商议判断, 结果显示图像质量无明显差异 (Thorax 110 kV 组 (N=5, 评分 = 4.4 ± 0.4), Thorax 100 kV 组 (N=17, 评分 = 4.2 ± 0.2), Low Dose Sn100 kV 组 (N=17, 评分 = 3.9 ± 0.2); 三者两两比较均无统计学差异 ( $P>0.05$ )。且均可满足 COVID-19 患者肺炎炎症影像特征识别的需求, 如图 4 所示。

## 5 结语

放射学 CT 扫描技术是筛查 COVID-19 患者, 快速诊

断和评估 COVID-19 患者肺部感染进展和转归的重要手段之一, 目前在临床上应用越来越广泛。COVID-19 因其人群普遍易感性, 导致特殊人群如青少年, 未婚育年轻男女, 甚至儿童都不可避免可获得感染, 原则上这些特殊人群均应避免过度 CT 辐射照射暴露, 如有必要进行 CT 扫描时, 也应符合国际放射防护委员会的主张, 即在满足 X 射线诊断要求前提下应遵循所有辐射剂量保持在可合理达到的尽可能低水平的原则 [15-17]。基于 COVID-19 流行期间, 多次 CT 扫描检查的人群比例居高不下, 年轻患者比例颇高的现状, 在 COVID-19 患者中应用低剂量 CT 扫描技术可适当保护特殊人群避免过度辐射暴露, 其远期效应将是非常有利的。本单位应用已有的 Siemens Force CT, 使用西门子独创的低剂量能谱纯化成像技术 Sn100 kV 用于肺部 CT 扫描筛查和诊断 COVID-19, 不仅可以实现影像技术专业人员和患者的隔离操作, 减少接触并控制 COVID-19 的院内感染 [18], 很大程度上还能显著降低受检查者的辐射剂量。

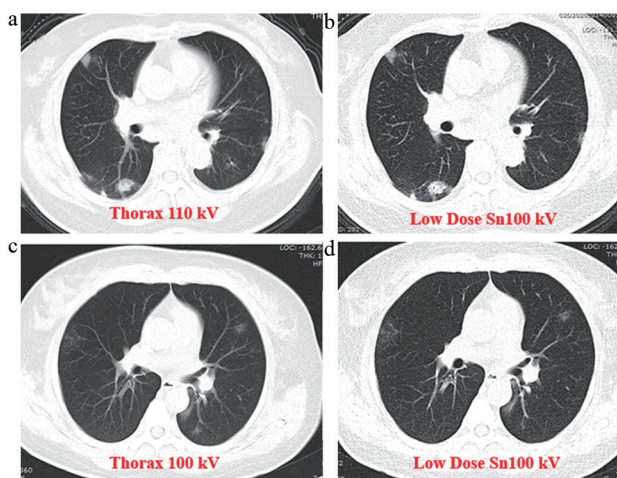


图4 不同参数CT扫描图像对比

注：图4a~b. 患者女性, 51岁, 同一位置Thorax 110 kV与Low Dose Sn100 kV两种条件下图像比较; 图4c~d. 患者女性, 71岁, 同一位置Thorax 110 kV与Low Dose Sn100 kV两种条件下图像比较, 窗宽窗位一致。

CT 能谱纯化技术是将 X 射线的辐射能力频谱图中低能量部分的截止能量提高, 如从 30 keV 提高到 50 keV, 从而使射线的能谱变窄, 射线能量增高, 使之更接近 CT 成像理论要求的光子能量均一性, 从而实现辐射低剂量的技术。Flash 扫描模式则是基于双源架构和先进的扫描床技术的大螺距扫描成像。本单位所用 Siemens Force CT 是全新的双源 CT, 从球管、高压发生器、探测器、数据采集系统、重建系统等一系列革新了影像链, 提高了 CT 性能等级, 使之能够做到更快、更宽、更能、更低, 所使用的低剂量 CT 成像技术同时结合了能谱纯化技术和 Flash 扫描模式。

低剂量 CT 扫描技术对于单次 CT 检查的 COVID-19 患者而言, 能够保护敏感人群如青少年、未婚育年轻患者以及儿童患者等。根据目前的统计结果, 我们发现有高达



40%的 COVID-19 患者在短时间内进行了重复多次 CT 检查, 辐射剂量的累积效应更是成倍增加。最新版的《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第六版)》明确将肺部影像学显示 24~48 h 病灶明显进展 >50% 者按照重症确诊患者处理, 提示我们未来在判断患者分型时, 对 CT 扫描技术的应用不仅将更加广泛, 而且在更短时间更多重复的 CT 扫描应用也将不断增加, 此时低剂量 CT 扫描技术的应用将更加显示出优势。

#### [参考文献]

- [1] 武文韬,李达宁,李莉,等.基于SIR模型分析不同强度防控手段在当前武汉市新型冠状病毒(2019-nCoV)感染的肺炎疫情中的作用[J].医学新知,2020,30(1).
- [2] Toit AD.Outbreak of a novel coronavirus[J].Nat Rev Microbiol,2020.
- [3] 国家卫生健康委员会.新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第五版)[EB/OL].(2020-02-04)[2020-02-17].<http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7653p/202002/3b09b894ac9b4204a79db5b8912d4440.shtml>.
- [4] 郑钧正.不断追求医学影像质量与患者辐射剂量的优化匹配[J].中国医疗设备,2010,(9):13-16.
- [5] 肖盛祥,毛定立,柴春华,等.胸部低剂量CT扫描方法的探讨[J].中华放射医学与防护杂志,2010,30(1):92-93.
- [6] 黄娇,聂少发,魏晟.对当前新型冠状病毒(2019-nCoV)感染的肺炎应对的思考[J].医学新知,2020;30(1).
- [7] 杨子峰,黄文博,钟南山.正确认识冠状病毒,警惕新型类严重急性呼吸综合征[J].中华结核和呼吸杂志,2012,35(12).
- [8] 朱翠云,沈银忠,卢洪洲.人新型冠状病毒感染[J].中华传染病杂志,2013,31(8):507-509.
- [9] 徐建国.传染病突发公共卫生事件的技术管理[J].中华流行病学杂志,2006,27(12):1013-1016.
- [10] 管汉雄,熊颖,申楠茜,等.武汉新型冠状病毒(2019-nCoV)肺炎的临床影像学特征初探[J].放射学实践,2020.
- [11] 中国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎应急响应机制流行病学组.新型冠状病毒肺炎流行病学特征分析[J].中华流行病学杂志,2020,41(2):145-151.
- [12] 李锋坦,张云亭.CT检查的辐射危害及控制策略[J].医学综述,2013,(14):81-84.
- [13] 蒋瑾.医学影像应用中X射线辐射危害的处理对策[J].实用医院临床杂志,2011,(1):134-136.
- [14] 徐辉,岳保荣,尉可道,等.我国CT扫描检查中受检者剂量调查结果与分析[J].中华放射医学与防护杂志,2019,39(3):213-217.
- [15] 何鹏,刘学敏.低剂量螺旋CT扫描技术的临床应用[J].影像研究与医学应用,2019,3(15):118-119.
- [16] 吴爱琴,郑文龙,许崇永,等.低剂量CT扫描在新生儿缺氧缺血性脑病中的应用和防护价值[J].中华放射医学与防护杂志,2006,26(5):528-530.
- [17] 尉可道,蒋学祥.CT中的放射防护[J].中国医学影像技术,2009,25(11):2135-2139.
- [18] Wang D,Hu B,Hu C,et al.Clinical characteristics of 138 Chinese female patients with idiopathic hypogonadotropic hypogonadism[J].JAMA Feb,2020. 