

· 论著 ·

应用放大重建高分辨CT显示新型冠状病毒肺炎CT征象的价值*

马 春 明 兵* 惠庆桃 王晓玲 谢冬梅 李裕丹

德阳市人民医院放射科 (四川 德阳 618000)

【摘要】目的 探讨放大重建高分辨CT提高新型冠状病毒肺炎(COVID-19)征象显示质量的价值。**方法** 对胸部进行常规高分辨CT扫描,应用扫描后的原始数据进行放大重建,重建FOV为100mm×100mm,层厚及层间距保持一致。对放大重建高分辨CT与常规高分辨CT图像单纯放大后显示COVID-19 CT征象能力进行主观评分,并对两组图像噪声进行主观评价及客观测量。对主观评价数据进行秩和检验,对客观测量数据进行t检验。**结果** 常规重建高分辨CT单纯放大后评价COVID-19 CT征象评分均低于放大重建高分辨CT图像($P<0.001$)。常规重建高分辨CT图像噪声(51.7 ± 25.7)低于放大重建高分辨CT图像(61.2 ± 29.9),差异无统计学意义($t=1.162$, $P=0.251$)。主观图像噪声评分放大重建高分辨CT图像高于单纯放大常规重建高分辨CT图像($Z=4.123$, $P<0.001$)。**结论** 放大重建高分辨CT较单纯放大常规重建高分辨CT有更高空间分辨率,可以更好地显示COVID-19的CT征象细节。

【关键词】 新型冠状病毒肺炎; 体层摄影术; X线计算机; 图像质量; 对比研究

【中图分类号】 R563.1; R445.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 德阳市“新型冠状病毒感染肺炎”防治技术研发项目(FY202006)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2021.05.010

Application of Target Reconstruction High-resolution CT to Show CT Signs of Corona Virus Disease 2019*

MA Chun, MING Bing*, HUI Qing-tao, WANG Xiao-ling, XIE Dong-mei, LI Yu-dan.

Department of Radiology, People's Hospital of Deyang City, Deyang 618000, Sichuan Province, China

Abstract: Objective To investigate the value of target reconstruction high-resolution CT to improve the quality of the Coronavirus disease 2019 (COVID-19) CT feature. **Methods** A conventional high-resolution CT scan of the chest was conducted, and the reconstructed FOV was 350mm×350mm with a matrix of 512×512. The raw data was used for target high-resolution CT reconstruction with reconstructed FOV of 100mm×100mm and the matrix of 512×512. The slice thickness and interval were kept the same. Three senior professional diagnostic radiographers subjectively scored the ability to display COVID-19 CT signs of the target reconstruction of high-resolution CT and magnified conventional high-resolution CT images. Subjective evaluation and objective measurement of image noise of the images of the two groups were conducted. Rank sum test was performed on subjective evaluation data, and t test was used on objective measurement data. **Results** The scores of the COVID-19 CT signs of magnified conventional reconstructed high-resolution CT images were lower than those of target reconstruction high-resolution CT images ($P<0.001$). The noise of magnified conventional reconstructed high-resolution CT images (51.7 ± 25.7) was lower than that of target reconstructed high-resolution CT images (61.2 ± 29.9), and the difference was not statistically significant ($t=1.162$, $P=0.251$). The subjective image noise score was higher in target reconstructed high-resolution CT images than that of magnified conventional high-resolution CT images ($Z=4.123$, $P<0.001$). **Conclusion** The high-resolution CT with target reconstruction has higher spatial resolution than the magnified conventional reconstruction high-resolution CT, which can better demonstrate the CT signature details of COVID-19.

Keywords: Corona Virus Disease 2019; Tomography; X-ray Computed; Imaging Quality; Comparative Study

2019年12月新型冠状病毒肺炎(Corona Virus Disease 2019, COVID-19)爆发,该病毒具有较强的传染性^[1],截止2020年7月16日24:00时全球已确诊超过1366万例,死亡583455例。2020年1月30日世界卫生组织宣布该病为全球突发公共卫生事件。核酸检测在临床中被作为确诊该病的“金标准”,但核酸检测受很多因素影响存在假阴性^[2],导致不少患者有明显症状与肺部影像表现时核酸检测仍然阴性,患者不能得到及时治疗,对疾病的防控有较大影响。在这个过程中CT被作为检测COVID-19以及评价疗效的关键检查手段^[3]。COVID-19的影像表现包括磨玻璃影、小叶间隔增厚、小支气管扩张以及小叶内间质增厚等^[4]。充分显示其影像特征是诊断与疗效评价的关键,高分辨CT已经广泛应用于肺部疾病,明显提高了显示小叶间隔、周边小支气管及小血管等肺部结构的能力^[5-6]。但由于常规高分辨CT视野(field of view, FOV)较大,显示肺部微细结构能力受到影响,局部放大重建可以利用常规扫描的原

始数据对需要观察的肺部病变进行更高分辨率的重建,显示了与局部放大扫描同样的图像质量而不增加辐射剂量^[7]。本研究对COVID-19征象局部放大重建高分辨CT与单纯放大常规高分辨CT图像质量进行比较,旨在探讨局部放大重建高分辨CT在COVID-19精准诊断以及疗效评价的价值。

1 资料与方法

1.1 患者资料 纳入标准:2020年1月至2月德阳市人民医院收治的经核酸检测确诊COVID-19患者。排除标准:(1)无CT资料;(2)原始数据丢失。本研究通过了德阳市人民医院伦理委员会审批,因本研究是回顾性研究故未签署患者知情同意书。共有18例COVID-19病例纳入研究,男性8例,女性10例,平均年龄(48.2 ± 17.3)岁。

1.2 扫描方案 患者均行胸部高分辨率CT平扫,采用Siemens Somatom Emotion 16 CT扫描仪。管电压110kV,参考电流70mAs,

【第一作者】 马 春,男,副主任医师,主要研究方向:神经影像与血管影像,影像技术。E-mail: windeyesword@163.com

【通讯作者】 明 兵,男,主任医师,主要研究方向:体部影像。E-mail: mingbing.mb@163.com

打开CARE Dose 4D, 准直器宽度1.5mm, 球管转速0.6s/周, 螺旋1。扫描范围自胸廓入口到膈肌, 深吸气末屏气后扫描。

1.3 图像处理 常规图像重建应用FOV 350mm×350mm, 局部放大重建FOV 100mm×100mm(重建四个序列覆盖肺野所有区域以显示所有肺部病灶), 显示矩阵均为512×512, 层厚1.5mm, 层间距1.5mm, 卷积核B90s, 显示窗位与窗宽分别为-500HU及1600HU, 重建方式为滤波反投影法(filter back projection, FBP)。

1.4 图像质量主客观评价 重建后影像传输到PACS工作站(Infinit, 上海), 在30英寸8M彩色LCD显示器上由2名15年以上放射诊断经验的副主任医师共同进行主观评价, 两者不一致时由第三名具有20年经验的高级职称放射诊断医师进行评价。常规重建高分辨CT图像放大到与放大重建高分辨CT一样的显示野进行比较。针对COVID-19常见CT征象包括磨玻璃影、小叶内网状影、小叶间隔增厚、支气管血管束增粗、实变影、空气支气管征、支气管扩张、细支气管壁增厚、胸膜下线、纤维索条等使用3分制进行评价: 1分, 图像质量差, 对征象内部结构及边缘显示不清; 2分, 图像质量良好, 对征象内部结构及边缘显示较好; 3分, 图像质量佳, 对征象内部结构及边缘显示清晰。使用3分制对两组图像噪声进行主观整体评价: 1分, 图像有明显噪声; 2分, 图像中等度噪声; 3分, 图像无明显噪声。在PACS工作站上在单纯常规高分辨CT图像和放大重建高分辨CT图像上分别在邻近胸壁软组织空气相同区域取3个圆形兴趣区(region of interest, ROI)(面积8mm²), 测量标准差(standard deviation, SD)及三个标准差的平均值, 对常规重建高分辨CT

图像及放大重建高分辨CT图像的SD进行比较。

1.5 统计学分析 应用Wilcoxon符号秩和检验比较常规重建与放大重建图像质量评分差异。应用独立样本t检验比较两组图像噪声。使用SPSS 22.0软件进行统计学分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本资料 18例中轻症3例(16.7%), 普通型11例(61.1%), 重型4例(22.2%)。18例中有症状13例, 其中, 发热12例(66.7%), 腹泻5例(27.8%), 无症状5例(27.8%)。共进行CT扫描54次, 平均次数3次/人(最多5次, 最少1次), 最短扫描时间间隔4d。平均剂量长度乘积(dose-length product, DLP)(115.6±22.9)mGy²cm。总病灶数536, 实性病灶225, 磨玻璃影219, 纤维灶92。

2.2 放大重建高分辨CT图像与单纯放大常规重建高分辨CT图像显示COVID-19征象比较 对10个征象在两种重建方式的CT图像上显示质量进行主观评价, 见表1。放大重建高分辨CT图像对10个征象显示质量均高于常规重建组, 特别是小叶内网状结构在单纯放大常规重建高分辨CT图像几乎不能显示, 而放大重建高分辨CT图像显示清晰(图1~2)。

2.3 主客观图像噪声评价 放大重建CT图像噪声为61.2±29.9, 常规重建CT图像噪声为51.7±25.7, 两者比较差异无显著性($t=1.162$, $P=0.251$)。放大重建CT图像的主观图像噪声整体评分高于单纯放大常规重建CT图像, 差异具有显著性($Z=4.123$, $P<0.001$)。

表1 主观评价常规CT图像与放大重建CT图像显示新型冠状病毒肺炎各个征象质量(n=54)

项目	磨玻璃影	小叶内网状影	小叶间隔增厚	支气管血管束增粗	实变影	细支气管壁增厚
常规CT图像	1.84±0.49	1±0	1.48±0.51	1.54±0.51	1.97±0.48	1.56±0.62
放大重建CT图像	2.92±0.27	2±0	2.6±0.5	2.63±0.49	2.97±1.8	2.56±0.55
Z	5.687	4.359	5.038	4.735	5.070	4.976
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

续表1

项目	空气支气管征	支气管扩张	胸膜下线	纤维索条	整体图像质量
常规CT图像	1.76±0.44	1.6±0.5	1.89±0.32	2±0.3	2±0
放大重建CT图像	2.97±0.19	2.9±0.3	2.95±0.23	3±0	3±0
Z	5.014	4.099	4.264	4.600	4.123
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: 数据用($\bar{x} \pm s$)表示。主观图像征象质量评价用Wilcoxon符号秩和检验进行比较。

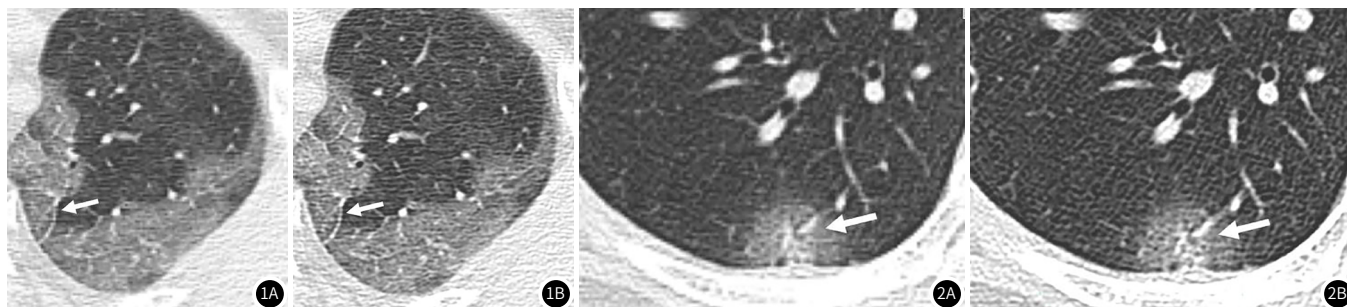


图1 女性, 48岁, COVID-19肺炎肺部常规重建高分辨CT单纯放大图像与放大重建高分辨图像。图1A: 常规重建FOV为350mm×350mm, 图1B: 放大重建FOV为100mm×100mm。放大重建图像(图1B)显示小叶间隔及小叶内网状结构明显优于单纯放大常规重建图像(图1A)(白箭)。**图2** 男性, 54岁, COVID-19肺炎肺部常规重建高分辨CT单纯放大图像与放大重建高分辨图像。图2A: 常规重建FOV为350mm×350mm; 图2B: 放大重建FOV为100mm×100mm。放大重建图像(图2B)显示磨玻璃影内血管增粗明显优于单纯放大常规重建图像(图2B)(白箭)。

3 讨论

本研究应用放大重建CT图像对COVID-19的CT征象进行观察,质量明显高于常规重建高分辨CT图像,甚至能显示小叶内网状结构,可以提供更多的病变细节,同时其图像噪声值并无显著升高。

COVID-19传染性强,潜伏期长^[8],部分病例感染后临床症状隐蔽,甚至无症状,本研究中有28%病例无症状,容易忽视而引起大范围传播。同时核酸检测存在资源短缺、采样方式受限以及假阴性等问题,使部分病人不能及时确诊。CT在临床是常规应用,可以快速、准确地对COVID-19肺部病变进行检测。高分辨CT在显示肺部病变微细结构有独特优势,所以常用于弥漫性肺部病变、磨玻璃结节等病变^[9],诸多研究COVID-19均使用了高分辨CT^[10-11]。新型冠状病毒(SARS-CoV-2)与严重急性呼吸系统综合征冠状病毒(SARS-CoV)同属冠状病毒。冠状病毒的S蛋白(Spike glycoprotein)与人体细胞的血管紧张素转化酶2(ACE2)有较强亲和力^[12],ACE2在呼吸系统主要分布于II型肺泡细胞表面^[13],故COVID-19以累及下呼吸道为主。高分辨CT征象与病理改变一致,表现为胸膜下区间质性病变为主,出现肺外带磨玻璃影及间质性改变,并可见实变、空气支气管征、支气管扩张、细支气管壁增厚、纤维条索、胸膜下线等征象^[10]。

局部放大重建在肺部应用最初主要用于肺结节,特别是磨玻璃结节微结构的精准显示^[14]。王鑫宏等^[7]的研究证明放大重建高分辨CT与局部放大高分辨CT扫描图像质量完全一致,优于单纯放大高分辨CT图像质量。本研究结果显示,局部放大重建高分辨CT在显示COVID-19的间质性病变,包括小叶间隔增厚、小叶内网状结构、细支气管壁增厚等微细结构明显优于单纯放大高分辨CT图像,这对显示COVID-19累及肺部间质的特征提供了更直观的证据。对于其他征象,如肺实变、空气支气管征、支气管扩张等征象放大重建高分辨CT同样显示质量更高。这些征象的清晰显示对病毒性肺炎的诊断以及随访时评估疗效有重要意义。CT图像由矩阵内一个个像素构成,像素越小图像空间分辨率越高。空间分辨率又称为高对比分辨率,在密度分辨率大于10%的情况下鉴别微细结构的能力,即显示最小体积病灶或结构的能力。放大重建是利用原始数据进行重建,保持矩阵不变,像素缩小,从而提高空间分辨率^[7]。而单纯放大常规重建高分辨CT图像只是简单几何放大,空间分辨率也没有变化,像素也会被放大,肺炎征象显示模糊。同时由于放大重建是利用常规高分辨CT扫描后的原始数据进行重建,故不会增加对患者的辐射剂量,特别对COVID-19患者需要短期内反复接受CT检查以评估疗效具有更大意义。在原始数据保留的前提下可以在诊断有疑问时后期进行放大重建回顾分析,对病变细节清晰显示提供更多影像信息以利于临床诊疗。

放大重建高分辨CT图像保持矩阵不变,缩小了像素,提高了空间分辨率,但噪声会增加。本研究放大重建高分辨CT图像噪声较单纯放大常规高分辨CT图像略增高,但差异无统计学意义。而对于主观对图像整体噪声评价,放大重建高分辨CT图像质量高于单纯放大常规高分辨CT图像,这可能是放大重建高分辨CT显示征象更清晰而导致主观感受更好。这说明放大重建高

分辨CT虽然噪声略有增加,但极具临床实用价值。同时随着迭代算法在新一代CT设备的广泛应用,在同样扫描条件下会有更好的图像信噪比^[15],这有利于放大重建高分辨CT的进一步应用。

本研究存在一定局限性,首先,本研究纳入的研究例数有限,同时仅仅对一部分肺炎征象进行分析;其次,没有分析低密度分辨率对放大重建高分辨率CT图像征象显示质量的影响;再次,没有对更高矩阵(例如1024×1024)图像进行放大重建后图像质量有无改进进行分析,在今后研究中将针对这些问题进行进一步探讨。

总之,放大重建高分辨CT较单纯放大常规重建高分辨CT有更高空间分辨率,更好地显示COVID-19的征象细节,同时并不增加额外的辐射剂量,有利于COVID-19患者早期诊断与疗效评价以及后期回顾性重建,值得常规应用。

参考文献

- [1] Wu J T, Leung K, Leung G M. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study[J]. Lancet, 2020, 395 (10225): 689-697.
- [2] Corman V M, Landt O, Kaiser M, et al. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR[J]. Euro Surveill, 2020, 25 (3): 2000045.
- [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(试行第六版)[EB/OL]. [2020-02-19] <http://www.nhc.gov.cn/zwygj/s7653p/202002/8334a8326dd94d329df351d7da8aefc2.shtml>.
- [4] Chung M, Bernheim A, Mei X, et al. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) [J]. Radiology, 2020: 200230, 295 (1): 202-207.
- [5] Naidich D P. High-resolution computed tomography of the pulmonary parenchyma: past, present, and future? [J]. J Thorac imaging, 2010, 25 (1): 32-33.
- [6] 李璐. 特发性肺间质纤维化患者HRCT特征分析[J]. 罕少疾病杂志, 2020, 28 (3): 25-26, 38.
- [7] 王鑫宏, 孙建忠, 胡婷婷, 等. 应用高分辨率CT局部放大重建提高肺部小结节结构精准诊断的价值[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54 (2): 119-123.
- [8] Chan J F W, Yuan S, Kok K H, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster[J]. Lancet, 2020, 395 (10223): 514-523.
- [9] Yanagawa M, Hata A, Honda O, et al. Subjective and objective comparisons of image quality between ultra-high-resolution CT and conventional area detector CT in phantoms and cadaveric human lungs[J]. Eur radiol, 2018, 28 (12): 5060-5068.
- [10] 姬广海, 黄满华, 张庆, 等. 新型冠状病毒肺炎CT表现及动态变化[J]. 中国医学影像技术杂志, 2020, 36 (2): 242-247.
- [11] 马慧静, 邵剑波, 王永姣, 等. 新型冠状病毒肺炎儿童高分辨率CT表现[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54 (4): 310-313.
- [12] Li F, Li W, Farzan M, et al. Structure of SARS coronavirus spike receptor-binding domain complexed with receptor[J]. Science, 2005, 309 (5742): 1864-1868.
- [13] Zhao Y, Zhao Z, Wang Y, et al. Single-cell RNA expression profiling of ACE2, the putative receptor of Wuhan 2019-nCoV[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2020, 202 (5): 756-759.
- [14] 高益萍, 黎良山, 沈志炜, 等. 肺结节CT靶扫描及重建技术对肺腺癌支气管改变的诊断价值分析[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2019, 25 (2): 129-132.
- [15] Yanagawa M, Gyobu T, Leung A N, et al. Ultra-low-dose CT of the lung: effect of iterative reconstruction techniques on image quality[J]. Acad Radiol, 2014, 21 (6): 695-703.

(收稿日期: 2020-07-30)