

1024 矩阵超高分辨 CT 靶重建显示新型冠状病毒肺炎典型征象的价值

吕绍茂^{1,2}, 林禹¹, 康江河¹, 段少银¹, 张伟国^{2△}, 王金岸¹

(1. 厦门大学附属中山医院影像科, 福建厦门 361004; 2. 陆军军医大学大坪医院放射科, 重庆 400042)

[摘要] **目的** 探讨超高分辨 CT(U-HRCT)靶重建在新型冠状病毒肺炎(COVID-19)精准诊断中的价值。**方法** 回顾性分析 13 例 COVID-19, 44 例其他肺炎, 6 例磨玻璃结节患者的 CT 图像, 分为 A 组(C-HRCT)及 B 组(U-HRCT), 分别采取 iDose⁴-3, iDose⁴-5 进行回顾性靶重建, 评估不同重建图像在同一层面肺窗的 CT 值、噪声(SD)、信噪比(SNR); 2 名影像学医师以 5 分制对图像质量及显示病灶结构进行主观评分。**结果** 同一迭代等级, U-HRCT 图像的 SNR 低于 C-HRCT 图像, SD 高于 C-HRCT 图像, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。二元 logistic 回归分析显示磨玻璃病灶内血管增粗、病灶胸膜下分布、小叶间隔显示和铺路石征象是判断 COVID-19 的独立预测因子。U-HRCT 对磨玻璃病灶内血管增粗、支气管管壁及小叶间隔显示上优于 C-HRCT, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** U-HRCT 在诊断 COVID-19 较 C-HRCT 有优势, 特别是在显示病灶关键细节方面。

[关键词] 超高分辨 CT; 1024 矩阵; 靶重建; 新型冠状病毒肺炎; 诊断

[中图法分类号] R563.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2021)07-1156-06

Value of target reconstruction of 1024 matrix ultra-high resolution CT for showing typical signs of COVID-19

LV Shaomao^{1,2}, LIN Yu¹, KANG Jianghe¹, DUAN Shaoyin¹, ZHANG Weiguo^{2△}, WANG Jin'an¹

(1. Department of Imaging, Affiliated Zhongshan Hospital, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361004, China; 2. Department of Radiology, Daping Hospital, Army Military Medical University, Chongqing 400042, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the value of target reconstruction of ultra-high-resolution computer tomography (U-HRCT) in the accurate diagnosis of novel coronavirus pneumonia (COVID-19). **Methods** The CT images in 13 cases of COVID-19, 44 cases of other pneumonia and 6 cases of ground-glass nodules were retrospectively analyzed. The data were divided into group A [conventional HRCT (C-HRCT)] and B (U-HRCT). iDose⁴-3 and iDose⁴-5 were respectively used for conducting the retrospective target. The CT value, noise (SD) and signal-to-noise ratio (SNR) in the same layer lung window of different reconstruction images were evaluated. The two senior professional doctors of imaging conducted the subjective scoring on the image quality and the structure of the lesions by adopting the 5-point system. **Results** SNR of U-HRCT image was lower than that of C-HRCT image at the same iteration level, SD of U-HRCT image was higher than that of C-HRCT image, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The binary logistic regression analysis showed that the blood vessels thickening in the ground glass lesions, lesions subpleural distribution, interlobular septum thickening and signs of paving stones were the independent predictors for judging COVID-19. U-HRCT was superior to C-HRCT in showing the blood vessels thickening, bronchial wall and interlobular septum thickening in the ground-glass lesions, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** U-HRCT has an advantage over C-HRCT in diagnosing COVID-19, especially in the aspect of displaying the key details of the lesion.

[Key words] ultra high resolution computer tomography; 1024 matrix; targeted reconstruction; Corona Virus Disease 2019; diagnosis

由新型冠状病毒(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2)导致的新型冠状病毒肺炎(novel coronavirus disease 2019, COVID-19)迅速波及多个国家和地区,引发了全球广泛关注^[1]。COVID-19 传播速度快、临床症状不典型,易漏诊误诊,确诊依赖病毒核酸检测,但其假阴性率较高^[2-3]。高分辨率 CT(HRCT)具有方便、准确、快捷的特点,对病变大小、范围、密度等显示精确,在 COVID-19 早期筛查、诊断和分诊中起到关键作用^[4-6]。COVID-19 患者胸部 HRCT 特征性表现为磨玻璃病灶及病灶内小叶间隔增厚、血管束增粗及铺路石改变等,病灶内细微结构的显示对于 COVID-19 诊断尤为关键,常规 HRCT 显示磨玻璃病灶内部细微结构存在缺陷和不足^[7-8]。

1024 矩阵超高分辨 CT(ultra high resolution CT, U-HRCT)相对 512 矩阵常规高分辨 CT(C-HRCT),在相同 FOV 内,能使单位体积内有效像素提高 4 倍左右,不仅能显示亚毫米级磨玻璃病灶,还能对病变的范围和程度进行精准定量,已经在内耳等微小结构及 3 cm 以下磨玻璃结节取得了应用^[9-13]。基于此,本研究采用二元 logistic 回归分析诊断 COVID-19 的典型影像证据,对照 U-HRCT 与 C-HRCT 在病灶细节显示的差别,探讨 U-HRCT 靶重建显示 COVID-19 典型征象的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2020 年 1 月 22 日至 2 月 15 日厦门大学附属中山医院行 CT 检查的 63 例 COVID-19 疑似患者,其中男 35 例,女 28 例,年龄 6~69 岁,平均(35.0±10.6)岁;COVID-19 确诊病例 13 例,其他肺炎 44 例,磨玻璃结节 6 例。

1.2 方法

1.2.1 仪器

采用 Philips Ingenuity CT 扫描仪(荷兰 Philips Healthcare 公司)。嘱患者仰卧,扫描时屏气,头先进,扫描范围自肺尖到肺底。扫描参数:管电压 120 kV, mAs: 剂量指数 15~20, 准直 64×0.625 mm, 螺距 1.2, 扫描速度 0.75 s/rot, 扫描层厚 2 mm, 重建层厚 2 mm, 间隔 2 mm, FOV 35 cm。将所获原始数据分为 A 组(C-HRCT)、B 组(U-HRCT),在相同的小 FOV 下,每组采用 iDose⁴-3、iDose⁴-5 迭代重建进行 1 mm 层厚及间隔进行重建,得到 4 组数据。

1.2.2 图像分析

1.2.2.1 典型征象分析

由 2 名具有 10 年以上工作经验的放射科医师在不知道其他结果的情况下对所有患者的 CT 资料进行评估。评估的内容包括:(1)病灶的密度(单纯磨玻

璃、混杂磨玻璃、实变)、分布(单发或多发、胸膜下距离);(2)病灶内支气管充气征(支气管管壁是否光整);(3)病灶内血管增粗、小叶间隔显示、铺路石征象等(有无此征象)。

1.2.2.2 图像质量客观评分

将图像传输至 Philips IntelliSpace Portal 工作站,关闭相关信息,在固定肺窗(窗宽 1 600 HU、窗位 -600 HU),对两组 iDose⁴-3、iDose⁴-5 图像进行重建测量和评价。于气管隆突水平、左心房水平在肺组织内(避开肺纹理及病变区)分别选取感兴趣区域(ROI, 面积约 50 mm²),测量标准差,同时记录其平均 CT 值,计算信噪比(SNR)。每一个 ROI 测量 3 次取其平均值。SNR=CT_n/SD_n,其中 CT_n、SD_n 为肺组织平均 CT 值和噪声(SD)值。

1.2.2.3 图像质量主观评分

图像在同样放大比例情况下,由 2 名具有 10 年以上工作经验的放射科医师对图像质量进行量化评估,意见不同时,协商达成一致。以 5 分制对图像质量进行评分,评价内容包括图像噪声、近胸膜 2 cm 血管支气管显示情况、病灶及病灶内部结构显示情况、诊断可行性等。5 分:病变和血管结构清晰、无伪影;4 分:病变和血管结构显示尚可,有少量伪影;3 分:病变和血管结构较模糊,有较多伪影,但不影响诊断;2 分:病变和血管结构较显示不清,有明显伪影,无法满足诊断;1 分:病变和血管结构较显示模糊,有各种伪影,无法诊断。

1.3 统计学处理

采用 SPSS22.0 统计软件进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组比较采用方差分析;计数资料以例数和百分比表示,组间比较采用 Pearson χ^2 检验。二元 logistic 回归分析诊断的独立危险因素。受试者工作特征曲线(ROC 曲线)分析危险因素对 COVID-19 预测的敏感性、特异性,计算曲线下面积(AUC)。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况

入组病例共计 63 例,部分患者有复查 CT 资料,共获得 75 组 CT 资料进行分析统计,COVID-19 确诊患者基本为输入性病例或接触史(12/13)。

2.2 CT 特征

COVID-19 的磨玻璃病灶以单纯为主(75.00%),其他病变病灶以混杂密度为主(64.41%);COVID-19 病灶分布以胸膜下 2 cm 内为主(87.50%),病灶内血管增粗、支气管充气征、小叶间隔显示、铺路石征象常见,分别为 87.50%、81.25%、81.25%、93.75%。除病灶分布外,其余征象二者比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

2.3 二元 logistic 回归分析

病灶分布、病灶内血管增粗及小叶间隔显示、铺路石征象对诊断 COVID-19 具有一定的价值($B = -4.508, OR = 0.011, P = 0.003; B = 3.766, OR = 43.212, P = 0.008; B = 3.257, OR = 25.962, P = 0.022; B = 5.553, OR = 258.081, P < 0.001$), 病灶密度及支气管充气征的预测价值不高($P > 0.05$), 见表 2。

表 1 COVID-19 与其他病变 CT 特征分析

参数	COVID-19	其他病变	χ^2	P
病灶密度				
单纯磨玻璃	12(75.00)	12(20.34)	12.191	<0.001
混杂磨玻璃	3(18.75)	38(64.41)		
实变	1(6.25)	9(15.25)		
病灶分布				
胸膜下 2 cm	14(87.50)	6(10.17)	38.490	<0.001
大于胸膜下 2 cm	2(12.50)	53(89.83)		
病灶多发	9(56.25)	30(50.85)	0.147	>0.05
病灶单发	7(43.75)	29(49.15)		
病灶内结构				
有血管增粗	14(87.50)	8(13.56)	33.197	<0.001
无血管增粗	2(12.50)	51(86.44)		
有支气管充气征	13(81.25)	25(42.37)	7.611	<0.001
无支气管充气征	3(18.75)	34(57.63)		
有小叶间隔显示	13(81.25)	11(18.64)	22.672	<0.001
无小叶间隔显示	3(18.75)	48(81.36)		
有铺路石征象	15(93.75)	5(8.47)	46.805	<0.001
无铺路石征象	1(6.25)	54(91.53)		

2.4 ROC 曲线分析

病灶分布、病灶内血管增粗及小叶间隔显示、铺路石征象的 AUC 分别为 0.887、0.870、0.813、0.926, 敏感性和特异性分别为 84.8%、90.1%、85.1%、85.4%,

77.9%、81.4%、92.5%、91.5%, 见图 1。

表 2 CT 征象的 logistic 回归分析

指标	B	OR(95%CI)	P
病灶密度	-1.114	0.329(0.054~1.990)	0.226
病灶分布	-4.508	0.011(0.001~0.216)	0.003
病灶内血管增粗	3.766	43.212(2.677~697.430)	0.008
小叶间隔显示	3.257	25.962(1.589~424.151)	0.022
支气管充气征	2.235	9.342(0.675~129.208)	0.095
铺路石征象	5.553	258.081(16.502~4 036.160)	<0.001

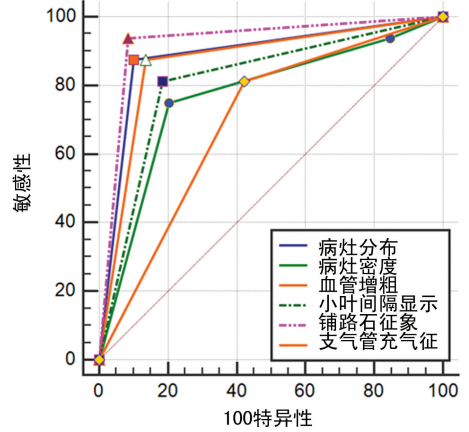


图 1 ROC 曲线分析

2.5 C-HRCT 与 U-HRCT 图像质量评分

除病灶边缘、病灶内铺路石征象外, 其余主观评分的差异均有统计学意义($P < 0.05$), 见表 3。随着迭代等级的提高, SD 下降, SNR 升高; 同一迭代等级, U-HRCT 的 SD 高于 C-HRCT, SNR 低于 C-HRCT, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。iDose⁴-5 迭代等级的 U-HRCT 与 iDose⁴-3 条件下 C-HRCT 图像质量差异无统计学意义($P > 0.05$)。在显示病变结构及肺组织血管结构方面, iDose⁴-5 迭代等级的 U-HRCT 评分最高。在有些病灶内部结构显示方面高迭代等级的 C-HRCT 评分低于低迭代等级, 但差异无统计学意义($P > 0.05$)。

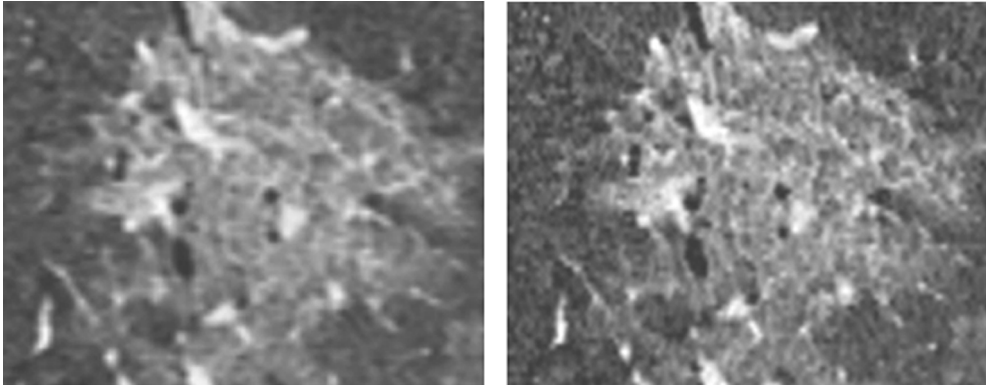
表 3 C-HRCT 与 U-HRCT 图像质量评分及对病灶内显示情况($\bar{x} \pm s$)

项目	n	C-HRCT		U-HRCT		F	P
		iDose ⁴ -3	iDose ⁴ -5	iDose ⁴ -3	iDose ⁴ -5		
SD(HU)	75	74.63±18.11	60.06±18.04	95.12±14.16	79.64±13.99	56.569	<0.001
SNR	75	12.48±3.15	15.53±4.33	9.44±1.73	11.31±2.30	50.067	<0.001
总体主观评分	75	4.59±0.50	4.28±0.72	4.10±0.59	4.79±0.41	21.152	<0.001
胸膜下 2cm 血管支气管显示	75	3.49±0.77	3.51±0.83	3.96±0.57	4.21±0.75	16.279	<0.001
病灶显示	75	4.36±0.61	4.27±0.72	4.43±0.64	4.80±0.40	11.210	<0.001
病灶边缘	75	4.36±0.67	4.25±0.72	4.22±0.61	4.44±0.74	1.551	0.201
病灶内部结构显示							
支气管充气征	38	4.57±0.50	4.25±0.72	4.24±0.59	4.79±0.41	8.338	<0.001
支气管管壁	43	4.37±0.69	4.27±0.73	4.49±0.55	4.86±0.35	7.757	<0.001
血管增粗	22	4.41±0.58	4.45±0.60	4.81±0.50	4.89±0.35	5.057	<0.001
铺路石征象	18	4.17±0.62	4.28±0.67	4.44±0.62	4.67±0.49	2.359	0.079
小叶间隔显示	24	4.48±0.50	4.21±0.78	4.79±0.41	4.83±0.38	6.652	<0.001

2.6 典型病例

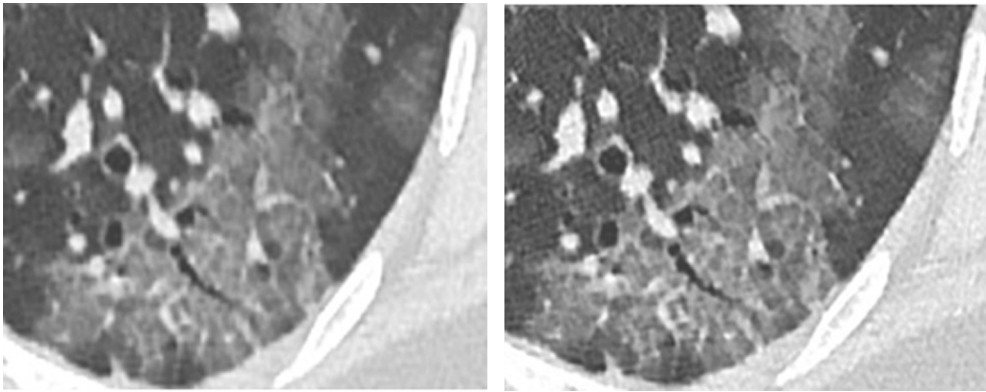
女性,43 岁,C-HRCT 可以显示支气管管壁及铺路石征象,但没有 U-HRCT 显示清晰,见图 2。男性,38 岁,U-HRCT 可以清晰显示铺路石征象及小叶间

隔、病灶内支气管充气征,支气管边缘光整,见图 3。男性,36 岁,U-HRCT 可以清晰显示病灶内支气管充气征,支气管边缘光整,血管增粗,见图 4。



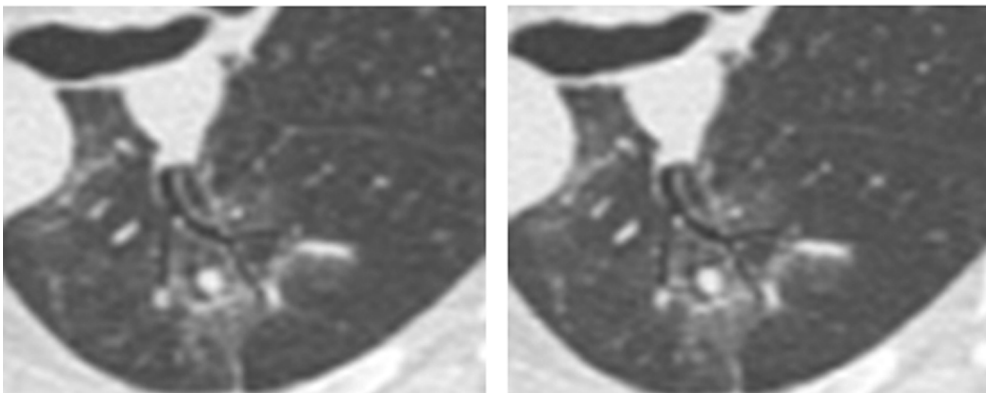
A;C-HRCT;B;U-HRCT。

图 2 COVID-19 确诊患者 1 重建图像



A;C-HRCT;B;U-HRCT。

图 3 COVID-19 确诊患者 2 重建图像



A;C-HRCT;B;U-HRCT。

图 4 COVID-19 确诊患者 3 重建图像

3 讨 论

COVID-19 具有较强的传染性,且病情发展迅速,严重者会出现急性呼吸窘迫综合征、呼吸衰竭等疾病,甚至可能会导致死亡^[14]。诊断主要依靠流行病学、临床表现、影像学及实验室数据综合诊断。胸部 CT,尤其是 HRCT 在 COVID-19 疑似病例及确诊病

例诊断中都具有重要的价值^[8,15]。虽然 COVID-19 的影像表现与其他病毒性肺炎相似,鉴别诊断较为困难,但仍表现出一定的特征性影像,尤其在磨玻璃病灶表现时候。目前文献报道^[16-17]提示了这些典型征象,比如磨玻璃病灶的分布、密度改变,磨玻璃病灶内的典型铺路石征象,小血管增粗,支气管壁的结构改

变等。

本研究资料中确诊 COVID-19 的患者,病灶以胸膜下分布及磨玻璃表现为主,病灶内血管增粗、支气管充气征、小叶间隔显示、铺路石征象常见。采用的小样本二元 logistic 回归分析结果论证了磨玻璃病灶分布、病灶内血管增粗及小叶间隔显示、铺路石征象对诊断 COVID-19 具有一定的价值,可以更准确地诊断 COVID-19,这与文献报道基本一致^[18]。

磨玻璃病灶的内部结构显示对于诊断 COVID-19 有重要价值^[19]。然而在实际扫描工作中,这些病灶内部细节的显示与扫描技术有关。U-HRCT 采用了 1024×1024 矩阵,使得单位面积内所包含的有效像素提高 4 倍,可以更好地显示病灶的形态学特点^[9-13]。因此,本研究对常规扫描的图像进行回顾性 U-HRCT 重建,并与 C-HRCT 图像进行对比,以期更为准确地显示磨玻璃病灶的内部结构,提高 COVID-19 诊断的准确性。U-HRCT 相对于 C-HRCT 的图像 SD 升高,SNR 下降,迭代重建技术可以降低 SD,提高 SNR^[20-21]。但是迭代等级过高,除了重建速度慢之外,病变边缘、病变区及正常肺组织区的密度有被均匀化的趋势,影响病变内部结构的观察,因此选择合适的迭代等级比较重要^[22-23]。本研究对比分析了 iDose⁴-3、iDose⁴-5 迭代等级 U-HRCT 与 C-HRCT 图像质量,笔者认为选用 iDose⁴-5 迭代重建既可以降噪改善图像质量,又可以提高图像空间分辨率和密度分辨率,重建速度适合临床工作。在显示病变结构及肺组织血管结构方面,iDose⁴-5 迭代等级的 U-HRCT 评分最高,特别是病灶内部结构对诊断有重要价值的征象包括血管增粗、小叶间隔显示优势明显。但在显示铺路石征象方面,二者差异无统计学意义,可能在小叶间隔显示与铺路石征象判读存在主观人为因素。

本研究的局限性:(1)纳入样本量少,统计学分析可能出现偏差;(2)所有病例采取的是回顾性靶重建,没有对比大矩阵 U-HRCT 靶扫描图像差异;(3)图像质量评估时,没有把体重指数及辐射剂量考虑进去等。

综上所述,U-HRCT 在诊断 COVID-19 较 C-HRCT 有优势,特别是在显示病灶关键细节方面,可以帮助放射科医师精准评估磨玻璃病灶的内部结构,结合患者的流行病学史可以及时、准确、快速诊断 COVID-19,对疾病进行诊断分期及治疗疗效评估。

参考文献

[1] 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.

- [2] 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.
- [3] XIE C,JIANG L,HUANG G,et al. Comparison of different samples for 2019 novel coronavirus detection by nucleic acid amplification tests[J]. Int J Infect Dis,2020,93:264-267.
- [4] TRAVIS W D,BRAMBILLA E,NOGUCHI M,et al. International association for the study of lung cancer/American thoracic society/European respiratory society:international multidisciplinary classification of lung adenocarcinoma-an executive summary[J]. Proc Am Thorac Soc,2011,8(5):381-385.
- [5] 萧毅,郭佑民,刘士远. 医学影像在新型冠状病毒肺炎诊治中的作用及思考[J]. 中华放射学杂志,2020,54(4):266-268.
- [6] 中华医学会放射学分会. 新型冠状病毒肺炎的放射学诊断[J]. 中华放射学杂志,2020,54(4):279-285.
- [7] CHUNG M,BERNHEIM A,MEI X,et al. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV)[J]. Radiology,2020,295(1):202-207.
- [8] 李宝学,蒋东,田葵,等. COVID-19 患者肺部 HRCT 影像学特点动态研究[J]. 放射学实践,2020,35(4):410-416.
- [9] ZHU H,ZHANG L,WANG Y,et al. Improved image quality and diagnostic potential using ultra-high-resolution computed tomography of the lung with small scan FOV: a prospective study[J]. PLoS One,2017,12(2):e0172688.
- [10] ZHU Y,HOU D,LAN M,et al. A comparison of ultra-high-resolution CT target scan versus conventional CT target reconstruction in the evaluation of ground-glass-nodule-like lung adenocarcinoma [J]. Quant Imaging Med Surg,2019,9(6):1087-1094.
- [11] 李明安,鲜军舫,陈青华. 感音神经性耳聋的内耳超高分辨率 CT 表现[J]. 中国医学影像技术,2015,31(8):1174-1177.
- [12] 邹勤,刘士远,管宇,等. 超高分辨率 CT 对 3cm 以下肺磨玻璃密度结节的诊断价值[J]. 临床放射学杂志,2017,36(4):484-488.
- [13] HATA A,YANAGAWA M,HONDA O,et al.

Effect of matrix size on the image quality of ultra-high-resolution CT of the lung: Comparison of 512×512 , 1024×1024 , and 2048×2048 [J]. *Acad Radiol*, 2018, 25(7): 869-876.

- [14] LI Q, GUAN X, WU P, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia[J]. *N Engl J Med*, 2020, 382(13): 1199-1207.
- [15] 管汉雄, 熊颖, 申楠茜, 等. 新型冠状病毒肺炎(COVID-19)临床影像学特征[J]. *放射学实践*, 2020, 35(2): 125-130.
- [16] LUO L, LUO Z, JIA Y, et al. CT differential diagnosis of COVID-19 and non-COVID-19 in symptomatic suspects: a practical scoring method[J]. *BMC Pulm Med*, 2020, 20(1): 129.
- [17] LEI J, LI J, LI X, et al. CT imaging of the 2019 novel coronavirus (2019nCoV) pneumonia[J]. *Radiology*, 2020, 295(1): 18.
- [18] LI X, ZENG W, LI X, et al. CT imaging changes of corona virus disease 2019(COVID-19): a multi-center study in Southwest China[J]. *J Transl Med*, 2020, 18(1): 154.
- [19] ZHAO W, ZHONG Z, XIE X, et al. Relation between chest CT findings and clinical conditions of coronavirus disease(COVID-19) pneu-

monia; a multicenter study[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2020, 214(5): 1072-1077.

- [20] LIM H J, CHUNG M J, SHIN K E, et al. The impact of iterative Reconstruction in Low-Dose computed tomography on the evaluation of diffuse interstitial lung disease[J]. *Korean J Radiol*, 2016, 17(6): 950-960.
- [21] 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.
- [22] DE BOER E, NIJHOLT I M, JANSEN S, et al. Optimization of pulmonary emphysema quantification on CT scans of COPD patients using hybrid iterative and post processing techniques: correlation with pulmonary function tests[J]. *Insights Imaging*, 2019, 10(1): 102.
- [23] 李鲁, 李惠民, 舒锦尔, 等. 生理通气辅助超高分辨率 CT 扫描技术探讨[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2015, 21(3): 228-231.

(收稿日期: 2020-08-18 修回日期: 2020-12-26)

(上接第 1155 页)

- [19] FORERO M, ADHIKARY S D, LOPEZ H, et al. The erector spinae plane block: a novel analgesic technique in thoracic neuropathic pain[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2016, 41(5): 621-627.
- [20] BAERISWYL M, KIRKHAM K R, JACOT-GUILLARMOD A, et al. Efficacy of perineural vs. systemic dexamethasone to prolong analgesia after peripheral nerve block: a systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Anaesth*, 2017, 119(2): 183-191.
- [21] FRAUENKNECHT J, KIRKHAM K R, JACOT-GUILLARMOD A, et al. Analgesic impact of intra-operative opioids vs. opioid-free anaesthesia: a systematic review and meta-analysis[J]. *Anaesthesia*, 2019, 74(5): 651-662.
- [22] GRAPE S, KIRKHAM K R, FRAUENKN

ECHT J, et al. Intra-operative analgesia with remifentanyl vs. dexmedetomidine: a systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis [J]. *Anaesthesia*, 2019, 74(6): 793-800.

- [23] FAWCETT W J, JONES C N. Bespoke intra-operative anaesthesia-the end of the formulaic approach[J]. *Anaesthesia*, 2018, 73(9): 1062-1066.
- [24] CHEMALI M E, ESLICK G D. A meta-analysis: postoperative pain management in colorectal surgical patients and the effects on length of stay in an enhanced recovery after surgery (ERAS) setting[J]. *Clin J Pain*, 2017, 33(1): 87-92.

(收稿日期: 2020-08-11 修回日期: 2020-12-26)