

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2023.01.017

CT 扫描剂量和迭代重建算法对胸部不同区域纯磨玻璃结节成像质量及检出能力的影响:体模研究^{*}

王 鸿¹,曾勇明^{1△},刘 强¹,娄 豪¹,孙静坤²,葛 冰³,郑 月¹

1. 重庆宏仁一医院放射科,重庆 408400;2. 重庆医科大学附属第一医院放射科,重庆 400016;

3. 佳能医疗系统(中国)有限公司,四川成都 610016

摘 要:目的 研究 CT 扫描剂量和迭代重建算法对胸部不同区域纯磨玻璃结节(pGGN)成像质量及检出能力的影响。方法 于仿真胸部体模内肺实质、胸膜下及纵隔旁 3 个区域置入两种不同密度、不同直径的球形 pGGN。采用 64 排螺旋 CT 预设的自动管电流调制技术[按照设备预设的由高到低的 2 个扫描剂量等级(常规剂量组、低剂量组)]进行扫描,行三维自适应迭代剂量降低(AIDR 3D)算法重建图像。分析图像质量客观评价指标和 pGGN 检出率。结果 (1)在相同的 AIDR 3D 重建算法下,低剂量组位于胸膜下和纵隔旁区域 pGGN 的信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR)均较常规剂量组低,差异有统计学意义($P<0.05$);常规剂量组、低剂量组肺实质内 pGGN 的平均噪声(SD)、SNR 及 CNR 差异均无统计学意义($P>0.05$)。(2)扫描剂量和 AIDR 3D 算法均可对胸部不同区域 ≤ 5 mm 的 pGGN 的检出率造成影响;其中在低剂量下使用 Mild-AIDR 算法时,对纵隔旁区域 ≤ 5 mm 的 pGGN 检出率影响更为明显。结论 低剂量 CT 扫描和低权重迭代算法会影响胸部纵隔旁 pGGN 的成像质量和检出能力。对这些区域较小 pGGN 的筛查和随访,应合理地选择扫描剂量及迭代重建算法的权重。

关键词:低剂量; 迭代重建算法; 纯磨玻璃结节; 体模; X 线体层摄影

中图法分类号:R445.3

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2023)01-0072-05

Influence of CT scan dose and iterative reconstruction algorithm on imaging quality and detection ability of pure ground glass nodule in different regions of chest:phantom study^{*}

WANG Hong¹,ZENG Yongming^{1△},LIU Qiang¹,LOU Hao¹,SUN Jingkun²,GE Bing³,ZHENG Yue¹

1. Department of Radiology,Chongqing Hongren First Hospital,Chongqing 408400,China;

2. Department of Radiology,First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University,Chongqing 400016,China;3. Canon Medical Systems (China) Co.,Ltd,Chengdu,Sichuan 610016,China

Abstract: Objective To study the influence of CT scan dose and iterative reconstruction algorithm on the imaging quality and detection ability of pure ground glass nodule (pGGN) in different regions of chest. **Methods** The two kinds of pGGN with different density and diameters were placed in the lung parenchyma, subpleural and paramediastinum of the simulated chest phantom. The automatic tube current modulation technology preset by 64-slice spiral CT was used for scanning [according to the two scanning dose levels (conventional dose group and low dose group) preset by the device from high to low]. Then the 3D adaptive iterative dose reduction (AIDR 3D) algorithm image reconstruction is implemented. The objective evaluation indexes of image quality and the detection rate of pGGN were analyzed. **Results** (1) Under the same AIDR 3D reconstruction algorithm, the signal to noise ratio (SNR) and carrier to noise ratio (CNR) of pGGN in the subpleural and paramediastinum regions of the low-dose group were lower than those of the conventional-dose group, and the differences were statistically significant ($P>0.05$). (2) Both the scanning dose and the AIDR 3D algorithm all caused the influence on the detection rate of pGGN ≤ 5 mm in different regions of the chest; in which when using the Mild-AIDR algorithm of low-dose, its effect on the detection rate of pGGN ≤ 5 mm in the paramediastinal region was more obvious. **Conclusion** Low dose CT scan and low weight iterative algorithm can affect the imaging quality and detection ability of pGGN in the thoracic paramediastinal. For the screening and follow up of the smaller pGGN in these regions should reasonably select the scanning dose and iterative recon-

^{*} 基金项目:重庆市南川区科技计划项目(Cx202016)。

作者简介:王鸿,男,主治医师,主要从事 CT 胸部成像及诊断研究。△ 通信作者,E-mail:zeng-ym@163.com。

struction algorithm weight.

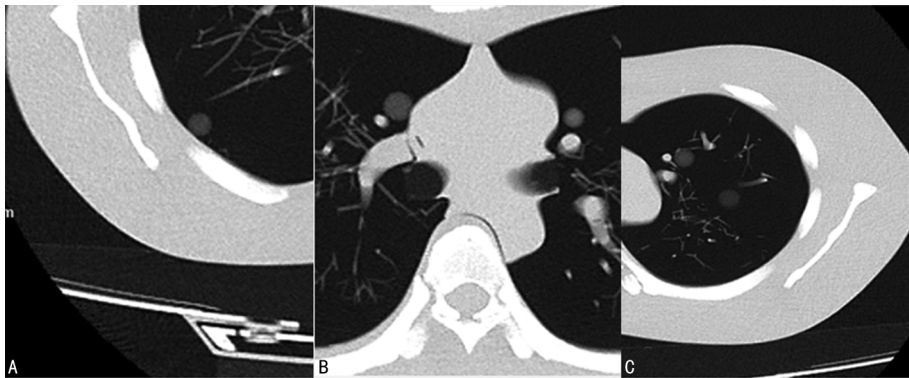
Key words: low dose; iterative reconstruction algorithm; pure ground glass nodules; phantom; X-ray computed tomography

胸部低剂量螺旋 CT 对肺结节及早期肺癌的检出有较大的优势^[1],采用图像薄层重建,能较好地显示肺磨玻璃结节(GGN),有助于筛查肺部的早期肿瘤^[2]。有研究表明,在胸部 CT 扫描时不同区域的噪声分布存在一定的差异性^[3]。GGN 是胸部肿瘤浸润性肺腺癌(IA)的一种特殊影像学表现形式^[4-5]。GGN 直径和 CT 值被认为是评估 IA 的重要指标^[6]。GGN 在 CT 图像上可表现为混合性 GGN 和纯磨玻璃结节(pGGN)。既往研究报道,CT 扫描参数和重建算法的改变会对 GGN 的观察和检出造成一定影响,尤以 pGGN 为甚,且胸部 CT 扫描时不同区域的噪声分布存在一定差异,从而影响了影像学评估的准确性^[7-8]。pGGN 的形态学观察和 CT 值测量与肿瘤的良恶性鉴别、肿瘤侵袭性及预后评估等密切相关。但目前较少见胸部不同区域 pGGN 成像质量及检出率影响因素方面的研究。本研究基于仿真体模试验,就胸部不同区域 pGGN 在两种扫描剂量的扫描模式和两种三维自适应迭代剂量降低(AIDR 3D)算法重建图像下,对图像质量客观评价指标及检出率进行对比分析,以

探明低剂量 CT 对胸部不同区域 pGGN 成像质量和检出的能力的影响。

1 材料与方法

1.1 材料 试验对象为日本 Kyoto Kagaku 公司生产的“Lungman N1”型男性胸部体模,大小为 43 cm×40 cm×48 cm,胸围约 94 cm,质量约为 18 kg,包括仿真的胸壁、横膈膜、纵隔、心脏、肺及肺血管,均与真实人体组织的衰减性相同,胸腔内肺血管之间的空间包含空气。该体模双臂向上举起,体位与患者实际扫描时一致;模拟球形结节表面光滑。由于文献[9]推荐的肺结节 CT 随诊方案中,≤4 mm、5 mm、8 mm 及 10 mm 通常作为结节大小定量的临界值,因此本研究选择了 4 种不同直径(3、5、8、10 mm),标称 CT 值分别为-650、-800 HU 的 pGGN,分 3 次分别置入胸部双肺不同叶段的肺实质、胸膜下和纵隔旁区域,见图 1(选取部分展示:-650 HU 8 mm pGGN、-650 HU 10 mm pGGN 及 -800 HU 10 mm pGGN 在体模 3 个区域的布放)。



注:A 为-650 HU 8 mm pGGN 在胸膜下区域显示;B 为-650 HU 10 mm pGGN 在纵隔旁区域显示;C 为-800 HU 10 mm pGGN 在肺实质区域显示。

图 1 两种 CT 值的 pGGN 在仿真胸部体模中的显示

1.2 方法

1.2.1 图像采集与重建 使用佳能(东芝)Aquilion CXL 64 排 CT 对仿真体模进行扫描,管电压 120 kV,螺距因子 0.993,矩阵 768×768,层厚及间隔 5 mm,扫描时间 0.5 s/r。采用自动管电流调制技术,按照设备预设的由高到低的 2 个扫描剂量等级(常规剂量组、低剂量组)进行扫描。图像重建层厚 1.0 mm,层间距 0.8 mm。两组均采用 AIDR 3D 算法,按照设备厂家预制的 Standard 模式和 Mild 模式重建图像。厂家的定义:AIDR 3D 算法在扫描前(前置)或扫描后

(后置)均可使用,AIDR 3D 算法前置使用时,Standard 模式可使剂量降低至原剂量的 75%,Mild 模式可降低至原剂量的 50%;后置使用 AIDR 3D 算法可降低噪声、优化图像,Standard 模式降噪效果好于 Mild 模式。本试验先行胸部不同区域 pGGN 在两种剂量下扫描,采用后置 AIDR 3D 算法 Standard 模式重建图像,以判断不同区域、不同剂量扫描时图像质量各项客观指标的差异性;再采用后置 AIDR 3D 算法 Standard 和 Mild 两种模式重建图像,判断各种噪声环境下 pGGN 的检出情况。

1.2.2 试验数据测量及计算 本试验根据两种扫描剂量模式和两种 AIDR 3D 算法模式分别进行研究。常规剂量扫描下,重建 Standard 和 Mild 模式的 AIDR 3D 算法图像;低剂量扫描下,重建 Standard、Mild 模式的 AIDR 3D 算法图像。计算图像质量客观指标和 pGGN 检出率。

1.2.2.1 图像质量客观指标 选择标称 CT 值为 -650 HU、直径为 10 mm 的模拟结节,测量其中心层面 CT 值、噪声值(CT 值的标准差)以及同一层面与该结节邻近的肺组织 CT 值、噪声值,均测量 3 次,计算平均噪声(SD)、信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR)。SNR = pGGN 平均 CT 值/pGGN SD 值;CNR = (pGGN 平均 CT 值 - 邻近肺组织平均 CT 值)/邻近肺组织 SD 值。

1.2.2.2 pGGN 检出率 将试验重建出的层厚 1.0 mm、层间距 0.8 mm 的薄层图像,由 2 名有 10 年胸部 CT 诊断经验的放射科医师,按照试验所得图像

顺序进行双盲法阅片,查找肺结节,记录肺结节检出情况。分为 2 组(≤ 5 mm pGGN 组和 ≥ 8 mm pGGN 组),计算 pGGN 检出率。pGGN 检出率 = pGGN 检出个数/pGGN 实际个数 $\times 100\%$ 。

1.3 统计学处理 采用 SPSS26.0 统计软件进行数据处理、分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 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。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两种扫描剂量胸部不同区域 -650 HU 10 mm pGGN 图像质量客观指标的比较 同一后置 AIDR 3D 算法(Standard 模式)下,常规剂量组整体图像质量较好。与常规剂量组比较,低剂量组位于胸膜下和纵隔旁区域 pGGN 的 SNR 及 CNR 降低,差异均有统计学意义($P < 0.05$),而两组位于肺实质区域 pGGN 的 SD、SNR 及 CNR 值接近,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 两种扫描剂量胸部不同区域 -650 HU 10 mm pGGN 图像质量客观指标对比 ($\bar{x} \pm s$)

组别	胸膜下 pGGN			纵隔旁 pGGN			肺实质 pGGN		
	SD	SNR	CNR	SD	SNR	CNR	SD	SNR	CNR
常规剂量组	34.09 $\pm$ 10.03	18.83 $\pm$ 3.45	15.34 $\pm$ 2.02	37.73 $\pm$ 23.73	17.45 $\pm$ 6.79	13.04 $\pm$ 4.64	33.79 $\pm$ 15.87	19.25 $\pm$ 5.06	14.94 $\pm$ 1.21
低剂量组	36.95 $\pm$ 1.67	17.25 $\pm$ 0.45	10.77 $\pm$ 0.75	42.88 $\pm$ 13.33	15.29 $\pm$ 1.47	11.47 $\pm$ 0.66	33.39 $\pm$ 24.58	19.84 $\pm$ 7.60	12.70 $\pm$ 2.33
t	14.12	9.18	1.54	1.62	8.79	6.36	0.82	1.01	1.75
P	<0.001	0.01	0.23	0.22	0.01	0.02	0.38	0.33	0.20

2.2 两种扫描剂量联合两种后置 AIDR 3D 算法(Standard 和 Mild 模式)不同组合在胸部不同区域 pGGN(-650 HU 和 -800 HU)的检出率比较 (1)在常规剂量组,常规剂量联合 Standard-AIDR 算法,胸部不同区域 pGGN 检出率不受影响;常规剂量联合 Mild-AIDR 算法,对胸部不同区域 ≤ 5 mm pGGN 的检出率均有不同程度影响,其检出率明显低于 ≥ 8 mm 的 pGGN($P < 0.05$)。 (2)在低剂量组,低剂量联合 Standard-AIDR 算法较低剂量联合 Mild-AIDR 算法,检出 ≥ 8 mm 的 pGGN 时,两种组合的检出率

相当且不受影响;检出 ≤ 5 mm 的 pGGN 时,低剂量联合 Standard-AIDR 算法的检出率优于低剂量联合 Mild-AIDR 算法($P < 0.05$)。 (3)本组试验共出现 4 个最低 pGGN 检出率(17%),均为 Mild-AIDR 算法检测 ≤ 5 mm pGGN,且在纵隔旁出现次数最多(占 3/4;分别为 -650 HU pGGN 常规剂量联合 Mild-AIDR 算法、-650 HU pGGN 低剂量联合 Mild-AIDR 算法和 -800 HU pGGN 低剂量联合 Mild-AIDR 算法)。见表 2。

表 2 两种扫描剂量联合两种 AIDR 3D 算法下胸部不同区域 pGGN 的检出率 (%)

胸部区域	常规剂量组							
	Standard-AIDR				Mild-AIDR			
	-650 HU pGGN		-800 HU pGGN		-650 HU pGGN		-800 HU pGGN	
	≤ 5 mm	≥ 8 mm	≤ 5 mm	≥ 8 mm	≤ 5 mm	≥ 8 mm	≤ 5 mm	≥ 8 mm
胸膜下	50	100	50	100	67	100	67	100
纵隔旁	50	100	50	100	17	100	33	100
肺实质	50	100	50	100	50	100	17	100

续表 2 两种扫描剂量联合两种 AIDR 3D 算法下胸部不同区域 pGGN 的检出率 (%)

胸部区域	低剂量组							
	Standard-AIDR				Mild-AIDR			
	-650 HU pGGN		-800 HU pGGN		-650 HU pGGN		-800 HU pGGN	
	≤5 mm	≥8 mm	≤5 mm	≥8 mm	≤5 mm	≥8 mm	≤5 mm	≥8 mm
胸膜下	50	100	67	100	50	100	33	100
纵隔旁	50	100	50	100	17	100	17	100
肺实质	67	100	33	100	67	100	33	100

3 讨 论

自 20 世纪 70 年代以来,我国癌症发病率及病死率一直呈上升趋势,肺癌发病率的上升趋势则更为明显。早期肺癌多表现为磨玻璃结节,磨玻璃结节的成像质量和检出情况直接影响疾病的诊治及预后^[10-11]。随着胸部高分辨率 CT 检查的普及,磨玻璃结节的检出率明显提高。EGUCHI 等^[12]对 125 例 pGGN 进行随访,发现结节增长与稳定的两组 pGGN 的平均 CT 值差异有统计学意义($P<0.05$),界值约为-670 HU;在另一项研究中,计算出 pGGN 发生浸润的 CT 界值为-680 HU^[13]。因此,本研究采用-650 HU 及-800 HU 的球形结节来模拟肺肿瘤性 pGGN。

目前降低扫描剂量主要是通过降低管电压和管电流及加大螺距等方法来实现^[14]。但是针对不同体型的患者,很难进行精细化的调整,管电压、管电流的降低也预示着 X 射线穿透力的下降、X 射线量减少,会导致图像的噪声增大,对比度降低等^[15]。有研究报道,低剂量 CT 扫描时,胸部不同区域组织的噪声、SNR、CNR 均存在不同程度的差异^[3]。本研究基于标准体型男性胸部仿真体模,将不同直径的模拟 pGGN 置入胸部不同区域,排除病理、患者呼吸运动伪影、胸部坠积效应等因素的影响,研究不同剂量 CT 扫描对胸部不同区域 pGGN 成像质量和检出能力的影响。

胸部不同区域 pGGN 的图像质量客观指标中,常规剂量组与低剂量组比较,纵隔旁 pGGN 的 CNR、SNR 和胸膜下 pGGN 的 SNR、CNR、SD 差异均有统计学意义($P<0.05$),而肺实质 pGGN 的图像质量客观指标差异无统计学意义($P>0.05$)。这说明低剂量扫描对纵隔旁区域和胸膜下区域 pGGN 的成像质量影响较大,可能与纵隔旁区域和胸膜下区域邻近的器官、组织较多有关,如心脏、大血管、骨骼组织等,X 射线被吸收,导致图像噪声增加。因此,建议在胸部 pGGN 随访时,应根据 pGGN 所在的区域制订 CT 扫描方案。

两种扫描剂量联合两种后置 AIDR 3D 算法时,胸部不同区域 pGGN 结节检出率如下:(1)≥8 mm

pGGN 检出率,扫描剂量、迭代重建算法及胸部不同区域对其均无明显的影响。(2)在低剂量下,≤5 mm 的 pGGN 采用低权重 AIDR 3D 算法(Mild-AIDR)时检出率较低,使用较大权重的 AIDR 3D 算法(Standard-AIDR)可提升 pGGN 检出率。有研究证实,尽管所有迭代重建算法都有降噪功能,但选择合理的迭代重建算法才能提高病灶的检测能力^[13]。因此,笔者认为对直径(或体积)较小的 pGGN,应尽量使用降噪幅度较高的 AIDR 3D 算法,保证 pGGN 检出的一致性。(3)纵隔旁区域≤5 mm 的 pGGN 检出率偏低(本组最低检出率为 17%的占 3/4),结合本研究呈现的纵隔旁 pGGN 图像质量客观指标较差的情况,笔者建议对该区域小的肺结节随访时应予以特别关注,以免漏诊。

综上所述,本研究结果表明:(1)不同扫描剂量的胸部不同区域 pGGN 成像质量存在差异。因此,在胸部不同区域 pGGN 的随访中,应权衡图像质量与扫描剂量的利弊关系,合理的选择 CT 扫描剂量。(2)低权重迭代重建算法会影响较小 pGGN 的检出,在使用低剂量 CT 筛查肺癌时,应合理选择迭代重建算法的权重。(3)纵隔旁区域较小 pGGN 的检出会受到该区域噪声的影响,随访时应予以重视。

本研究存在的不足:本研究采用仿真胸部体模结合均质的模拟结节进行研究,研究对象消除了呼吸运动伪影、心脏及大血管搏动伪影和 pGGN 不均质等因素的影响,而临床应用中,上述因素均有可能影响 pGGN 的成像质量和检出率,因此,本研究的结果与实际是否相符,还需进一步的临床研究加以证实。

参考文献

[1] 张晓琴,孙德俊,化晓宇,等. 胸部低剂量螺旋 CT 在体检者肺癌筛查中的应用[J]. 肿瘤研究与临床,2017,6(5):313-315.
[2] 杨柳,龚明福,刘云,等. 双源 CT 低剂量扫描显示磨玻璃结节对早期肺癌诊断的价值[J/CD]. 中华肺部疾病杂志(电子版),2016,9(5):550-551.
[3] 赵峰,曾勇明,彭刚,等. 胸部低剂量 CT 扫描管电流与噪声分布相关性研究[J]. 中华放射医学与防护杂志,2012,32(1):100-103.
(下转第 80 页)

- impacts the gingival inflammatory infiltrate by inhibiting the t cell response in experimental periodontitis[J]. *Front Immunol*, 2021, 12(3):664756.
- [9] 中华医学会内分泌学分会《中国甲状腺疾病诊治指南》编写组. 中国甲状腺疾病诊治指南: 甲状腺炎[J]. *中华内科杂志*, 2008, 47(9):867-868.
- [10] 王巍, 郑海宁, 王琼, 等. 超声剪切波弹性成像在桥本甲状腺炎临床诊断中的价值[J]. *南方医科大学学报*, 2017, 37(5):683-686.
- [11] 徐鲲, 高国宇, 任明, 等. 桥本氏病合并甲状腺乳头状癌患者血清甲状腺相关激素水平的变化及意义[J]. *现代生物医学进展*, 2019, 19(13):2490-2493.
- [12] 谢军, 褚玲, 刘娟. 联合检测 TPOAb、TGAb 在诊断桥本甲状腺炎中的临床价值研究[J]. *国际检验医学杂志*, 2017, 38(23):3330-3332.
- [13] LI D, CAI W, GU R, et al. Th17 cell plays a role in the pathogenesis of Hashimoto's thyroiditis in patients[J]. *Clin Immunol*, 2013, 149(3):411-420.
- [14] GERENOVA J, MANOLOVA I, STANILOVA S. Serum levels of interleukin-23 and interleukin-17 in in hashimoto's thyroiditis[J]. *Acta Endocrinol (Buchar)*, 2019, 5(1):74-79.
- [15] SAXENA S, PUROHIT A, VARNEY M L, et al. Semaphorin-5A maintains epithelial phenotype of malignant pancreatic cancer cells[J]. *BMC Cancer*, 2018, 18(1):1283.
- [16] KARATAS K S, BAHCECI I, TELATAR T G, et al. Relationship between disease and disease severity and semaphorin 5A and hemogram level in obsessive-compulsive disorder[J]. *Nord J Psychiatry*, 2021, 75(7):509-515.
- [17] 杜燕, 王加伟, 周美菊, 等. 类风湿关节炎患者血清神经轴突导向分子 Semaphorin5A 表达及其对破骨细胞分化的影响[J]. *中华内科杂志*, 2018, 57(9):661-666.
- [18] LYU M, LI Y, HAO Y, et al. Elevated semaphorin 5A correlated with Th1 polarization in patients with chronic immune thrombocytopenia[J]. *Thromb Res*, 2015, 136(5):859-864.
- [19] ZAKE T, SKUJA S, KALERE I, et al. Upregulated tissue expression of T helper (Th) 17 pathogenic interleukin (IL)-23 and IL-1 β in Hashimoto's thyroiditis but not in Graves' disease[J]. *Endocr J*, 2019, 66(5):423-430.
- [20] FUNAKI Y, HASEGAWA Y, OKAZAKI R, et al. Resolvin E1 inhibits osteoclastogenesis and bone resorption by suppressing IL-17-induced rankl expression in osteoblasts and rankl-induced osteoclast differentiation[J]. *Yonago Acta Med*, 2018, 61(1):8-18.
- [21] EL KHOLY K, FREIRE M, CHEN T, et al. Resolvin E1 promotes bone preservation under inflammatory conditions[J]. *Front Immunol*, 2018, 9(12):1300.
- [22] RAJASAGI N K, REDDY P B, SURYAWANSHI A, et al. Controlling herpes simplex virus-induced ocular inflammatory lesions with the lipid-derived mediator resolvin E1[J]. *J Immunol*, 2011, 186(3):1735-1746.
- [23] ONER F, ALVAREZ C, YAGHMOOR W, et al. Resolvin E1 regulates Th17 function and T cell activation[J]. *Front Immunol*, 2021, 12(17):637983.
- [24] SAWADA Y, HONDA T, NAKAMIZO S, et al. Resolvin E1 attenuates murine psoriatic dermatitis[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):11873.

(收稿日期:2022-02-28 修回日期:2022-08-19)

(上接第 75 页)

- [4] KAKINUMA R, NOGUCHI M, ASHIZAWA K, et al. Natural history of pulmonary subsolid nodules: A prospective multicenter study[J]. *J Thorac Oncol*, 2016, 11(7):1012-1028.
- [5] SHE Y, ZHAO L, DAI C, et al. Preoperative nomogram for identifying invasive pulmonary adenocarcinoma in patients with pure ground-glass nodule: a multi-institutional study[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(10):17229-17238.
- [6] 费佳, 赵胜祥. 病灶直径和 CT 值联合评估浸润性肺腺癌的诊断价值[J]. *生物医学工程与临床*, 2021, 25(2):165-169.
- [7] 刘强, 娄豪, 陈德一, 等. 肺肿瘤性磨玻璃结节平均 CT 值测量相关技术的影响因素研究[J]. *重庆医学*, 2021, 50(20):3482-3486.
- [8] 苏大同, 冯磊, 姜英健, 等. 扫描及重建条件对肺结节三维容积及 CT 值定量影响的体模研究[J]. *中国肺癌杂志*, 2017, 20(8):562-567.
- [9] American College of Radiology. First edition of ACR Lung-RADSTM[EN/OL]. [2022-02-04]. <https://www.acr.org/About-US/Media-center>.
- [10] LI J Z, DAVID F Y, DARRYL C, et al. Internal growth of nonsolid lung nodules: radiologic pathologic correlation[J]. *Radiology*, 2012, 26(3):279-286.
- [11] 王海燕, 柳澄, 孙丛, 等. 肺内磨玻璃结节 CT 特征与病理结果相关性分析[J]. *医学影像学杂志*, 2018, 28(6):936-940.
- [12] EGUCHI T, KONDO R, KAWAKAMI S, et al. Computed tomography attenuation predicts the growth of pure ground-glass nodules[J]. *Lung Cancer*, 2014, 84:242-247.
- [13] EGUCHI T, YOSHIZAWA A, KAWAKAMI S, et al. Tumor size and computed tomography attenuation of pulmonary pure ground-glass nodules are useful for predicting pathological invasiveness[J]. *PLoS One*, 2014, 9(5):e97867.
- [14] MCCOLLOUGH C H, BRUESEWITZ M R, KOFLER J M, et al. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options[J]. *Radiographics*, 2006, 26(2):503-512.
- [15] JENSEN K, MARTINSEN A C T, TINGBERG A, et al. Comparing five different iterative reconstruction algorithms for computed tomography in an ROC study[J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(12):2989-3002.

(收稿日期:2022-02-26 修回日期:2022-08-28)