

论 著

肝脏CT增强扫描中不同噪声指数(NI)联合迭代重组算法对肥胖患者CT图像质量的影响

山东省青岛市中心医院放射科
(山东 青岛 266042)陈 雷 李高宏 虎 支
马盖璐 张伟红

【摘要】目的 分析肝脏CT增强扫描中不同噪声指数(NI)联合迭代重组算法对肥胖患者CT图像质量的影响。**方法** 选取2016年5月至2018年6月我院拟行肝脏CT增强扫描的84例肥胖(BMI指数 $\geq 28.28 \text{ kg/m}^2$)患者为研究对象,依据自动管电流调制技术(ATCM)设定N₁组(NI=11)、N₂组(NI=13)、N₃组(NI=15)、N₄组(NI=17)四组各21例,均行肝脏三期CT增强扫描,以权重为50%的迭代重组算法进行重组,对四组图像质量进行主观评分及客观评价(信噪比、对比噪声比),记录其辐射剂量[容积剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)、有效剂量(ED)]。**结果** 随NI增加,患者在肝脏三期CT增强扫描中图像质量评分均减少,N₄组评分最低,N₁组评分最高,N₄组动脉期、静脉期、延迟期的图像质量评分与N₁组、N₂组、N₃组差异均有统计学意义($P < 0.05$),N₂组、N₃组动脉期图像质量评分低于N₁组($P < 0.05$);动脉期N₁组、N₂组信噪比、对比噪声比差异无统计学意义($P > 0.05$),其余组差异有统计学意义($P < 0.05$),N₄组静脉期、延迟期的信噪比、对比噪声比低于N₁组、N₂组、N₃组($P < 0.05$),且同组内,静脉期与延迟期的信噪比、对比噪声比均高于动脉期($P < 0.05$);随NI增加,CTDIvol、DLP、ED有下降趋势,N₃组CTDIvol、DLP低于N₁组,N₄组CTDIvol、DLP低于N₂组($P < 0.05$),N₁组ED高于N₂组、N₃组、N₄组($P < 0.05$),N₂组、N₃组、N₄组的ED分别较N₁组下降25.39%、28.04%、30.53%,N₂组、N₃组、N₄组的ED比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 肝脏CT增强扫描中,在保证图像质量前提下,设置不同NI指数联合应用迭代重组算法可有效降低辐射剂量。

【关键词】 肝脏; CT; 增强扫描; 噪声指数; 迭代重组算法; 肥胖; 图像质量

【中图分类号】 R445.3; R575

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.07.025

通讯作者: 张伟红

Effect of Different Noise Index (NI) and Iterative Recombination Algorithm in Liver CT Enhanced Scan on CT Image Quality of Obese Patients

CHEN Lei, LI Gao-hong, HU Zhi, et al., Department of Radiology, Qingdao Central Hospital, Qingdao 266042, Shandong Province, China

[Abstract] Objective To analyze the effect of different noise index (NI) combined with iterative recombination algorithm in liver CT enhanced scan on CT image quality in obese patients. **Methods** 84 patients with obesity (BMI index not less than 28 kg/m^2) undergoing liver CT enhanced scan in the hospital from May 2016 to June 2018 were enrolled in the study. The N₁ group (NI=11), N₂ group (NI=13), N₃ group (NI=15) and N₄ group (NI=17) were established according to the automatic tube current modulation technique (ATCM), 21 cases in each group. The liver CT three-phase enhanced scan was performed for all patients, recombining with iterative recombination algorithm at a weight of 50%. Subjective and objective evaluation was performed on the image quality in the four groups (signal-to-noise ratio, contrast-to-noise ratio), the radiation dose [volume dose index (CTDIvol), dose length product (DLP), effective dose (ED)] was recorded.

Results With the increase of NI, the image quality scores of the patients in the three-phase CT enhanced scan were reduced, the N₄ group had the lowest score, the N₁ group had the highest score. There were significant differences in image quality scores at the arterial, venous and delayed phases among the N₄, N₁, N₂ and N₃ group ($P < 0.05$). The image quality scores of N₂ group and N₃ group at the arterial phase were lower than those of N₁ group ($P < 0.05$). There was no statistical significance in the signal-to-noise ratio and contrast noise ratio between N₁ group and N₂ group at arterial phase ($P > 0.05$). The difference in the other groups was statistically significant ($P < 0.05$). The signal-to-noise ratio and contrast-to-noise ratio at the venous phase and the delayed phase of the N₄ group were lower than those of the N₁ group, the N₂ group and the N₃ group ($P < 0.05$). In the same group, the signal-to-noise ratio and contrast-to-noise ratio at venous phase and delayed phase were higher than those at arterial phase ($P < 0.05$). with NI increasing, CTDIvol, DLP, ED showed a downward trend, CTDIvol and DLP in N₃ group were lower than those in N₁ group, CTDIvol and DLP were lower in N₄ group than N₂ group ($P < 0.05$), ED in N₁ group was higher than that in N₂ group, N₃ group and N₄ group ($P < 0.05$), ED in N₂ group, N₃ group and N₄ group decreased 25.39%, 28.04%, 30.53% compared with that in N₁ group. There were no significant differences in ED among the N₂ group, the N₃ group and the N₄ group ($P > 0.05$). **Conclusion** In the liver CT enhanced scan, under the premise of ensuring image quality, setting different NI index combined with the iterative recombination algorithm can effectively reduce the radiation dose.

[Key words] Liver; CT; Enhanced Scan; Noise Index; Iterative Recombination Algorithm; Obesity; Image Quality

随着螺旋CT在临床广泛应用,临床越来越关注其引起的电离辐射危害^[1],降低被检者辐射剂量是医学影像工作者共同追求的目标^[2],尤其在肝脏CT增强检查患者中,需要多期扫描,患者接受的辐射剂量较大,制定合理扫描方案减少其辐射剂量尤为重要。噪声指数(noise index, NI)为控制管电流输出的重要指标,反映了图像质量水平,依据扫描期时相选择合适NI为自动管电流调制技术(ATCM)合理应用的关键所在^[3]。迭代重组算法有助于降低因管电流减少所致的图像量子噪声,提高图像质量^[4]。本文主要分析肝脏CT增强扫描中设置不同NI指数联合迭代重组算法对肥胖患者CT图像质量的影响,结果如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2016年5月至2018年6月我院拟行肝脏CT增强扫描的肥胖(BMI指数 $\geq 28\text{kg}/\text{m}^2$)患者84例,纳入标准:(1)均神志清晰,可屏气接受肝脏CT增强检查;(2)自愿参与本研究,且被告知并签署碘剂应用知情同意书与检查失败同意书。排除标准:(1)神志不清或扫描时呼吸不配合者;(2)存在碘剂过敏史或合并严重心、肝、肾功能衰竭者;(3)扫描野内存在金属植入者。依据ATCM技术设定 N_1 组(NI=11)、 N_2 组(NI=13)、 N_3 组(NI=15)、 N_4 组(NI=17)各21例,四组一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。

1.2 方法

1.2.1 检查方法:检查前禁食4h,检查前1h及检查后嘱患者多饮水,服用二甲双胍类药物者停药2d后方可进行检查。采用Discovery CT 750 HD能谱CT扫描仪(美国GE公司提供)及AW 4.5工作站,患者仰卧于CT扫描床,头先进,双臂上举,经肘正中静脉提前预置密闭式静脉0.9mm $\times$ 25mm留置针,扫描范围(150mm~220mm):肝顶至肝脏下缘,应用GE公司ATCM技术中联合调制技术3D Smart mA即Auto mA(Z轴调制)与Smart mA(X-Y调制)联合应用,厂家推荐肝脏CT增强扫描NI为10,

以此NI对25例患者进行检查,影像质量主观评分5分,证实该NI仍有上升空间,因此将 N_0 、 N_1 、 N_2 、 N_3 组的NI分别设为11、13、15、17,管电流50~650mAs,管电压120kVp,螺距0.984:1,机架旋转0.6s/周,层厚5mm,层间距5mm,DFOV 36cm,动脉期应用对比剂跟踪技术,感兴趣区(ROI)接近腹主动脉近肝门处,自动触发阈值100HU,静脉期于动脉期扫描后30s进行,延迟期在静脉完成后90~120s进行,以Nemoto双筒高压注射器(日本)经肘正中静脉以3.0ml/s速率注入碘佛醇对比剂0.8ml/kg,后以相同速率注入生理盐水。对所有图像应用50%ASIR

重建,记录其CTDIvol、DLP,并参照May等^[5]提出的方法计算ED。

1.2.2 图像质量评估:(1)主观评估:由2名具有主任医师职称从事腹部影像诊断的放射科医师以双盲法对图像质量进行评估,评分标准^[6]:图像质量好,噪声小,基本无伪影,达临床诊断要求记5分;图像质量良好,噪声小,有少量伪影,达临床诊断要求记4分;图像质量、噪声及伪影情况一般,基本达临床诊断要求记3分;图像质量差,存在较大噪声及较多伪影,未达临床诊断要求记2分;图像质量较差,存在严重噪声与伪影,无法用于临床诊断记1分,评分 ≥ 3 分为达临床要

表1 四组一般资料比较

组别	性别		年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	扫描范围(mm)
	男	女			
N_1 组(n=21)	8	13	61.05 $\pm$ 6.47	30.14 $\pm$ 3.07	183.24 $\pm$ 18.45
N_2 组(n=21)	12	9	62.33 $\pm$ 6.30	31.00 $\pm$ 3.18	184.15 $\pm$ 18.96
N_3 组(n=21)	11	10	61.57 $\pm$ 6.29	30.49 $\pm$ 3.15	183.73 $\pm$ 18.89
N_4 组(n=21)	10	11	61.85 $\pm$ 6.23	30.57 $\pm$ 3.12	184.42 $\pm$ 18.76
χ^2/F 值	1.672		0.150	0.268	0.016
P值	0.644		0.929	0.849	0.997

表2 四组图像质量评分比较($\bar{x} \pm s$,分)

组别	动脉期	静脉期	延迟期
N_1 组(n=21)	4.43 $\pm$ 0.42	4.42 $\pm$ 0.46	4.43 $\pm$ 0.45
N_2 组(n=21)	4.12 $\pm$ 0.43*	4.38 $\pm$ 0.46	4.34 $\pm$ 0.45
N_3 组(n=21)	4.09 $\pm$ 0.42*	4.25 $\pm$ 0.43	4.25 $\pm$ 0.43
N_4 组(n=21)	3.54 $\pm$ 0.39* [▲]	3.77 $\pm$ 0.40* [▲]	3.70 $\pm$ 0.40* [▲]
χ^2/F 值	16.679	9.773	12.075
P值	<0.001	<0.001	<0.001

注:与 N_1 组比较,* $P<0.05$;与 N_2 组比较,[#] $P<0.05$;与 N_3 组比较,[▲] $P<0.05$ 。

表3 四组客观评价指标比较

组别	信噪比			对比噪声比		
	动脉期	静脉期	延迟期	动脉期	静脉期	延迟期
N_1 组(n=21)	9.25 $\pm$ 0.95	14.27 $\pm$ 1.50*	10.30 $\pm$ 1.15*	1.80 $\pm$ 0.19	5.90 $\pm$ 0.61*	2.64 $\pm$ 0.28*
N_2 组(n=21)	8.71 $\pm$ 0.86	13.94 $\pm$ 1.43*	9.85 $\pm$ 0.99*	1.74 $\pm$ 0.17	5.67 $\pm$ 0.53*	2.67 $\pm$ 0.31*
N_3 组(n=21)	6.80 $\pm$ 0.70* [#]	13.39 $\pm$ 1.45*	9.71 $\pm$ 0.94*	0.87 $\pm$ 0.09* [#]	5.64 $\pm$ 0.52*	2.49 $\pm$ 0.27*
N_4 组(n=21)	5.14 $\pm$ 0.53* ^{#▲}	10.75 $\pm$ 1.16* ^{#▲} *	7.76 $\pm$ 0.78* ^{#▲} *	0.62 $\pm$ 0.07* ^{#▲}	3.10 $\pm$ 0.35* ^{#▲} *	1.38 $\pm$ 0.15* ^{#▲} *
χ^2/F 值	122.811	27.774	28.026	389.012	140.669	117.737
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:与 N_1 组比较,* $P<0.05$;与 N_2 组比较,[#] $P<0.05$;与 N_3 组比较,[▲] $P<0.05$;组内,与动脉期比较,* $P<0.05$ 。

求。(2)客观评估:在肝脏CT增强动脉期、静脉期、延迟期横断面图像上,以大小为 $18\sim 22\text{mm}^2$ 的ROI区测量所有图像肝门层面肝左内叶、左外叶、右前叶、右后叶CT值均值(信号值,CT)及标准差(噪声值,SD),测量同一层面右侧竖脊肌CT值同前腹壁皮下脂肪CT值的标准差,记录信噪比、对比噪声比,信噪比=CT_{肝脏}/SD_{肝脏},对比噪声比=(CT_{肝脏}-CT_{竖脊肌})/SD_{腹壁脂肪}。

1.3 统计学方法 采用SPSS19.0软件处理数据,计数资料以%表示,采取 χ^2 检验,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,四组间主观评分及客观评价指标、辐射剂量比较采用单因素方差分析及LSD-t检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 四组图像质量评分比较 随NI增加,患者在肝脏三期CT增强扫描中图像质量评分均减少, N_4 组各期评分最低, N_1 组评分最高, N_4 组动脉期、静脉期、延迟期的图像质量评分与 N_1 组、 N_2 组、 N_3 组差异均有统计学意义($P<0.05$), N_2 组、 N_3 组动脉期图像质量评分低于 N_1 组($P<0.05$),其余组间差异无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

2.2 四组客观评价指标比较 动脉期 N_1 组、 N_2 组信噪比、对比噪声比差异无统计学意义($P>0.05$),其余组差异有统计学意义($P<0.05$),静脉期、延迟期 N_4 组的信噪比、对比噪声比低于 N_1 组、 N_2 组、 N_3 组($P<0.05$),其余组两两比较差异无统计学意义($P>0.05$),且同组内,静脉期与延迟期的信噪比、对比噪声比均高于动脉期($P<0.05$)。见表3。

2.3 四组辐射剂量比较 随NI增加,CTDIvol、DLP、ED有下

表4 四组辐射剂量比较

组别	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy · cm)	ED (mSv)
N_1 组 (n=21)	10.54 ± 1.18	245.48 ± 23.17	6.42 ± 0.68
N_2 组 (n=21)	9.90 ± 0.99	234.68 ± 27.58	$4.79 \pm 0.49^*$
N_3 组 (n=21)	$9.28 \pm 1.04^*$	$219.14 \pm 24.67^*$	$4.62 \pm 0.39^*$
N_4 组 (n=21)	$8.75 \pm 0.89^{*#}$	$205.43 \pm 21.37^{*#}$	$4.46 \pm 0.37^*$
χ^2/F 值	11.854	10.960	69.908
P值	<0.001	<0.001	<0.001

注:与 N_1 组比较,* $P<0.05$;与 N_2 组比较,# $P<0.05$ 。

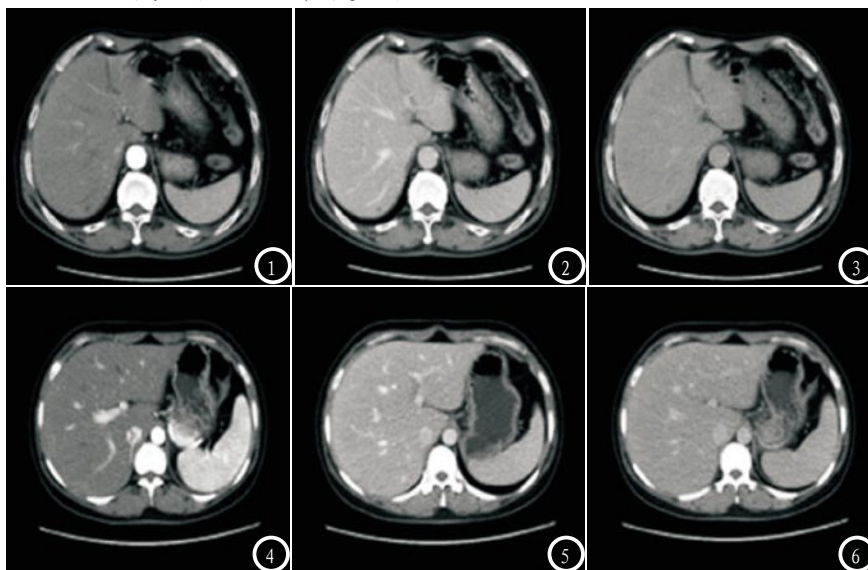


图1-3 同一患者的肝脏CT增强扫描图像,男,63岁,NI=11,图1、图2、图3分别示动脉期、静脉期、延迟期图像,图像质量评分分别为4分、5分、5分;图4-6 为同一患者的肝脏CT增强扫描图像,女,59岁,NI=15。图4、图5、图6 分别示动脉期、静脉期、延迟期图像,图像质量评分分别为4分、4分、5分。

降趋势, N_3 组CTDIvol、DLP低于 N_1 组, N_4 组CTDIvol、DLP低于 N_2 组, N_1 组ED高于 N_2 组、 N_3 组、 N_4 组($P<0.05$), N_2 组、 N_3 组、 N_4 组的ED分别较 N_1 组下降25.39%、28.04%、30.53%, N_2 组、 N_3 组、 N_4 组的ED比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表4。

2.4 典型病例 见图1-6。

3 讨论

肝脏疾病的首要检查方法是CT增强扫描,而如何在满足诊断要求前提下降低CT辐射剂量为研究热点,优化扫描参数如管电压、管电流虽然可降低辐射剂量,但仍存在一定局限性^[7]。3D Smart mA调制技术被认为是临床上降低受检者辐射剂量的重要手

段,而NI为3D Smart mA调制技术中决定影像质量与辐射剂量关系的关键参数^[8],迭代重建算法则可计算并建立一种噪声模型,并于图像中将这噪声减少或去除,改善影像质量^[9],而目前关于NI指数联合应用迭代重组算法应用于肥胖患者的最佳方案尚未统一。

成像设备、各种噪声、图像伪影等均会影响CT扫描成像质量,受检者个体因素也会对CT图像质量造成影响,在相同扫描条件下,BMI大的患者曝光不足,图像质量低,BMI过小者则过度曝光,辐射剂量增多,本次研究控制了BMI这一变量,选择BMI $>28\text{kg/m}^2$ 的肥胖患者进行观察,发现随NI增加,患者在肝脏三期CT增强扫描中图像质量评分均减

少, N₄组评分最低, N₁组评分最高, N₄组动脉期、静脉期、延迟期的图像质量评分与N₁组、N₂组、N₃组差异均有统计学意义, N₂组、N₃组动脉期图像质量评分低于N₁组, 这与索红娜等^[10]的研究结果基本相近, 因此在主观角度上, 动脉期、静脉期、延迟期NI值设定高可能不利于提高图像质量, 结合迭代重组算法可降低低密度对比度, 有助于提高病灶检出率^[11], 在实际工作中NI值设置应依据患者BMI制定个体化扫描方案, 在降低病人辐射剂量同时, 获得符合要求的图像。

肝脏是肝动脉及门静脉双重血液供应的器官, 其鉴别诊断多数需肝脏动脉期、门静脉期及延迟期三个时相的图像, 动脉期是静脉团注对比剂后25~30s, 静脉期60~70s, 延迟期100~120s, 因而肝脏CT增强需重复扫描三次, 这无疑使一次增强扫描的辐射剂量增加至平扫的三倍, 患者受辐射损伤大。本研究发现, 动脉期N₁组、N₂组信噪比、对比噪声比差异无统计学意义, 但N₁组ED高于N₂组、N₃组、N₄组, N₂组、N₃组、N₄组的ED分别较N₁组下降25.39%、28.04%、30.53%, 说明动脉期NI设定在11时所需要的剂量最高, 而将NI设定为13、15均可在满足临床诊断要求情况下减少ED。本研究也发现随NI增加, CTDIvol、DLP、ED有下降趋势, 说明增加NI有助于减少辐射剂量, 而动脉期N₂组、N₃组、N₄组的信噪比、对比噪声比逐渐下降, 而静脉期、延迟期N₄组的信噪比、对比噪声比低于N₁组、N₂组、N₃组, 其余组两两比较差异无统计学意义, 提示N₄组的降噪效果最好, 而在辐射剂量方面N₃组CTDIvol、DLP低于N₁组, N₄组CTDIvol、DLP低于N₂组, N₂组、N₃

组、N₄组的ED比较差异无统计学意义, 这与赵永霞等^[12]报道的结果基本一致, 说明N₄组可在保证较好降噪效果同时, 减少辐射剂量, 但N₄组三个时期的图像质量评分均保持在3.7分左右, 处于达临床要求的边界范围(≥3分), 也有研究^[13]认为降噪水平较高的重组设置会导致图像出现“塑料感”或“蜡状”图像失真感, 降噪程度越严重, 图像失真越明显, 因此对于BMI大的肥胖患者, NI值的设置不宜过高, 以防图像质量受损, 因而本研究仍建议在静脉期及延迟期将NI=15作为肥胖患者肝脏CT增强扫描的最佳方案。本研究也发现, 在动脉期、静脉期、延迟期相同NI时, 获得静脉期与延迟期的信噪比、对比噪声比要高于动脉期, 这可能与肝实质的血供特点及不同扫描期肝实质强化程度有关^[14], 这提示在进行肝脏CT增强扫描时, 可将静脉期与延迟期NI值设定高于动脉期, 以求在图像质量不影响临床诊断情况下, 减少静脉期及延迟期辐射剂量, 因此本研究建议在动脉期设定NI为13, 静脉期与延迟期设定NI为15。

综上所述, 对肝脏增强CT扫描的肥胖患者, 设定合适NI指数联合迭代重建算法制定扫描方案, 有助于获得满足临床要求的图像, 其中动脉期NI设定为13, 静脉期及延迟期NI设定为15可作为最佳方案。

参考文献

- [1] Xu Y, He W, Chen H, et al. Impact of the adaptive statistical iterative reconstruction technique on image quality in ultra-low-dose CT[J]. Clinical Radiology, 2013, 68(9): 902-908.
- [2] Fletcher JG, Krueger WR, Hough DM, et al. Pilot study of

detection, radiologist confidence and image quality with sonogram affirmed iterative reconstruction at half-routine dose level[J]. J Comput Assist Tomogr, 2013, 37(2): 203-211.

- [3] 赵永霞, 左紫薇, 吴艳民, 等. 低管电压联合不同噪声指数和低浓度对比剂对肺动脉CT成像质量和辐射剂量的影响[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(6): 451-455.
- [4] 潘丹, 陈鑫, 姜彦, 等. 迭代模型重组设置对不同辐射剂量下肝脏增强CT图像噪声及质量的影响[J]. 中华放射学杂志, 2015, 49(3): 173-178.
- [5] May MS, Wüst W, Brand M, et al. Dose reduction in abdominal computed tomography: intra individual comparison of image quality of full-dose standard and half-dose iterative reconstructions with dual-source computed tomography[J]. Invest Radiol, 2011, 46(7): 465-470.
- [6] Kaira MK, Prasad S, Saini S, et al. Clinical comparison of standard-dose and 50% reduced-dose abdominal CT: effect on image quality[J]. AJR Am J Roentgenol, 2002, 179(5): 1101-1106.
- [7] 张珍, 易孝纯, 韩萍, 等. IRIS算法在低剂量肝脏增强CT扫描中的可行性研究[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34(1): 123-127.
- [8] 赵英明, 邓克学, 韦炜, 等. 迭代算法对腹部CT图像影响及降低剂量的研究[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2014, 20(5): 407-411.
- [9] 牟东景, 周刚. 双低剂量联合迭代重建算法在头颈部CTA检查中的应用研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(12): 19-21, 25.
- [10] 索红娜. 不同噪声指数联合迭代重建算法在不同体重指数肝脏CT增强扫描中影像质量和辐射剂量的比较研究[D]. 河北大学, 2017.
- [11] Töre HG, Entezari P, Chalian H, et al. Optimization of reduced-dose MDCT of thoracic aorta using iterative reconstruction[J]. J Comput Assist Tomogr, 2014, 38(1): 72-76.
- [12] 赵永霞, 索红娜, 左紫薇, 等. 不同噪声指数联合迭代重组算法对不同体质量指数患者行肝脏CT增强扫描的图像质量和辐射剂量的影响[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(1): 58-63.
- [13] 潘丹, 姜彦, 陈鑫, 等. 迭代模型重建技术不同辐射剂量对肝脏CT增强扫描图像质量的影响[J]. 中国医学影像学杂志, 2015, 23(1): 10-13, 18.
- [14] 张连宇, 赵心明, 胡龙宾, 等. 自适应统计迭代重组算法提高肿瘤患者腹部增强CT图像质量的研究[J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(6): 975-978.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2018-12-15