

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.003008

80 kV 结合前后置全模型实时迭代重建技术在腹部 CT 增强检查中的运用

孙明娟, 刘四斌, 胡玖益

(长江大学第二临床医学院放射科, 荆州 434020)

【摘要】目的:探讨 80 kV 管电压联合全模型实时迭代重建技术(adaptive statistical iterative reconstruction-V, ASiR-V)在腹部计算机断层扫描(computer tomography, CT)增强检查的最佳组合。**方法:**收集体质指数(body mass index, BMI) $\leq 24.9 \text{ kg/m}^2$ 的正常或偏瘦患者进行腹部 CT 增强检查,随机分为常规组和低剂量组,每组 40 例。常规组 120 kV 管电压,采用前置 0% ASiR-V 进行扫描,扫描后分别采用滤波反投影重建(filtered back projection, FBP)和 20%、40%、60%后置 ASiR-V 两种方式进行图像重建;低剂量组 80 kV 管电压,动脉期、门脉期和延迟期分别采用前置 20% ASiR-V 联合后置 20%、40%、60%、80% ASiR-V,前置 40% ASiR-V 联合后置 40%、60%、80% ASiR-V,前置 60% ASiR-V 联合后置 60%、80% ASiR-V 进行图像重建。对比 2 组图像 CT 值、对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR)、图像噪声客观评分以及主观图像质量评分,并记录辐射剂量指标。**结果:**2 组图像 CT 值差异有统计学意义($P < 0.05$)。2 组图像低剂量组除 A20、A40、V40、D60 CNR 与常规组差异无统计学意义($P > 0.05$)外,其余低剂量组图像 CNR 值均高于常规组。2 组图像噪声低剂量组除 A60、V60、V80 与常规组差异无统计学意义($P > 0.05$)外,其余低剂量组图像噪声均高于常规组。除后置 80% ASiR-V 重建图像质量差,其余图像主观评分均大于 3 分,满足诊断。低剂量组动脉期、门脉期、延迟期相比常规组有效剂量(effective dose, ED)分别下降 66.81%、67.24%、70.61%。**结论:**对于 BMI $\leq 24.9 \text{ kg/m}^2$ 的正常或偏瘦患者,采用 80 kV 管电压结合前置 40% 叠加后置 60% ASiR-V 图像重建,能够在降低辐射剂量的条件下,获得满足影像诊断的图像,实现个体化扫描原则。

【关键词】迭代重建;腹部;低管电压;辐射剂量

【中图分类号】R814.42

【文献标志码】A

【收稿日期】2021-09-06

Application of 80 kV combination of pre-and post-adaptive statistical iterative reconstruction-V in abdominal CT enhancement examination

Sun Mingjuan, Liu Sibin, Hu Jiuyi

(Department of Radiology, The Second Clinical Medical College of Yangtze University)

【Abstract】Objective: To explore the best combination of adaptive statistical iterative reconstruction-V (ASiR-V) for abdominal computer tomography (CT) enhancement under 80 kV tube voltage. **Methods:** The data of normal or thin patients with body mass index (BMI) $\leq 24.9 \text{ kg/m}^2$ who took enhanced abdominal CT examination were collected, and they were randomly divided into control group and low-dose group, each with 40 cases. The 120 kV tube voltage of the control group was scanned with the 0% pre-ASiR-V, and after the scanning, filtered back projection (FBP) and 20%, 40% and 60% post-ASiR-V were used for image reconstruction. In the low-dose group, 80 kV tube voltage, arterial phase, venous phase and delayed phase were respectively used with 20% pre-ASiR-V combined with 20%, 40%, 60% and 80% post-ASiR-V, 40% pre-ASiR-V combined with 40%, 60% and 80% post-ASiR-V and 60% pre-ASiR-V combined with 60% and 80% post-ASiR-V for image reconstruction. The CT values, contrast to noise ratio (CNR), image noise objective score and subjective image parameters of the two sets of images were compared, and the radiation dose index was recorded. **Results:** There were statistically significant differences in CT values between the two groups of images ($P < 0.05$). There was no statistically significant difference except for A20, A40, V40, D60 CNR between the low-dose group and the control group ($P > 0.05$), and the CNR values of the remaining images of low-dose group were higher than those of the control group. There was no sig-

nificant difference between the two groups of image noise except for A60, V60 and V80 ($P > 0.05$), and the image noise of the other low-dose groups was higher than that of the control group. Except for the 80% post-ASiR-V, the image quality was poor, and the subjective scores of the other two groups of images

作者介绍: 孙明娟, Email: 1048580167@qq.com,

研究方向: 腹部低剂量扫描。

通信作者: 刘四斌, Email: Liusibq159@qq.com。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20220412.1103.002.html>

(2022-04-13)

were all greater than 3 points, which meet the diagnosis. Compared with the control group, the effective dose (ED) of the low-dose group in the arterial phase, venous phase and delayed phase decreased by 66.81%, 67.24% and 70.61%, respectively. **Conclusion:** For normal or thin patients with BMI ≤ 24.9 kg/m², using 80kV tube voltage combined 40% pre-ASiR-V with 60% post-ASiR-V can obtain images meeting the needs of imaging diagnosis under the condition of reducing the radiation dose, and realize the principle of individualized scanning.

[Key words] iterative reconstruction; abdomen; low tube voltage; radiation dose

伴随计算机断层扫描(computer tomography, CT)应用普及, 扫描导致的癌症风险已引起重视^[1]。腹部增强扫描因其多期相, 辐射剂量相对增加。如何降低剂量已引起关注。有学者研究发现, 改变管电压、管电流等扫描参数降低剂量的方法可以用于临床, 但噪声增加, 图像质量降低^[2-3]。迭代重建技术的发展, 使低剂量与图像质量共存得以实现。全模型实时迭代重建技术(adaptive statistical iterative reconstruction-V, ASiR-V)通过设置前置 ASiR-V 百分比降低辐射剂量, 同时其后置 ASiR-V 重建图像降低图像噪声, 使图像质量满足诊断^[4-7]。常规 CT 辐射剂量大, 根据放射防护低剂量使用原则, 在满足临床诊断前提下, 剂量越低越好。目前国内外根据不同个体选择合适扫描参数研究较少, 个体化扫描对儿童或高体质指数(body mass index, BMI)扫描进行研究, 较少有中小体型患者的研究^[8-10]。因此, 本文选择 BMI ≤ 24.9 kg/m² 的正常或偏瘦患者进行扫描, 探究 80 kV 管电压下最佳前、后置 ASiR-V 百分比组合, 试图在低管电压基础上进一步降低剂量并满足图像质量要求。

1 材料与方法

1.1 研究对象

前瞻性搜集 2021 年 1 月至 2021 年 6 月于长江大学第二临床医学院接受上腹部 CT 的患者 80 例, 随机分为常规组、低剂量组, 每组 40 例。纳入标准: BMI ≤ 24.9 kg/m² 的正常或偏瘦患者。排除标准: 严重心、肾功能障碍者; 碘剂过敏者; 运动或扫描范围内金属伪影较重、影响诊断者。本研究通过长江大学第二临床医学院伦理委员会批准, 所有患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

采用 GE Revolution CT 扫描仪, 扫描范围设置膈肌上缘至髂嵴水平, 对比剂为碘佛醇(350 mgI/mL), 总量 1.5 mL/kg, 注射对比剂后追加注射 30 mL 生理盐水。经肘正中静脉注射

对比剂, 高压注射器速度 3.0 mL/s。开始注射后, 设置主动脉触发阈值 150 HU, 感兴趣区(region of interest, ROI)达到预置即刻触发扫描动脉期, 30 s 行门脉期扫描, 120 s 行延迟期扫描。常规组 120 kV 管电压, 设置前置 0% ASiR-V 进行扫描, 低剂量组 80 kV 管电压, 动脉期、门脉期、延迟期分别设置前置 20%、40%、60% ASiR-V 进行扫描。其余扫描参数一致: 自动管电流(200~600 mA), 噪声指数(noise index, NI)设备默认值 6.3, 探测器宽度 80 mm, 转速 0.5 s/圈, 螺距 0.992:1, 扫描层厚及层间距均为 5 mm。

1.3 图像分析

1.3.1 图像重建 图像重建层厚、层间距均为 1.25 mm。常规组扫描后动脉期、门脉期、延迟期图像采用滤波反投影重建技术(filtered back projection, FBP)重建图像(CA0、CV0、CD0 图像); 采用后置 ASiR-V 重建图像, 动脉期、门脉期、延迟期根据低剂量组各期相前置 ASiR-V 分别选取相同程度后置 ASiR-V 重建, 即动脉期后置 20% ASiR-V、门脉期后置 40% ASiR-V、延迟期后置 60% ASiR-V 进行图像重建(CA20、CV40、CD60 图像); 低剂量组动脉期采用前置 20% ASiR-V 联合后置 20%、40%、60%、80% ASiR-V 重建图像(A20、A40、A60、A80 图像); 门脉期采用前置 40% ASiR-V 联合后置 40%、60%、80% ASiR-V 重建图像(V40、V60、V80 图像); 延迟期采用前置 60% ASiR-V 联合后置 60%、80% ASiR-V 重建图像(D60、D80 图像)。

1.3.2 客观评价 使用 GE AW4.7 工作站, ROI 置于肝门层面肝脏、胰腺、脾脏、背部肌肉、血管(动脉期为腹主动脉、门脉期为门静脉、延迟期为下腔静脉)内, 记录各组图像组织 CT 值, 并测量前腹壁皮下脂肪 CT 值的标准差(standard deviation, SD)作为图像噪声值。ROI 测量面积 15~40 mm², 避开病灶区域及血管。ROI 置于上下连续 3 个相同位置相邻层面测量, 取平均值。计算对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR): $CNR_{\text{脏器}} = (CT_{\text{脏器}} - CT_{\text{肌肉}}) / SD_{\text{脂肪}}^{[11]}$ 。

1.3.3 主观评价 由 2 名高年资放射科医师采用双盲法对图像进行质量评分, 意见不一致时, 共同复阅决定。主观打分标准参考文献所述 5 分法^[9], 具体细节如下: 1 分, 解剖细节较差, 有非常明显噪声, 图像质量整体差, 影响诊断; 2 分, 解剖细节模糊, 有明显噪声, 图像质量整体较差, 影响诊断; 3 分, 解剖细节可看, 有噪声但可以接受, 图像质量中等, 勉强

诊断;4分,解剖细节欠清晰,噪声稍多,图像质量整体良好,有信心诊断;5分,解剖细节清晰,噪声少,图像质量整体优秀,有十足信心诊断。

1.4 辐射剂量

分别记录各个期相图像 CT 剂量容积指数(CT dose index volume,CTDI)、剂量长度乘积(dose length product,DLP),并计算有效剂量(effective dose,ED),计算公式:ED=DLP $\times$ k,k表示组织权重因子,腹部加权系数 0.015 mSv/mGy。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计分析软件进行数据处理。计量资料采用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,年龄、BMI 基本信息及 DLP、ED 比较采用独立样本 *t* 检验,2 组间 CT 值、CTDI 比较采用独立样本 Mann-Whitney *U* 检验,CNR、SD 比较,服从正态分布选择单因素 ANOVA 检验,组内两两比较方差齐用 LSD-*t* 检验,不服从正态分布选择独立样本 Kruskal-Wallis 检验,组内两两比较采用 Kruskal-Wallis 单因素 ANOVA 检验。用 Kappa 检验评估 2 名医师主观评分是否一致。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本信息

常规组男 21 例,女 19 例,平均年龄(55.67 ± 12.03)岁,BMI 为 16.61~24.80 kg/m²,平均值为(22.17 ± 1.62) kg/m²;低剂量组男 18 例,女 22 例,平均年龄(57.5 ± 11.31)岁,BMI 为 17.58~24.03 kg/m²,平均值为(21.13 ± 1.81) kg/m²。2 组年龄、BMI 基本信息比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.2 客观评价

低剂量组各期图像组织 CT 值均高于相同期相常规组,差异有统计学意义($P<0.05$)(表 1)。CNR 比较:与常规组比较,低剂量组 A20、A40、V40、D60 图像内各组织 CNR 值差异无统计学意义($P>0.05$),其余低剂量组 CNR 值均高于相同位置常规组图像(表 2~表 4)。SD 值比较:A60 与 CA20、V60、V80 与 CV40 与图像噪声值比较,差异无统计学意义($P>0.05$);其余 2 组图像噪声比较,低剂量组噪声值均高于常规组,低剂量组内比较噪声值随后置 ASiR-V 程度(20%~80%)增加而逐渐降低(表 2~表 4)。

表 1 低剂量组与常规组 CT 值比较($\bar{x}\pm s$)

扫描时期	肝脏	胰腺	脾脏	血管
低剂量组动脉期	74.14 $\pm$ 11.67	111.93 $\pm$ 21.11	128.42 $\pm$ 29.47	453.22 $\pm$ 88.44
常规组动脉期	68.57 $\pm$ 5.19	100.54 $\pm$ 21.11	112.19 $\pm$ 18.98	310.73 $\pm$ 37.75
Z 值	-4.282	-4.921	-3.774	-11.479
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000
低剂量组门脉期	150.23 $\pm$ 17.83	133.77 $\pm$ 15.68	174.64 $\pm$ 22.42	260.93 $\pm$ 37.54
常规组门脉期	113.59 $\pm$ 11.23	95.27 $\pm$ 11.01	123.67 $\pm$ 10.63	163.55 $\pm$ 20.98
Z 值	-10.616	-11.488	-11.839	-11.579
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000
低剂量组延迟期	114.60 $\pm$ 13.13	97.44 $\pm$ 11.70	119.00 $\pm$ 12.21	144.13 $\pm$ 19.24
常规组延迟期	91.08 $\pm$ 7.17	76.27 $\pm$ 9.21	90.31 $\pm$ 7.55	100.86 $\pm$ 12.57
Z 值	-9.815	-9.453	-10.683	-10.369
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000

表 2 低剂量组与常规组动脉期图像 CNR 及 SD 值比较($\bar{x}\pm s$)

组别	肝脏 CNR	胰腺 CNR	脾脏 CNR	腹主动脉 CNR	SD/HU
低剂量组					
A20	0.54 $\pm$ 0.82	2.86 $\pm$ 1.53	3.72 $\pm$ 1.94	21.95 $\pm$ 6.77	18.58 $\pm$ 3.26 ^a
A40	0.66 $\pm$ 0.96	3.50 $\pm$ 1.86	4.54 $\pm$ 2.33	26.50 $\pm$ 8.92	15.39 $\pm$ 2.99 ^a
A60	0.85 $\pm$ 1.17	4.45 $\pm$ 2.41	5.74 $\pm$ 2.86	33.90 $\pm$ 11.82 ^a	12.37 $\pm$ 2.94
A80	1.24 $\pm$ 1.57 ^a	6.45 $\pm$ 3.82 ^a	8.17 $\pm$ 4.32 ^a	48.59 $\pm$ 20.66 ^a	9.32 $\pm$ 3.48
F 值	19.558	14.992	16.651	31.442	88.051
P 值	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
常规组					
CA0	0.64 $\pm$ 0.79	3.20 $\pm$ 1.41	4.28 $\pm$ 2.18	19.53 $\pm$ 6.25	13.67 $\pm$ 3.20 ^a
CA20	0.74 $\pm$ 0.90	3.70 $\pm$ 1.78	4.93 $\pm$ 2.37	22.96 $\pm$ 7.17	11.66 $\pm$ 2.86
t 值	-0.168	-1.380	-1.264	-2.279	2.961
P 值	0.866	0.171	0.210	0.025	0.004

注:a,与常规组 CA20 比较, $P<0.05$

表 3 低剂量组与常规组门脉期图像 CNR 及 SD 值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	肝脏 CNR	胰腺 CNR	脾脏 CNR	门脉 CNR	SD/HU
低剂量组					
V40	4.92 ± 1.75	3.88 ± 1.38	6.48 ± 2.27	11.98 ± 3.93	16.65 ± 4.03 ^a
V60	6.72 ± 2.58 ^a	5.32 ± 2.08 ^a	8.85 ± 3.32 ^a	16.44 ± 5.97 ^a	12.63 ± 4.19
V80	8.47 ± 3.60 ^a	6.74 ± 2.90 ^a	11.20 ± 4.82 ^a	20.76 ± 8.66 ^a	10.50 ± 4.39
<i>F</i> 值	25.206	16.784	16.946	18.318	36.866
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
常规组					
CA0	3.47 ± 1.15 ^a	2.15 ± 0.98 ^a	4.16 ± 1.14 ^a	7.00 ± 1.88 ^a	14.50 ± 2.86 ^a
CA40	4.99 ± 1.80	3.02 ± 1.38	5.96 ± 1.83	10.02 ± 3.12	10.36 ± 2.66
<i>t</i> 值	-4.013	-3.271	-5.268	-5.240	6.705
<i>P</i> 值	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000

注:a,与常规组 CV40 比较, $P < 0.05$

表 4 低剂量组与常规组延迟期图像 CNR 及 SD 值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	肝脏 CNR	胰腺 CNR	脾脏 CNR	下腔静脉 CNR	SD/HU
低剂量组					
D60	3.42 ± 1.74	1.88 ± 1.22	3.77 ± 1.71	5.73 ± 1.92	13.13 ± 3.71 ^a
D80	4.27 ± 2.27	2.46 ± 1.64 ^a	4.72 ± 2.32 ^a	7.16 ± 2.80 ^a	10.89 ± 3.70 ^a
<i>t</i> 值	-2.309	-1.799	-2.103	-2.444	2.713
<i>P</i> 值	0.021	0.076	0.039	0.015	0.008
常规组					
CD0	1.84 ± 0.82 ^a	0.80 ± 0.85	1.78 ± 0.81 ^a	2.59 ± 1.25 ^a	14.39 ± 3.12 ^a
CD60	3.51 ± 1.60	1.43 ± 1.62	3.44 ± 1.50	4.92 ± 2.40	8.00 ± 2.63
<i>t</i> 值	-5.033	-2.189	-6.153	-5.447	9.900
<i>P</i> 值	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000

注:a,与常规组 CD60 比较, $P < 0.05$

2.3 主观评价

2 名医师主观评分一致性很强(Kappa=0.863)。低剂量组各期图像主观评分随后置 ASiR-V 程度(20%~60%)增加而升高,主观评分均 ≥ 3 分,但 A80、V80、D80 三组图像噪声明显,主观评分小于 3 分,诊断信心不足。低剂量组与常规组图像质量评分差异无统计学意义($P > 0.05$)(图 1~图 3)。

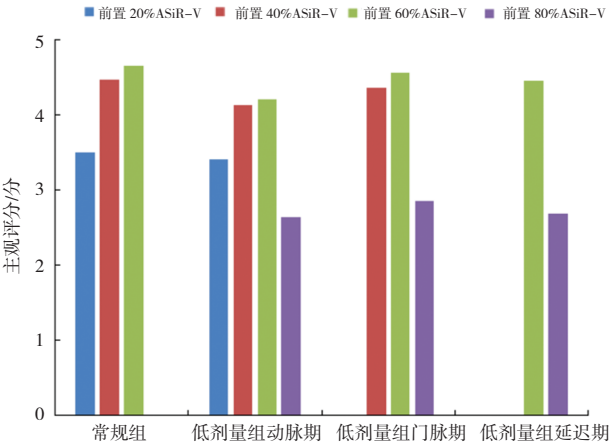


图 1 常规组低剂量组主观质量评分

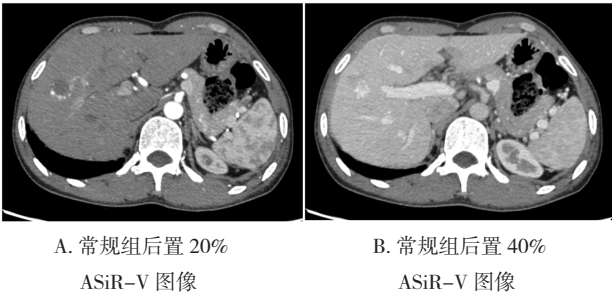


图 2 常规组动脉期、门脉期处理图像

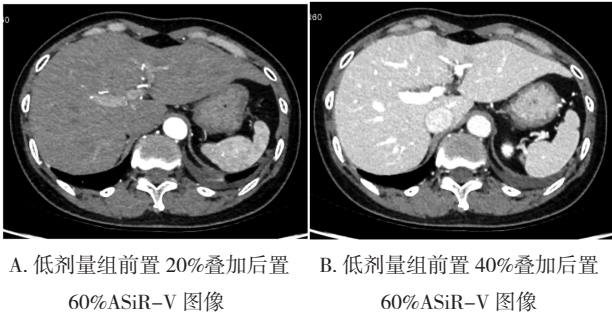


图 3 低剂量组动脉期、门脉期处理图像

表 5 低剂量组与常规组辐射剂量比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	CTDI/mGy			DLP/(mGy·cm)			ED/mSv		
	动脉期	门脉期	延迟期	动脉期	门脉期	延迟期	动脉期	门脉期	延迟期
低剂量组	6.45 ± 0.01	6.36 ± 0.37	5.70 ± 0.70	204.27 ± 11.83	201.33 ± 16.24	180.66 ± 24.95	3.06 ± 0.18	3.02 ± 0.24	2.71 ± 0.37
常规组	19.80 ± 1.10	19.80 ± 1.10	19.80 ± 1.11	614.42 ± 54.58	614.52 ± 54.43	614.52 ± 54.61	9.22 ± 0.82	9.22 ± 0.82	9.22 ± 0.82
Z 值	-8.208	-8.170	-7.751	-46.451	-46.010	-45.702	-46.451	-46.010	-45.702
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.4 辐射剂量

增强各期低剂量组 CTDI、DLP 和 ED 均小于常规组,差异有统计学意义($P < 0.05$),低剂量组动脉期、门脉期、延迟期比常规组 ED 分别降低 66.81%、67.24%、70.61%。ED 随前置 ASiR-V 百分比增加而降低,低剂量组内比较,门脉期与延迟期 ED 降低明显(表 5)。

3 讨 论

伴随迭代重建技术的应用,目前低剂量扫描方法已从自动管电压、管电流调制技术转变为扫描参数与迭代重建算法联合应用降低辐射剂量^[12-13]。以低剂量扫描与图像质量共存为目的的探索已广泛开展。

3.1 客观评价分析

根据个性化扫描原则,对于不同 BMI 扫描选择不同管电压。国际定义成人 BMI 的正常范围为 18.5~24.9 kg/m²,18.5 kg/m² 以下为消瘦^[14]。Guimares LS 等^[14]研究显示使用 80 kV 进行腹部扫描时,应严格控制患者体型大小,对于体积较大患者,使用较低的 X 线能量扫描,增加的噪声和射束硬化伪影可能会产生临床医师难以接受的图像。因此本研究选择 BMI ≤ 24.9 kg/m² 的正常或偏瘦患者。多数研究均显示降低管电压,脏器 CT 值增加,与本研究结果一致^[15],原因可能是 80 kV 管电压导致碘对比剂衰减增加,其激发的 X 线能量更接近碘原子 K 层能级。本研究虽然降低管电压,但图像 CNR 均高于或与常规扫描一致,原因可能是后置迭代重建技术降低图像噪声和低管电压使各组织对比度增加所致,因此图像对比度仍满足诊断要求。

3.2 迭代重建分析

ASiR-V 通过设置不同水平的前置 ASiR-V 改变管电流,降低辐射剂量,设置后置 ASiR-V 百分比降低图像噪声,提高图像质量,因此本文联合应用前、后置 ASiR-V 技术。Zhu Z 等^[16]研究发现同时使用前置和后置 ASiR-V 可以减少剂量,但只有当后

置 ASiR-V 高于或等于预设 ASiR-V 百分比时,才能改善图像质量。因此本研究低剂量组各期后置 ASiR-V 百分比均在前置 ASiR-V 百分比基础上叠加使用。

在管电压及前置 ASiR-V 百分比相同条件下比较各组噪声,图像噪声随后置 ASiR-V 百分比增加而降低,本研究结果显示图像质量以 60%后置 ASiR-V 质量较好,可以获得满足诊断的图像,与 Euler A 等^[17]的研究结果一致。与其他研究不同,本研究后置 80%ASiR-V 影像主观评分 3 分以下,可能是本研究低剂量组虽然使用 80%后置 ASiR-V 进行图像重建,降低图像噪声,CNR 客观评分增加,但导致图像纹理过度平滑,图像出现“蜡状”伪影,使主观评分降低,诊断医师难以接受。

3.3 辐射剂量分析

多数研究显示与调节管电流相比,改变管电压剂量降低更明显^[18],因此本研究选择降低管电压降低辐射剂量。唐坤等^[19]的研究显示,腹部扫描管电压从 120 kV 降至 80 kV,辐射剂量降 42.23%,Nakaura T 等^[20]的研究显示,与 120 kV 相比,80 kV 管电压在肝动脉期和门静脉期的有效辐射剂量分别降低 51%和 48%。这些国内外研究均表明低管电压腹部扫描辐射剂量均降低。本研究在低管电压的基础上叠加使用前置 ASiR-V 技术,与单独降低管电压方法比较,提前设置 ASiR-V 百分比,辐射剂量进一步降低。低剂量组各期剂量前置 20%、40%、60%ASiR-V 辐射剂量分别降低 66.81%、67.24%、70.61%。

3.4 总结与不足

本研究低剂量组 A60 与常规组 CA20、低剂量组 V60 与常规组 CV40 图像噪声比较无统计学意义($P > 0.05$),低剂量组 CNR 值比较无差别或高于常规组,且主观评分 3 分以上,可以满足诊断要求。因此推荐临床对于 BMI ≤ 24.9 kg/m² 的正常或偏瘦患者使用 80 kV 管电压联合前置 40%ASiR-V 后置 60%ASiR-V 重建进行腹部增强扫描。

本研究仅对腹部增强扫描参数进行研究,未加入患者腹部平扫参数。另外,未纳入 BMI>24.9 kg/m² 的肥胖体型患者,期待进一步对腹部增强 CT 参数进行个体化探索。

参 考 文 献

- [1] Kritsaneepaiboon S, Jutiyon A, Krisanachinda A. Cumulative radiation exposure and estimated lifetime cancer risk in multiple-injury adult patients undergoing repeated or multiple CTs[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2018, 44(1): 19–27.
- [2] Ameli R, Eker O, Sigovan M, et al. Multifocal arterial wall contrast-enhancement in ischemic stroke: a mirror of systemic inflammatory response in acute stroke[J]. *Rev Neurol (Paris)*, 2020, 176(3): 194–199.
- [3] Hardy AJ, Angel E, Bostani M, et al. Estimating fetal dose from tube current-modulated(TCM) and fixed tube current(FTC) abdominal/pelvis CT examinations[J]. *Med Phys*, 2019, 46(6): 2729–2743.
- [4] Lee NK, Kim S, Hong SB, et al. Low-dose CT with the adaptive statistical iterative reconstruction V technique in abdominal organ injury: comparison with routine-dose CT with filtered back projection[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 213(3): 659–666.
- [5] Chen LH, Jin C, Li JY, et al. Image quality comparison of two adaptive statistical iterative reconstruction (ASiR, ASiR-V) algorithms and filtered back projection in routine liver CT[J]. *Br J Radiol*, 2018, 91(1088): 20170655.
- [6] Ren ZL, Zhang XR, Hu ZJ, et al. Reducing radiation dose and improving image quality in CT portal venography using 80 kV and adaptive statistical iterative reconstruction-V in slender patients[J]. *Acad Radiol*, 2020, 27(2): 233–243.
- [7] Wang HX, Lü PJ, Yue SW, et al. Combined use of wide-detector and adaptive statistical iterative reconstruction-V technique in abdominal CT with low radiation dose[J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2017, 97(45): 3567–3572.
- [8] Nagayama Y, Oda S, Nakaura T, et al. Radiation dose reduction at pediatric CT: use of low tube voltage and iterative reconstruction-erratum [J]. *Radiographics*, 2019, 39(3): 912.
- [9] Khawaja RD, Singh S, Otrakji A, et al. Dose reduction in pediatric abdominal CT: use of iterative reconstruction techniques across different CT platforms[J]. *Pediatr Radiol*, 2015, 45(7): 1046–1055.
- [10] 秦维昌, 刘传亚, 亓恒涛. 重视医用 X 线检查低剂量成像方法学的研究[J]. *中华放射学杂志*, 2008, 42(10): 1013–1014.
- [11] Jiang J, Zhang MW, Ji Y, et al. An individualized contrast-enhanced liver computed tomography imaging protocol based on body mass index in 126 patients seen for liver cirrhosis[J]. *Med Sci Monit*, 2021, 27: e932109.
- [12] Li M, Feng SC, Wu N, et al. Scout-based automated tube potential selection technique(kV Assist) in enhanced chest computed tomography: effects on radiation exposure and image quality[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2017, 41(3): 442–445.
- [13] O'Hara L, Foley SJ. Iterative reconstruction and automatic tube voltage selection reduce clinical CT radiation doses and image noise[J]. *Radiography (Lond)*, 2018, 24(1): 28–32.
- [14] Guimares LS, Fletcher J, Harmsen W, et al. Appropriate patient selection at abdominal dual-energy CT using 80 kV: relationship between patient size, image noise, and image quality[J]. *Radiology*, 2010, 257(3): 732–742.
- [15] Miyoshi K, Onoda H, Tanabe M, et al. Image quality in dual-source multiphasic dynamic computed tomography of the abdomen: evaluating the effects of a low tube voltage(70 kVp) in combination with contrast dose reduction[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2020, 45(11): 3755–3762.
- [16] Zhu Z, Zhao YF, Zhao XM, et al. Impact of preset and postset adaptive statistical iterative reconstruction-V on image quality in nonenhanced abdominal-pelvic CT on wide-detector revolution CT[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2021, 11(1): 264–275.
- [17] Euler A, Stieltjes B, Szucs-Farkas Z, et al. Impact of model-based iterative reconstruction on low-contrast lesion detection and image quality in abdominal CT: a 12-reader-based comparative phantom study with filtered back projection at different tube voltages[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(12): 5252–5259.
- [18] Papadakis AE, Damilakis J. Automatic tube current modulation and tube voltage selection in pediatric computed tomography: a phantom study on radiation dose and image quality[J]. *Invest Radiol*, 2019, 54(5): 265–272.
- [19] 唐 坤, 曹国全, 李 瑞, 等. 低管电压腹部 CT 扫描对图像质量及辐射剂量影响的体模实验[J]. *中国医学影像技术*, 2012, 28(4): 800–804.
- [20] Nakaura T, Nakamura S, Maruyama N, et al. Low contrast agent and radiation dose protocol for hepatic dynamic CT of thin adults at 256-detector row CT: effect of low tube voltage and hybrid iterative reconstruction algorithm on image quality[J]. *Radiology*, 2012, 264(2): 445–454.

(责任编辑:唐秋姗)