

腹部 CT 血管成像

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002096

评估 80 kVp 结合 ASIR-V 腹部 CT 血管成像:图像质量、辐射剂量及碘摄入量研究

魏巍,刘义军,刘爱连,刘静红,袁刚,方鑫

(大连医科大学附属第一医院放射科,大连 116011)

【摘要】目的:探讨应用 80 kVp 行腹部 CT 血管成像(CT angiography, CTA)扫描对辐射剂量、碘摄入量及图像质量的影响。**方法:**应用 GE Revolution CT 对 49 例($20 \leq \text{BMI} \leq 23$)病人行全腹部 CTA 检查,按管电压分为 2 组,A 组 27 例,采用 80 kVp、50%ASIR-V、自动 mA、NI 采用设备推荐值、层厚 1.25 mm、HD 扫描模式、Std 重建、探测器宽度 80 mm、扫描时间 0.5 s;B 组 22 例,采用 120 kVp、余参数同 A 组。对比剂注射方案:A、B 2 组均采用碘海醇(350 mgI/mL)对比剂。A 组为 300 mgI/kg,流速 4 mL/s, B 组为 500 mgI/kg,流速 5 mL/s。采用自动跟踪触发,阈值为 220 HU。分别测量 A、B 两组的腹主动脉、腹腔干、肝总动脉、脾动脉、肠系膜上动脉及同层面竖脊肌的 CT 值和 SD 值的均值;评价图像[容积再现(volume rendering, VR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)]质量。计算腹主动脉的 CNR、SNR;统计两组的 CTDIvol、DLP 及碘摄入量。采用 SPSS 软件进行统计学分析。**结果:**A、B 2 组腹部 CTA 图像评分为(4.58 ± 0.51)分、(4.32 ± 0.58)分,无统计学差异($P > 0.05$), κ 值分别为 0.915、0.946;A、B 两组腹主动脉 CT 值分别为(584.09 ± 63.54) HU、(407.89 ± 60.78) HU,肝总动脉 CT 值为(503.22 ± 58.72) HU、(368.57 ± 45.31) HU,脾动脉 CT 值为(486.44 ± 74.47) HU、(371.88 ± 49.55) HU,肠系膜上动脉的 CT 值为(535.23 ± 54.94) HU、(387.83 ± 55.85) HU,2 组所测动脉的 CT 值差异均有统计学意义($P < 0.05$)。A 组腹主动脉 SNR、CNR 均高于 B 组($P < 0.05$);A、B 2 组的 CTDIvol 分别为(3.34 ± 0.22) mGy、(8.78 ± 0.93) mGy,DLP 分别为(172.77 ± 13.75) mGy·cm、(438.30 ± 58.23) mGy·cm,差异均有统计学意义,A 组 CTDIvol 较 B 组降低 61.96%、DLP 降低 60.58%;A、B 组每例患者检查总碘摄入量分别为 300 mgI/kg、500 mgI/kg,A 组总碘摄入量较 B 组降低 39.67%。**结论:**应用 80 kVp 低管电压($20 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} \leq 23 \text{ kg/m}^2$)行腹部 CTA 扫描,辐射剂量、对比剂摄入量明显降低,腹主动脉及其主要分支图像 CNR 和 SNR 有较大提高。

【关键词】80 kVp;碘摄入量;ASIR-V;体质指数;腹部血管**【中图分类号】**R735.7**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2018-10-30ASIR-V and 80 kVp in abdominal CT angiography:
evaluation of image quality, radiation dose, and iodine intake

Wei Wei, Liu Yijun, Liu Ailian, Liu Jinghong, Yuan Gang, Fang Xin

(Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Dalian Medical University)

【Abstract】Objective: To examine the effects of 80 kVp on radiation dose, iodine intake, and image quality for abdominal computed tomography angiography(CTA). **Methods:** Abdominal CTA was performed in 49 patients($20 \leq \text{BMI} \leq 23$) using GE Revolution CT. The patients were divided based on tube voltage into group A($n=27$, 80 kVp) and group B($n=22$, 120 kVp). With the exception of kVp, all scanning parameters in the two groups were the same; automatic mA, 50% ASIR-V, default NI, 1.25 mm thickness, HD mode, Std reconstruction, 80 mm detector width, and 0.5 s scan time. Iohexol contrast agent(350 mgI/mL) was administered at 300 mgI/kg (4 mL/s) in group A and at 500 mgI/kg(5 mL/s) in group B, and was automatically tracked at a threshold of 220 HU. The mean CT and SD values of the abdominal aorta, abdominal trunk, common hepatic artery, splenic artery, superior mesenteric artery, and erector spinae at those levels were measured. Image quality (volume rendering and maximum intensity projection), contrast-to-

作者介绍:魏巍, Email: 593144304@qq.com,

研究方向:CT 成像技术。

通信作者:刘义军, Email: yijunliu1965@126.com。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20190529.0933.002.html>

(2019-05-29)

noise ratio(CNR) and signal-to-noise(SNR) of the abdominal artery, volume CT dose index (CTDIvol), dose-length product (DLP), and total iodine intake were determined and compared between the two groups using the SPSS software. **Results:** There

was no significant difference in the CTA image score between group A ($4.58 \pm 0.51; \kappa=0.915$) and group B ($4.32 \pm 0.58, \kappa=0.946$) ($P>0.05$). The CT values of the abdominal aorta, common hepatic artery, splenic artery, and superior mesenteric artery were significantly higher in group A (584.09 ± 63.54 HU, 503.22 ± 58.72 HU, 486.44 ± 74.47 HU, and 535.23 ± 54.94 HU, respectively) than in group B (407.89 ± 60.78 HU, 368.57 ± 45.31 HU, 371.88 ± 49.55 HU, and 387.83 ± 55.85 HU, respectively) (all $P<0.05$). The SNRs and CNRs were also significantly higher in group A than in group B (both $P<0.05$). Compared with group B, group A had significantly lower CTDIvol (3.34 ± 0.22 mGy vs. 8.78 ± 0.93 mGy; 61.96% reduction) and DLP (172.77 ± 13.75 mGy·cm vs. 438.30 ± 58.23 mGy·cm; 60.58% reduction). The total iodine intake of each patient was reduced by 39.67% in group A (300 mgI/kg) compared with group B (500 mgI/kg). **Conclusion:** Abdominal CTA at a low tube voltage of 80 kVp ($20 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} \leq 23 \text{ kg/m}^2$) significantly reduces the radiation dose and contrast agent intake in patients, and improves CNR and SNR of the abdominal aorta and its major branches.

【Key words】80 kVp; iodine intake; ASIR-V; body mass index; abdominal artery

目前 CT 血管成像 (CT angiography, CTA) 已被广泛应用于临床, 作为血管性病变的诊断及筛查, 对血管性病变的检出率与诊断准确率显著提高, 然而常规腹部 CTA 扫描所使用的辐射剂量及对比剂摄入量都偏高, 增加了受检者辐射危害和对比剂肾病的风险。研究表明^[1], 碘对比剂的摄入量与对比剂肾病有直接关系, 每增加 100 mL 对比剂剂量, 对比剂肾病的危险增加 12%, 对肾功能不全的患者, 对比剂剂量大于 125 mL 时, 对比剂肾病的发生率增加 10 倍。但降低碘对比剂的摄入量将导致血管内对比剂密度下降, 影响 CTA 图像质量。采用低管电压扫描, 在降低受检者的辐射剂量的同时, 能够提高血管的强化程度^[2]。本研究在前期工作基础上^[3], 应用 Revolution CT, 采用 80 kVp 管电压结合 50% ASIR-V 重建算法、低碘摄入量 (300 mgI/kg) 进行 CTA 成像, 探讨对 $20 \text{ kg/m}^2 \leq$ 体质指数 (body mass index, BMI) $\leq 23 \text{ kg/m}^2$ 受检者行个体化“双低”腹部 CTA 成像的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾分析 2015 年 9 月至 2016 年 12 月在我院应用 GE Revolution CT 行全腹 CTA 检查的病人 49 例 ($20 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} \leq 23 \text{ kg/m}^2$), 其中男 37 例, 女 12 例, 年龄 21~80 岁, 中位年龄 (61.31 ± 12.33) 岁。按照管电压和对比剂摄入量分为 2 组: A 组 27 例, 管电压为 80 kVp, 对比剂为 300 mgI/kg, 注射速度 4 mL/s; B 组 22 例, 管电压为 120 kVp, 对比剂为 500 mgI/kg, 注射速度 5 mL/s。纳入标准: ①无对比剂使用禁

忌证; ②既往心、肺功能正常, 无重症高血压、糖尿病病史等; ③无严重器质性病变及影响腹部血流状况的疾病。本研究经过医院伦理委员会批准, 所有患者均签署知情同意书。

1.2 检查设备与方法

1.2.1 检查前准备 受检者扫描前 3 d 禁止做胃肠钡餐造影, 禁服含重金属的药物, 无药物过敏史。检查当天空腹 6~12 h, 检查前憋尿, 扫描前服用 800~1 000 mL 温开水, 使胃肠道充盈。

1.2.2 检查技术 应用美国 GE Revolution CT 机, 采用 HD (high definition, HD) 螺旋扫描模式。A 组扫描参数为管电压为 80 kVp、探测器宽度 80 mm、50% ASIR-V 重建算法、3DmA、设备推荐的噪声指数 (noise index, NI)、球管转速 0.5 s/rot、螺距为 0.992、层厚及层间距均为 1.25 mm、扫描野 Large、Std 重建、矩阵 512×512 ; B 组扫描参数为管电压为 120 kVp, 其余参数同 A 组。扫描范围, 从膈肌上缘到耻骨联合下缘水平。使用 Ulrich 高压注射器, 经肘正中静脉注射对比剂, A 组为 300 mgI/kg, 速率为 4.0 mL/s; B 组为 500 mgI/kg, 速率为 5.0 mL/s, 对比剂注射完毕后, 再以相同速率注射生理盐水 40 mL。采用自动跟踪触发扫描模式, 监测层面为膈顶水平腹主动脉, 触发阈值为 220 HU, 对比剂注射 10 s 后开始监测, 当靶血管达到触发阈值时启动扫描, 扫描延迟时间为 5.9 s。

1.3 图像测量分析

1.3.1 图像测量 将图像数据传至 AW4.6 后处理工作站, 由 2 名影像诊断经验分别为 5 年和 7 年的医生分别对图像进行测量。感兴趣区 (region of interest, ROI) 设置在腹主动脉 (膈肌、肾动脉、腹主动脉下端 3 个层面, 取均值) 及肝总动脉、肠系膜上动脉、脾动脉的起始部, ROI 面积为相应血管横截面的 2/3。以同层面右侧竖脊肌作为背景, 测量其 CT 值及其标准差 (SD) 值, 每个部位测量 3 次, 取平均值。计算腹主动脉信噪比 (signal noise ratio, SNR) 及对比噪声比 (contrast noise ratio, CNR), 计算公式如下: $\text{SNR} = \text{腹主动脉 CT 值} / \text{竖脊}$

肌 CT 值的标准差(SD); $CNR=(\text{腹主动脉 CT 值}-\text{竖脊肌 CT 值})/\text{竖脊肌 CT 值的标准差(SD)}$ 。

1.3.2 主观评价 对 A、B 2 组图像数据进行容积再现(volume rendering, VR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)重组,由 2 名观察者分别对 2 组图像的右肾动脉进行评分^[4]。5 级评分法:5 分,肾动脉主干及 1~4 级分支清晰显示,血管边缘光滑锐利,无伪影;4 分,肾动脉主干及 1~3 级分支清晰显示,且 3 级分支 ≥ 5 支,血管边缘光滑锐利,无伪影;3 分,肾动脉主干及 1~3 级分支清晰显示,4 $\leq$ 3 级分支 < 5 支,血管边缘光滑锐利,无伪影;2 分,能够显示肾动脉主干及 1、2 级分支,2 级分支 < 4 支,无伪影;1 分,能够显示肾动脉主干及 1 级分支,血管边缘不清晰,有或无伪影。

1.4 辐射剂量及对比剂摄入量

统计 CT DIvol 和 DLP,根据有效剂量(effective dose, ED)换算公式 $ED=k \times DLP^{[5]}$ 计算有效剂量,其中转换系数 k 值为欧盟委员会成人腹部 CT 的质量标准指南 $k=0.015 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})^{[6]}$ 。统计分析 A、B 2 组对比剂摄入量,A 组:患者体质量 $\times 300 \text{ mgI/kg}$;B 组:患者体质量 $\times 500 \text{ mgI/kg}$ 。

1.5 统计学分析

使用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,采用独立样本 t 检验比较所测动脉及竖脊肌的 CT 值和 SD 值,比较腹主动脉的 SNR 和 CNR、辐射剂量、对比剂摄入量,检验水准 $\alpha=0.05$;采用 Kappa 检验分析 2 名观察者对图像主观评分的一致性, κ 值为 0.81~1.00,一致性很好;0.61~0.80,一致性较好;0.41~

0.60,一致性一般;0.21~0.40 一致性较差; < 0.2 ,一致性很差。

2 结果

2.1 患者一般资料

A、B 2 组受检者 BMI 差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

2.2 图像质量评价

2.2.1 2 组所测动脉血管 CT 值比较 比较 A、B 2 组腹主动脉、肠系膜上动脉、肝总动脉、脾动脉 CT 值,差异均有统计学意义($P<0.05$),A 组明显高于 B 组;2 组竖脊肌 CT 值差异无统计学意义($P>0.05$),见表 2。

2.2.2 2 组背景 SD 值及腹主动脉 SNR、CNR 比较 A、B 2 组竖脊肌 SD 值差异无统计学意义($P>0.05$);2 组腹主动脉的 SNR、CNR 差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。

2.2.3 腹主动脉主观评分 2 名观察者对 A、B 2 组 VR、MIP 图像的评分分别为 (4.48 ± 0.67) 分、 (4.47 ± 0.66) 分,所有图像均满足诊断需求,腹主动脉主干及分支清晰显示,血管边缘光滑锐利(图 1)。对 2 名观察者评分一致性进行 Kappa 检验,一致性很好,见表 4。

2.2.4 辐射剂量及对比剂摄入量 A、B 2 组辐射剂量结果 CT DIvol、DLP、ED 及对比剂摄入量比较结果,差异均有统计学意义($P<0.05$),A 组较 B 组有效辐射剂量降低 60.58%,碘对比摄入量降低 39.67%,见表 5。

表 1 2 组患者一般资料比较

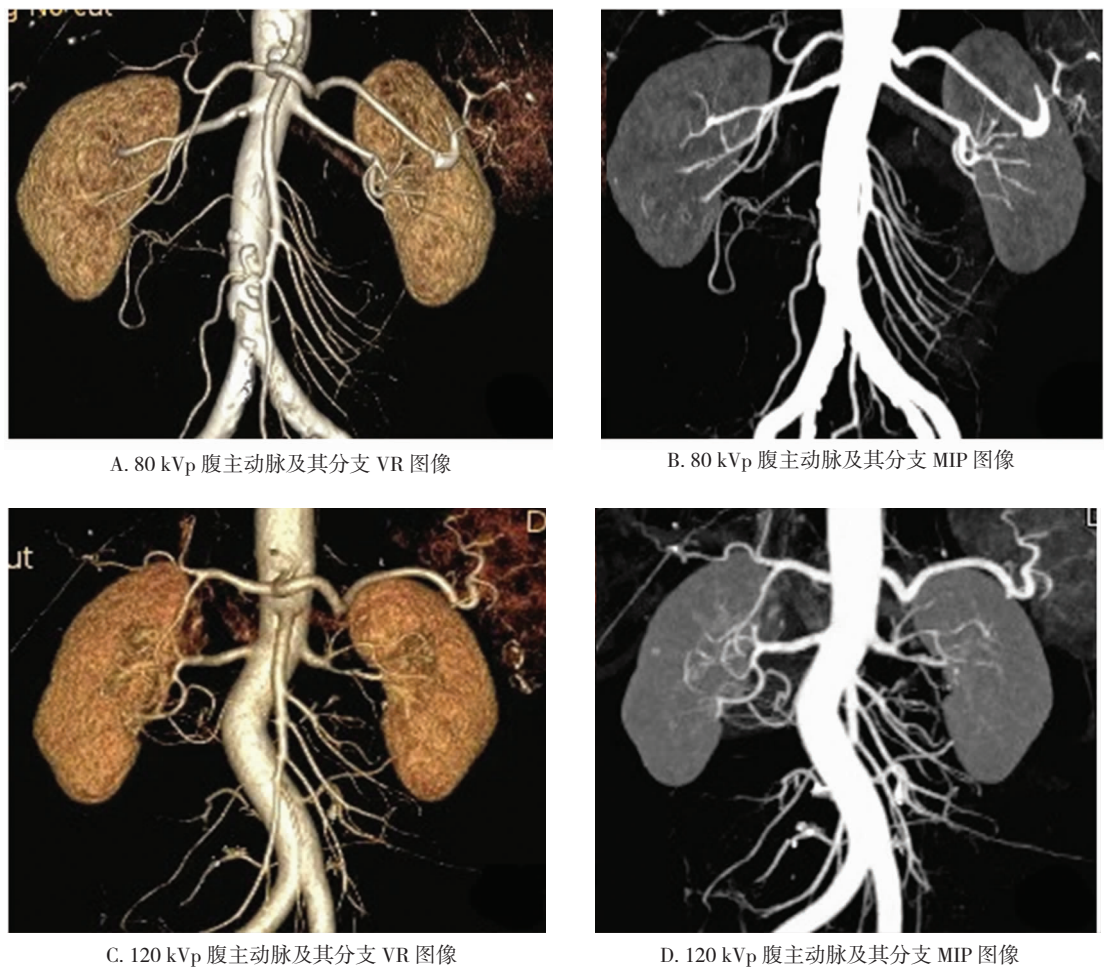
分组	例数	性别(男/女)	平均年龄	BMI (kg/m^2)
A 组	27	19/8	56.62 ± 13.92	59.59 ± 16.24
B 组	22	12/10	21.15 ± 0.68	21.22 ± 1.23
t 值			1.185	1.626
P 值			0.395	0.112

表 2 2 组动脉血管及背景 CT 值(HU)比较

分组	腹主动脉 CT 值	腹腔干 CT 值	肝总动脉 CT 值	脾动脉 CT 值	肠系上动脉 CT 值	竖脊肌 CT 值
A 组	584.09 ± 63.54	584.09 ± 63.54	503.22 ± 58.72	486.44 ± 73.47	535.23 ± 54.94	55.27 ± 4.26
B 组	407.89 ± 60.78	406.08 ± 60.41	368.57 ± 45.31	371.88 ± 49.55	387.83 ± 55.85	51.11 ± 8.09
t 值	8.734	8.850	7.913	5.634	8.201	1.980
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055

表 3 2 组背景噪声(SD)及腹主动脉的 SNR、CNR 比较

分组	竖脊肌 SD	腹主动脉 SNR	腹主动脉 CNR
A 组($n=27$)	13.45 ± 2.32	31.66 ± 4.24	40.35 ± 7.70
B 组($n=22$)	13.88 ± 1.72	25.59 ± 3.15	26.10 ± 5.53
t 值	0.652	5.006	6.550
P 值	0.518	0.000	0.000



注:4 级分支均清晰显示,图像质量 5 分

图 1 2 组腹主动脉及其分支 VR、MIP 图像对比

表 4 2 组腹主动脉图像质量评分 ($n=49$)

分组	观察者 1					观察者 2					κ 值
	1分	2分	3分	4分	5分	1分	2分	3分	4分	5分	
A ($n=27$)	0	0	3	8	16	0	0	2	10	15	0.866
B ($n=22$)	0	0	2	7	13	0	0	2	8	12	0.918

表 5 2 组 CTDIVOL、DLP、及对比剂总碘摄入量比较 ($\bar{x} \pm s$)

分组	CTDI (mGy)	DLP (mGy·cm)	ED (mSv)	对比剂 (mL)
A组 ($n=27$)	3.34 ± 0.22	172.77 ± 13.75	2.59 ± 0.21	52.75 ± 4.15
B组 ($n=22$)	8.78 ± 0.93	438.30 ± 58.23	6.57 ± 0.87	87.44 ± 9.88
t 值	-25.438	-19.395	-19.395	-14.162
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000

3 讨 论

腹部 CTA 成像临床应用广泛,可以清晰地观察到肿瘤的供血动脉,以及肿瘤对临近血管的侵犯及挤压程度,为肿瘤的手术治疗起到指导作用^[7]。然而

为了提高腹部 CTA 图像质量,常用薄层扫描,受检者的辐射剂量明显增加。同时 CTA 检查时,常采用较高的碘对比剂摄入量团注,增加了对比剂肾病的风险,如何降低辐射剂量和对比剂摄入量受到业界的高度关注。降低辐射剂量的常用方法有直接降低扫描参数(即减少 mAs,增大螺距等)及基于患者的

个体特征的曝光剂量调制技术(AEC)及增加前置 ASIR-V^[8]等。降低管电压,受检者的辐射剂量呈非线性降低,由于 X 线光子数量及能量减低,也会导致血管周围组织噪声明显增加。自适应统计迭代算法 ASIR-V 技术能够有效降低图像噪声,可以弥补这一缺点,选择合适的 ASIR-V 权重值,可使 CTA 图像质量得到保证^[9]。ASIR-V 算法较 FBP 能够显著降低图像噪声,提高图像 CNR,增加空间分辨率,进一步降低辐射剂量^[10]。本研究中对于较小体质量指数($20 \leq \text{BMI} \leq 23$)的病人的腹部 CTA,采用“双低”(80 kVp 低管电压、低碘摄入量)条件结合 ASIR-V 重建技术,进行腹部 CTA 成像。2 组病人的成像参数除管电压外,其余均相同,与 120 kVp 相比,80 kVp 的辐射剂量 ED 降低 60.58%,CNR、SNR 都有明显提高,图像主观评分无差异。

低管电压(80 kVp)降低了 X 线束的能量,由于碘的 K 缘效应,增加了 CTA 扫描时血管与周围的对比,更好地显示动脉血管^[11]。多项研究证明,管电压从 120 kVp 下降到 80 kVp 时,血管内平均 CT 值显著提高^[12]。当管电压为 80 kVp 时 X 线光子能量(43.7 keV)接近碘原子的 K 缘效应(33.2 keV),此时碘的 X 线吸收主要以光电吸收为主,且其衰减值会有大幅度提升。根据这一现象,设置对比剂注射方案,减少病人的对比剂摄入量,具有显著的临床价值。本研究中,根据病人的体质量计算碘含量(mgI/kg)的方式进行注射,与对比剂的浓度无关,对比剂应用更加规范化,碘摄入量和注射速度显著降低。对于 80 kVp 和 120 kVp 扫描,前者的腹主动脉 CT 值(碘密度)比后者提高 43.2%,对比剂摄入量降低 39.67%。

本研究不足之处在于只采用了 50%ASIR-V 进行重建,没有对其他权重的 ASIR-V 进行研究。如果提高 ASIR-V 的权重值可能会进一步降低辐射剂量或进一步提高图像质量,将在后续研究中完善。

参 考 文 献

- [1] Seeliger E, Sendeski M, Rihal CS, et al. Contrast-induced kidney injury: mechanisms, risk factors, and prevention[J]. Eur Heart J, 2012, 33(16): 2007-2015.
- [2] Jun BR, Yong HS, Kang EY, et al. 64-slice coronary computed tomography angiography using low tube voltage of 80 kV in subjects with normal body mass indices: comparative study using 120 kV[J]. Acta Radiologica, 2012, 53(10): 1099-1106.
- [3] 刘义军, 刘爱连, 方鑫, 等. 70 kVp 超低辐射剂量和低碘摄入量在低体质量指数患者腹部 CTA 的可行性[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(3): 473-477.
- [4] 殷小平, 左紫薇, 徐英进, 等. 自动协议选取能谱联合自适应迭代算法重建技术降低腹部增强及血管成像辐射剂量及对对比剂剂量的可行性[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(4): 603-607.
- [5] 宋娟. 双低扫描技术联合自适应统计迭代重建技术在能谱 CT 冠状动脉成像中的应用研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2015.
- [6] 李昊岩, 孙记航, 段晓岷, 等. 低浓度对比剂、低辐射剂量婴幼儿腹部 CT 扫描[J]. 中国介入影像与治疗学, 2018, 15(4): 243-246.
- [7] 刘博峰. 128 层螺旋 CT 血管成像(CTA)在腹部肿瘤中对血管评价的应用价值[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(58): 198-199.
- [8] 柴亚如, 邢静静, 高剑波, 等. 多模型迭代重建算法对腹部体模 CT 扫描图像质量和辐射剂量的影响[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(1): 118-122.
- [9] 胡斌, 陈静静, 徐文坚, 等. 双低扫描联合正弦波迭代重组技术在肝脏增强 CT 扫描的可行性研究[J]. 国际医学放射学杂志, 2018, 41(4): 392-395.
- [10] Lim K, Kwon H, Cho J, et al. Initial phantom study comparing image quality in computed tomography using adaptive statistical iterative reconstruction and new adaptive statistical iterative reconstruction V[J]. Journal of Computer Assisted Tomography, 2015, 39(3): 443-448.
- [11] Maffei E, Arcadi T, La Grutta L, et al. Abdominal computed tomography angiography at 80kV: feasibility study[J]. Acta Biomed, 2015, 86(3): 234-241.
- [12] 刘伟华, 刘登平. 不同管电压下颅脑 CT 血管造影图像质量及辐射剂量的对照性研究[J]. 实用医学影像杂志, 2018, 19(2): 114-117.

(责任编辑:唐秋姗)