

低辐射剂量肾动脉 CTA 的扫描参数及重建方法优化研究

雷平贵, 罗艳, 王小林, 邹迅, 冯辉, 毛巨江, 郭志荣, 焦俊

【摘要】 目的:探讨基于原始数据的迭代重建技术在 80 kVp 条件下肾动脉 CTA 检查的可行性, 并优化其重建参数。**方法:**回顾性搜集临床怀疑泌尿系病变并已行泌尿系 CT 增强检查的连续病例 40 例, 根据扫描管电压分为两组: 80 kVp 组(20 例)和 120 kVp 组(20 例)。分别以 5 种不同迭代重建强度(S1—S5)对 80 kVp 组图像进行重建, 并与滤波反投影法(FBP)重建的 120 kVp 组图像进行比较, 图像质量评价包括客观评价与主观评价, 客观评价指标包括: 目标血管和空气 CT 值、对比噪声比(CNR)、信噪比(SNR)。主观评价由 2 名有经验的影像诊断医师对 80 kVp 最佳图像组和 120 kVp 组图像进行盲法评估并检验两者读片一致性, 包括整体图像质量和图像细节。记录辐射剂量报告表, 并计算出每一个患者的 SSDE。**结果:**80 kVp 组 CTDIvol 为 (10.26 ± 1.45) mGy, SSDE 为 (16.33 ± 2.36) mGy。120 kVp 组的 CTDIvol 为 (14.95 ± 2.79) mGy, SSDE 为 (22.83 ± 1.96) mGy。两者差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。图像质量客观评价: 80 kVp 组和 120 kVp 组双侧肾动脉 CT 值差异有统计学意义($P < 0.05$); 80 kVp 组最佳组(S4)和 120 kVp 组的 CNR 和 SNR 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。主观评价: 2 名诊断医师对 S4 图像和 120 kVp 组图像的整体图像质量、图像细节及病变诊断信心的差异均无统计学意义($P > 0.05$), 并表现出了较好的一致性。**结论:**基于原始数据的迭代重建技术 80 kVp 条件下所得肾动脉 CTA 图像满足临床诊断要求并且降低了患者所接受的辐射剂量, 建议使用 SAFIRE-4 为肾动脉 CTA 的迭代重建强度。

【关键词】 迭代重建; 体层摄影术, X 线计算机; 辐射剂量; 图像质量

【中图分类号】 R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)03-0311-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.03.017

Study of the optimal CT scanning parameters and reconstruction method in low dose radiation of renal artery CT angiography LEI Ping-gui, LUO yan, WANG Xiao-lin, et al. Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China

【Abstract】 Objective: To study the feasibility of renal artery CTA at 80kVp with the technique of iterative reconstruction based on raw data, and to find out the optimal reconstruction parameters. **Methods:** Forty consecutive patients with suspected renal lesion were enrolled in this study, all patients had enhanced CT of urinary system. According to the tube voltage of scanning, patients were divided into two groups: 80kVp group ($n=20$) and 120kVp group ($n=20$). Five sets of different iterative reconstructive strength (S1—S5) were used for the reconstruction of 80kVp group, which were compared with the images of 120kVp group reconstructed with filtered back projection (FBP). Image quality was evaluated quantitatively and qualitatively, with the parameters including CT value of target vessel and air, contrast-to-noise ratio (CNR) and signal-to-noise ratio (SNR) were used as the objective and quantitative parameters. For qualitative assessment, the optimal images of 80kVp and 120kVp groups including the whole image quality and detail image quality were evaluated blindly by two experienced radiologists subjectively, the inter-observer agreement was also evaluated. CTDIvol was recorded, and SSDE was also calculated for each patient. **Results:** The CTDIvol for 80kVp group was (10.26 ± 1.45) mGy and SSDE was (16.33 ± 2.36) mGy, respectively; However, the CTDIvol for 120kVp group was (14.95 ± 2.79) mGy and SSDE was (22.83 ± 1.96) mGy, respectively, with statistic

作者单位: 550004 贵阳, 贵州医科大学附属医院医学影像科

作者简介: 雷平贵(1986—), 男, 贵州贵阳人, 博士研究生, 主治医师, 主要从事腹部影像技术与诊断工作。

通讯作者: 焦俊, E-mail: 335050185@qq.com

基金项目: 贵州省临床重点学科建设经费资助项目(黔卫办发 2011(52)-03)

difference ($P < 0.05$). For objective quantitative evaluation, there was significant statistical difference in CT value of bilateral renal artery between these two groups ($P < 0.05$), as well as CNR and SNR for optimal renal artery in CTA (S4) of 80kVp group and in 120kVp group ($P < 0.05$). For subjective qualitative assessment of the 2 radiologists, significant statistical difference was not existed in the whole image quality, detail image quality and diagnostic confidence between S4 of 80kVp group and 120kVp group ($P > 0.05$). **Conclusion:** The image quality of renal artery CTA at 80kVp with the technique of iterative reconstruction based on raw data was satisfactory for clinical application, which has a potential to reduce the radiation dose, and SAFIRE-S4 is suggested to use for the strength of iterative reconstruction in renal CTA.

【Key words】 Iterative reconstruction; Tomography, X-ray computed; Radiation dosage; Image quality

肾动脉 CTA 检查是诊断肾动脉疾病的常用检查方法,多排螺旋 CT 血管成像技术因其扫描速度快,检查时间短,层厚薄,同时兼具优质的空间和时间分辨力,已获得临床广泛应用。然而,相关研究表明,常规的 CT 检查具有较高的辐射剂量,辐射剂量的增加会有致癌风险^[1];另外,泌尿系 CT 增强扫描往往需要进行多期扫描,然而,多期扫描会使患者接受更多的辐射剂量。使用降低管电压的方法可使辐射剂量显著降低^[2-3];另外,基于原始数据的迭代重建 (Iterative reconstruction, IR) 技术的使用可以降低图像噪声,减少束硬化伪影,联合降低管电压的方法得到的图像满足临床诊断要求同时降低辐射剂量^[4-5]。本研究旨在探讨 80 kVp 条件下肾动脉 CTA 检查的可行性,并寻找显示肾动脉 CTA 最佳的迭代重建参数。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性搜集本院 2016 年 1 月—6 月临床怀疑泌尿系病变而行泌尿系 CT 增强检查的 40 例患者的连续性病例资料,所有的患者的 BMI 均小于 28 kg/m^2 。其中 80 kVp 组 20 例,男 9 例,女 11 例,年龄 32~79 岁,平均 (59.90 ± 13.71) 岁,体质指数 (body mass index, BMI) 为 $16 \sim 26 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(20.30 \pm 3.03) \text{ kg/m}^2$ 。120 kVp 组 20 例,男 10 例,女 10 例,年龄 40~73 岁,平均 (55.70 ± 10.60) 岁, BMI 为 $15 \sim 28 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(20.05 \pm 4.51) \text{ kg/m}^2$ 。

2. CT 扫描方案

采用 Siemens Somatom Definition AS+ 128 层螺旋 CT 扫描仪。扫描参数:① 80 kVp 组:管电压 80 kVp,管电流 500~600 mAs,准直 $128 \times 0.6 \text{ mm}$, 0.5 s/r,螺距 0.6;② 120 kVp 组:管电压 120 kVp,管电流 200~250 mAs,其它参数同 80 kVp 组。采用 Stellant Medrad 双筒高压注射器推注非离子型对比剂碘伏醇 (370 mg I/mL) 80 mL,注射流率 3.5 mL/s。

注入对比剂后 25~30 s 开始行肾动脉 CTA 检查。

3. 图像处理

将所有原始数据传至 SyngoMMWP (Version 2008A); Siemens Medical Solutions 处理工作站进行横轴面重建,层厚 1 mm,层间距 1 mm。使用迭代重建 (SAFIRE) 算法,在主机上重建出 120 kVp 组 1 组和 80 kVp 组 5 组不同迭代重建强度 (S1~S5) 的迭代重建图像用于客观评价,利用多平面重组 (multiple planar reformation, MPR) 和最大密度投影 (maximum intensity projection, MIP) 技术对图像进行重组,获得肾动脉主干及其分支的二维及三维图像用于主观评价。

4. 图像质量客观评价

利用 Siemens 工作站“Viewing”软件,调入 S1、S2、S3、S4 及 S5 五组图像。CT 值测量包括两侧肾动脉、竖脊肌及空气,并记算空气 CT 值的标准差 (standard deviation, SD),定义空气 CT 值的标准差为背景噪声。然后计算出肾动脉对比噪声比 (contrast-to-noise, CNR) 和信噪比 (signal-to-noise, SNR), $\text{CNR} = (\text{CT 肾动脉} - \text{CT 软组织}) / \text{SD}$, $\text{SNR} = \text{CT 肾动脉} / \text{SD}$ 。

5. 图像质量评估

由 2 名有经验的医学影像科副主任医师采用“5 分法”对 80 kVp 最佳图像组和 120 kVp 组进行独立阅片, ≥ 3 分认为符合临床诊断要求,包括整体图像质量评估及图像细节评估。整体图像质量评估标准:5 分,优,图像质量很好,血管内很好对比对比剂增强,图像噪声小或无,无伪影,血管边界非常清晰锐利;4 分,良,图像质量好,血管内较好对比增强,图像噪声低于平均,有或无伪影,血管边界清晰;3 分,中,图像质量较好,血管内可接受或良好的对比增强,噪声平均或低于平均,或存在噪声,但不影响对血管观察,血管边界清晰;2 分,差,图像质量差,血管内对比增强较低,噪声高于或等于平均,或存在伪影,影响图像的观察,

但可从背景中识别血管;1 分,很差,图像质量很差,血管内对比剂增强不满意,严重影响图像的观察,不易从背景中识别血管。图像细节评估标准:MPR 和 MIP 图像对肾动脉分支的评分:1 分,可识别肾动脉主干;2 分,可识别肾动脉第 1 级分支;3 分,可识别肾动脉第 2 级分支;4 分,可识别肾动脉第 3 级分支;5 分,可识别肾动脉第 4 级分支。记录双能量 CT 设备上所示的容积 CT 剂量指数(volume CT dose index,CTDIvol),并计算出每一个患者的体型特异性剂量评估(size specific dose estimate,SSDE)值^[6]。

6. 统计学分析

采用 SPSS 19.0 软件及 MedCalc 15.2.2 进行统计学分析。患者年龄、BMI 等指标以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)形式表示。不同组织和器官的 CT 值在 6 组图像间(S1~S5 和 FBP)的整体差异采用单因素方差分析。80 kVp 条件下的 S4 和 120 kVp 条件下的 FBP 两组间图像的客观评价、CNR、SNR、CTDIvol 及 SSDE 采用独立样本 *t* 检验,主观评分的比较采用非参数 Mann-Whitney U 检验。阅片者间的一致性分析采用 Kappa 检验,并计算 95% 置信区间(confidence interval,CI)。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 辐射剂量

80 kVp 组和 120 kVp 组的 CTDIvol 分别为(10.26±1.45) mGy 和(14.95±2.79) mGy(*t*=6.660,*P*=0.000),DLP 分别为(241.70±71.82) mGy 和(374.30±174.80) mGy(*t*=3.138,*P*=0.003),ED

分别为(3.63±1.08) mGy 和(5.62±2.62) mGy(*t*=3.136,*P*=0.004),SSDE 分别为(16.33±2.36) mGy 和(22.83±1.96) mGy(*t*=9.479,*P*=0.000)。

2. 图像质量客观评估

80 kVp 组各迭代重建强度图像与 120 kVp 组的客观评价:不同 kVp 条件下,6 组重建图像的双侧肾动脉、软组织、空气 CT 值及空气 SD 测量值见表 1。6 组图像中肾动脉 CNR 和 SNR 的客观评价见表 2。6 组图像中仅有空气的 CT 值差异无统计学意义(*P*>0.05),双侧肾动脉的 CT 值、CNR、SNR 及 SD 差异均有统计学意义(*P*<0.05)。80 kVp 组腹主动脉及双侧肾动脉 CT 值均>500 HU,120 kVp 组腹主动脉及双侧肾动脉 CT 值均>310 HU。

80 kVp 组 S4 图像与 120 kVp 组 FBP 图像客观评价比较:80 kVp 组 S4 图像与 120 kVp 组 FBP 图像 CT 值客观评价见表 3。两组图像中,双侧肾动脉 CT 值差异均有统计学意义(*P*<0.05)。两组空气 CT 值差异无统计学意义(*P*>0.05)。80 kVp 组 S4 图像与 120 kVp 组 FBP 图像 CNR 及 SNR 见表 4,两组图像双侧肾动脉 CNR 和 SNR 差异均有统计学意义(*P*<0.05)。

3. 图像质量主观评价

两位阅片者主观评价:两位影像科医师对 80 kVp 组最佳图像 S4 和 120 kVp 组图像的盲法主观评价结果见表 5~6。图像质量整体评分:两组肾动脉 CTA 图像质量均能满足诊断要求,图像质量主观评分均≥3 分。阅片者 A 对 S4 图像质量整体评估:3 分 3 例,4 分 13 例,5 分 4 例;120 kVp 组图像质量整体评估:4

表 1 80 kVp 组和 120 kVp 组客观评价数据表

指标	80 kVp 组					120 kVp 组 FBP	F 值	P 值
	S1	S2	S3	S4	S5			
左侧肾动脉	500.02±140.76	501.06±141.20	502.11±141.41	503.27±141.96	504.50±142.34	312.34±79.70	6.771	<0.001
右侧肾动脉	502.07±135.58	503.34±135.74	504.65±136.10	505.88±136.44	507.13±136.67	310.29±82.36	7.601	<0.001
软组织	62.04±8.16	61.98±8.08	61.96±8.03	61.95±7.97	61.93±7.91	55.48±6.40	2.318	0.048
空气	-1000.89±3.10	-1000.56±2.93	-1000.16±2.84	-999.72±2.75	-999.42±2.76	-1000.89±2.05	0.993	0.425
空气 SD	8.38±2.07	7.33±1.84	6.24±1.61	5.29±1.45	4.16±1.19	8.18±1.13	22.305	<0.001

表 2 80 kVp 组和 120 kVp 组 CNR 及 SNR

指标	80 kVp 组					120 kVp 组 FBP	F 值	P 值
	S1	S2	S3	S4	S5			
左侧肾动脉 CNR	54.61±22.35	62.69±25.73	73.91±30.33	88.06±37.58	112.41±47.18	32.82±12.43	15.565	<0.001
右侧肾动脉 CNR	55.86±24.47	64.17±28.04	75.81±33.25	90.31±41.02	115.74±52.35	32.57±12.71	14.040	<0.001
左侧肾动脉 SNR	62.39±22.85	71.58±26.32	84.41±31.03	100.51±38.59	128.37±48.45	39.71±13.11	18.532	<0.001
右侧肾动脉 SNR	63.63±25.29	73.05±28.99	86.30±34.43	102.77±42.49	131.72±54.51	39.46±13.43	16.201	<0.001

表 3 80 kVp 组和 120 kVp 组 CT 值及噪声

CT 值	80 kVp 组(S4)	120 kVp(FBP)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
左侧肾动脉	503.27±141.96	312.34±79.70	5.245	<0.001
右侧肾动脉	505.88±136.44	310.29±82.36	5.488	<0.001
空气	-999.72±2.75	-1000.89±2.05	1.523	0.136
SD	5.29±1.45	8.18±1.13	-7.046	<0.001

表 4 80 kVp 组和 120 kVp 组 CNR 及 SNR

指标	80 kVp 组(S4)	120 kVp(FBP)	t 值	P 值
左侧肾动脉 CNR	88.06±37.58	32.82±12.43	6.242	<0.001
右侧肾动脉 CNR	90.31±41.02	32.57±12.71	6.014	<0.001
左侧肾动脉 SNR	100.51±38.59	39.71±13.11	6.672	<0.001
右侧肾动脉 SNR	102.77±42.49	39.46±13.43	6.354	<0.001

表 5 阅片者 A 对 80 kVp 组(S4)和 120 kVp 组(FBP)主观评价数据表

指标	80 kVp 组					80 kVp 组					Z 值	P 值
	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分		
整体图像质量	0	0	3	13	4	0	0	0	14	6	-1.348	0.178
诊断信心	0	0	1	3	16	0	0	0	9	11	-1.508	0.131
MPR 显示血管分支	0	0	0	16	4	0	0	4	11	5	-0.721	0.471
MIP 显示血管分支	0	0	0	9	11	0	0	0	11	9	-0.624	0.532

表 6 阅片者 B 对 80 kVp 组(S4)和 120 kVp 组(FBP)主观评价数据表

指标	80 kVp 组					80 kVp 组					Z 值	P 值
	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分		
整体图像质量	0	0	3	14	3	0	0	0	16	4	-1.215	0.224
诊断信心	0	0	1	4	15	0	0	1	6	13	-0.642	0.620
MPR 显示血管分支	0	0	1	13	6	0	0	2	11	7	-0.078	0.938
MIP 显示血管分支	0	0	0	8	12	0	0	0	9	11	-0.316	0.799

分 14 例,5 分 6 例;两组间主观评分差异无统计学意义($Z=-1.348,P>0.05$)。S4 图像病变诊断信心:3 分 1 例,4 分 3 例,5 分 16 例;120 kVp 组图像诊断信心:4 分 9 例,5 分 11 例;两组间主观评分差异无统计学意义($Z=-1.508,P>0.05$)。图像质量细节评估: S4 图像 MPR 显示血管分支:4 分 16 例,5 分 4 例; 120 kVp 组 MPR 显示血管分支:3 分 4 例,4 分 11 例, 5 分 5 例;两组间主观评分差异无统计学意义($Z=-0.721,P>0.05$)。S4 图像 MIP 显示血管分支:4 分 9 例,5 分 11 例;120 kVp 组 MIP 显示血管分支:4 分 11 例,5 分 9 例;两组间主观评分差异无统计学意义($Z=-0.624,P>0.05$)。

阅片者 B 对 S4 图像质量整体评估:3 分 3 例,4 分 14 例,5 分 3 例;120 kVp 组图像质量整体评估:4 分 16 例,5 分 4 例;两组间主观评分差异无统计学意义($Z=-1.215,P>0.05$)。S4 图像病变诊断信心:3 分 1 例,4 分 4 例,5 分 15 例;120 kVp 组图像诊断信心:3 分 1 例,4 分 6 例,5 分 13 例;两组间主观评分差异无统计学意义($Z=-0.642,P>0.05$)。S4 图像质量细节评估:MPR 显示血管分支:3 分 1 例,4 分 13 例,5 分 6 例;MIP 显示血管分支:4 分 8 例,5 分 12 例。120 kVp 组图像质量细节评估:MPR 显示血管分支:3 分 2 例,4 分 11 例,5 分 7 例;MIP 显示血管分支:4 分 9 例,5 分 11 例;两组间图像质量细节主观评分差异均无统计学意义($P>0.05$)。

两位阅片者主观评价的一致性分析:用 80 kVp 组主观评价最佳图(S4)与 120 kVp 组图对两位阅片者主观评价结果的一致性进行分析,得到表 7。阅片者

对 80 kVp 组最佳图 S4 在 MPR 显示血管分支的一致性较低外,整体图像质量、诊断信心及 MIP 显示血管分支的主观评分表现出了较好的一致性。

表 7 两位阅片者对两组主观评价一致性

指标	80 kVp 组	120 kVp 组
整体图像质量	0.725(0.369~1.000)	0.737(0.403~1.000)
病变诊断信心	0.663(0.271~1.000)	0.720(0.463~0.976)
MPR 显示血管分支	0.419(0.027~0.810)	0.708(0.406~1.000)
MIP 显示血管分支	0.694(0.376~1.000)	0.802(0.547~1.000)

讨 论

多排螺旋 CT 的 CTA 检查技术具有高效、安全、方便等优点,现已广泛应用于临床进行血管狭窄的筛选诊断。然而 CTA 在检查过程中伴随的辐射剂量存在着致癌风险,因此在扫描过程中降低 CT 的辐射剂量亟待解决。相关研究证明,迭代重建技术结合低管电压在获得高质量图像的同时能有效降低患者所受的辐射剂量^[3,5,7]。

正弦图确认迭代重建(sinogram affirmed iterative reconstruction,SAFIRE)算法是一种基于原始数据的迭代重建算法,该算法直接应用原始数据反复插入进行迭代重建,目的是减少噪声及维持图像的清晰度,迭代次数从 1 到 5,可以一步步增加,使图像噪声进一步减低^[3,8]。SAFIRE 很早就被提出,但受当时计算机软硬件的限制而未得到广泛使用。近年来,由于计算机技术的进步,软件及硬件设施的发展,SAFIRE 在头颈部、胸部、腹部等领域都有研究进展,与传统的 FBP 重建图像相比,SAFIRE 图像质量得到改善^[8-12],因此利用该技术在保证图像质量的前提下可以减低辐射剂量。本研究在 80 kVp 条件下使用碘对比剂对肾

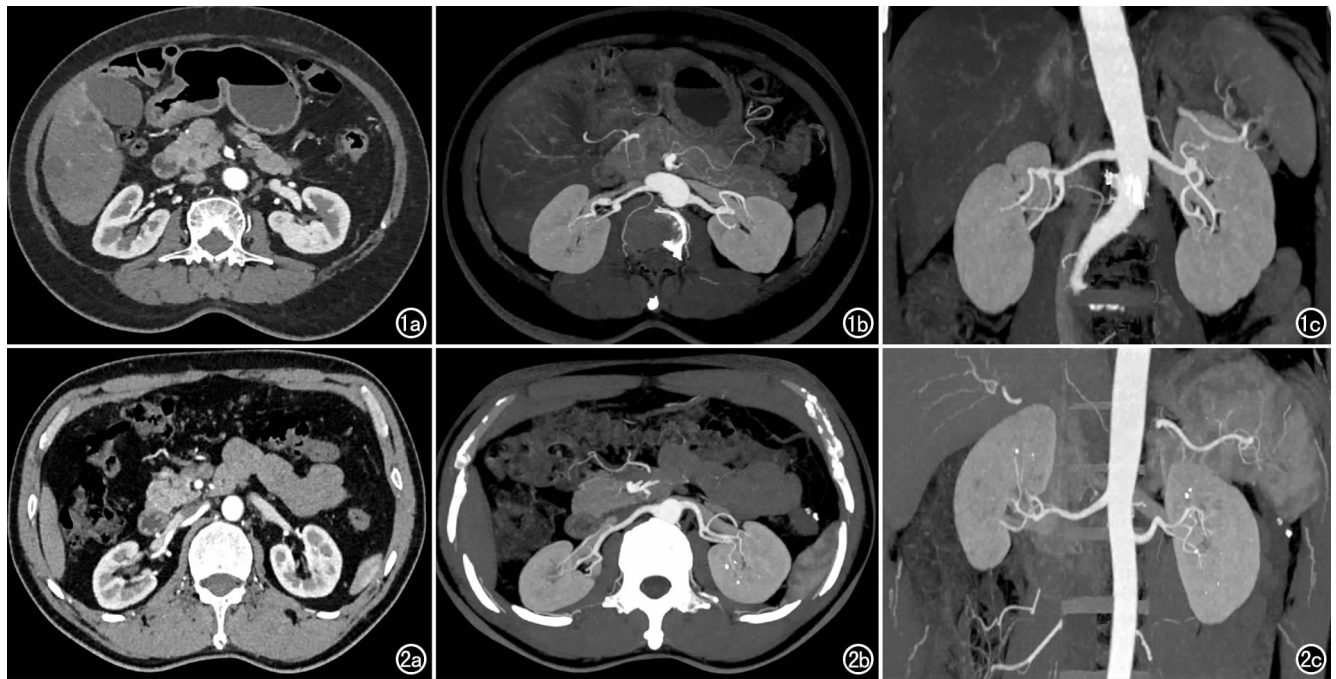


图 1 男, 72 岁, 80 kVp 条件下联合使用 SAFIRE 迭代重建(S4)所得的图像, 整体图像质量、肾动脉主干及分支在 MIP 及 MPR 上满足临床诊断要求。a) 横轴面图像; b) 横轴面 MIP 图像; c) 冠状面 MIP 图像。

图 2 男, 42 岁, 120 kVp 条件下使用 FBP 重建所得的图像, 图像的对比度低于 80 kVp 条件下所得图像。a) 横轴面图像; b) 横轴面 MIP 图像; c) 冠状面 MIP 图像。

血管进行显影, 并利用迭代重建技术, 可以明确显示肾动脉的正常或异常解剖结构、主要分支血管的走行及肾脏与周围组织器官的关系, 还可提供清晰的血管断面解剖和重建图像。所得图像与 120 kVp 扫描条件下图像进行对比, 其图像质量清晰, 具有较高的对比噪声比及信噪比, 能满足临床的诊断需求(图 1~2)。

之所以利用迭代重建强度为 4 的 80 kVp 组图像与 120 kVp 组图像作比较, 主要是因为随着迭代次数的增多, 图像的噪声确实降低, 对比噪声比和信噪比均增高, 然而, 图像的“蜡样”伪影逐渐加重^[3,8], 观察血管选择强度次数为 4 比较合适。在低 kVp 条件下, 器官或者组织的 CT 值会发生变化, 图像的对比度增加, 同时噪声也会增加。因此, 在 80 kVp 条件下, 对于增强后的实质器官及血管的 CT 值发生了明显变化, CT 值显著增高, 图像的对比度也增高, 在利用迭代重建技术的情况下, 图像的噪声减低, 所以图像的 CNR 和 SNR 增高, 提高了图像质量。另外, 在本研究中, 80 kVp 条件下联合使用迭代重建技术, 提高了病变与正常组织之间的对比度, 有利于对病变的检出与诊断。

CT 检查越多, 患者接受辐射剂量就越大, 意味着患者患癌的风险增加^[1]。然而对于一些需要多期扫描和复查的患者来说, 在保证图像质量的前提下要降低辐射剂量, 这对患者来说很有必要; 另外, 患者接受的辐射剂量与管电压成指数关系, 与管电流呈线性关系,

本研究保证好的图像质量的情况下尽量地使患者接受更少的辐射剂量; 但是由于腹部的前后径及左右径较大, 为了得到能满足临床诊断要求的图像, 笔者提高了管电流, 得到了满足临床诊断要求的图像的同时降低了辐射剂量。

本研究样本量较少, 应进一步搜集更多受试者进行资料扩充。另外, 在以后的研究中, 笔者将对不同 BMI 的患者制定个性化扫描方案及重建参数的选择。

综上所述, 正常体型受检者在见接受肾动脉 CTA 检查时, 可使用 80 kVp 管电压结合迭代重建技术的条件进行照射, 降低了图像的噪声, 可获得满意的图像质量并且降低了辐射剂量。在 80 kVp 条件下, 肾动脉 CTA 的图像重建中, 笔者推荐使用 SAFIRE-4 为重建迭代强度。

参考文献:

- [1] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure[J]. N Engl J Med, 2007, 357(22): 2277-2284.
- [2] 王慧慧, 郭小超, 王霄英, 等. 100kVp 与 120kVp 上腹部双期增强 CT 胰腺强化程度及图像质量的对比[J]. 中国医学影像学杂志, 2016, 24(2): 122-125.
- [3] 姜健, 王可, 许玉峰, 等. 低辐射剂量肝脏 CT 增强扫描: 80kVp 结合迭代重建技术的初步研究[J]. 放射学实践, 2016, 31(4): 316-320.
- [4] 胡娟, 王鹤, 王霄英, 等. 迭代算法在 100kVp 分次团注双期 CTU 检查中的应用研究[J]. 放射学实践, 2013, 28(5): 509-513.

- [5] 曾宪春,刘莉,韩丹,等. 80kVp 扫描联合基于原始数据的迭代重建技术在儿童副鼻窦 CT 检查中的应用[J]. 中国医学影像技术, 2015,31(9):1406-1409.
- [6] 张晓东,郭小超,王霄英. 体型特异性剂量估计的最新概念及临床应用[J]. 中国医学影像技术, 2016,32(12):1822-1826.
- [7] Chen CY, Hsu JS, Jaw TS, et al. Lowering radiation dose during dedicated colorectal cancer MDCT: comparison of low tube voltage and sinogram-affirmed iterative reconstruction at 80kVp versus blended dual-energy images in a population of patients with low body mass index[J]. Abdom Imaging, 2015, 40(7): 2867-2876.
- [8] Chen GZ, Zhang LJ, Schoepf UJ, et al. Radiation dose and image quality of 70kVp cerebral CT angiography with optimized sinogram-affirmed iterative reconstruction: comparison with 120kVp cerebral CT angiography[J]. Eur Radiol, 2015, 25(5): 1453-1463.
- [9] Sun H, Xue HD, Jin ZY, et al. Non-enhanced low-tube-voltage high-pitch dual-source computed tomography with sinogram affirmed iterative reconstruction algorithm of the abdomen and pelvis[J]. Chin Med Sci J, 2014, 29(4): 214-220.
- [10] Fletcher JG, Krueger WR, Hough DM, et al. Pilot study of detection, radiologist confidence and image quality with sinogram-affirmed iterative reconstruction at half-routine dose level[J]. J Comput Assist Tomogr, 2013, 37(2): 203-211.
- [11] Solomon J, Samei E. Quantum noise properties of CT images with anatomical textured backgrounds across reconstruction algorithms: FBP and SAFIRE[J]. Medical Physics, 2014, 41(9): 1-10.
- [12] Nie P, Li H, Duan Y, et al. Impact of sinogram affirmed iterative reconstruction (safire) algorithm on image quality with 70kVp-tube-voltage dual-source CT angiography in children with congenital heart disease[J]. Plos One, 2014, 9(3): e91123.

(收稿日期:2017-01-17)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

2015 年 6 月,《放射学实践》杂志入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999,2008 年之后的第 3 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息,致力于为关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台,以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动,分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文,投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信,通过“添加朋友”,在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 在“查找微信公众号”栏里输入“放射学实践”即可找到微信公众号,点击“关注”,添加到通讯录。
3. 打开微信,点击“扫一扫”,手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



期待您的加入!