

• CT 双低剂量成像专题 •

100 kVp 条件下碘克沙醇(270 mg I/mL)应用于肾动脉 CTA 检查的可行性研究

雷平贵, 赵永为, 王霄英, 王鹤, 张保翠, 杨学东, 高福生

【摘要】 目的:探讨 100 kVp 条件下、使用碘克沙醇(270 mg I/mL)行肾动脉 CTA 检查的可行性。**方法:**18 例行肾动脉 CTA 检查的连续病例根据 CT 扫描管电压分为两组:100 kVp 组(10 例)和 120 kVp 组(6 例),记录 2 组的容积 CT 剂量指数(CTDIvol),计算体型特异性剂量估计(SSDE)值。由 2 位有经验的影像诊断医师对图像进行主观评分,包括:整体图像质量、图像细节(血管锐利程度、MPR 显示分支、VR 显示分支、MIP 显示分支)。图像客观评价包括:目标血管和背景的 CT 值(腹主动脉动脉、双侧肾动脉、竖脊肌),对比噪声比(CNR)及信噪比(SNR)。两组间辐射剂量及客观评价指标的比较采用两独立样本 *t* 检验,主观评价指标的比较采用 Mann-Whitney U 检验。**结果:**100 kVp 组 CTDIvol 为(11.19±3.85) mGy,120 kVp 组为(17.37±2.63) mGy,两组间差异有统计学意义($P<0.05$)。100 kVp 组 SSDE 为(15.48±4.41) mGy,120 kVp 组为(25.00±2.49) mGy,两组间差异有统计学意义($P<0.05$)。主观评价:两组图像质量整体评分的差异无统计学意义($Z=-1.60, P>0.05$);两组图像血管锐利程度评分的差异有统计学意义($Z=-2.162, P<0.05$);两组中重组图像在显示血管分支方面,MPR($Z=-0.972, P>0.05$)、VR($Z=-1.696, P>0.05$)和 MIP 图像($Z=-1.626, P>0.05$)间的差异均无统计学意义。客观评价:100 kVp 组腹主动脉 CT 值为(291±32) HU,120 kVp 组为(224±20) HU,两者差异有统计学意义($P<0.05$);100 kVp 组肾动脉 CT 值为(278±37) HU,120 kVp 组为(222±15) HU,两者差异有统计学意义($P<0.05$);空气 CT 值及标准差在 100 kVp 组分别为(-992±2)和(9±2) HU,120 kVp 组分别为(-995±2)和(7±2) HU,两组间 2 个指标的差异均无统计学意义($P>0.05$);两组图像的 CNR 分别为 22±4 及 21±3,差异无统计学意义($P>0.05$);两组图像的 SNR 分别为 30±7 及 30±6,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**100 kVp 条件下应用碘克沙醇(270 mg I/mL)行肾动脉 CTA 检查,图像质量能满足诊断要求且降低了辐射剂量。

【关键词】 肾动脉; CT 血管成像; 对比剂; 迭代重建; 辐射量; 体型特异性剂量估计

【中图分类号】 R814.42; R543.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)04-0361-04

Feasibility of using 100kVp technique in renal artery CT angiography with iodixanol (270mg I/mL) LEI Ping-gui, ZHAO Yong-wei, WANG Xiao-ying, et al. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the feasibility of using 100kVp technique with iodixanol (270mg I/mL) in renal computed tomography angiography (CTA). **Methods:** Sixteen consecutive patients underwent renal artery CTA. They were divided into 100kVp group (10 patients) and 120kVp group (6 patients). The radiation dose and size-specific dose estimation (SSDE) of these two groups were recorded. The image quality was evaluated subjectively with 5 scale method by two experienced radiologists, including image quality as a whole, detail image quality (sharpness of blood vessels, blood vessel branches displayed on MPR, VR and MIP). The objective evaluation included attenuation of aimed blood vessels (abdominal aorta, bilateral renal arteries) and the attenuation of psoas major muscle at the same level as reference, and contrast-to-noise ratio (CNR), signal-to-noise ratio (SNR) were calculated. The radiation dose and objective evaluation parameters were statistically analyzed with *t* test, and the subjective evaluation parameters were analyzed with Mann-Whitney U test. **Results:** The CTDIvol in 100kVp group was (11.19±3.85)mGy, in 120kVp group was (17.37±2.63)mGy, with significant statistic difference ($P<0.05$). The SSDE of 100kVp group was (15.48±4.41)mGy, in 120kVp group was (25.00±2.49)mGy, with significant statistic difference ($P<0.05$). There was no significant difference in the image quality as a whole in subjective evaluation between the 2 groups ($Z=-1.60, P>0.05$). Significant difference was existed in the sharpness of blood vessels between the 2 groups ($Z=-2.162, P<0.05$); whereas no statistic difference was showed in the vessel branches displayed on MPR, VR and MIP ($Z=-0.972, P>0.05$; $Z=-1.696, P>0.05$; $Z=-1.626, P>0.05$), respectively. For objective evaluation, the CT values of abdominal aorta and renal artery in 100kVp group and 120kVp group was [(291±32) vs (224±20)HU, $P<0.05$] and [(278±37) vs (222±15)HU, $P<0.05$] respectively, with significant statistic differences. The CT value and standard deviation in 100kVp group was (-992±2) and (9±2)HU respectively, in 120kVp group was (-995±2) and (7±2)HU respectively, with no statistic difference ($P>0.05$). The CNR and SNR in 100kVp group and 120kVp group were (22±4) vs (21±3), and (30±7) vs (30±6) respectively, with no statistic difference ($P>$

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科

作者简介:雷平贵(1986-),男,贵州省黄平县人,硕士研究生,主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者:王霄英, E-mail: cjr.wangxiaoying@vip.163.com

0.05). **Conclusion:** Renal CTA with 100kVp and iodixanol (270mg I/mL) as contrast medium can provide satisfactory image quality as well as significant reduction of radiation exposure.

【Key words】 Renal artery; Computed tomography angiography; Contrast medium; Iterative reconstruction; Radiation dose; Size-specific dose estimate

多排螺旋 CT 血管成像技术是诊断肾动脉疾病的常用检查方法。扫描时需要团注碘对比剂,维持血管内较高浓度的对比剂,方能得到满足临床诊断要求的图像。随着迭代重建技术的广泛应用,理论上,使用较低射线剂量、较少对比剂,也可以得到符合临床诊断要求的图像。但在不同人群、不同体重的患者、不同检查目的、不同 CT 扫描参数、不同对比剂组合条件下,是否能获得足够好的图像,尚有待证实。本研究旨在探讨 100 kVp 条件下、使用碘克沙醇(270 mg I/mL)行肾动脉 CTA 检查的可行性。

材料与方法

1. 临床资料

本研究收集了 2013 年 9 月—2013 年 12 月行肾动脉 CTA 检查的连续 16 例患者的病例资料。100 kVp 组 10 例,男 6 例,女 4 例,年龄 23~83 岁,平均(54.9±22.6)岁,身体质量指数(body mass index, BMI)为 19.0~31.0 kg/m²,平均(23.4±3.9) kg/m²。120 kVp 组 6 例,男 4 例,女 2 例,年龄 10~78 岁,平均(51.9±27.7)岁, BMI 18.0~27.0 kg/m²,平均(23.3±3.6) kg/m²。

2. CT 扫描方案

CT 扫描均采用 GE Discovery CT750 HD 扫描仪,扫描范围约双侧肾上腺水平至双肾下极。扫描参数:管电压 100 或 120 kVp;自动毫安(50~600 mA),噪声指数 10,0.8 s/r,螺距 0.516,矩阵 512×512。使用对比剂为碘克沙醇(270 mg I/mL),剂量为 80 mL,流率为 3.5 mL/s,对比剂注射 25 s 后启动扫描,之后追加 20~30 mL 生理盐水,流率为 3.5 mL/s。记录 CT 设备上剂量报告中每例患者的容积 CT 剂量指数(volume CT dose index,CTDIvol)。

3. 图像处理

将原始数据重建成层厚 1.25 mm、层间距 1.00 mm 的横轴面图像,使用自适应统计迭代重建(adaptive statistical iterative reconstruction, ASiR)算法,在主机上重建图像数据,获得 30% ASiR 图像。

然后将数据传送至 AW4.4 图像处理工作站,采用多平面重组(multiple planar reformation, MPR)、容积再现(volume rendering, VR)和最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)法进行图像重组,获得肾动脉主干及其分支的二维及三维图像。

4. 图像质量主观评估

图像质量整体评分,标准如下:1 分,图像质量很差,无法用于诊断;2 分,图像质量较差,无法用于诊断;3 分,图像质量一般,可用于诊断;4 分,图像质量较好,适于诊断;5 分,图像质量非常好,诊断信心强。图像质量细节评分,包括肾动脉主干的清晰程度、肾动脉分支的识别度。肾动脉主干的清晰程度:1 分,边界模糊,不易从背景中识别血管;2 分,边界不清晰,可从背景中识别血管;3 分,边界较清晰;4 分,边界清晰;5 分,边界非常清晰锐利。在无明显近端血管狭窄的情况下,对肾动脉分支进行评分:1 分,可识别肾动脉主干;2 分,可识别肾动脉第一级分支;3 分,可识别肾动脉第二级分支;4 分,可识别肾动脉第三级分支;5 分,可识别肾动脉第四级分支。

按上述标准,首先对 16 例的横轴面图像进行 5 分法评价整体图像质量,然后对横轴面图像和 MPR、VR 及 MIP 图像进行细节评价。图像评分≥3 分为符合诊断要求,<3 分为不符合诊断要求。

5. 图像 CT 质量客观评估

测量腹主动脉 CT 值及双侧肾动脉主干 CT 值。距肾动脉起始部约 1 cm 处测量肾动脉 CT 值。测量肾动脉水平竖脊肌 CT 值。测量腹壁前方 2 cm 内空气 CT 值及标准差,空气 CT 值的标准差定义为背景噪声。利用上述测量值,根据公式(1)计算对比噪声比(contrast-to-noise, CNR),根据公式(2)计算信噪比(signal-to-noise, SNR)。

$$\text{CNR} = \frac{\text{CT}_{\text{肾动脉}} - \text{CT}_{\text{竖脊肌}}}{\text{CT}_{\text{噪声}}} \quad (1)$$

$$\text{SNR} = \frac{\text{CT}_{\text{肾动脉}}}{\text{CT}_{\text{噪声}}} \quad (2)$$

依据设备上所示的 CTDIvol,测量肾动脉水平每例患者腹部左右径(Lat)及前后径(AP),根据(Lat+AP)查询转化因子(f_{size}^{32X})^[1],根据公式(3)计算体型特异性剂量估计(size-specific dose estimate, SSDE)值:

$$\text{SSDE} = f_{\text{size}}^{32X} \times \text{CTDIvol} \quad (3)$$

6. 统计学分析

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。患者的年龄、BMI 等指标以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)形式表示。两组间图像主观评分的比较采用非参数 Mann-Whitney U 检验。不同部位 CT 值、CNR、SNR、CTDIvol 及 SSDE 的比较采用两独立样本 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. CT 辐射剂量

120 kVp 组 CTDIvol 为 (17.37 ± 2.63) mGy, 100 kVp 组仅为 (11.19 ± 3.85) mGy, 较前者降低 35.6%, 两组间差异有统计学意义 ($t = -3.459, P < 0.05$)。120 kVp 组 SSDE 为 (25.00 ± 2.49) mGy, 100 kVp 组为 (15.48 ± 4.41) mGy, 较前者减低了 38%, 两组间差异有统计学意义 ($t = -4.805, P < 0.05$)。

2. 图像质量的评估

图像质量整体评分: 两组中肾动脉 CTA 图像质量均能满足诊断要求, 图像质量主观评分均 ≥ 3 分。100 kVp 组图像质量整体评估: 3 分 1 例, 5 分 9 例; 120 kVp 组: 4 分 2 例, 5 分 4 例。两组图像的主观评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

图像质量细节评分结果见表 1。100 kVp 组肾动脉血管锐利程度 3 分 2 支, 5 分 18 支; 120 kVp 组 4 分 6 支, 5 分 6 支, 两组图像间评分的差异有统计学意义

($Z = -2.162, P < 0.05$)。两组中 MPR (图 1a、2a)、VR (图 1b、2b) 和 MIP 重组图像 (图 1c、2c) 在显示血管主干及分支方面的主观评分差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

上腹主动脉、肾动脉及背景组织的 CT 测量值见表 2。两组图像的 SNR 及 CNR 见表 3。

表 2 100 kVp 组与 120 kVp 组不同部位 CT 值 (HU)

部位	100kVp 组	120kVp 组	t 值	P 值
腹主动脉	291±32	224±20	4.647	<0.05
肾动脉	278±37	222±15	27.343	<0.05
竖脊肌	64±15	65±12	-0.165	<0.05
空气	-993±2	-995±2	2.502	>0.05
标准差	9±2	8±2	1.366	>0.05

表 3 100kVp 组与 120kVp 组图像质量客观评价结果

指标	100kVp 组	120kVp 组	t 值	P 值
CNR	21.65±4.24	20.89±3.37	-0.528	>0.05
SNR	30.10±6.91	30.10±6.54	<0.001	>0.05

两组中腹主动脉和肾动脉主干的 CT 值的差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。100 kVp 组中全部肾动脉管腔内 CT 值 > 220 HU, 120 kVp 组仅 96.1% 的肾动

表 1 100kVp 组与 120kVp 组图像质量主观评分结果

指标	100kVp 组					120kVp 组					Z 值	P 值
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
图像整体评分	0	0	1	0	9	0	0	0	2	4	-0.956	>0.05
血管锐利程度评分	0	0	2	0	18	0	0	0	6	6	-2.162	<0.05
MPR 显示血管分支数	0	0	2	1	17	0	0	0	4	8	-0.972	>0.05
VR 显示血管分支数	0	0	3	12	3	0	0	2	4	6	-1.696	>0.05
MIP 显示血管分支数	0	0	2	2	16	0	0	0	0	12	-1.626	>0.05

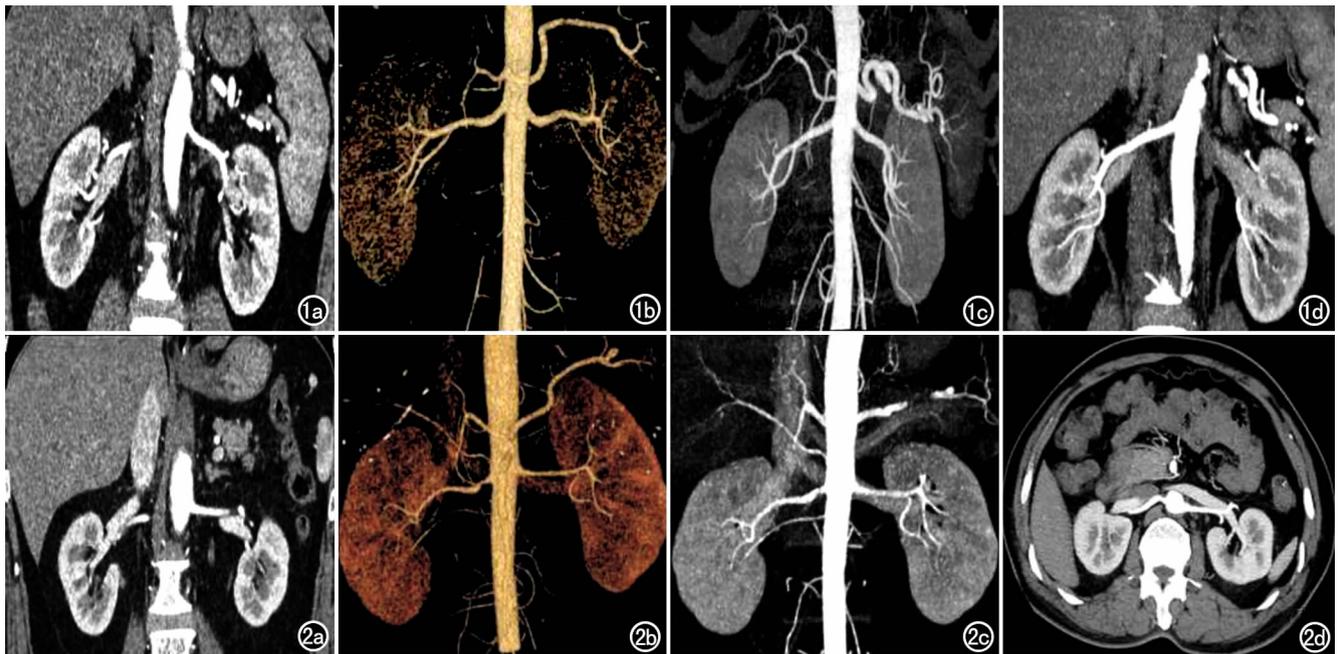


图 1 100kVp 组图像, 图像整体质量较好, 能清晰显示肾主动脉主干及其分支, 与 120kVp 组无明显差异, 而且在血管锐利程度方面要略优于 120kVp 组。a) 冠状面 MPR 图像; b) VR 图像; c) HD MIP 图像; d) 冠状面 MIP 图像。图 2 120kVp 组图像, 能清晰地显示肾主动脉主干及其分支。a) 冠状面 MPR 图像; b) VR 图像; c) HD MIP 图像; d) 横轴面 MIP 图像。

脉管腔内 CT 值 >200 HU。两组中空气 CT 值、背景噪声、CNR 及 SNR 的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

讨 论

肾动脉 CTA 检查在诊断肾动脉狭窄性高血压、肾脏供体移植术前评估及肾动脉支架植入术后评价等方面发挥着重要作用^[2-4],特别是对一些有肾损害基础(如肾性高血压)的患者行 CTA 检查时,尤其应该尽可能保护肾功能^[5]。与 DSA 相比,肾动脉 CTA 检查更安全^[6],但仍有射线辐射风险^[7]。因此,CT 辐射剂量问题越来越受到人们的重视与关注,尽可能优化扫描方案、降低辐射剂量,包括降低管电压和管电流、使用自动毫安及图像后处理等技术来降低辐射剂量^[8]。本研究按照辐射防护的最小化(as low as reasonably achievable, ALARA)原则,合理运用扫描参数以降低肾动脉 CTA 检查中的辐射剂量。

自适应统计迭代重建(adaptive statistical iterative reconstruction, ASiR)算法通过降低图像噪声来提高图像质量^[9,10],因此可以降低管电压。管电压降低后,血管管腔内碘对比剂的 CT 值相对增高,这样就可以降低对比剂浓度,减少对比剂使用量,从而可降低发生对比剂肾病(contrast-induced nephropathy, CIN)的风险^[11]。对比剂的用量是 CIN 发生的重要因素之一,对比剂剂量越大,CIN 发生的概率越大^[12]。本研究在 100 kVp 条件下、使用碘克沙醇(270 mg I/mL),获得 30% ASiR 图像,100 kV 组血管管腔内 CT 值均大于 220 HU,而 120 kVp 组 96.1% 血管管腔内 CT 值大于 220 HU,满足临床诊断要求。

据以往的研究,在 120 kVp 与 100 kVp 条件下,使用较高浓度的对比剂时,图像主观评价及客观评价均无统计学意义,而 100 kVp 条件下 CTDIvol 降低为 120 kVp 条件下 44.5%^[4]。本研究中,虽然用了较低浓度的对比剂,但结果与上述研究结果类似。本组 100 kVp 条件下 CTDIvol 较 120 kVp 组降低了 35.6%,SSDE 降低了 38%。而且在图像主观评价中,本研究中 100 kVp 组图像比较锐利,两组血管锐利程度评分的差异有统计学意义,而肾血管主干及分支在 MPR、VR 及 MIP 图像上的显示情况,差异均无统计学意义。说明使用较低浓度的对比剂,配合低 kVp 及迭代算法,在降低辐射剂量、对比剂剂量的同时,仍能得到符合临床诊断要求的图像。

本研究有不足之处:样本量少,仍需要扩充样本量

以进一步验证本研究的结论。本研究只应用了 30% ASiR 图像重建,未进行不同比例 ASiR 重建图像的比较。未进行相同管电压条件下、不同浓度对比剂之间的比较。

总之,根据本研究的结果,可以初步得到以下结论:100 kVp 条件下,应用碘克沙醇(270 mg I/mL)行肾动脉 CTA 检查能得到较好的图像,同时减低了辐射剂量,具有可行性。

参考文献:

- [1] 张晓东,郭小超,王霄英. 体型特异性剂量估计的概念和方法[J]. 放射学实践,2013,28(03):312-314.
- [2] Bilici A, Karcaaltincaba M, Illica AT, et al. Treatment of hypertension from renal artery entrapment by percutaneous CT-guided botulinum toxin injection into diaphragmatic crus as alternative to surgery and stenting[J]. AJR, 2007, 189(3):143-145.
- [3] Sebastia C, Peri L, Salvador R, et al. Multidetector CT of living renal donors: lessons learned from surgeons [J]. Radiographics, 2010, 30(7):1875-1890.
- [4] Manousaki E, Perisinakis K, Karantanis A, et al. MDCT angiography assessment of renal artery in-stent restenosis: can we reduce the radiation exposure burden? A feasibility study [J]. Eur J Radiol, 2011, 79(2):224-231.
- [5] Zhang YD, Wang J, Zhang J, et al. Effect of iodinated contrast media on renal function evaluated with dynamic three-dimensional MR renography [J]. Radiology, 2014, Doi: 10. 1148/radiol. 13122495/-/DC1.
- [6] van Helvoort-Postulart D, Dirksen CD, Nelemans PJ, et al. Renal artery stenosis: cost-effectiveness of diagnosis and treatment [J]. Radiology, 2007, 244(2):505-513.
- [7] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure [J]. N Engl J Med Overseas Ed, 2007, 357(22):2277-2284.
- [8] McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler JM Jr. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options [J]. Radiographics, 2006, 26(2):503-512.
- [9] Singh S, Kalra MK, Hsieh J, et al. Abdominal CT: comparison of adaptive statistical iterative and filtered back projection reconstruction techniques [J]. Radiology, 2010, 257(2):373-383.
- [10] Marin D, Nelson RC, Schindera ST, et al. Low-tube-voltage, high-tube-current multidetector abdominal CT: improved image quality and decreased radiation dose with adaptive statistical iterative reconstruction algorithm—initial clinical experience [J]. Radiology, 2010, 254(1):145-153.
- [11] 张保翠, 张玉东, 赵凯, 等. 静脉注射碘对比剂对不同人群肾功能的影响 [J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(4):335-339.
- [12] Toprak O, Cirit M. Risk factors and therapy strategies for contrast-induced nephropathy [J]. Ren Fail, 2006, 28(5):365-381.

(收稿日期:2014-01-08)