

• CT 双低剂量成像专题 •

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

姜原, 赵永为, 王霄英, 张保翠, 王蕊, 罗健, 高福生, 何静

【摘要】 目的:探讨 100 kVp 条件下碘克沙醇(270 mg I/mL)应用于主动脉 CTA 检查的可行性。**方法:**临床疑诊主动脉病变而行主动脉 CTA 检查的连续 21 例患者,分为两组,分别采用不同的 CT 扫描方案:A 组 10 例,采用管电压 120 kVp,对比剂为碘帕醇(370 mg I/mL);B 组共 11 例,采用管电压 100 kVp,对比剂为碘克沙醇(270 mg I/mL)。采用两独立样本 *t* 检验(非正态分布采用 Mann-Whitney U 检验)来比较两组的临床资料、CT 辐射剂量、图像质量主、客观评价指标。**结果:**两组患者的性别、年龄和身体质量指数(BMI)的差异均无统计学意义($P=0.132$ 、 0.151 和 0.814)。两组的 CT 辐射剂量差异亦无统计学意义($P>0.05$)。B 组患者接受碘的剂量明显低于 A 组,且差异有高度统计学意义($P<0.001$)。两组图像主观评分的差异无统计学意义($P=0.898$)。图像的客观评分:两组的主动脉主干及其主要分支的 CT 值均 >300 HU,差异无统计学意义($P>0.05$);A 组 CNR 优于 B 组,2 组差异有高度统计学意义($P=0.002$)。**结论:**使用 100 kVp、碘克沙醇(270 mg I/mL)进行主动脉 CTA 检查可以满足临床诊断需要。

【关键词】 主动脉; 体层摄影术, X 线计算机; 血管成像; 对比剂; 辐射量

【中图分类号】 R814.42; R543.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)04-0357-04

Feasibility of aorta CT angiography using 100kVp technique and iodixanol (270mg I/mL) as contrast medium JIANG Yuan, ZHAO Yong-wei, WANG Xiao-ying, et al. Department of Radiology, the First Hospital of Peking University, Beijing 100034, P. R. China

【Abstracts】 Objective: To evaluate the feasibility of using 100kVp as tube voltage and iodixanol (270mg I/mL) as contrast medium in aorta CT angiography (CTA). **Methods:** 21 continuous patients with clinically suspected aortic lesion underwent aorta CT angiography. They were divided into two groups(Group A and B) based on different scan protocol. Group A included 10 patients using following parameters: 120kVp and iopamidol (370mg I/mL). Group B included 11 patients using following parameters: 100kVp and iodixanol (270mg I/mL). The clinical information, CT radiation dose, objective and subjective assessment of image quality of these two groups were retrospectively analyzed by independent *t* test or Mann-Whitney U test. **Results:** The differences of sex, age and body mass index (BMI) of two groups were not statistically significant ($P=0.132$, 0.151 and 0.814 , respectively). The difference of CT radiation dose of two groups was not statistically significant ($P>0.05$). The volume of iodine received in Group B was significantly lower than that of Group A, with significant statistic difference ($P<0.001$). The difference of subjective assessment score of image quality in two groups was not statistically significant ($P=0.898$). The average CT values of the aorta trunk and its major branches in two groups were higher than 300HU, but there was no statistically difference between two groups ($P>0.05$). The CNR in Group A was better than that of Group B, with significant statistic difference ($P=0.002$). **Conclusion:** High quality images of aorta CTA, which can meet the needs of clinical diagnostic, can be acquired by using 100kVp as tube voltage and iodixanol (270mg I/mL) as contrast medium.

【Key words】 Aorta; Tomography, X-ray computed; Angiography; Contrast medium; Radiation dose

主动脉 CT 血管成像是评估主动脉的有效检查手段之一^[1,2],但有一定的射线辐射风险。CTA 检查中,对比剂的使用对成像效果起着至关重要的作用^[3],但随之带来一定的对比剂风险^[4,5]。所以,主动脉 CTA 检查技术的研究要点之一,就是在保证图像质量满足临床要求的基础上,减少射线辐射、减少对比剂的用量。本研究旨在探讨 100 kVp 条件下使用碘克沙醇(270 mg I/mL)进行主动脉 CTA 检查的可行性。

材料与方

1. 病例一般情况

2013 年 8 月—2013 年 11 月临床疑诊主动脉病变而行主动脉 CTA 检查的连续 21 例患者,男 14 例,女 7 例,年龄 18~83 岁,平均(57.43 ± 3.50)岁。

2. CT 扫描方案

所有 CTA 检查均使用 GE Discovery CT750 HD 64 排螺旋 CT 机。扫描范围自主动脉弓上约 1 cm 至双侧髂动脉分叉水平以下。CT 扫描参数:进床速度 27.5 mm/r,准直器宽度 $0.625 \text{ mm} \times 40 \text{ i}$,视野

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科

作者简介:姜原(1987—),女,辽宁辽阳人,硕士研究生,主要从事医学影像新技术的研究工作。

通讯作者:何静, E-mail: drhejing@163.com

25 cm×25 cm, 机架转速 0.8 s/r, 螺距 1.375, 层厚 5 mm, 层间距 5 mm。管电流为设备自动选择(50~600 mA)。将患者分为两组: A 组 10 例, 管电压 120 kVp, 噪声指数 13, 对比剂为碘帕醇(370 mg I/mL); B 组共 11 例, 采用管电压 100 kVp, 噪声指数 11, 对比剂为碘克沙醇(270 mg I/mL)。

记录 CT 扫描仪剂量报告中提供的容积剂量指数(volume CT dose index, CTDIvol)、扫描范围及剂量长度乘积(dose length product, DLP), 并根据公式(1)计算有效辐射剂量(effective dose, ED):

$$ED(\text{mSv}) = DLP \times k \quad (1)$$

k 为换算因子, 取值为 $0.017 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})^{[6]}$ 。结合患者体型特征, 按公式(2)计算体型特异性剂量估计(size-specific dose estimate, SSDE)值^[7]:

$$SSDE = f_{\text{size}}^{32X} \times CTDIvol \quad (2)$$

f_{size}^{32X} 为转换系数, 测量扫描范围内上腹部肾门水平身体的前后径作为最大前后径(AP)及相应水平体部的左右径(LAT), 计算 AP 与 LAT 之和, 查询相应的线性关系表, 找到对应的转换系数。

对比剂注射方案: 两组均采用高压注射器经肘正中静脉以 3.5 mL/s 流率注射对比剂, 对比剂使用量一般为 80 mL, 体重较大时增加对比剂用量(80~95 mL), 对比剂注射完成后以同样流率注射 0.9% 生理盐水 20 mL。记录每例患者的对比剂用量并计算碘摄入量:

$$A \text{ 组中碘摄入量}(\text{g}) = \text{对比剂用量}(\text{mL}) \times 0.37 \quad (3)$$

$$B \text{ 组中碘摄入量}(\text{g}) = \text{对比剂用量}(\text{mL}) \times 0.27 \quad (4)$$

3. 图像处理

两组均采用 30% 自适应统计迭代重建(adaptive statistical iterative reconstruction, ASiR)技术进行图像重建。所有图像后处理均在 GE AW4.5 工作站上进行, 包括对主动脉主干及其主要分支血管进行容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)、多平面重组(MPR)等处理。

4. 图像评估

主观评估: 由 1 位有经验的心血管影像诊断医师对图像质量进行主观评价。采用 5 级评分法分析主动脉大分支的图像质量。评分标准: 5 分, 血管对比很好, 边界清晰锐利; 4 分, 血管对比良好, 边界较清楚, 有极轻微的噪声; 3 分, 血管对比一般, 尚可评价; 2 分, 血管对比差, 边缘不清; 1 分, 血管对比极差, 血管情况无法评价。图像评分 3~5 分, 认为符合诊断要求; 图像评分 1~2 分, 认为不符合诊断要求, 检查失败。

客观评估: 由 1 位有经验的心血管系统影像诊断医师测量各段目标血管腔内的 CT 值, 所测量的血管包括 10 个动脉节段(升主动脉、主动脉弓、胸主动脉、

腹主动脉、双侧髂动脉近段、腹腔干、肠系膜上动脉、双侧肾动脉起始部), 主动脉兴趣区(region of interest, ROI)大小设为 50 mm^2 , 并记录测量 CT 值的标准差(standard deviation, SD)作为图像噪声, 其它分支均尽量选取较大 ROI($<50 \text{ mm}^2$), 避开钙化、软斑块、支架等区域。其中胸主动脉测量选取胸 7 椎体水平, 腹主动脉选取腰 2 椎体水平。测量并计算图像的信号噪声比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR), 以升主动脉 CT 值的平均值作为信号值, CT 值标准差(SD)作为图像噪声值, 前者与后者的比值即为 SNR。再以升主动脉周围心包脂肪 CT 值作为对比信号值, 升主动脉 CT 值减去脂肪 CT 值再除以噪声即得出 CNR。

5. 统计分析

使用 SPSS 13.0 软件进行统计学处理。分别统计两组患者的临床资料、CT 辐射剂量、图像主、客观质量评价结果及主动脉各分支强化程度。患者的性别采用频数表示, 其它临床资料、CT 辐射剂量、图像客观质量评分及主动脉各段 CT 值等以均值±标准差表示。使用 Mann-Whitney U 法检验分析两组性别及图像主观评分的差异, 并使用两独立样本 t 检验(非正态分布资料则采用 Mann-Whitney U 检验)对各组资料进行统计学分析, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

1. 受试者情况

两组患者的临床资料及统计分析结果见表 1。两组的性别构成: A 组男 5 例, 女 5 例; B 组男 9 例, 女 2 例。两组中性别构成的差异无统计学意义($P = 0.132$)。两组患者的年龄、身高、体重和身体质量指数(body mass index, BMI)的差异均无统计学意义($P = 0.151, P = 0.814$)。

表 1 两组患者的临床资料及统计分析结果

指标	A 组	B 组	t 值	P 值
年龄(岁)	52.10±5.99	62.27±3.53	1.495	0.151
身高(cm)	167.67±7.92	169.50±6.41	0.472	0.645
体重(kg)	66.78±10.27	68.13±11.61	0.211	0.837
BMI(kg/m ²)	23.72±2.78	24.19±4.34	0.240	0.814

2. CT 辐射剂量

B 组扫描范围较 A 组稍大(表 2), 两组间差异有统计学意义($P = 0.031$); 两组间 CT 辐射剂量各相关指标(表 2)的差异无统计学意义($P > 0.05$)。

表 2 两组患者接受的 CT 辐射剂量及统计分析结果

指标	A 组	B 组	t 值	P 值
扫描范围(cm)	50.13±3.54	53.25±2.60	2.322	0.031
CTDIvol(mGy)	9.68±0.96	11.89±1.21	1.414	0.174
DLP(mGy·cm)	492.39±60.04	627.00±59.04	1.607	0.125
ED(mSv)	8.37±1.02	10.67±1.00	1.607	0.125
SSDE(mGy)	74.91±0.55	75.34±0.27	0.724	0.478

3. 对比剂总量的比较

两组中对对比剂的使用情况见表 3。经 Mann-Whitney U 检验,两组患者人均摄入的碘总量的差异有统计学意义($P<0.001$),使用碘克沙醇(270 mg I/mL)组人均碘摄入总量为碘帕醇(370 mg I/mL)组的 74.5%。

表 3 两组患者对比剂用量的比较

指标	A 组	B 组	Z 值	P 值
对比剂用量(mL)	81.00±1.00	82.73±1.56	-4.158	0.329
碘摄入量(g)	29.97±0.37	22.34±0.42	-0.976	<0.001

4. 图像评估

两组图像的主观评分结果见表 4。经 Mann-Whitney U 检验,两组图像主观评分的差异无统计学意义($P=0.898$)。

表 4 两组图像主观评估结果

组别	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	合计
A 组	7	2	1	0	0	10
B 组	7	2	2	0	0	11

两组中主动脉主干及分支(共 10 个节段)的 CT 值测量结果及统计分析结果见表 5。两组中主动脉及

其分支的 CT 值均值均大于 300 HU(图 1、2),且两组间差异无统计学意义($P>0.05$)。

表 5 两组主动脉及分支强化程度及比较 (HU)

部位	A 组	B 组	t 值	P 值
升主动脉	301.70±15.06	338.91±17.76	1.581	0.130
主动脉弓	301.70±15.06	301.73±18.82	0.001	0.999
胸主动脉	315.30±13.52	312.00±19.94	-0.134	0.895
腹主动脉	324.10±26.01	320.00±19.94	-0.126	0.901
髂动脉(右)	328.00±34.49	300.18±28.22	-0.629	0.537
髂动脉(左)	327.60±35.81	303.09±26.38	-0.558	0.583
腹腔干	317.80±20.30	307.55±14.89	-0.413	0.685
肠系膜上动脉	327.00±24.60	304.55±18.39	-0.743	0.466
肾动脉(右)	322.00±22.69	312.00±17.42	-0.353	0.728
肾动脉(左)	305.50±15.92	308.91±17.70	0.142	0.888

A 组的 SNR(35.05 ± 2.74)和 CNR(45.15 ± 3.71)高于 B 组的 SNR(23.55 ± 1.83)和 CNR(30.66 ± 2.06),且差异有高度统计学意义($P=0.002$,表 6)。

表 6 两组图像质量客观评估结果

指标	A 组	B 组	t 值	P 值
噪声值(HU)	9.02±0.61	14.85±0.79	5.726	<0.001
CNR	45.15±3.71	30.66±2.06	-3.499	0.002
SNR	35.05±2.74	23.55±1.83	-3.543	0.002

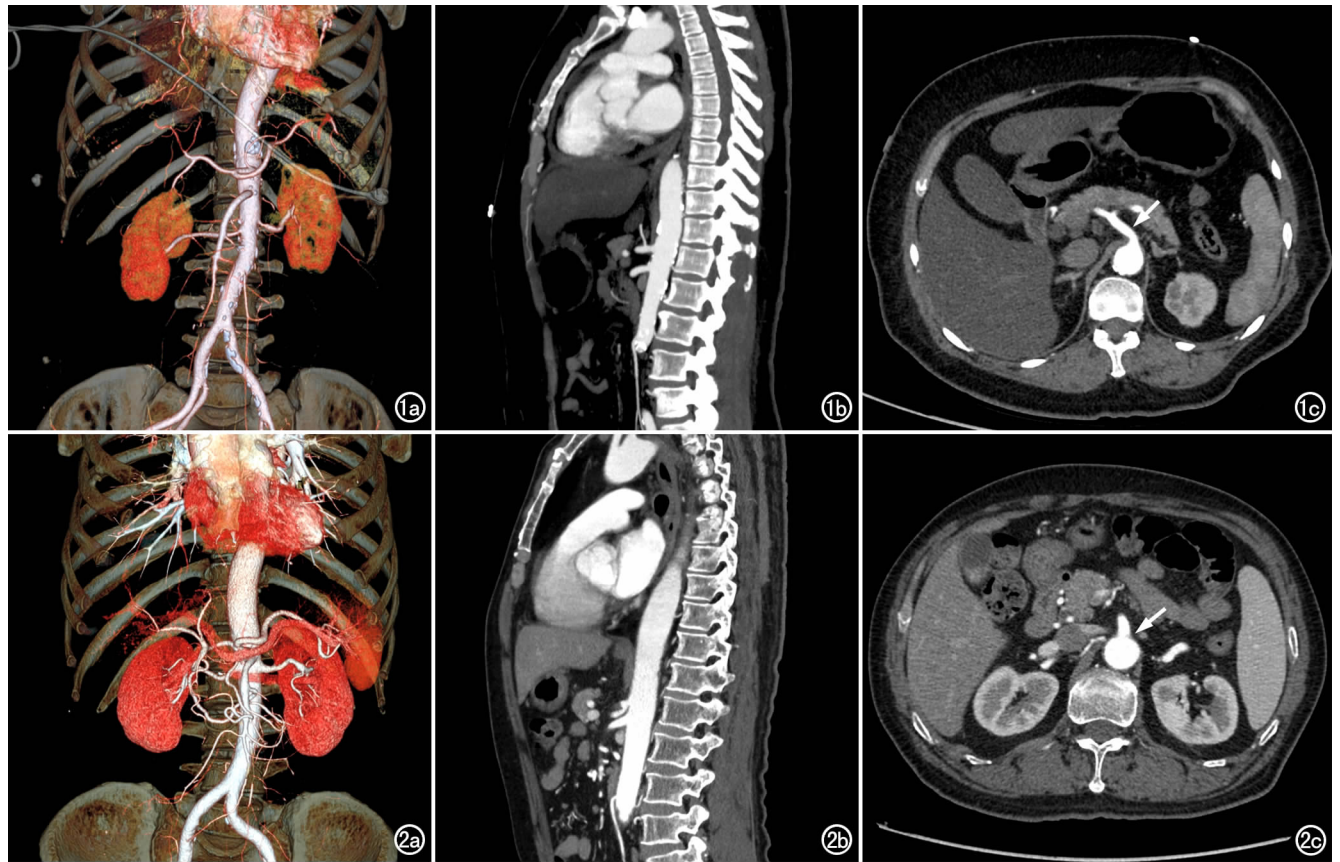


图 1 B 组检查方案 CTA 图像,使用碘克沙醇(270 mg I/mL)80 mL。a) 主动脉 VR 图像,可清晰显示腹主动脉及其主要分支的解剖结构及病变; b) 主动脉矢状面重组图像,可清晰观察主动脉各主要分支的开口及走行; c) 横轴面 CT 图像,可清晰显示腹腔干开口及走行(箭)。 图 2 A 组检查方案 CTA 图像,使用碘帕醇(370 mg I/mL)80 mL。a) 主动脉 VR 图像,主动脉及其分支显示清晰,图像质量与 B 组相似; b) 主动脉矢状面重组图像,图像质量与 B 组相似; c) 横轴面 CT 图像显示肠系膜上动脉开口(箭),图像质量与 B 组相似。

讨 论

随着 CT 技术的不断发展,主动脉 CTA 因其能非侵袭性地显示主动脉结构及病变的优势,越来越多地被应用于临床^[1,2]。但主动脉 CTA 扫描范围广、对比剂使用量较多,带来了一定的射线辐射和对比剂风险。虽然对比剂肾毒性的机制还未被阐明,但有研究表明^[5,8],非离子型含碘对比剂可导致肾管形细胞的凋亡和坏死,并且等渗或低渗性的含碘对比剂均会引起与剂量相关的不同程度的肾细胞凋亡。因此,在保证图像质量的前提下,降低患者接受的辐射剂量和对比剂量,是 CTA 检查中应提倡的。本研究旨在探讨 100 kVp 条件下、应用碘克沙醇(270 mg I/mL)进行主动脉 CTA 检查的可行性。

本组研究结果显示,100 kVp 条件下应用碘克沙醇成像时,主动脉各分支强化程度均超过 300 HU。既往的研究表明^[3],主动脉 CTA 图像血管内 CT 值达到 200 HU 以上即可满足临床诊断要求,因而本组条件下,获得的图像均达到了临床需要。

既往的主动脉 CTA 检查,多使用设备厂商推荐的条件:120 kVp,且为了确保腔内的 CT 值较高,使用较高浓度的对比剂(370 mg I/mL)。本研究中,A 组的扫描参数即为常规成像条件。从本研究的结果来看,虽然 A 组的图像 CNR 优于 B 组($P=0.002$),但两组的图像质量主观评估差异无统计学意义。而且两组图像中,测得主动脉各分支 CT 值的差异也无统计学意义,所以可以认为,两种扫描方案的实际临床效果是相似的。而 B 组扫描方案较 A 组的优势在于总碘量的降低,虽然两组对比剂容积均约 80 mL,但碘克沙醇(270 mgI/mL)含碘量较碘帕醇(370 mg I/mL)是明显减低的,前者人均用量是后者的 74.5%,差异具有统计学意义($P<0.001$)。所以本研究中的 B 组方案,在保证主动脉 CTA 图像质量的同时,降低了患者接受的总碘量。

关于 CT 辐射剂量指标,除两组的扫描长度差异有统计学意义($P=0.031$),CTDI、DLP 及 SSDE 的差异均无统计学意义。扫描长度可能与多种因素有关,如入组人数少、技师个体扫描习惯差异等。而关于辐射剂量,虽然 B 组采用了 100 kVp,但结果并未显示 B 组患者接受的 DLP 及 SSDE 明显低于 A 组。分析原因,在临床工作中,考虑到碘克沙醇(270 mg I/mL)浓度较低,为保证血管内含碘对比剂的 CT 值足够高,将管电压从 120 kVp 降为 100 kVp,是因为碘在较低的管电压条件下对 X 射线的有效吸收增加,强化后含碘血管腔的 CT 值会相应增加。单独降低管电压时,如

果其它参数不变,CT 辐射剂量是减低的,与常规 120 kVp 管电压相比,100 kVp 管电压情况下,患者接受的辐射剂量会减少 35%^[10,11]。但将管电压降低时,如果不调整其它参数,图像噪声将增加,造成图像质量降低,进而可能影响诊断效能。所以,本组在降低管电压的同时,把噪声指数从 13 提高到 11,在自动管电流调制情况下^[9],CT 扫描仪的射线输出增加,保证了图像质量,而最终辐射剂量与 120 kVp 组持平。

本研究的局限性:病例数量较少,患者的个体差异可能造成数据间差异较大,而影响了结果。为保证图像质量,提高了噪声指数而增大了射线输出,因而未明显减低患者接受的辐射剂量。今后应进一步探讨在不增加噪声指数时,该检查方案的可行性。

参考文献:

- [1] Mathias Prokop. Multislice CT angiography[J]. Eur J Radiology, 2000,36(2):86-89.
- [2] Kumamaru KK, Hoppel BE, Mather RT, et al. CT angiography: current technology and clinical use[J]. Radiol Clin North Am, 2010,48(2):213-235.
- [3] Macari M, Israel GM, Berman P, et al. Infrarenal abdominal aortic aneurysms at multi-detector row CT angiography: intravascular enhancement without a timing acquisition[J]. Radiology, 2001, 220(2):519-523.
- [4] 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.
- [5] Zhao Y, Tao Z, Xu Z, et al. Toxic effects of a high dose of non-ionic iodinated contrast media on renal glomerular and aortic endothelial cells in aged rats in vivo[J]. Toxicol Lett, 2011, 202(3): 253-260.
- [6] Huda W, Ogden KM, Khorasani MR. Converting dose-length product to effective dose at CT[J]. Radiology, 2008,248(3):995-1003.
- [7] 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(3):312-314.
- [8] Giulia R, Carlo B, Cristina Q, et al. Contrast agents and renal cell apoptosis[J]. Eur Heart J, 2008,29(20):2569-2576.
- [9] Wintersperger B, Jakobs T, Herzog P, et al. Aorto-iliac multidetector-row CT angiography with low kV settings: improved vessel enhancement and simultaneous reduction of the radiation dose[J]. Eur Radiol, 2005,15(2):334-341.
- [10] Kalva SP, Sahani DV, Hahn PF, et al. Using the K-edge to improve contrast conspicuity and to lower radiation dose with a 16-MDCT: a phantom and human study[J]. J Comput Assist Tomogr, 2006,30(3):391-397.
- [11] Strocchi S, Vite C, Callegari L, et al. Optimisation of multislice computed tomography protocols in angio-CT examinations[J]. Radiol Med (Torino), 2006,111(2):238-244.

(收稿日期:2014-01-08)