

## • CT 双低剂量成像专题 •

## 100 kVp 条件下碘克沙醇(270 mg I/mL)应用于头颈部 CTA 检查的可行性研究

赵永为, 郭小超, 王霄英, 雷平贵, 刘建新, 张保翠, 高福生

**【摘要】 目的:**探讨 100 kVp 条件下应用碘克沙醇(270 mg I/mL)行头颈部 CTA 检查的可行性。**方法:**连续 40 例行头颈部 CTA 检查的患者,根据检查方案分为 A、B 两组进行评价。A 组:使用碘帕醇(370 mg I/mL),管电压 120 kVp,噪声指数(NI)13,共 20 例;B 组:使用碘克沙醇(270 mg I/mL),管电压 100 kVp,NI 11,共 20 例。读取 CT 剂量报告中的容积剂量指数(CTDIvol),计算体型特异性剂量估计(SSDE)值。图像质量主观评价:采用双盲法由两位具有 3 年以上 CT 诊断经验的医师采用 5 分法进行评价。图像质量客观评价:测量并分析两组中主动脉、颈总动脉、颈内动脉及大脑中动脉的 CT 值和标准差(SD)。**结果:**A、B 组中患者年龄[分别为(64.55±8.76)岁和(63.65±14.06)岁]和 BMI[(23.92±2.23)和(23.56±2.20) kg/m<sup>2</sup>]的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。A、B 两组间 CTDIvol[分别为(33.39±2.53)和(26.76±1.03) mGy]和 SSDE[分别为(66.27±4.01)和(53.58±2.06) mGy]的差异有统计学意义( $P<0.05$ )。A、B 组间主观评分(分别为 4.20±0.62 和 4.10±0.55)的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。客观评价:两组间主动脉、颈总动脉、颈内动脉和大脑中动脉的 CT 值及 SD 值的差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论:**100 kVp 条件下、应用碘克沙醇(270 mg I/mL)行头颈部 CTA 检查,在图像质量保持不变的情况下,可降低辐射剂量并减少对比剂使用量。

**【关键词】** 脑动脉; 颈动脉; 体层摄影术, X 线计算机; 血管成像; 对比剂; 辐射量; 体型特异性剂量估计

**【中图分类号】** R814.42; R543.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)04-0365-04

**Feasibility of CT angiography of head and neck using 100kVp as tube voltage with iodixanol (270mg I/mL) as contrast medium**  
ZHAO Yong-wei, GUO Xiao-chao, 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 as tube voltage and 270mg I/mL iodixanol as contrast medium in head and neck CT angiography (CTA). **Methods:** Forty consecutive patients underwent head and neck CTA. Patients were divided into group A and group B according to different CT protocols. Group A: 20 patients, Iopamidol (370mg I/mL) as contrast medium, tube voltage 120kVp, noise Index 13; group B: 20 patients, Iodixanol (270mg I/mL) as contrast medium, tube voltage 100kVp, noise Index 11. CT dose index (CTDIvol) was recorded and size-specific dose estimate (SSDE) was calculated. The subjective evaluation of CTA image quality was obtained by 2 radiologists having more than three years experience of CT diagnosis, using double blind method with five scale score. CT attenuation and standard deviation of vessel lumen (including aorta, common carotid artery, internal carotid artery) were measured and used as objective evaluation of image quality. **Results:** There was no significant statistic difference in age [(64.55±8.76) years vs (63.65±14.06) years,  $P>0.05$ ] and BMI [(23.92±2.23)kg/m<sup>2</sup> vs (23.56±2.20)kg/m<sup>2</sup>,  $P>0.05$ ] of two groups. The mean values of CTDIvol [(33.39±2.53)mGy vs (26.76±1.03)mGy,  $P<0.05$ ] and SSDE [(66.27±4.01)mGy vs (53.58±2.06)mGy,  $P<0.05$ ] in Group A were higher than those of group B, with significant statistic difference. There was neither significant difference in subjectively evaluated image quality (4.2±0.62 vs 4.1±0.55,  $P>0.05$ ), nor in objectively evaluated image quality showing as CT values of blood vessel lumen between the 2 groups, as well as the standard deviation of CT value ( $P>0.05$ ). **Conclusion:** Head and neck CTA with tube voltage as 100kVp and Iodixanol (270mg I/mL) as contrast medium can reduce radiation dose and contrast medium load, providing satisfactory image quality for clinical application.

**【Key words】** Cerebral artery; Carotid artery; CT angiography; Contrast medium; Radiation dose; Size-specific dose estimate

对比剂肾病(contrast-induced nephropathy, CIN)是 CT 对比增强检查的不良反应之一。有研究显示, CIN 的发生率与碘的用量有关<sup>[1]</sup>。同时, CT 检查中患者接受的射线辐射也越来越多地受到关注。在 CT 增强检查中,减少射线辐射、降低对比剂用量,是近期

CT 研究的热点问题。本研究旨在探讨 100 kVp 条件下、应用碘克沙醇(270 mg I/mL)行头颈部 CTA 检查的可行性。

## 材料与方法

### 1. 临床资料

2013 年 4 月—11 月本院临床因怀疑为颈部及颅内动脉疾病而行头颈部 CTA 检查的连续 40 例患者,

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科

作者简介:赵永为(1983—),男,北京人,技师,主要从事 CT 影像技术的研究工作。

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

男 29 例,女 11 例,年龄 27~79 岁,平均 62.5 岁。身体质量指数 (body mass index, BMI) 为 19.7~27.5 kg/m<sup>2</sup>,平均 23.7 kg/m<sup>2</sup>。

## 2. CT 扫描序列和参数

采用 GE Discovery CT750 HD 64 排螺旋 CT 扫描仪。扫描前嘱患者不要进行吞咽动作。使用对比剂智能跟踪触发扫描,将兴趣区 (region of interest, ROI) 放置于主动脉弓,达到 80 HU 时触发,延时 3.2 s 扫描。

扫描参数:管电压 120 或 100 kVp,自动毫安 (120~650 mA),噪声指数 (noise index, NI) 13 或 11,螺距 0.984,转速 0.4 s/r,准直器宽度 0.625 i×40 mm,矩阵 512×512。扫描结束后记录设备上显示的容积剂量指数 (volume CT dose index, CTDIvol)。

## 3. 对比剂注射方案

使用 Medrad 双筒高压注射器双期推注,第一期注射对比剂 50 mL,流率 4.5 mL/s,第二期采用相同流率注射生理盐水 30 mL。

根据检查方案将受试者分为两组进行评价。A 组:使用碘帕醇 (370 mg I/mL),管电压 120 kVp,NI 13,共 20 例。B 组:使用碘克沙醇 (270 mg I/mL),管电压 100 kVp,NI 11,共 20 例。

## 4. 图像处理

迭代重建:在 CT 主机上进行图像重建,使用 30% 自适应统计迭代重建 (adaptive statistical iterative reconstruction, ASiR) 算法,重建层厚 0.625 mm,层距 0.6 mm。

图像三维重组:使用 GE ADW4.5 工作站,采用最大密度投影 (maximum intensity projection, MIP) 及容积再现 (volume rendering, VR) 技术进行图像重组,并将重组图像上传至 PACS 系统。

## 5. 图像评估

主观评价:由两位高年资医师对头颈部 CTA 横轴面图像、MIP 图像以及 VR 图像进行图像整体评分。采用 5 分法,评分标准:1 分,颈部或脑动脉均未显示,无法评价;2 分,动脉显示模糊,无法评价;3 分,动脉显示略模糊,可评价;4 分,动脉显示清晰,可评价;5 分,动脉显示非常清晰,可评价<sup>[2]</sup>。图像整体评分 ≥3 分为符合临床诊断要求,而 ≤2 分为不符合临床诊断要求。

客观评价:使用 GE ADW4.5 工作站,在 30% ASiR 图像上,测量主动脉、颈总动脉、颈内动脉及大脑中动脉的 CT 值及标准差 (standard deviation, SD),将兴趣区 (region of interest, ROI) 放置于血管中段、管腔横截面中央,面积为测量层面管腔面积的 1/2,同时避开钙化、软斑块、狭窄等区域。

## 6. 辐射剂量

对患者接收的辐射剂量的评估采用体型特异性剂量估计 (size-specific dose estimate, SSDE) 值,SSDE 的计算公式为:

$$SSDE = f_{size}^{32X} \times CTDIvol \quad (1)$$

$f_{size}^{32X}$  为转换系数,测量扫描范围内颈部横轴面最大层面前后径 (AP) 与相应层面左右径 (LAT),计算 AP 与 LAT 之和,查询相应的线性关系表,找到对应转换系数,CTDIvol 与转换系数相乘即可得到 SSDE<sup>[3]</sup>。

## 7. 统计学分析

统计学分析使用 SPSS 13.0 软件。使用两独立样本 *t* 检验来分析 A、B 两组间各指标的差异有无统计学意义。分别比较 A、B 组 BMI、图像主观评分、主动脉 CT 值及 SD 值、颈总动脉 CT 值及 SD 值、颈内动脉 CT 值及 SD 值、大脑中动脉 CT 值及 SD 值、SSDE 和 CTDIvol。

## 结 果

### 1. 受试者情况

A、B 两组患者的主要临床资料及统计学分析结果见表 1。两组间年龄及 BMI 的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 1 两组患者临床资料及比较

指标	A 组	B 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
年龄 (岁)	64.55 ± 8.76	63.65 ± 14.06	0.24	0.37
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.92 ± 2.23	23.56 ± 2.20	0.50	0.92

### 2. 辐射剂量

两组患者的辐射剂量相关指标的测量结果见表 2。A、B 两组间 CTDIvol 和 SSDE 的差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

表 2 两组患者接受 CT 辐射剂量及比较

指标	A 组	B 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
CTDIvol (mGy)	33.39 ± 2.53	26.76 ± 1.03	10.86	< 0.01
SSDE (mGy)	66.27 ± 4.01	53.58 ± 2.06	12.58	0.01

### 3. 图像主观评价结果

对两组图像主观评价结果见表 3。A 组图像的主观评分均值为 4.20 ± 0.62, B 组为 4.10 ± 0.55。A、B 两组主观评分的差异无统计学意义 ( $P = 0.65$ ), 两组图像均能满足诊断要求 (图 1、2)。

表 3 两组图像主观评分结果

组别	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	均值
A 组	6	12	2	0	0	4.20 ± 0.62
B 组	4	14	2	0	0	4.10 ± 0.55

### 4. 图像客观评估结果

A、B 两组主动脉、颈总动脉、颈内动脉、大脑中动脉的 CT 值及 SD 值见表 4、5。两组中各支动脉内的

平均 CT 值均大于 300 HU, 组间差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。A、B 两组中各支动脉内 CT 值的平均 SD 值比较, 差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

表 4 两组动脉增强后 CT 值及统计分析结果 (HU)

部位	A 组	B 组	t 值	P 值
主动脉	487.0±59.5	489.6±70.7	0.12	0.63
颈总动脉	527.2±94.8	484.3±69.7	1.63	0.26
颈内动脉	513.0±99.7	485.8±68.7	1.01	0.17
大脑中动脉	441.9±104.9	408.2±79.4	1.15	0.29

表 5 两组图像噪声(SD)及统计分析结果 (HU)

部位	A 组	B 组	t 值	P 值
主动脉	22.57±6.76	19.0±5.51	1.84	0.42
颈总动脉	5.12±2.96	8.39±4.37	-2.77	0.34
颈内动脉	8.25±5.34	6.77±5.99	0.83	0.87
大脑中动脉	7.34±9.17	8.01±10.27	-0.20	0.81

## 讨论

头颈部 CTA 检查是评价脑缺血性疾病常用的影像检查方法, 其临床应用越来越广泛。随着检查数量的增加, 头颈部 CTA 在提供有用诊断信息的同时, 也带来了射线辐射和对比剂不良反应的风险。

对比剂不良反应中, CIN 与对比剂的使用剂量有一定相关性, 占医源性急性肾功能衰竭发病率的 10%<sup>[4]</sup>。CIN 导致患者住院时间延长、治疗费用增加, 远期病死率也明显增加, 还可能导致严重的肾外并发症<sup>[5]</sup>。CIN 的发生是多种病理生理机制共同作用的结果, 主要集中在肾髓质缺血、缺氧损伤, 也可能是肾小管上皮细胞直接毒性作用, 后者与对比剂理化、免疫特性相关。有研究认为, 对比剂粘滞度在 CIN 的发生中起重要作用, 粘滞度越高, 对比剂在血管内停留时间越长, 对血管内皮细胞损伤越大, 导致肾血流减少, 肾小球滤过率下降, 进一步加重髓质缺氧。而在化学结构不变的情况下, 对比剂粘度与碘浓度成正比<sup>[1]</sup>。降低碘浓度可以有效防止 CIN 的发生。本研究中, A 组使用 CTA 检查常用的高浓度对比剂 (370 mg I/mL), 是经典 CTA 检查方法。B 组则使用碘克沙醇 (270 mg I/mL), 为 A 组对比剂浓度的 73%, 是临床可用的较低浓度碘对比剂, 常规用于体部 CT 增强扫描。由于碘浓度较低, 在常规 CTA 扫

描条件下, 血管腔内 CT 值较低, 故既往较少用于血管 CTA。而在本研究中, 在降低了 27% 碘量的情况下, 仍然得到了满足临床诊断要求的图像, 其原因, 是配合了低电压 (100 kVp) 和迭代重建技术, 才使得较低浓度对比剂 CTA 检查成为可能。

CT 检查中, 患者接受的辐射剂量与管电压的平方成正比, 减低管电压可以显著降低患者接受的辐射剂量。本研究结果显示, A 组使用 120 kVp, 平均 SS-DE 为 66.27 mGy, B 组使用 100 kVp, 平均 SSDE 为 53.58 mGy, B 组 SSDE 较 A 组下降幅度达 20%。由于颈部甲状腺对射线较敏感<sup>[11]</sup>, 使用 100 kVp 管电压在保证图像质量的同时还可以减少辐射对患者的危害。

除了减少辐射损害, 降低管电压的另一个作用, 是

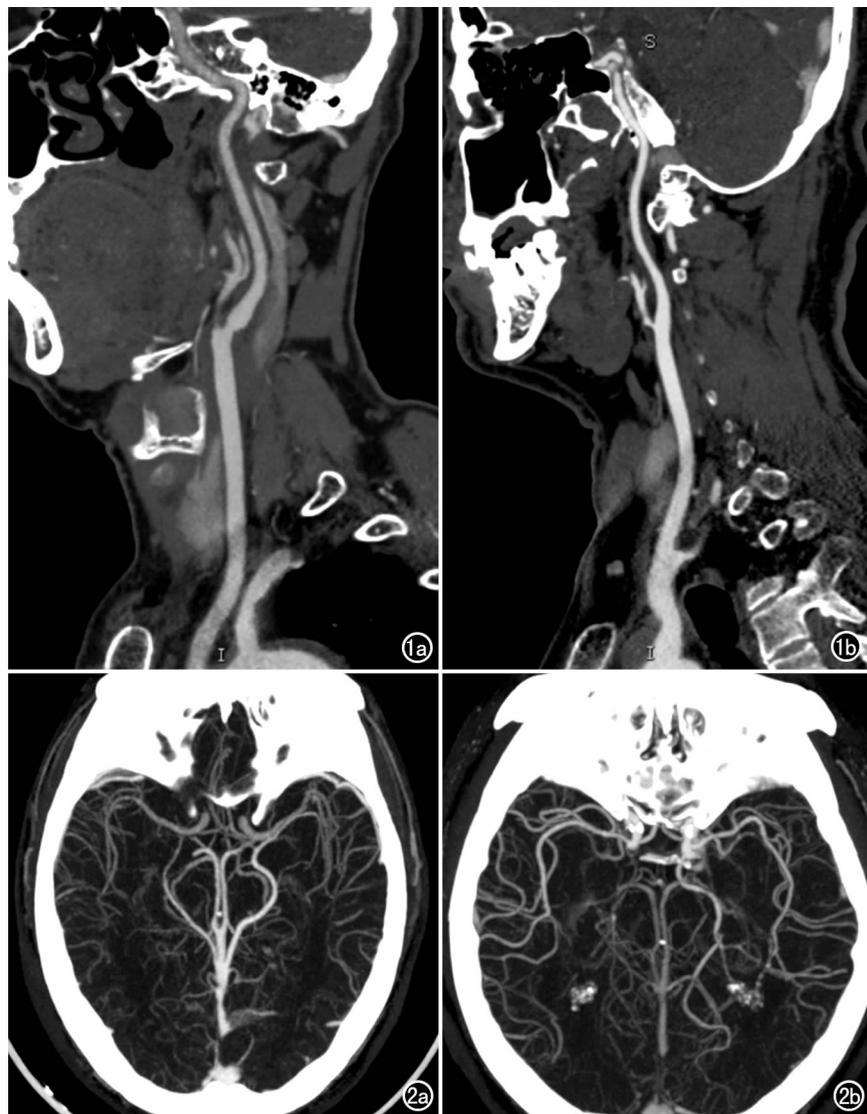


图 1 矢状面颈动脉 CTA 图像。a) A 组 (碘帕醇, 120 kVp) 图像上颈总动脉及颈内动脉显示清晰; b) B 组 (碘克沙醇, 100 kVp) 图像上颈总动脉及颈内动脉显示良好, 与 A 组比较无明显差异。图 2 头部横轴面 CTA 图像。a) A 组 (碘帕醇, 120 kVp) 图像上大脑中动脉显示清晰; b) B 组 (碘克沙醇, 100 kVp) 大脑中动脉显示清晰, 与 A 组比较无明显差异。

可以有效增强光电效应和康普顿散射,增加含碘对比剂的CT值<sup>[6,7]</sup>。本研究中,在同样的注射参数下,使用碘克沙醇(270 mg I/mL)对比剂,如果保持管电压不变,由于碘浓度较低,会不可避免地造成血管腔CT值下降。而实际B组使用降低了的(100 kVp)管电压,结果证明,在降低了患者所接受的辐射剂量(约20%)的同时,可以有效地对CT值进行补偿,A、B组血管管腔内CT值接近( $P>0.05$ )。

本研究中,使用100 kVp管电压,保证了低浓度碘对比剂CTA成像时,血管腔内CT值足够高,但如果不做特殊处理,图像噪声将增加,所以,采用了迭代算法来降低噪声,使图像质量得到保证。图像噪声是指在CT扫描均匀水模时其像素CT值偏离标准值之差。其大小可用感兴趣区均匀物质CT值的标准方差来表示<sup>[8]</sup>。而噪声大小与管电压、管电流成反比关系<sup>[9]</sup>。本次研究中A、B两组间各段血管的SD值差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),主观评价B组均大于3分,而且A、B组主观评分及CT值、SD值差异均无统计学意义,可以满足诊断需求(图1~2)。

本研究具有一定的局限性:首先,样本量偏少,仍需扩大样本量来验证本研究的结论;其次,研究对象BMI很高的病例较少,低管电压条件下、迭代重建用于该类患者的图像质量以及临床应用价值仍需进一步研究。另外,未评价本组条件下头颈部CTA对血管病变诊断的准确性,将来应以DSA为金标准,进一步评价低剂量头颈部CTA的诊断效能。

综上所述,在100 kVp条件下、应用碘克沙醇(270 mg I/mL)行头颈部CTA检查是可行的,在保证

图像质量满足临床需求的同时,可以有效地降低辐射剂量及对比剂风险。

#### 参考文献:

- [1] 李为民,薛竟宜.对比剂肾病的研究进展[J].中国循环杂志,2010,25(5):325-326.
- [2] 刘建新,崔晨,高福生,等.三次团注法行头颈部CT血管成像扫描方案的初步研究[J].中华放射学杂志,2012,46(12):1138-1140.
- [3] 张晓东,郭小超,王霄英,等.体型特异性剂量评估的概念和方法[J].放射学实践,2013,28(3):312-314.
- [4] Persson PB, Tepel M. Contrast medium-induced nephropathy: the pathophysiology (review)[J]. Kidney Int, 2006, 69(Suppl 1): S8-S10.
- [5] McCullough P. Outcomes of contrast-induced nephropathy: experience in patients undergoing cardiovascular intervention [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2006, 67(6): 335-343.
- [6] 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 radiation dose [J]. Eur Radiol, 2005, 15(2): 334-341.
- [7] 赵凯,姜原,郭晓超,等.100kVp冠状动脉CTA检查的可行性研究[J].放射学实践,2013,28(5):496-500.
- [8] 亓恒涛,秦维昌,王巍,等.64层螺旋CT噪声测试及其影响因素分析[J].中华放射医学与防护杂志,2007,27(2):195-198.
- [9] 陈志安,潘勇,岳秀,等.CT图像噪声相关因素分析[J].中国医学影像技术,2001,17(12):1236-1237.
- [10] 赵永为,王鹤,王霄英,等.基于模型的迭代重建在胸廓出口处超低剂量CT扫描中的可行性[J].放射学实践,2013,28(3):288-290.
- [11] 傅强,卢涛,张琳.头部CT扫描时防护围脖对减少甲状腺辐射剂量的评估[J].中国辐射卫生,2008,17(1):13-19.

(收稿日期:2014-01-08)

## · 书讯 ·

《儿科影像病例点评200例》由武汉市儿童医院邵剑波教授和深圳市人民医院杨敏洁教授主译,上海交通大学附属上海儿童医学中心朱铭教授审校的《儿科影像病例点评200例》一书,于2013年5月由北京大学医学出版社出版。该书是《Pediatric Imaging-Case Review Series》第2版,原著主编 Thierry A. G. M. Huisman。

该书得到了 Johns Hopkins 医院和大学儿科医生们的支持和帮助。本书共分基础篇、提高篇和挑战篇3部分,具有4个显著特点:①收录的儿科病例数量达200例,涉及面广,几乎覆盖了各个系统疾病与类型;②语言简练流畅,书写手法新颖独特。首先以提问的方式切入主题,再逐个问题一一对应回复,重点突出,简明扼要,便于记忆;③点评内容丰富,涵盖多学科知识与新技术,除影像学外,还包括胚胎学、遗传学、解剖学、生理学、病理学、新生儿学、儿科学、外科学、产科学及产前诊断学等;④病例图片清晰、征象突出,直观可信,易于诊断与鉴别诊断,有利于在临床工作中推广应用。

欲购此书者请将110元(含包装、挂号邮寄费)寄至:武汉市香港路100号,武汉市儿童医院CT·MRI科郑楠楠(联系电话:027-82433396或15827102185),邮编430016。敬请在留言栏中附上联系人电话。

《肿瘤影像诊断图谱》由周纯武教授主编,于2011年6月由人民卫生出版社出版发行。该书是由中国医学科学院肿瘤医院领衔,北京天坛医院和北京积水潭医院参与共同编纂完成。全书共9篇47章涵盖头颈、胸、腹、盆腔、乳腺、中枢神经系统、骨与软组织多个系统的肿瘤及肿瘤样病变,涉及超声、CT、MRI、PET-CT等多种影像手段,图片丰富、文字精练、内容精良、印刷精美,堪称肿瘤影像诊断的经典工具书。定价228元。购书热线:010-67605754 65264830 59787586 59787592。