

## • CT 双低剂量成像专题 •

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

江柳, 赵永为, 王霄英, 张保翠, 罗健

**【摘要】 目的:**探讨 100 kVp 条件下使用碘克沙醇(270 mg I/mL)行肺动脉 CTA 检查的可行性。**方法:**54 例连续患者行肺动脉 CTA 检查,分为两组:100 kVp 组共 27 例,使用对比剂碘克沙醇(270 mg I/mL);120 kVp 组 27 例,使用对比剂为碘帕醇(370 mg I/mL)。两组使用对比剂的总量均为 35 mL。记录 2 组的 CT 剂量指数(CTDI)、剂量长度乘积(DLP),并计算有效剂量(ED)和体型特异性剂量估计(SSDE)值。对图像质量进行主观评分,并测量每例患者肺动脉各段的 CT 值,对主观评分和测量结果进行统计学分析。**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( $P=0.785, 0.416$  和  $0.311$ )。100 kVp 组使用对比剂的总碘量为 9.45 g,120 kVp 组为 12.95 g。100 kVp 组 CTDIvol、DLP、ED 和 SSDE 值均低于 120 kVp 组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。两组图像质量均符合诊断要求,主观评分的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。两组肺动脉各段 CT 值的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论:**使用 100 kVp 管电压、碘克沙醇(270 mg I/mL)行肺动脉 CTA 检查,图像质量能够满足临床诊断需求,同时降低了患者的辐射剂量及对比剂量。

**【关键词】** 肺动脉; CT 血管成像; 对比剂; 辐射剂量; 体型特异性剂量估计

**【中图分类号】** R814.42; R543.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)04-0353-04

**Feasibility study of CT pulmonary angiography using iodixanol (270mg I/mL) with 100kVp technique** JIANG Liu, 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 iodixanol (270mg I/mL) with 100kVp technique in CT pulmonary angiography (CTPA). **Methods:** 57 contiguous cases had CTPA were divided into 2 groups, Group A included 27 patients using iopamidol 370mg I/mL, 35ml, with 120kVp technique; Group B included 27 patients using iodixanol 270mg I/mL, 35mL with 100kVp technique. The CT radiation dose index(CTDI), dose length product (DLP) were recorded, effective dose (ED) and size specific dose estimate (SSDE) were calculated. Subjective gradation of image quality were done, the CT values of different segments of pulmonary artery of each patient were measured, statistical analyses were performed between these two groups. **Results:** No significant statistical difference was existed in sex, age and body mass index (BMI) of these two groups ( $P=0.785, P=0.416$  and  $0.311$  respectively). The total amount of iodine in Group B was lower than that of Group A (9.45g vs 12.95g). The CTDIvol, DLP, ED and SSDE of Group B were lower than that of Group A, with significant statistical difference ( $P<0.05$ ). The image quality of the two groups met the requirement of diagnosis, no significant statistic difference was existed in subjective gradation of the two groups ( $P>0.05$ ). No statistical difference between two groups was assessed in the CT value of various segments of pulmonary artery ( $P>0.05$ ). **Conclusion:** Using 100kVp technique and iodixanol (270mg I/mL) for CTPA, the image quality could meet the requirement for clinical diagnosis, the radiation dose and the volume of contrast medium could be lowered.

**【Key words】** Pulmonary artery; Computed tomography angiography; Contrast medium; Radiation dose; Size-specific dose estimate

随着多层螺旋 CT 的广泛应用,肺动脉 CT 成像(computed tomography pulmonary angiography, CTPA)已成为诊断肺动脉栓塞的首选方法<sup>[1]</sup>。评价肺动脉栓塞主要依靠肺动脉管腔内对比剂与栓子的密度差异<sup>[1-2]</sup>。单位时间内进入肺动脉内的对比剂越多,管腔显示越好,但伴随的对比剂风险也越大<sup>[3-5]</sup>。另外,CT 检查中患者所接受的辐射剂量已引起广泛关注。因此在满足影像诊断要求的前提下,降低对比剂用量及辐

射剂量成为 CT 技术研究的重要方向。本研究旨在探讨使用 100 kVp 管电压、碘克沙醇(270 mg I/mL)行肺动脉 CTA 检查的可行性。

## 材料与方法

### 1. 病例资料

选取本院 2013 年 4 月—2013 年 12 月临床怀疑肺动脉栓塞而行 CTPA 检查的连续 54 例患者,根据 CT 扫描管电压的设置将患者分为两组:100 kVp 和 120 kVp 组,各 27 例。

### 2. CT 扫描方法

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科

作者简介:江柳(1984—),女,山东荣成人,博士研究生,主要从事腹部影像及血管影像研究,

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

CT扫描采用 GE Discovery CT750 HD 64 排螺旋 CT 扫描仪。100 kVp 组管电压为 100 kVp, 管电流为 350 mA; 120 kVp 组管电压为 120 kVp, 管电流为 300 mA。两组其余扫描参数相同: 扫描层厚 0.625 mm, 探测器宽度 40.0 mm, 球管旋转速度 0.4 s/r, 螺距 0.984, 矩阵 512×512。采用 50% 自适应统计迭代重建 (adaptive statistical iterative reconstruction, ASiR) 技术进行图像重建。

记录每例患者检查时 CT 设备自动生成的 CT 容积剂量指数 (volume CT dose index, CTDIvol) 及剂量长度乘积 (dose length product, DLP), 并计算有效剂量 (effective dose, ED) 和体型特异性剂量估计 (size-specific dose estimate, SSDE) 值。ED 的计算公式如下:

$$ED = DLP \times k \quad (1)$$

k 为转换因子, 采用欧洲 CT 质量标准指南提出的胸部平均值, 即 0.014 mSv/(mGy·cm)<sup>[6]</sup>。SSDE 为基于患者体型的辐射剂量评估, 具体换算参照 Boone 等<sup>[7-8]</sup>的报告。

### 3. 对比剂注射方案

100 kVp 组使用对比剂碘克沙醇 (270 mg I/mL), 120 kVp 组对比剂为碘帕醇 (370 mg I/mL)。两组中每例患者对比剂注射总量均为 35 mL, 追加生理盐水总量为 20 mL。

使用 Medrad 双筒高压注射器经肘前静脉注射对比剂, 根据预实验获得的肺动脉的时间-密度曲线来确定增强扫描的延迟时间。兴趣区 (region of interest, ROI) 置于气管隆突水平肺动脉主干内, 注射对比剂 10 mL, 注射流率为 5 mL/s, 追加生理盐水 10 mL, 注射流率为 5 mL/s, 延迟时间为 0 s, 层厚 1 mm, 同层连续扫描, 扫描时间 1 s, 间隔 1 s, 共扫描 20 次。根据 ROI 的时间-密度曲线, 以对比剂注射开始至增强峰值的时间为正式扫描的延迟时间, 注射对比剂 25 mL, 追加生理盐水 10 mL, 注射流率均为 5 mL/s, 扫描范围自主动脉弓上方 1 cm 至膈顶。

### 4. 图像评估

主观评价: 图像质量评价在 ADW4.4 工作站上进行。由 2 位经验丰富的影像科医师采用单盲法阅片。根据图像质量进行主观评分, 采用 5 分法<sup>[9]</sup>: 5 分, 血管边缘平滑锐利, 分支及远端显示好, 可用于诊断; 4 分, 血管显示较好, 分支显示较好, 远端显示较好, 可用于诊断; 3 分, 血管主干显示较好, 主要分支显示较好, 远端显示欠佳, 可用于诊断; 2 分, 血管边缘毛糙, 分支及远端显示差, 诊断困难; 1 分为血管边缘毛糙, 主干、分支显示均欠佳, 无法诊断。图像主观评分 3~5 分为符合诊断要求, 1~2 分为不符合诊断要求。

客观评价: 分别测量两组图像中肺动脉主干及各级分支 (左、右肺动脉为一级分支, 肺叶动脉为二级分支, 肺段动脉为三级分支, 肺亚段动脉为四级分支) 的 CT 值。测量时避开有栓子的管腔, ROI 的面积要超过血管管腔面积的一半, 于每段血管的中间部分测量 3 次, 取其平均值。对直径 < 2 mm 的血管, 不做测量。

### 5. 统计学分析

使用 SPSS 13.0 统计软件进行统计分析。两组间患者性别差异的比较采用卡方检验, 对两组间 CTDIvol、DLP、ED、SSDE、图像质量主观评分和不同部位 CT 值的比较采用 Mann-Whitney U 非参数秩和检验。P < 0.05 认为差异有统计学意义。

## 结 果

### 1. 一般资料

两组行 CTPA 检查患者的临床资料及统计分析结果见表 1。100 kVp 组和 120 kVp 组人口学数据的差异均无统计学意义 (P > 0.05)。

表 1 CTPA 检查患者的临床资料

指标	100kVp 组	120kVp 组	Z 值	P 值
年龄 (岁)	61.11±19.12	65.81±14.94	-0.814	0.416
性别 (男/女)	13/14	12/15	-	0.785
身高 (cm)	166.67±8.98	163.04±7.97	-1.603	0.109
体重 (kg)	68.04±12.17	68.19±10.71	-0.009	0.993
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.42±3.55	25.69±3.97	-1.012	0.311

### 2. 辐射剂量

两组扫描的辐射剂量相关指标的测量结果及统计分析数据见表 2。100 kVp 组与 120 kVp 组 CTDIvol、DLP、ED、SSDE 的差异均有统计学意义 (P < 0.05)。

表 2 100 kVp 组和 120 kVp 组辐射剂量比较

指标	100 kVp 组	120 kVp 组	Z 值	P 值
CTDIvol (mGy)	5.21±0.49	6.89±0.27	-5.866	<0.001
DLP (mGy·cm)	128.28±15.47	175.63±18.79	-5.891	<0.001
ED (mSv)	1.80±0.22	2.46±0.26	-5.891	<0.001
SSDE (mGy)	7.04±0.91	9.05±0.77	-5.701	<0.001

### 3. 对比剂剂量

100 kVp 组使用对比剂碘克沙醇 (270 mg I/mL) 的总碘量为 9.45 g; 120 kVp 组使用对比剂碘帕醇 (370 mg I/mL) 的总碘量为 12.95 g。

### 4. 图像质量主观评分

两种扫描方法的 CTPA 图像质量均符合诊断要求: 100 kVp 组中 5 分 19 例, 4 分 5 例, 3 分 3 例; 120 kVp 组中 5 分 21 例, 4 分 5 例, 3 分 1 例。两组图像主观评分的差异无统计学意义 (P = 0.47)。

### 5. 图像质量客观评价

两组图像中各段血管的平均 CT 值及统计分析结果见表 3。两组中肺动脉主干及各级分支 CT 值的差异均无统计学意义 (P > 0.05)。100 kVp 组 (图 1) 所评估的血管节段中管腔 CT 值 > 250 HU 的共 128 段

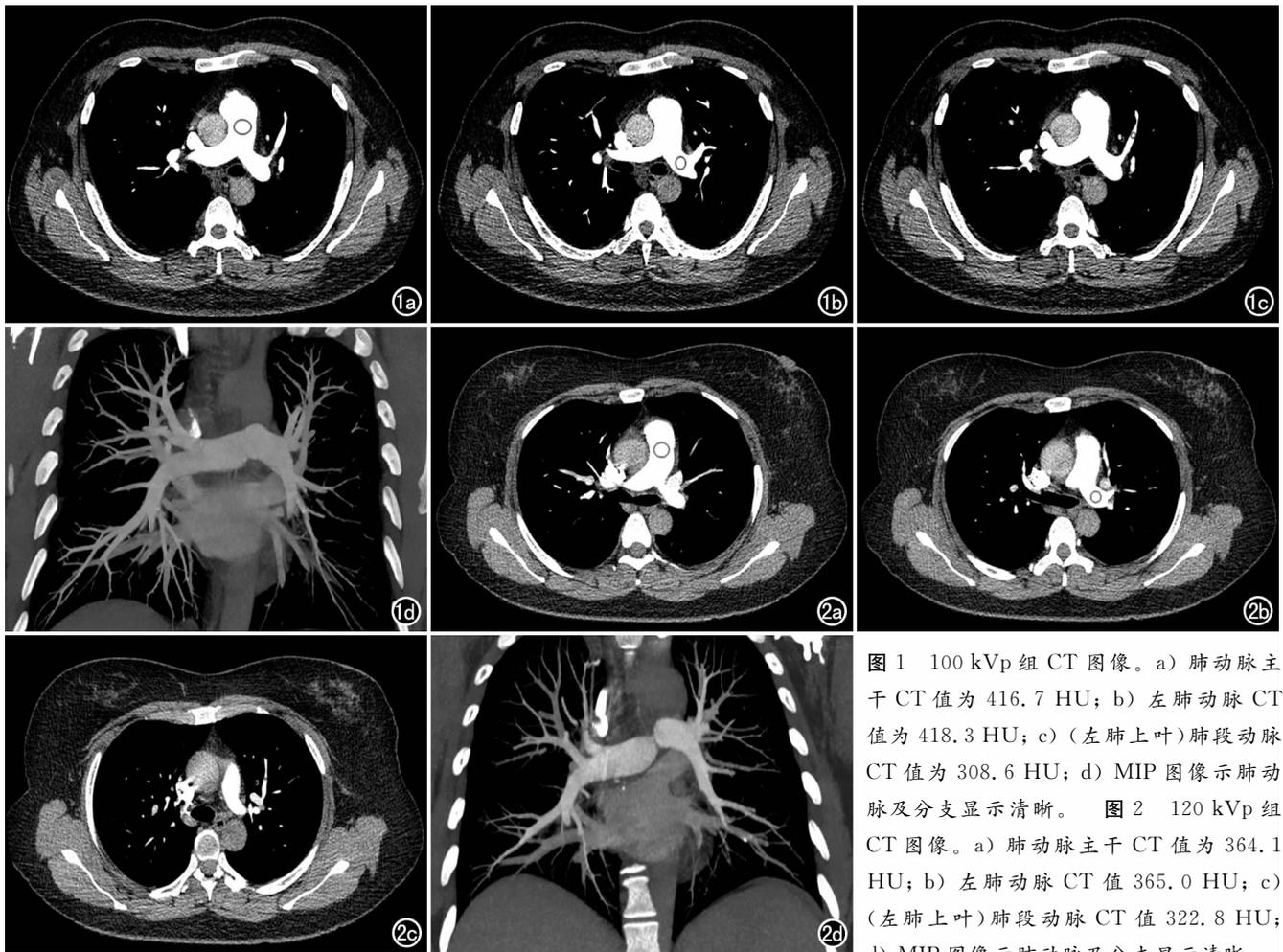


图1 100 kVp组CT图像。a) 肺动脉主干CT值为416.7 HU; b) 左肺动脉CT值为418.3 HU; c) (左肺上叶)肺段动脉CT值为308.6 HU; d) MIP图像示肺动脉及分支显示清晰。图2 120 kVp组CT图像。a) 肺动脉主干CT值为364.1 HU; b) 左肺动脉CT值365.0 HU; c) (左肺上叶)肺段动脉CT值322.8 HU; d) MIP图像示肺动脉及分支显示清晰。

(94.81%, 128/135), 120 kVp组(图2)所评估的血管节段中管腔CT值 $>250$  HU的共126段(93.33%, 126/135)。

表3 100 kVp组和120 kVp组各段血管的CT值及比较 (HU)

血管段	100 kVp组	120 kVp组	Z值	P值
肺动脉主干	398.93 $\pm$ 68.66	382.11 $\pm$ 95.08	-0.649	0.516
一级分支	373.19 $\pm$ 70.15	356.78 $\pm$ 81.18	-1.029	0.303
二级分支	364.59 $\pm$ 79.72	354.48 $\pm$ 98.38	-0.978	0.328
三级分支	359.70 $\pm$ 72.82	370.48 $\pm$ 95.02	-0.294	0.769
四级分支	351.52 $\pm$ 73.43	342.07 $\pm$ 97.85	-0.735	0.462

## 讨论

肺动脉CTA能够无创地观察肺动脉管腔内的情况,已成为诊断肺动脉栓塞的首选方法<sup>[1]</sup>。在目前的临床实践中,肺动脉CTA成像一般使用120 kVp、高浓度碘对比剂来获得高质量的图像,但伴随着一定的射线辐射风险和对比剂风险<sup>[1-3]</sup>。因此在满足影像诊断要求的前提下,降低对比剂剂量及辐射剂量成为CTA检查的重要研究方向。随着迭代重建算法在临床实践中的应用,低管电压(100 kVp)CT扫描已成为可能,并开始广泛应用于临床<sup>[1-2]</sup>。

降低辐射剂量的方法主要包括降低管电压、降低

管电流、增加螺距及层厚、减少扫描时间及扫描范围等。肺动脉CTA扫描范围内乳腺对X射线较敏感,因此更需要合理降低辐射剂量,减少对患者的危害<sup>[10]</sup>。本研究通过降低管电压的方式来降低辐射剂量,100 kVp组的ED和SSDE均值均明显低于120 kVp组,差异有统计学意义,由此可见,100 kVp组明显减小了患者所接受的辐射剂量。

对比剂的浓度、剂量、注射流率等均可影响CT增强扫描的图像质量。在对比剂的注射流率和容积相同的情况下,使用较高浓度的对比剂能够增加对比剂中的总碘量,获得较好的图像质量。然而对比剂浓度越高,越可能增加心脑血管系统相关副作用的发生风险,而且与对比剂肾病(contrast-induced nephropathy, CIN)的发生密切相关。使用低浓度对比剂能够减少对对比剂的总碘量,降低CIN的发生风险<sup>[3-5]</sup>。既往减少CTPA对比剂剂量的研究主要针对改变注射方案<sup>[11]</sup>,本研究中两组的对比剂注射方案相同,100 kVp组使用低浓度对比剂碘克沙醇(270 mg I/mL),总碘量为9.45 g,明显低于120 kVp组(总碘量12.95 g),有利于降低患者肾脏代谢负担并减小CIN的发生概率。

但是,在 CT 常规扫描条件下,使用低浓度对比剂,致血管腔内含碘量减少,将造成肺动脉 CT 值降低。所以本方案联合了低管电压(100 kVp)扫描方案,可增加碘对比剂对 X 线的衰减,补偿了 CT 值的降低。但降低管电压将增加图像的噪声,故本研究中使用迭代重建算法进行图像重建,与常规重建方法比较,迭代重建降低了图像噪声,改善了低电压条件下的图像质量,使之满足临床诊断要求。根据通常的临床经验,肺动脉增强后管腔 CT 值高于 250 HU 为显影较好,可达到临床诊断要求<sup>[12]</sup>,本研究中 100 kVp 组中管腔 CT 值高于 250 HU 的血管节段占 94.81%,优于 120 kVp 组的 93.33%。所以,两种扫描方法下 CTPA 的图像质量均符合临床诊断要求,图像质量评分差异无统计学意义。

本研究有不足之处:①样本量较少,需扩充样本量进一步验证本研究的结论;②本研究通过临床经验使用 50% ASiR 技术进行图像重建,未应用不同程度的 ASiR 重建进行组间比较;③仅由影像科医师对图像进行主观、客观评估,如有可能,应与金标准(X 线血管造影)结果进行对照,以了解不同扫描方案的诊断效能。

综上所述,在 100 kVp 管电压条件下使用碘克沙醇(270 mg I/mL)行肺动脉 CTA 检查所获得的图像能够满足临床诊断需求,降低了患者所接受的辐射剂量及对比剂剂量。

#### 参考文献:

[1] Yuan R, Shuman WP, Earls JP, et al. Reduced iodine load at CT pulmonary angiography with dual-energy monochromatic imaging: comparison with standard CT pulmonary angiography—a pro-

spective randomized trial[J]. *Radiology*, 2012, 262(1): 290-297.

- [2] Godoy MC, Heller SL, Naidich DP, et al. Dual-energy MDCT: comparison of pulmonary artery enhancement on dedicated CT pulmonary angiography, routine and low contrast volume studies [J]. *Eur J Radiology*, 2011, 79(2): 11-17.
- [3] 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.
- [4] Romano G, Briguori C, Quintavalle C, et al. Contrast agents and renal cell apoptosis[J]. *Eur Heart J*, 2008, 29(20): 2569-2576.
- [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] Boone JM, Strauss KJ, Cody DD, et al. Report of AAPM TG 204: size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body CT examinations[M]. USA: AAPM, 2011: 1-22.
- [8] 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.
- [9] Matsuoka S, Hunsaker AR, Gill RR, et al. Vascular enhancement and image quality of MDCT pulmonary angiography in 400 cases: comparison of standard and low kilovoltage settings [J]. *AJR*, 2009, 192(6): 1651-1656.
- [10] Heyer CM, Mohr PS, Lemburg SP, et al. Image quality and radiation exposure at pulmonary CT angiography with 100 or 120kVp protocol: prospective randomized study[J]. *Radiology*, 2007, 245(2): 577-583.
- [11] 崔晨, 刘建新, 王霄英, 等. 三期团注法对比剂注射方案在肺动脉 CTA 检查中的应用研究[J]. *放射学实践*, 2013, 28(5): 493-495.
- [12] Schoepf UJ. Pulmonary artery CTA [J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2006, 9(4): 180-191.

(收稿日期: 2014-01-08)

## 下期要目

前列腺 MRI 专题

油酸制作 ARDS 犬模型及 CT 表现

相对表观扩散系数在脑转移瘤疗效评估中的价值

肝硬化门静脉性胆病的影像表现

腮腺腺淋巴瘤的 CT、MRI 表现特征

胎儿肺隔离症的 MRI 诊断

小脑共济失调型多系统萎缩脑干白质定量 DTT 研究

腮腺囊实性肿瘤中不同成分对 ADC 均值的影响

伴有乳头溢液乳腺癌与导管内乳头状瘤的乳腺导管造影诊断

Gd-EOB-DTPA 对 Gd-DTPA 延迟期等高信号小肝癌的

诊断价值

X 线及 CT 联合应用对胆石性肠梗阻的诊断价值