

• 胸部影像学 •

光子双源 CT Flash 模式联合低浓度对比剂在肺动脉成像中的应用

周星, 张常青, 黄刚, 王平, 张文文

【摘要】 目的:探讨光子双源 CT Flash 模式联合低浓度对比剂在肺动脉成像中的临床应用。**方法:**200 例临床怀疑肺动脉栓塞的患者随机分为 A、B、C、D 四组, 各组 50 例, 对比剂注射方案: A 组, 40 mL 对比剂+40 mL 生理盐水, 流率 4.0 mL/s; B 组, 40 mL 对比剂+40 mL 生理盐水, 流率 4.0 mL/s; C 组, 40 mL 对比剂+40 mL 生理盐水, 流率 4.5 mL/s; D 组, 40 mL 对比剂+40 mL 生理盐水, 流率 5.0 mL/s。A 组对比剂采用欧乃派克(350 mg I/mL), B、C、D 对比剂采用威视派克(270 mg I/mL)。分析比较各组图像质量、客观评价指标及辐射剂量、碘总量。**结果:**患者的一般资料及 CTDIvol、DLP、ED 差异无统计学意义($P>0.05$)。A 组与其他三组相比, 摄入的碘总量每位患者减少了 3200 mg。四组间主观评分差异有统计学意义($P<0.05$), D 组优良评分病例数最多(40 例)。4 级肺动脉显示率 B 组 98.4%, 其他三组为 100%, 差异有统计学意义($P<0.05$), A、D 两组 5、6 级肺动脉显示率高于 B、C 两组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。D、A 组各支血管 CT 值、SNR、CNR 高于 B、C 两组, 差异有统计学意义($P<0.05$); 左、右肺上叶动脉、下叶动脉噪声有差异($P<0.05$)。A、D 两组各支血管 CT 值均大于 250 HU, B 组共有 37 支血管 CT 值 <250 HU, C 组病例共有 10 支血管 CT 值 <250 HU($P<0.05$)。**结论:**光子双源 CT Flash 模式联合低浓度对比剂(270 mg I/mL), 注射流率 5.0 mL/s 的扫描方案在肺动脉血管成像中可获得满意的图像质量, 同时降低患者的碘对比剂用量。

【关键词】 肺动脉成像; 肺栓塞; 体层摄影术, X 线计算机; 对比剂; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R563.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)11-1041-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.11.005

The application of combined dual-source CT Flash mode and low concentration of contrast agent in CT pulmonary angiography
ZHOU Xing, ZHANG Chang-qing, HUANG Gang, et al. Department of Radiology, Gansu Provincial Hospital of China, Lanzhou 730000, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to investigate the clinical application value of combined Flash mode on dual-source CT and low concentrations of contrast agents in CT pulmonary angiography. **Methods:** 200 patients with suspected pulmonary embolism were randomly divided into four groups, namely A, B, C and D, with 50 cases each. Injection protocol for contrast agent was as the following: group A: contrast agent 40mL with saline 40mL, injection flow rate 4.0mL/s; Group B: contrast agent 40mL with saline 40mL, injection flow rate of 4.0mL/s; Group C: contrast agent 40mL with saline 40mL, injection flow rate of 4.5mL/s; Group D: contrast agent 40mL with saline 40mL, injection flow rate of 5.0mL/s. Omnipaque (350mg I/mL, GE medicine) was administered in group A, while Visipaque (270mg I/mL, GE medicine) was applied in group B, C and D. Image quality, objective evaluation indicators, radiation dose and total iodine dosage were analyzed and compared. **Results:** The difference of general data, CTDIvol, DLP and ED in different groups was not significant ($P>0.05$). Intake of total iodine dosage in each patient was reduced by 3200mg in group A compared with other three groups. There was significant difference among the four groups in subjective evaluation score ($P<0.05$), with that group D had more excellent score than the other three groups. The detection rate of fourth-order arteries was 98.4% in group B, and 100% in other three groups, which had significant difference ($P<0.05$). The detection rate of fifth- and sixth-order arteries in group A and D was higher than that in group B and C, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The CT values, SNR and CNR of pulmonary trunk, left and right pulmonary artery, left and right upper lobe and lower lobe artery in group A and D were significantly higher than those in group B and C ($P<0.05$). The vascular noise of left and right upper lobe pulmonary artery and lower lobe pulmonary artery of four groups was of significant difference ($P<0.05$). CT value measured in all arteries in group A and D were higher than 250HU, while it was less than 250HU in 37 arteries in group B and 10 arteries in group C ($P<0.05$). **Conclusion:** The use of combined dual-source CT Flash mode and low concentration of contrast agents (270mg I/mL) with injection rate of 5.0mL/s can achieve satisfactory image quality in CT pulmonary angiography and reduce iodine dosage.

【Key words】 Pulmonary angiography; Pulmonary embolism; Tomography, X-ray computed; Contrast medium; Radiation dosage

作者单位: 730000 兰州, 甘肃省人民医院放射科

作者简介: 周星(1980—), 女, 甘肃庆阳人, 硕士, 主治医师, 主要从事心血管影像学诊断工作。

通讯作者: 张常青, E-mail: 1413687515@qq.com

基金项目: 甘肃兰州市城关区科技计划项目(2014CGKJ16)

目前 CT 肺动脉成像(computed tomography pulmonary angiography,CTPA)已成为诊断肺栓塞的首选检查方法。光子双源 CT 有更快的扫描速度及迭代算法的优点。近年来,合理使用对比剂越来越引起放射学者的关注,对比剂的渗透压及粘滞度与对比剂肾病(contrast induced nephropathy,CIN)的发生密切相关^[1]。低浓度、等渗对比剂可以降低对比剂肾病的危险性^[2]。本研究拟探讨低浓度等渗对比剂(威视派克,270 mg I/mL)联合光子双源 CT Flash 扫描模式在肺动脉成像中的应用价值。

材料与方法

1. 研究对象

搜集 2015 年 2 月—2015 年 11 月在甘肃省人民医院临床怀疑肺栓塞的病例 200 例,纳入标准:无碘过敏、无心、肾功能不全,体重指数(body mass index,BMI)为 19~27.1 kg/m²。所有受试者随机分为 A、B、C、D 四组,每组 50 例。入组患者均签署知情同意书。

2. 对比剂注射方案

对比剂注射方案:A 组,40 mL 对比剂+40 mL 生理盐水,流率 4 mL/s,对比剂选用欧乃派克(350 mg I/mL,GE 药业);B 组,40 mL 对比剂+40 mL 生理盐水,流率 4.0 mL/s;C 组,40 mL 对比剂+40 mL 生理盐水,流率 4.5 mL/s;D 组,40 mL 对比剂+40 mL 生理盐水,流率 5.0 mL/s。B、C、D 对比剂均采用威视派克(270 mg I/mL,GE)。

3. 扫描设备及方法

扫描前充分告知患者扫描的操作过程及注意事项,并训练患者平静呼吸。采用 Siemens Definition Flash 扫描机,Flash 模式:利用双球管,其中 A 球管视野(FOV)50 cm×50 cm,B 球管 FOV 33 cm×33 cm,两个球管夹角 94°。扫描期间打开管电压自动调节技术(CARE kV)及管电流自动调节技术(CARE Dose 4D),全自动曝光剂量调节,球管旋转 0.28 s/r,螺距 2.2,探测器准直器 128×0.6 mm。

患者取仰卧位,双手置于头上,扫描冠状面及矢状面两个定位像,更好的评估患者的体型,利于 CARE kV、CARE Dose 4D 技术选择最合理的曝光剂量。扫描范围为肺尖至膈顶,扫描方向从足到头。平静呼吸,无需憋气,采用触发扫描(Bolus-Tracking)模式,延迟 3 s 监测,选定肺动脉主干为监测兴趣区(ROI),监测阈值 50 HU,触发后延迟 4 s 启动扫描,总扫描时间在 1 s 左右完成。采用原始数据域迭代重建技术(sino-gram affirmed iterative reconstruction,SAFIRE)重建,重建层厚 0.75 mm,strength 为 3 级,卷积函数

I26f。

4. 图像质量分析

主观评价:图像调入 Siemens SNYGO VIA 后处理工作站,由 2 名高年资心血管诊断医师结合原始图像和重建图像对图像质量进行评分,意见不一致时行第 2 次共同阅片,并达成一致意见。评分标准为:1 分,图像质量极好,肺动脉及亚段肺动脉显影良好,肺静脉未强化;2 分,图像质量好,肺动脉及亚段肺动脉显影良好,肺静脉略有强化;3 分,肺动脉及亚段肺动脉显影可,肺静脉强化幅度低于肺动脉;4 分,肺动脉及亚段肺动脉强化幅度低于肺静脉;5 分,肺动脉强化幅度低于肺静脉,亚段肺动脉分辨不清,无法评价需重做。≤2 分为优良图像(图 1~2),4 分为图像差。

客观评价:在 Siemens SNYGO VIA 后处理工作站,首先判定有无肺栓塞,其次在肺动脉干,左肺动脉、右肺动脉、左右肺上叶动脉、左右下叶基底干动脉管腔选定兴趣区(ROI)测量 CT 值,避开血栓,均数表示测量血管的 CT 值,标准差为噪声,信噪比(signal-to-noise ratio,SNR)为相应 ROI 的 CT 值与噪声的比值,ROI 大小应至少覆盖管腔的 1/2,对比噪声比(contrast-to-noise ratio,CNR)则采用 Kristiansson 等的研究,假设新鲜血凝块的最大 CT 值为 70 HU,CNR=(相应 ROI 的 CT 值-新鲜血凝块的 CT 值(70 HU))/相应 ROI 的噪声^[3](图 1)。以血管腔 CT 值>250 HU 为诊断的标准^[4]。

参考 Boyden 术语分型^[5]对肺动脉进行计数,左右肺动脉为 1 级,肺段动脉为 3 级,亚段动脉为四级(左右各 20 个),5、6 级肺动脉按主干下分为 2 支来计数,左右肺动脉 5 级、6 级分支总数各为 80、160 支,对 4、5、6 级分支计数并计算显示率^[6]。

记录单层容积 CT 剂量指数(volume CT dose index,CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product,DLP),计算有效剂量(effective dose,ED),ED=DLP×0.014^[7]。

5. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 进行统计学分析,计量资料以均数±标准差表示。计量资料采用单因素方差分析,计数资料采用 Fisher 检验法和卡方检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 患者的一般资料

四组间患者年龄、BMI、CTDIvol、DLP、ED 差异无统计学意义($P>0.05$,表 1),共 67 例诊断为肺动脉栓塞。B、C、D 三组平均每位患者摄入的碘总量比 A 组下降了 3200 mg。



图 1 女,56 岁,对比剂注射方案:270 mg I/mL,5.0 mL/s。a) 肺动脉主干 CT 值 447 HU,噪声 38,SNR 11.8,CNR 9.9; b) 右肺动脉 CT 值约 449 HU,噪声 48,SNR 9.4,CNR 7.9; c) 左肺动脉 CT 值约 442 HU,噪声 42,SNR:10.5,CNR:8.9; d) 左下肺动脉 CT 值 462 HU,噪声 38,SNR 12.2,CNR 10.3; e) 右上肺动脉 CT 值 511 HU,噪声 33,SNR 15.5,CNR 13.4;左上肺动脉 CT 值 407 HU,噪声 23,SNR 17.7,CNR 14.7; f) 右下肺动脉 CT 值 437 HU,噪声 36,SNR 12.1,CNR 10.2。扫描期间开启 CARE kV 及 CARE Dose 4D 技术,DLP 20 mGy·cm,总 ED 0.28 mSv。

表 1 患者的一般资料比较

参数	A	B	C	D	F	P 值
年龄(岁)	46.5±5.0	47.9±6.7	48.1±7.2	48.5±5.5	0.973	>0.05
BMI(kg/m ²)	24.5±2.3	24.4±2.3	24.9±2.2	25.3±2.6	1.407	>0.05
扫描时间(s)	1.2±0.3	1.2±0.3	1.2±0.3	1.3±0.3	2.516	>0.05
单层 CTDIvol(mGy)	3.01±0.85	2.83±1.21	2.81±1.14	2.91±1.23	0.355	>0.05
DLP(mGy·cm)	83±35	90±29	82±37	88±42	0.542	>0.05
ED(mSv)	1.31±0.25	1.34±0.09	1.26±0.20	1.25±0.24	1.882	>0.05

2. 主观质量评价

主观评分 1 分、2 分合并为优良图像进行统计学分析,四组图像主观评分差异有统计学意义($P<0.05$),D 组优良评分病例数最多(40 例),见表 2。B 组有 1 例无法评价图像,需重复扫描,因此客观评价时被剔除。

表 2 四组肺动脉图像质量评分比较

评分	A 组	B 组	C 组	D 组
1 分	20(40%)	2(4%)	6(12%)	17(34%)
2 分	18(36%)	23(46%)	28(56%)	23(46%)
3 分	12(24%)	19(38%)	15(30%)	9(18%)
4 分	0	5(10%)	1(2%)	1(2%)
5 分	0	1(2%)	0	0

4 级肺动脉显示比较 B 组为 98.4%,其他三组均为 100%,差异有统计学意义($P<0.05$),比较各组间 5、6 级周围肺动脉显示率,A、D 两组显示率高于 B、C

两组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。

3. 客观图像评价标准

四组患者肺动脉主干、左右肺动脉、左右肺上叶动脉、下叶动脉血管 CT 值比较,A 组和 D 组高于 B、C 两组,差异有统计学意义($P<0.05$);四组间左右肺上叶动脉、下叶动脉噪声差异有统计学意义($P<0.05$);四组间肺动脉主干及左、右肺动脉噪声差异无统计学意义($P>0.05$);A、D 两组肺动脉主干、左右肺动脉、左右肺上叶、下叶动脉 SNR、CNR 高于 B、C 两组,差异有统计学意义($P<0.05$),而 A、D 两组间差异无统计学意义($P>0.05$),见表 4。

在纳入观察的 7 支血管中,以 CT 值 <250 HU 为标准,A、D 两组各支血管 CT 值均大于 250 HU,B 组共有 37 支血管 CT 值 <250 HU,C 组病例共有 10 支

表 3 四组图像周围肺动脉显示比较

参数	A	B	C	D	χ^2	P 值
对比剂浓度(mg I/mL)	350	270	270	270		
注射流率(mL/s)	4.0	4.0	4.5	5.0		
4 级肺动脉	2000(100%)	1928(98.4%)	2000(100%)	2000(100%)	98.355	$<0.001^*$
5 级肺动脉	3752(93.8%)	3175(81%)	3496(87.4%)	3676(91.9%)	379.247	$<0.001^*$
6 级肺动脉	5984(74.8%)	4233(54%)	5520(69%)	6256(78.2%)	1269.48	$<0.001^*$

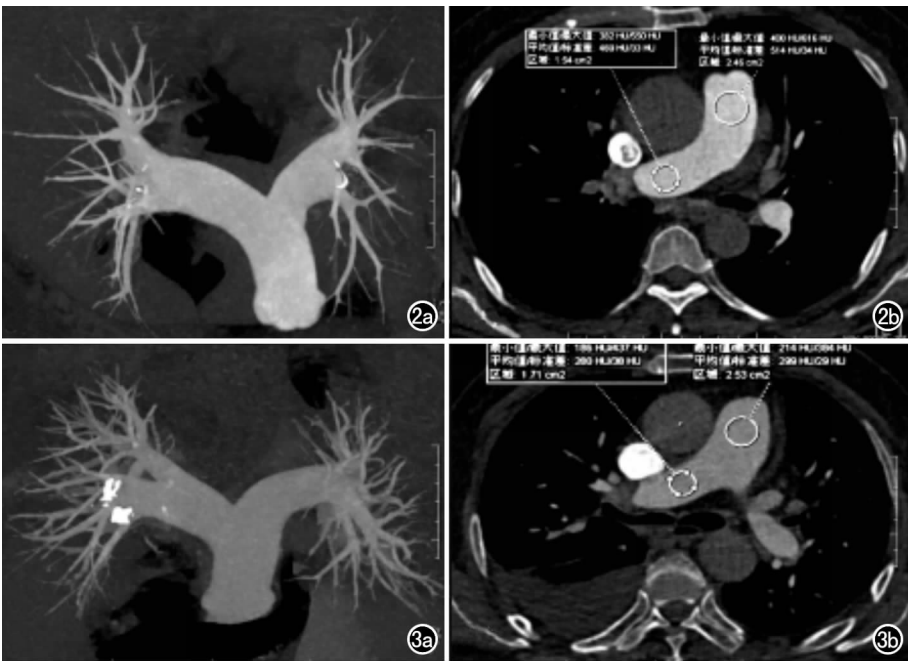


图 2 A 组,对比剂 350 mg I/mL,注射流率 4 mL/s。a) MIP 图像显示血管边缘锐利,评分 1 分;b) 肺动脉主干 CT 值 514 HU,噪声 34,SNR 15.1,CNR 13.0,右肺动脉 CT 值 469 HU,噪声 33,SNR 14.2,CNR 12.1。

图 3 B 组,对比剂 270 mg I/mL,注射流率 4 mL/s。a) MIP 图像血管腔边缘模糊,评分 3 分;b) 肺动脉主干 CT 值 299 HU,噪声 29,SNR 10.3,CNR 7.9,右肺动脉 CT 值 280 HU,噪声 38,SNR 7.4,CNR 5.5。

血管 CT 值<250 HU,肺动脉主干 CT 值<250 HU 例数差异无统计学意义($P>0.05$),余各支血管 CT 值<250 HU 例数差异有统计学意义($P<0.05$),见表 5。

表 4 四组肺动脉图像 CT 值、噪声、SNR、CNR 比较

肺动脉	A 组	B 组	C 组	D 组	F 值	P 值
肺动脉主干						
CT 值	537.2±156.6	334.9±56.2	416.5±79.2	466.5±115.3	30.682	<0.001
噪声	32.7±9.8	29.3±7.4	30.9±8.3	28.7±7.9	2.302	>0.05
SNR	17.4±8.5	11.9±2.6	14.0±3.1	16.6±3.8	12.457	<0.001
CNR	15.1±7.7	9.4±2.2	11.6±2.7	14.1±3.5	16.091	<0.001
左肺动脉						
CT 值	525.8±155.5	324.3±56.3	413.5±82.4	456.9±109.3	30.852	0.000
噪声	31.6±7.4	29.3±7.8	30.7±7.7	29.4±7.7	1.007	>0.05
SNR	17.0±4.5	11.7±3.2	14.0±3.9	16.0±3.6	18.662	<0.001
CNR	14.6±4.3	9.1±2.7	11.6±3.4	13.5±3.3	24.125	<0.001
右肺动脉						
CT 值	502.9±138.8	315.0±55.2	400.6±80.8	443.8±104.6	30.896	<0.001
噪声	33.5±7.4	29.5±7.7	29.5±8.0	31.0±9.5	3.170	>0.05
SNR	15.1±2.9	11.2±2.8	14.1±3.7	14.5±2.7	16.149	<0.001
CNR	12.9±2.9	8.7±2.4	11.6±3.2	12.1±2.5	22.132	<0.001
右肺上叶动脉						
CT 值	533.9±147.9	322.3±68.5	423.4±100.5	469.0±124.6	28.015	<0.001
噪声	33.3±12.0	28.6±5.7	30.2±8.6	28.1±6.5	9.595	<0.001
SNR	15.6±4.9	11.5±2.4	14.8±5.1	16.6±3.8	12.852	<0.001
CNR	13.5±4.5	9.0±2.2	12.3±4.6	14.2±3.5	16.841	<0.001
左肺上叶动脉						
CT 值	514.5±150.4	323.6±58.0	404.1±100.5	445.8±112.3	25.256	<0.001
噪声	32.9±10.7	27.5±5.7	29.5±7.8	28.1±6.5	7.377	<0.001
SNR	16.3±4.7	13.2±3.6	14.4±4.8	16.2±3.5	6.279	<0.001
CNR	14.0±4.3	10.3±3.0	11.9±4.3	13.6±3.2	9.919	<0.001
右肺下叶动脉						
CT 值	548.6±160.1	322.9±62.0	423.1±114.6	471.8±121.0	28.799	<0.001
噪声	32.5±8.8	28.4±6.8	30.4±8.2	33.4±8.9	3.534	<0.05
SNR	17.4±4.8	11.8±2.7	12.6±4.7	14.5±3.6	15.037	<0.001
CNR	15.1±4.5	9.2±2.4	12.1±4.3	13.3±3.4	19.590	<0.001
左肺下叶动脉						
CT 值	530.3±150.7	325.2±68.4	415.5±101.1	467.7±114.8	29.146	<0.001
噪声	31.7±11.6	27.7±6.9	30.8±9.0	28.1±6.5	11.191	<0.001
SNR	16.3±4.9	12.2±3.5	14.1±15.0	16.9±3.6	2.899	<0.05
CNR	11.3±4.3	9.5±2.9	13.2±12.4	14.3±3.3	4.587	<0.05

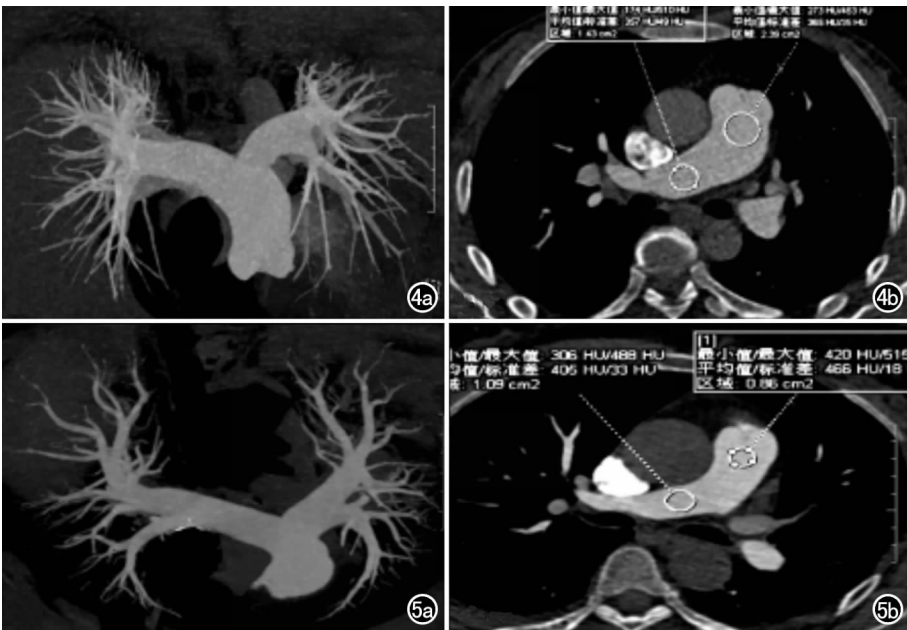


图 4 C 组,对比剂 270 mg I/mL,注射流率 4.5 mL/s。a) MIP 图像血管边缘锐利,评分 2 分; b) 肺动脉主干 CT 值 365 HU,噪声 35,SNR 10.4,CNR 8.4,右肺动脉 CT 值 357 HU,噪声 49,SNR 7.3,CNR 5.9。 图 5 D 组,对比剂 270 mg I/mL,注射流率 5.0 mL/s。a) MIP 图像显示血管边缘锐利,评分 1 分; b) 肺动脉主干 CT 值 466 HU,噪声 18,SNR 25.7,CNR 22,右肺动脉 CT 值 405 HU,噪声 35,SNR 11.6,CNR 9.6。

表 5 四组图像肺动脉 CT 值比较

肺动脉	A 组 (%)		B 组		C 组		D 组		P 值
	≥ 250HU	<250HU	≥ 250HU	<250HU	≥ 250HU	<250HU	≥ 250HU	<250HU	
肺动脉主干	50(100)	0(0)	47(95.9)	2(4.1)	49(98)	1(2)	50(100)	0(0)	>0.05
左肺动脉	50(100)	0(0)	45(91.8)	4(8.2)	49(98)	1(2)	50(100)	0(0)	<0.05
右肺动脉	50(100)	0(0)	43(87.8)	6(12.2)	49(98)	1(2)	50(100)	0(0)	<0.01
左肺上叶动脉	50(100)	0(0)	44(89.8)	5(10.2)	49(98)	1(2)	50(100)	0(0)	<0.01
右肺上叶动脉	50(100)	0(0)	42(85.7)	7(14.3)	49(98)	1(2)	50(100)	0(0)	<0.001
左肺下叶动脉	50(100)	0(0)	45(91.8)	4(8.2)	48(96)	2(4)	50(100)	0(0)	<0.05
右肺下叶动脉	50(100)	0(0)	40(81.6)	9(18.4)	47(94)	3(6)	50(100)	0(0)	<0.001

讨 论

CTPA 凭其较高的敏感度及特异度成为诊断肺栓塞的主要方法。临床已广泛应用,同体循环相比,肺动脉达峰时间早,维持时间短,操作相对困难,传统的 64 层 CT 机完成一次肺动脉成像需要 4~6 s。而双源 CT 引入双球管,旋转速度和扫描时间更快,特别是本研究采用的 FLASH 扫描模式,肺动脉扫描时间仅为 1 s 左右,无需憋气,短的扫描时间意味着需要调整对比剂的用量、注射方案及浓度的选择。近年来,对比剂的安全性越来越受到关注,碘对比剂可引起包括心血管反应、肾脏毒性、神经系统毒性等不良反应,且与对比剂的剂量、注射方式、流率和理化性质相关^[8]。本研究选择等渗对比剂(渗透压 290 O sm/kg H₂O)威视派克低浓度碘对比剂(270 mg I/mL),最接近人体血浆渗透压。碘对比剂使用指南(第二版)对于碘对比剂的应用建议中也提到应使用等渗或次高渗对比剂,尽量

肺动脉充盈满意,血管显示清晰。

A 组和 D 组肺动脉主干、左右肺动脉、左右肺上叶动脉及下叶动脉血管 CT 值高于 B、C 两组,差异有统计学意义;肺动脉主干、左右肺动脉、上叶动脉、下叶动脉平均 CT 值均>250 HU,但其中 B 组病例共 37 支血管 CT 值<250 HU,C 组病例共 10 支血管 CT 值<250 HU,除肺动脉差异无统计学意义,其他各支血管 CT 值差异均有统计学意义。提示低浓度对比剂的注射流率为 4 mL/s 及 4.5 mL/s 时不能确保得到完全符合诊断需求的图像,与对比剂浓度低、注射流率相对慢导致管腔内对比剂充盈欠佳,碘含量相对较低有关。

A、D 两组各支肺动脉血管 SNR、CNR 均高于 B、C 两组,差异有统计学意义。分析原因为 A 组对比剂浓度高,D 组虽然为低浓度对比剂,但由于提高了注射流率,单位时间内通过血管截面的碘流量的提高,保证了血管的高 CT 值,在噪声不变的前提下,SNR、CNR

避免使用高渗对比剂^[9]。
本研究结果显示,主观评分 D 组优良评分最高(40 例),A 组优良评分与 D 组接近(38 例),但是 D 组每位患者的碘总量较 A 组下降了 3200 mg,而碘总量的下降可以减少对比剂的不良反应及降低医疗风险的发生^[10]。且低浓度、等渗对比剂可以降低对比剂肾病的危险性^[2]。
4 级肺动脉管径相对较粗,除 B 组显示率为 98.4%,其他三组均为 100%,很可能的原因是 B 组注射对比剂浓度低,流率较慢导致管腔对比剂充盈不满意或血管变异所致,D、A 两组 5、6 级周围肺动脉显示率高于 B、C 两组,差异有统计学意义($P<0.05$),说明低浓度对比剂结合高流率(5 mL/s)注射模式,保证了单位时间血管腔截面的碘含量,同样可以使 5、6 级

亦高,B、C 两组由于对比剂浓度低、注射流率相对慢导致单位时间血管腔截面的碘流量相对低,血管腔的 CT 值较低,导致 SNR 和 CNR 下降。肺动脉及左、右肺动脉噪声差异无统计学意义($P>0.05$),分析原因是因为本研究采用了 SAFIRE 迭代算法,SAFIRE 技术能明显降低噪声,减少伪影,提高图像细节对比,有效提高图像质量^[11-12]。本研究中左、右肺上叶动脉、下叶动脉噪声有差异($P<0.05$),可能是本实验扫描期间无需憋气,呼吸运动度相对较大影响管径较细的叶动脉局部图像质量,且上腔静脉内残余的少量对比剂引起的硬化线束伪影影响了右肺上叶动脉局部图像质量所致。

本研究采用的 Flash 扫描模式,为大螺距扫描,根据 CTDIvol 的定义: $(CTDIvol = CTDIw / Pitch)$ 可知螺距越大,辐射剂量愈低^[13]。本研究扫描期间开启 CARE kV 及 CARE Dose 4D 完全实现了患者个性化扫描,这两项技术是近年推出的新技术,根据冠状面和矢状面定位像及扫描范围的确定,从而得知患者的剖面密度,然后结合患者的扫描任务来进行相应的计算,如在不同的管电压水平下设定不同水平的管电流以及 CTDIvol,这两项技术并不是只关心降低辐射剂量,而忽视图像质量,它通过各方面的计算给出的扫描条件是足以得到满足诊断的图像质量,比如患者比较肥胖时会选择较高的管电压^[12]。康绍磊等^[14]研究发现 CARE kV 联合 CARE Dose 4D 技术与单一应用 CARE Dose 4D 技术相比,ED 下降了 30.36%。本研究中也发现 CARE kV 联合 CARE Dose 4D 技术有单个患者扫描总 DLP 仅为 20 mGy·cm,ED 仅为 0.28 mSv。但本研究重点针对低浓度对比剂注射方案的优化选择,未行常规扫描条件与 CARE kV、CARE Dose 4D 技术的对比研究。这也是下一步所研究的方向。

通过初步研究,在临床肺动脉成像中,利用光子双源 CT Flash 模式联合低浓度对比剂(270 mg I/mL)及注射流率 5.0 mL/s 的注射方案可降低碘对比剂用量,并获得满意的图像质量,可作为临床 CTPA 检查推荐方案。

参考文献:

[1] Reed M, Meier P, Tamhane UU, et al. The relative renal safety of

- iodixanol compared with low-osmolar contrast media: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Comment on JACC Cardiovasc Interv*, 2009, 2(7): 645-654.
- [2] 张沥, 赵洁, 王寅中, 等. 等参与低渗碘造影剂在 CT 增强扫描时肾毒性的 Meta 分析[J]. *中华肾脏病杂志*, 2013, 29(6): 401-405.
- [3] Kristiansson M, Holmquist F, Nyman U. Ultralow contrast medium doses at CT to diagnose pulmonary embolism in patients with moderate to severe renal impairment: a feasibility study[J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(6): 1321-1330.
- [4] Ramadan SU, Kosar P, Sonmez I, et al. Optimisation of contrast medium volume and injection-related factors in CT pulmonary angiography: 64-slice CT study[J]. *Eur Radiology*, 2010, 20(9): 2100-2107.
- [5] Remy-Jardin M, Remy J, Artaud D, et al. Peripheral pulmonary arteries: optimization of the spiral CT acquisition protocol[J]. *Radiology*, 1997, 204(1): 157-163.
- [6] 李芸芝, 王刚, 周怀琪, 等. MSCT 肺动脉成像不同参数对周围肺动脉显示率的对比研究[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2012, 23(9): 630-634.
- [7] 孙国臣, 王忠, 李萌. 二代双源 CT 大螺距肺动脉成像低剂量与低对比剂用量的应用研究[J]. *放射学实践*, 2015, 30(3): 250-254.
- [8] 陈韵岱, 陈纪言, 傅国胜, 等. 碘对比剂血管造影应用相关不良反应中国专家共识[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2014, 22(6): 341-348.
- [9] 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组. 碘对比剂使用指南(第二版)[J]. *中华放射学杂志*, 2013, 47(10): 869-871.
- [10] Thomsen HS. European society of urogenital radiology. European Society of Urogenital Radiology guidelines on contrast media application[J]. *Curr Opin Urol*, 2007, 17(1): 70-76.
- [11] Moscariello A, Takx RA, Schoepf UJ, et al. Coronary CT angiography: image quality, diagnostic accuracy, and potential for radiation dose reduction using a novel iterative image reconstruction technique-comparison with traditional filtered backprojection[J]. *Eur Radiol*, 2011, 21(10): 2130-2138.
- [12] Winklehner A, Goetti R, BaumueUer S, et al. Automated attenuation-based tube potential selection for thoracoabdominal computed tomography angiography: improved dose effectiveness[J]. *Investigative Radiology*, 2011, 46(12): 767-773.
- [13] 董霞, 武志峰, 鄂林宁, 等. 双源 CT 大螺距扫描联合迭代重建在肺动脉成像中的应用研究[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2014, 25(6): 393-396.
- [14] 康绍磊, 曾宪春, 谢晓洁, 等. 智能最佳管电压扫描联合自动管电流调节技术降低成人胸部 CT 扫描辐射剂量[J]. *中国医学影像技术*, 2013, 29(4): 636-640.

(收稿日期: 2016-01-20)