

·技术研究·

## 双低剂量在全主动脉和冠状动脉一站式CT血管造影中的临床应用

冯玉, 朱洪章, 温志华, 李向民, 彭振鹏, 杨旭峰, 林润, 严超贵\*  
(中山大学附属第一医院放射诊断科, 广东广州 510080)

**摘要:**【目的】探讨前瞻性心电门控螺旋扫描联合低管电压、低对比剂注射速度及剂量技术在全主动脉及冠状动脉一站式CT成像中的应用。【方法】收集心率 $\leq 75$ 次/min且心律齐的临床可疑主动脉病变或主动脉术后复查CT的患者60例,将其随机分为两组,每组各30例。两组均采用320排CT前瞻性心电门控螺旋模式扫描,除实验组(G1)采用管电压80 kV、对比剂注射速率3 m/s及对比剂容量0.65 mL/kg扫描方案,常规组(G2)组采用管电压120 kV、对比剂注射速率4 m/s及对比剂容量1.2 mL/kg扫描方案扫描外,其他扫描及重建参数相同。测量主动脉及冠状动脉各节段的CT值及其相应平面脂肪组织的CT值及标准差,计算信噪比(SNR)及对比噪声比(CNR),由两名高年资放射医师对三维后处理图像质量进行主观评分,并记录对比剂使用剂量、辐射剂量。比较和分析两组的客观图像质量(血管CT值、噪声、SNR及CNR)、主观图像质量、辐射剂量及对比剂使用剂量等指标。【结果】G1组检出主动脉异常率83.33%(25/30),正常率16.67%(5/30);冠状动脉异常率43.33%(13/30),正常率56.67%(17/30)。G2组检出主动脉异常率86.67%(26/30),正常率13.33%(4/30);冠状动脉异常率53.33%(16/30),正常率46.67%(14/30)。客观图像质量指标中,除升主动脉、降主动脉、腹主动脉、肠系膜上动脉、双侧肾动脉、左冠状动脉主干、前降支、回旋支、右冠状动脉SNR及腹主动脉、肠系膜上动脉、双侧肾动脉、前降支、回旋支CNR无统计学差异外,其余的指标均有显著的统计学差异。G1组的辐射剂量与对比剂使用剂量明显低于G2组( $P < 0.05$ )。两组的血管三维后处理图像主观质量评分无统计学差异( $P > 0.05$ )。【结论】在全主动脉及冠状动脉一站式CT扫描中,运用前瞻性心电门控螺旋扫描联合低管电压及低流速、低对比剂剂量技术,能够在无明显降低图像质量的前提下降低患者的辐射剂量和对比剂使用剂量。

**关键词:** 主动脉; 冠状动脉; CT血管造影; X线体层摄影术; 辐射剂量; 对比剂

中图分类号: R543.1; R814.42

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2017)04-0601-07

### Clinical Application of Whole Aorta and Coronary CT Angiography Combined with Low Radiation Dose, Low Contrast Medium Injection Rate and Dose Protocol

FENG Yu, ZHU Hong-zhang, WEN Zhi-hua, LI Xiang-min, PENG Zhen-peng, YANG Xu-feng,  
LIN Run, YAN Chao-gui

(Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510080, China)

Corresponding to: YAN Chao-gui; E-mail: yan\_0318@126.com

**Abstract:** 【Objective】 To investigate the clinical value of using prospective ECG-gating Helical protocol in whole aorta and coronary arteries CT angiography combined with low tube voltage, low contrast medium injection rate and dose technology. 【Methods】 A total of 60 patients (heart rate  $\leq 75$  bpm and normal heart rhythm) with suspected aortic disease or post-operation were randomly divided into 2 groups: G1 ( $n = 30$ ; tube voltage: 80 kV; contrast medium injection rate: 3 mL/s; contrast medium dose: 0.65 mL/kg) and G2 ( $n = 30$ ; tube voltage: 120 kV; contrast medium injection rate: 4 mL/s; contrast medium dose: 1.2 mL/kg). The two groups underwent aorta angiography with prospective ECG-gating Helical protocol by using 320-detector CT. The mean CT values and standard deviation of aorta, coronaries and adjacent adipose tissue were measured, signal to noise ratio (signal-to-noise ratio, SNR)

收稿日期: 2017-04-10

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(8161792)

作者简介: 冯玉, 本科, 技师, 研究方向: 心血管CT检查技术, E-mail: smileezero@163.com, 电话: 15902038274; 严超贵, 通信作者, E-mail: yan\_0318@126.com

and contrast to noise ratio (contrast-to-noise ratio, CNR) were calculated. The subjective quality scoring of 3-d post-processing images were evaluated independently by 2 senior radiologists. The mean CT values and standard deviation of aorta, coronaries and adipose tissue, SNR, CNR, subjective quality scoring, contrast medium dose and radiation dose were compared and analyzed. 【Results】 The abnormal and normal rate of aorta in two groups were 83.33% (25/30), 16.67% (5/30) and 86.67% (26/30), 13.33% (4/30); while the abnormal and normal rate of coronary arteries in two groups were 43.33% (13/30), 56.67% (17/30) and 53.33% (16/30), 46.67% (14/30). SNR values of ascending aorta, descending aorta, abdominal aorta, superior mesenteric artery, bilateral renal artery, left main coronary artery, left anterior descending branch, left circumflex branch, right coronary artery and CNR values of abdominal aorta, superior mesenteric artery, bilateral renal artery, left anterior descending branch, left circumflex branch had no statistical significance, while the other indicators were significant differences between the two groups. The radiation dose and the contrast medium dose of G1 was significantly lower than G2 ( $P < 0.05$ ). There was no difference in the subjective image quality of 3D post-processing images between the two groups ( $P > 0.05$ ). 【Conclusions】 Using prospective ECG-gating Helical protocol in whole aorta and coronary arteries CT angiography combined with low tube voltage, low contrast medium injection rate and low contrast medium dose technology can help to reduce radiation and contrast medium dose without impacting on the imaging quality satisfactorily.

**Key words:** aorta; coronary; computed tomography angiography; X-ray computed tomography; radiation dosage; contrast medium

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2017, 38(4): 601-607]

主动脉瘤、主动脉夹层等大血管病变的死亡率及致残率较高,早期正确诊断与治疗对提高患者的生存率和改善预后有着重要的临床意义。主动脉CT血管造影(CT angiography, CTA)具有扫描速度快、扫描范围广、图像密度分辨率高等优点,目前已成为临床上大血管病变诊断以及术后随访的重要手段。常规非心电门控主动脉CTA扫描主动脉根部搏动伪影较明显,不利于清晰显示主动脉近端病变。由于主动脉疾病往往合并冠状动脉疾病<sup>[1-2]</sup>,采用心电门控扫描主动脉CTA既减少了主动脉根部的搏动伪影,还能同时行冠状动脉CTA成像,避免了患者的重复检查<sup>[3]</sup>,但是辐射剂量和对比剂用量相对较高。随着CT设备性能的提高,利用前瞻性心电门控以及320排CT的宽探测器可以明显缩短扫描时间,降低辐射剂量并减少对比剂用量。本研究旨在探讨运用320排CT前瞻性心电门控螺旋扫描联合低管电压、低流速及低对比剂剂量技术进行全主动脉及冠状动脉一站式成像,在保证图像质量满足诊断需求的前提下,优化个体扫描方案,尽可能降低患者所接受的辐射剂量及对比剂使用剂量。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

收集2015年9月8日至2016年8月23日间我院临床可疑主动脉病变或主动脉术后复查、心率

≤75次/分且心律齐的患者60例。所有患者在检查前均签署CTA检查知情同意书,并经本院伦理委员会批复。将患者随机分为实验组(G1)和常规组(G2),每组30例。G1组男19例,女11例,年龄33~82岁,平均(56.8±12.3)岁,身体质量指数(body mass index, BMI)17.5~24 kg/m<sup>2</sup>,平均(22.45±2.17)kg/m<sup>2</sup>,其中胸腹痛13例,胸闷不适2例,搏动性包块5例,马凡综合征1例,主动脉腔内修复支架植入术后7例,腹主动脉瘤切除人造血管置换术后1例,主动脉缩窄人工血管旁路移植术后1例;G2组男17例,女13例,年龄43~79岁,平均(60.7±10.7)岁, BMI 17.7~24.0 kg/m<sup>2</sup>,平均(22.29±2.08)kg/m<sup>2</sup>,其中胸腹痛14例,胸闷不适2例,搏动性包块6例,主动脉腔内修复支架植入术后6例,腹主动脉瘤切除人造血管置换术后2例。排除标准:婴幼儿、孕妇、碘对比剂过敏、严重肝、肾、心功能不全及无法配合屏气的患者。

### 1.2 检查技术

检查前对所有患者进行呼吸控制训练,并确保其能配合屏气。患者采取仰卧、足先进体位,并在前胸壁贴置心电导联。扫描设备为320排容积电影CT扫描仪(Aquilion ViSION, Toshiba, Otawara, Japan)。G1组(实验组)采用80 kV低管电压扫描,G2组(常规组)采用120 kV管电压扫描;其余扫描参数均相同:使用前瞻性心电门控螺旋模式扫描,自动管电流调制技术,曝光区间为心

动周期时相的40%~85%,机架转速为275 ms/r,准直器宽度0.5 mm×160,矩阵256×256,图像重建算法为AIDR3D迭代重建技术。扫描范围从胸廓入口包至耻骨联合上缘。增强扫描开始后,使用双筒高压注射器经患者右肘静脉进行对比剂(按碘含量370 mg/mL,优维显,拜耳先灵)团注。G1、G2两组对比剂注射速率分别为3 mL/s及4 mL/s,对比剂用量计算方法分别0.65 mL/kg及1.2 mL/kg,对比剂注射完毕后均使用40 mL生理盐水以同样速率进行冲管。同时,启动对比剂自动跟踪触发扫描,监测层面为肺动脉分叉平面,ROI放置于降主动脉处,注药后12 s开始监测,当到达阈值250 Hu时自动触发扫描。

### 1.3 图像处理及分析

1.3.1 图像后处理 扫描仪自动选择心动周期的75%重建容积图像,重建层厚1 mm,层间距0.8 mm,若部分冠状动脉显示不佳,则通过心电图编辑或调整心动周期毫秒选择最佳时相来重建图像。将容积数据传至三维后处理工作站(vitrea, v6.0),对主动脉及冠状动脉进行多平面重组(multi-planar reformation, MPR),容积再现(volume rendering, VR),曲面重组(curved planar reformation, CPR)及最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)等三维后重建。

1.3.2 客观评价 在横轴位图像上,分别测量升主动脉(第6胸椎水平)、降主动脉(第7胸椎水平)、腹主动脉(腹腔干水平)、肠系膜上动脉近端、双侧肾动脉近端、双侧髂总动脉开口、左冠状动脉主干、左冠状动脉前降支、左冠状动脉回旋支及右冠状动脉起始处的CT值。测量主动脉及其主要分支时,ROI置于血管腔内并尽可能大,注意避开血管壁上的钙化灶,如测量位置出现动脉夹层,则ROI置于真腔内。同时测量相同层面皮下脂肪或相同层面纵膈脂肪组织的CT值及CT值标准差。以脂肪组织CT值代表背景信号,脂肪组织CT值标准差(standard deviation, SD)代表图像噪声。采用以下公式计算各处动脉的信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)及对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR): $SNR = \text{动脉CT值} / SD$ ;  $CNR = (\text{动脉CT值} - \text{脂肪组织CT值}) / SD$ 。

记录扫描仪自动计算出的每位患者的剂量长度乘积(dose length product, DLP),并计算有效剂量(effective dose, ED), $ED(mSv) = DLP \times K$ ,K值

根据美国医学物理学家协会CT诊断成像委员会(AAPM)推荐<sup>[4]</sup>,取值0.015 mSv/(mGy·cm)。

1.3.3 主观评价 由两名有15年血管疾病诊断经验的高年资放射科医师,按照5分法采用双盲法分别独立对主动脉及冠状动脉的VR、CPR及MIP图像质量进行主观评价,并进行两者的一致性分析,最后结果以取得一致意见为准。评分标准如下:1分,图像质量差,噪声高,血管对比剂浓度低,血管不连续;2分,图像质量较差,噪声较高,血管内对比剂浓度仍较低,血管边缘模糊;3分,图像质量中等,噪声中等,血管欠光滑,但不影响评价;4分,图像质量良好,有轻微噪声,血管较光滑;5分,图像质量优秀,清晰,血管光滑。其中1~2分为不符合诊断要求,3~5分为符合诊断要求<sup>[5]</sup>。

### 1.4 统计学方法

采用SPSS 13.0统计软件进行统计分析,对两组患者的对比剂量、DLP、ED、主动脉及冠脉各段的CT值、SNR、CNR、SD以及主观评分采用两组独立样本的 $t$ 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。观察者间的一致性采用Kappa分析进行评估。

## 2 结果

### 2.1 一般资料比较

60例患者均顺利完成检查,未出现严重对比剂不良反应。G1组男19例,女11例,年龄( $56.8 \pm 12.3$ )岁,身体质量指数(BMI)平均( $22.45 \pm 2.17$ ) $\text{kg}/\text{m}^2$ ;G2组男17例,女13例,年龄( $60.7 \pm 10.7$ )岁,BMI平均( $22.29 \pm 2.08$ ) $\text{kg}/\text{m}^2$ ,两组患者的年龄与BMI无统计学差异( $P > 0.05$ )。

G1组主动脉检出异常率83.33%(25/30),正常率16.67%(5/30)。异常病例中主动脉夹层6例(De Bakey I型2例,III型4例);主动脉瘤8例(胸主动脉瘤2例,腹主动脉瘤6例),其中6例合并附壁血栓,1例合并穿通性溃疡;马凡综合征1例;主动脉壁间血肿1例;主动脉腔内修复支架植入术后7例,其中1例可见支架内漏,3例合并附壁血栓;腹主动脉瘤切除人造血管置换术后1例;主动脉缩窄人工血管旁路移植术后1例;以上病例合并主动脉粥样硬化17例。同时G1组检出冠状动脉异常率43.33%(13/30),正常率56.67%(17/30)。异常病例中冠状动脉粥样斑块13例(钙化10例,

软斑块3例),其中6例轻度狭窄,5例中度狭窄,2例重度狭窄。G2组检出主动脉异常率86.67%(26/30),正常率13.33%(4/30)。异常病例中主动脉夹层5例(De Bakey I型1例,III型4例);主动脉瘤10例(胸腹主动脉瘤2例,胸主动脉瘤1例,腹主动脉瘤7例),其中7例合并附壁血栓;主动脉壁间血肿2例;主动脉穿通性溃疡1例;主动脉腔内修复支架植入术后6例,其中1例可见支架内漏,4例合并附壁血栓;主动脉瘤切除人造血管置换术后2例;以上病例合并主动脉粥样硬化19例。同时G2组检出冠状动脉异常率53.33%(16/30),正常率46.67%(14/30)。异常病例中冠状动脉粥样斑块15例(钙化11例,软斑块3例,混合斑块1例),其中8例轻度狭窄,6例中度狭窄,1例重度狭窄;I型主动脉夹层累及右冠状动脉1例。

## 2.2 图像质量评价

2.2.1 客观评价 两组患者全主动脉及冠状动脉的CT值、SD、SNR及CNR的比较见表1、2,在 $\alpha=0.05$ 的检验水准下,除升主动脉、降主动脉、腹主动脉、肠系膜上动脉、双侧肾动脉、左冠状动脉主干、前降支、回旋支、右冠状动脉SNR及腹主动脉、肠系膜上动脉、双侧肾动脉、前降支、回旋支CNR无统计学差异外,两组其余的指标均有显著的统计学差异,其中G1组的主动脉及冠状动脉CT值及SD平均值均明显高于B组。

两组的有效辐射剂量及对比剂使用剂量比较如表3所示,两组指标均具有明显统计学差异( $P < 0.001$ ),其中G1组的有效辐射剂量均值明显低于G2组,同时,对比剂使用剂量明显少于G2组。

2.2.2 主观评价 两名观察者对G1、G2两组主动脉及其分支的三维后处理图像质量评价的一致性良好( $\kappa$ 值分别为0.76和0.79, $P$ 值均 $< 0.001$ ),质量评分分别为 $3.83 \pm 0.58$ 及 $4.13 \pm 0.76$ (图1),两组的评分无统计学差异( $t = -1.53, P = 0.13$ )。

## 3 讨论

主动脉夹层及主动脉瘤等主动脉病变是极其凶险的心血管疾病,具有很高的致死率,尽早对患者进行诊治至关重要。由于CTA具有快速检查、几乎无创、丰富的三维后处理技术等优点,目前已成为临床诊断主动脉病变重要的诊断方法。

表1 两组患者主动脉图像质量客观评价

Table 1 Objective assessment of aortic image quality in two groups (Hu)

Locations	G1	G2	t value	P value
AA(T7)				
CT value	598 ± 105	408 ± 63	7.44	0.00
SD	11.97 ± 0.72	8.20 ± 1.60	10.28	0.00
SNR	50.18 ± 9.56	51.93 ± 14.61	-0.48	0.63
CNR	12.20 ± 1.11	9.37 ± 1.44	7.46	0.00
DA				
CT value	567 ± 65	379 ± 54	10.69	0.00
SD	11.97 ± 0.72	8.20 ± 1.60	10.28	0.00
SNR	47.54 ± 5.81	48.03 ± 12.06	-0.17	0.86
CNR	12.20 ± 1.11	9.37 ± 1.44	7.46	0.00
AA(CA)				
CT value	533 ± 100	369 ± 45	7.21	0.00
SD	12.20 ± 1.11	9.37 ± 1.44	7.46	0.00
SNR	44.34 ± 10.17	40.37 ± 8.52	1.43	0.16
CNR	55.03 ± 10.88	51.42 ± 9.32	1.21	0.23
SMA				
CT value	519 ± 102	370 ± 46	6.35	0.00
SD	12.69 ± 1.69	9.19 ± 1.07	8.40	0.00
SNR	41.60 ± 9.93	41.05 ± 8.22	0.20	0.84
CNR	51.58 ± 10.54	52.18 ± 9.34	-0.20	0.84
LRA				
CT value	490 ± 96	358 ± 43	5.96	0.00
SD	12.53 ± 1.40	9.21 ± 1.25	8.47	0.00
SNR	39.65 ± 9.72	39.58 ± 7.17	0.03	0.98
CNR	50.16 ± 10.51	50.74 ± 8.22	-0.21	0.84
RRA				
CT value	490 ± 98	354 ± 45	6.05	0.00
SD	12.50 ± 1.06	8.87 ± 1.39	9.97	0.00
SNR	39.58 ± 9.24	40.85 ± 7.88	-0.50	0.62
CNR	49.67 ± 9.62	52.81 ± 9.65	-1.10	0.28
LCIA				
CT value	482 ± 80	371 ± 43	5.86	0.00
SD	12.40 ± 1.03	8.16 ± 1.45	11.46	0.00
SNR	39.16 ± 7.12	47.29 ± 11.85	-2.82	0.007
CNR	49.58 ± 7.95	60.56 ± 13.66	-3.33	0.002
RCIA				
CT value	482 ± 88	373 ± 45	5.29	0.00
SD	12.40 ± 1.03	8.16 ± 1.45	11.46	0.00
SNR	39.19 ± 7.42	47.43 ± 11.89	-2.82	0.007
CNR	49.50 ± 8.23	60.69 ± 13.65	-3.37	0.002

AA (T7): ascending aorta at level of T7; DA: descending aorta; AA (CA): abdominal aorta at level of celiac axis; SMA: superior mesenteric artery; LRA: left renal artery; RRA: right renal artery; LCIA: left common iliac artery; RCIA: right common iliac artery; SD: standard deviation; SNR: signal-to-noise ratio; CNR: contrast-to-noise ratio

表2 两组患者冠状动脉图像质量客观评价

Table 2 Objective assessment of coronary image quality in two groups(Hu)

Locations	G1	G2	t value	P value
<b>LM</b>				
CT value	535 ± 77	384 ± 62	7.34	0.00
SD	12.18 ± 1.16	8.14 ± 1.38	10.73	0.00
SNR	44.21 ± 6.92	48.65 ± 12.41	-1.50	0.14
CNR	51.95 ± 7.43	59.12 ± 14.06	-2.16	0.04
<b>LAD</b>				
CT value	504 ± 74	376 ± 55	6.63	0.00
SD	11.83 ± 1.12	8.10 ± 1.30	10.45	0.00
SNR	43.07 ± 8.07	47.77 ± 11.32	-1.62	0.11
CNR	53.82 ± 8.89	60.46 ± 13.64	-1.96	0.06
<b>LCX</b>				
CT value	506 ± 79	374 ± 50	6.82	0.00
SD	12.16 ± 1.40	8.41 ± 1.43	8.98	0.00
SNR	42.13 ± 7.84	46.06 ± 11.58	-1.35	0.19
CNR	52.14 ± 8.82	57.84 ± 13.81	-1.67	0.10
<b>RCA</b>				
CT value	518 ± 86	383 ± 55	6.34	0.00
SD	12.07 ± 0.98	8.32 ± 1.55	9.83	0.00
SNR	43.09 ± 7.65	47.85 ± 12.62	-1.55	0.13
CNR	51.95 ± 7.43	59.12 ± 14.06	-2.16	0.04

LM: left main coronary artery; LAD: left anterior descending branch; LCX: left circumflex branch; RCA: right coronary artery; SD: standard deviation; SNR: signal-to-noise ratio; CNR: contrast-to-noise ratio

表3 两组患者辐射剂量及对比剂用量比较

Table 3 Comparison of radiation dose and dosage of contrast agent in two groups

	G1	G2	t value	P value
ED /mSv	12.3 ± 3.6	37.6 ± 15.3	-7.71	< 0.001
V <sub>contrast</sub> /mL	40.7 ± 5.8	76.6 ± 9.4	-15.63	< 0.001

V<sub>contrast</sub>: volume of contrast agent; ED: effective dose

在常规的扫描方案中,全主动脉CT扫描范围大、时间长,往往需要较高的辐射剂量及对比剂使用剂量。近年来,辐射剂量及对比剂剂量引发的问题受到了临床学者们的高度重视,有报道显示与CT辐射相关的恶性肿瘤发病率大约在1.5%~2%,而且对比剂所致的肾毒性与其剂量及浓度有关,大量使用对比剂不但增加了对比剂副作用发生的概率,还提高了对比剂肾病(contrast induced nephropathy, CIN)的风险<sup>[6-8]</sup>。因此,如何在不降低CTA图像质量的同时,合理地减少辐射剂



2 cases of patients with chest pain in G1(A-C) and G2(D-F). Case 1: 64-year-old female diagnosed as De Bakey III aortic dissection. VR image (A) and CPR image (B) demonstrated the intimal flap, double lumen, site and range of aortic dissection, but no abnormality was found in coronary arteries (C). Case 2: 71-year-old male diagnosed as coronary disease. VR image (D) and CPR image (E) revealed multiple aortic calcified plaque, while calcified plaques and arterial stenosis (>50%) were shown in the middle segment of left anterior descending coronary artery (F). Although the visualized CT values of aorta and coronary arteries in case 1 is higher than case 2, the subjective quality scoring of 3-d post-processing images was no difference between the two cases.

图1 两组主动脉以及冠状动脉的三维后处理图像

Fig.1 3D post-processing image of aorta and coronary artery in G1 and G2

量及对比剂使用剂量,具有重要的临床意义。

与常规无心电门控主动脉CTA扫描技术相比,心电门控主动脉CTA扫描可明显减少升主动脉血管搏动伪影,从而获得质量良好的主动脉图像,这对主动脉夹层的诊断与分型具有重要的意义。同时,采用心电门控全主动脉和冠状动脉一站式CTA扫描技术,还可一次性同时获得良好的冠状动脉图像<sup>[9-10]</sup>。此外,相比于全心动周期连续采集的回顾性心电门控来说,前瞻性心电门控技术根据患者心率预选心动周期的某一段时间窗进行曝光扫描,辐射剂量更低且扫描速度更快<sup>[11-14]</sup>。本研究采用了前瞻性心电门控技术结合160排宽探测器扫描,大大降低了辐射剂量。李勖等<sup>[15]</sup>认为,前瞻性心电门控螺旋扫描技术适合于较低心率患者。本研究所纳入的患者要求心率 $\leq 75$ 次/min且心律齐,因此在扫描前对患者进行了多次呼吸训练,以观察期间心率与心律的变化,并对患者进行心理干预,介绍整个扫描过程及注药时可能导致的发热感等,稳定患者情绪。另外对于在扫描过程突发的心率或心律变化,320排CT会自动切换至回顾性心电门控模式,保证检查依然能顺利完成。然而,伴随着剂量的减低,图像噪声将升高,Schuhbaeck等<sup>[16]</sup>的研究表明,80 kV大血管CTA的辐射剂量较100 kV相比降低了23%~27%,但是噪声却升高了45%。但在采用新的迭代重建算法后,则能够明显降低CT图像噪声,从而改善图像质量<sup>[17-18]</sup>。在本研究中,我们对两组患者同时采用了前瞻性心电门控全主动脉和冠状动脉一站式CTA的扫描技术及新的迭代重建算法AIDR3D,均能一次性同时获得良好的全主动脉与冠状动脉图像,这不仅减少了患者的检查时间及费用,还减少了辐射剂量和对比剂用量,虽然G1组仍有部分动脉节段的图像噪声和信噪比差于常规组,但两组主动脉和冠状动脉图像质量的主观评分却无明显差异,且均能满足诊断要求。

Wang等<sup>[19]</sup>认为低kV管电压将导致高原子序数的碘对X线衰减的光电效应增强,从而使血管CT值升高,血管强化明显,当管电压从120 kV<sub>p</sub>降至90 kV<sub>p</sub>时,每毫克碘的CT值增加了43%。利用这一特性,在我们的研究中,使用80 kV管电压的G1组相比使用120 kV管电压的G2组来说,G1组不仅辐射剂量明显降低,而且主动脉及其主要分支以及冠状动脉的CT值明显升高。同时,G1

组采用3 m/s对比剂注射速率及0.65 mL/kg对比剂用量的注射方案,结合可快速完成扫描的宽探测器扫描,使用较少量的对比剂就能保证图像质量,故对比剂用量较文献报道大幅降低。此外,注射流速降低也可减少对对比剂轻度不良反应的发生率,预防对比剂外渗及血管爆裂。

本次研究中尚存在有一些不足之处:①本研究的病例样本只将心率 $\leq 75$ 次/min且心律齐的患者纳入,而对于心率 $> 75$ 次/min或心律不齐的患者采用本技术扫描后的效能未进行研究。②对于冠状动脉诊断的准确性还有待进一步研究。③未对两组病人的肌酐值进行相关的观察。

综上所述,在全主动脉及冠状动脉一站式CTA扫描中,采用前瞻性心电门控螺旋扫描联合低管电压、低对比剂注射速率及剂量技术后,不仅可以有效降低辐射剂量和对比剂剂量,而且可以保证主动脉及冠状动脉的图像质量,以满足临床诊断的需求。

#### 参考文献:

- [1] Cho KR, Stanson AW, Potter DD, et al. Penetrating atherosclerotic ulcer of the descending thoracic aorta and arch [J]. *J Thora Cardiovasc Surg*, 2004, 127(5): 1393-1399.
- [2] Freiberg MS, Arnold AM, Newman AB, et al. Abdominal aortic aneurysms, increasing infrarenal aortic diameter, and risk of total mortality and incident cardiovascular disease events: 10-year follow-up data from the Cardiovascular Health Study [J]. *Circulation*, 2008, 117(8): 1010-1017.
- [3] Li Y, Fan Z, Xu L, et al. Prospective ECG-gated 320-row CT angiography of the whole aorta and coronary arteries [J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(11): 2432-2440.
- [4] Mccollough C, Cody D, Edyvean S. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT [J]. *Clin Transl Sci*, 2008, 8(4): 330-333.
- [5] Behrendt FF, Schmidt B, Plumhans C, et al. Image fusion in dual energy computed tomography: Effect on contrast enhancement, signal-to-noise ratio and image quality in computed tomography angiography [J]. *Invest Radiol*, 2009, 44(1): 1-6.
- [6] Romano G, Briguori C, Quintavalle C, et al. Contrast agents and renal cell apoptosis [J]. *Eur Heart J*, 2008, 29(20): 2569-2576.
- [7] Becker CR, Davidson C, Lameire N, et al. High-risk

- situations and procedures [J]. *Am J Cardiol*, 2006, 98 (6):37-41.
- [8] Sun Z, Fu Q, Cao L, et al. Intravenous N-acetylcysteine for prevention of contrast-induced nephropathy: A meta-analysis of randomized, controlled trials [J]. *PLoS One*, 2013, 8(1):e55124.
- [9] 张楠,李宇,吕元,等. 双源CT大螺距前瞻心电触发血管成像评价全主动脉及冠状动脉[J]. *中华放射学杂志*, 2013, 47(4):310-315.
- Zhang N, Li Y, Lv Y, et al. Electrocardiographically triggered CT angiography of the whole aorta and coronary arteries with high-pitch dual-source CT [J]. *Chin J Radiol*, 2013, 47(4):310-315.
- [10] 田冰,陆建平,许兵,等. vHP法在主动脉、冠状动脉及肺动脉一站式成像中的应用研究[J]. *放射学实践*, 2014, 29(4):400-403.
- Tian B, Lu JP, Xu B, et al. Application of variable helical pitch for whole imaging of aorta, coronary and pulmonary arteries [J]. *Radiol Practice*, 2014, 29(4):400-403.
- [11] Earls JP, Berman EL, Urban BA, et al. Prospectively gated transverse coronary CT angiography versus retrospectively gated helical technique: improved image quality and reduced radiation dose [J]. *Radiology*, 2008, 246(3):742-753.
- [12] Khosa F, Khan A, Nasir K, et al. Influence of image acquisition on radiation dose and image quality: Full versus narrow phase window acquisition using 320 MDCT [J]. *Sci World J*, 2013, 2013(4):731590-731598.
- [13] Hou Y, Yue Y, Guo W, et al. Prospectively versus retrospectively ECG-gated 256-slice coronary CT angiography: Image quality and radiation dose over expanded heart rates [J]. *Int J Cardiovasc Imag*, 2012, 28(1):153-162.
- [14] 叶国伟,邹建勋,陈旭高. 320层CT前瞻性门控窄窗和靶向扫描方式在低心率冠状动脉成像中的辐射剂量、图像质量对照研究[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2015, 21(2):114-117.
- Ye GW, Zou JX, Chen XG, et al. Prospective gating narrow window scanning and targeted scan mode at low heart rate for 320-detector CT of the coronary arteries: Comparison of radiation dose and image quality [J]. *Chin Comput Med Imag*, 2015, 21(2):114-117.
- [15] 李勤,晏子旭,范占明,等. 320排容积CT三种心电扫描模式在胸腹主动脉CTA中的应用[J]. *医学影像学杂志*, 2014, 24(2):209-212.
- Li M, Yan ZX, Fan ZM, et al. Application of the aorta 320-MDCT Angiography using three ECG-gating scanning models [J]. *J Med Imaging*, 2014, 24(2):209-212.
- [16] Schuhbaeck A, Achenbach S, Layritz C, et al. Image quality of ultra-low radiation exposure coronary CT angiography with an effective dose < 0.1 mSv using high-pitch spiral acquisition and raw data-based iterative reconstruction [J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(3):597-606.
- [17] Schindera ST, Graca P, Patak MA, et al. Thoracoabdominal-aortoiliac multidetector-row CT angiography at 80 and 100 kVp: Assessment of image quality and radiation dose [J]. *Invest Radiol*, 2009, 44(10):650-655.
- [18] Wang R, Schoepf UJ, Wu R, et al. CT coronary angiography: Image quality with sinogram-affirmed iterative reconstruction compared with filtered back-projection [J]. *Clin Radiol*, 2013, 68(3):272-278.
- [19] Wang R, Schoepf UJ, Wu R, et al. Image quality and radiation dose of low dose coronary CT angiography in obese patients: Sinogram affirmed iterative reconstruction versus filtered back projection [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(11):3141-3145.

(编辑 王晓鹰)