

容积 CT 结合 ECG 剂量调节在主动脉夹层中的应用

吴任国, 唐秉航, 李良才, 何亚奇, 黄德成, 黄晖, 李芳云

【摘要】 目的:探讨 256 层 CT 回顾性心电门控全主动脉 CT 血管成像结合 ECG 剂量调节技术在主动脉夹层中的应用价值。方法:对 58 例主动脉夹层患者(ECG 剂量调节组, A 组)行回顾性心电门控全主动脉 CT 血管成像,检查时开启 ECG 剂量调节技术,最大剂量窗设在 45% R-R 间期,行 45% R-R 间期重建,并与 72 例行非心电门控全主动脉 CT 血管成像的患者(对照组, B 组)比较,比较两组患者主动脉根部区域图像质量、第 1 内膜撕裂口显示情况及患者接受的有效剂量。结果:回顾性心电门控 CTA 对所有夹层患者均作出了准确的分型,对真腔和假腔形态、夹层累及范围及分支血管情况均准确显示。主动脉根部区域评分 A 组为(1.40±0.59)分, B 组为(2.63±0.49)分,二者比较有显著统计学差异。在横断面图像上,第一破口 A 组显示明确 51 例,不明确 7 例; B 组显示明确 60 例,显示不明确 12 例,二者比较无显著统计学差异。有效剂量 A 组为(11.15±3.51) mSv, B 组为(15.16±1.31) mSv,二者比较有显著统计学差异, A 组低于 B 组。结论:对主动脉夹层患者可选用回顾性心电门控全主动脉 CTA 结合 ECG 剂量调节技术,既能保证图像质量,充分显示主动脉夹层情况,又能降低辐射量。

【关键词】 主动脉疾病; 体层摄影术, X 线计算机; 血管造影术; 心电图记录; 辐射量

【中图分类号】 R543.1; R814.42; R816.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)10-1021-05

Application of volume CT angiography of the aorta in combination with ECG-controlled dose modulation in aortic dissection

WU Ren-guo, TANG Bing-hang, LI Liang-cai, et al. CT Room, Zhongshan City People's Hospital, Guangdong 528403, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of retrospective ECG-gated whole aortic CT angiography (CTA) using 256-slice CT, in combination with ECG-controlled dose modulation in patients with aortic dissection (AD). **Methods:** 58 cases with AD (ECG-controlled dose modulating group, group A) underwent retrospective ECG-gated whole aortic CTA in combination with ECG-controlled dose modulation. The maximal exposure time was set at 45% R-R interval and reconstructed at 45% R-R interval. The control group (group B) included 72 cases with AD undergoing non-ECG-gated aortic CTA. The image quality of the aortic root region, demonstration of the first intimal tear and the effective dose (ED) were compared between the two groups. **Results:** All cases with AD in group A were accurately classified according to Stanford system on CTA images, the shape of the true lumen and false lumen, the extent of AD and the involvement of vascular branches were accurately demonstrated. The score of the aortic root region was 1.40±0.59 and 2.63±0.49 in group A and group B respectively, with statistically significant difference. On axial images, the first intimal tear was clearly demonstrated in 51 cases and unclearly in 7 cases in group A whereas which was clearly demonstrated in 60 cases and unclearly in 12 cases of Group B, with no statistically significant difference. The effective dose in Group A and B was (11.15±3.51) mSv and (15.16±1.31) mSv respectively, with statistically significant difference. **Conclusion:** For patients with AD, retrospective ECG-gated whole aortic CTA in combination with ECG-controlled dose modulation should be the modality of choice, which can not only guarantee the quality of the images, demonstrate AD adequately, but also reduce the radiation dose.

【Key words】 Aortic diseases; Tomography, X-ray computed; Angiography; Electrocardiography; Radiation dose

主动脉 CT 血管成像(CT angiography, CTA)已成为主动脉疾病患者诊断和随访参考标准^[1],非心电门控 CTA 由于不能克服心搏及主动脉搏动的影响,对主动脉特别是升主动脉常不能作出准确的评价。回顾性心电门控 CTA 由于能克服心脏搏动伪影,在胸主动脉检查中应用较多^[2-3],但因为扫描速度慢、辐射量大而在全主动脉检查中受到限制,为减少辐射量,现代 CT 机提供了心电图(electrocardiography, ECG)剂

量调节技术。256 层 CT ECG 剂量调节技术在冠状动脉 CTA 中应用较多^[4-6],未见用于全主动脉 CTA 中的研究报道。笔者对 58 例主动脉夹层患者行回顾性心电门控全主动脉 CTA 检查并开启 ECG 剂量调节技术,并与 72 例行非心电门控全主动脉 CTA 检查患者比较,探讨回顾性心电门控全主动脉 CTA 结合 ECG 剂量调节技术在主动脉夹层中的应用价值。

材料与方 法

对 58 例主动脉夹层患者(ECG 剂量调节组, A

作者单位:528403 广东,中山市人民医院 CT 室

作者简介:吴任国(1972-),男,湖北咸丰人,硕士,主任医师,主要从事 CT 诊断工作。

组)行回顾性心电门控全主动脉 CTA 检查,检查时采用 ECG 剂量调节技术,检查前患者均未服用倍他乐克。72 例主动脉夹层患者(对照组,B 组)采用非心电门控全主动脉 CTA 检查。扫描前进行呼吸训练和碘过敏试验。排除标准:碘过敏试验阳性;血清肌酐 $>1.3 \text{ mg/dl}$;TSH 异常;嗜铬细胞瘤患者。

应用 Philips Brilliance iCT 经肘正中静脉注射,先注射生理盐水 20 ml,紧接着注射非离子型对比剂优维显(370 mg I/ml) 80~100 ml。注射完毕后接着注射 30 ml 生理盐水,注射流率均为 5.0 ml/s,使用触发扫描,ROI 设定在升主动脉(右肺动脉干水平),阈值为 120 HU,达阈值后延迟 6 s 自动扫描,扫描范围自胸廓入口至耻骨联合上缘。扫描参数:准直 $64 \times 1.25 \text{ mm}$,120 kV,200 mAs。回顾性心电门控 CTA 螺距 0.2,0.33 秒/转,开启 ECG 剂量调节技术(Cardiac Dose Right),曝光最大剂量窗设定在 45% R-R 间期,行 45% R-R 间期重建。非心电门控 CTA 螺距 0.8,0.4 秒/转。

原始数据重建 1.5 mm 层厚、1.5 mm 间隔图像传至随机工作站(Extend Brilliance Workstation EBW,软件版本 V4.5.5.51035)行各种后处理成像如 MPR、cMPR、MIP、VR 等。

评价主动脉根部区域图像质量、病变累及情况及内膜第一破口显示情况。评价升主动脉根部区域时参考孔令燕等^[7]采用的 3 分值评分法。1 分:图像质量好,无运动或阶梯伪影;2 分:图像质量尚可,稍有模糊但仍可评价;3 分:图像质量差,图像明显模糊或解剖结构边缘出现重影,无法作出肯定的评价(图 1~3)。评价内膜第一破口显示情况在横断面图像上进行,分破口显示明确和显示不明确 2 种情况。所有图像均由 2 名经验丰富的高年资医师独立分析并对主动脉根部区域图像质量评分。

辐射量:不包括定位像和触发扫描的辐射量。通过 CT 自动计算得到容积 CT 剂量指数(volume CT dose index,CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product,DLP),由 DLP 乘以特定的转换系数 k 估算有效剂量(effective dose,ED),转换系数 k 值参考 Scherthaner 等^[8]的研究, $k = 0.017 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})$ 。

统计学分析:使用 SPSS 11.5 统计软件,对计量资料先行正态性检验,符合正态分布者采用独立样本 t 检验;不符合者采用两样本比较的秩和检验,对计数资料采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

所有患者中临床表现有胸痛 83 例、胸闷 40 例、头

痛 7 例、头晕 22 例、恶心呕吐 28 例、出大汗 37 例、腹痛 28 例、背痛 23 例、心悸 5 例、腰痛 10 例。98 例有高血压病史。A 组心率 51~144 次/分,其中 <72 次/分 11 例, $\geq 72 \leq 85$ 次/分 23 例, >85 次/分 24 例,B 组心率 54~122 次/分,其中 <72 次/分 12 例, $\geq 72 \leq 85$ 次/分 33 例, >85 次/分 27 例。

所有患者 CT 均作出了准确的分型。A 组 Stanford A 型 20 例,占 34.5%,Stanford B 型 38 例,占 65.5%。B 组 Stanford A 型 25 例,占 34.7%,Stanford B 型 47 例,占 65.3%。两组夹层分型构成比之间比较无显著统计学差异(表 1)。

表 1 A 组与 B 组各项目比较

项目	A 组	B 组	t 值	χ^2 值	P 值
Stanford 分型(例)	—	—	—	0.001	0.977
A 型	20	25			
B 型	38	47			
第 1 破口(例)	—	—	—	0.544	0.461
显示明确	51	60			
显示不明确	7	12			
主动脉根部图像评分(分)	1.40 ± 0.59	2.63 ± 0.49	12.99	—	0.004
心率(次/分)	82.31 ± 15.81	82.50 ± 13.37	0.074	—	0.941
扫描长度(mm)	576.97 ± 38.80	571.36 ± 37.72	-0.690	—	0.492
有效剂量(mSv)	11.15 ± 3.51	15.19 ± 1.31	7.156	—	0.001

注:A 组:ECG 剂量调节组,B 组:对照组。

主动脉夹层累及范围:A 组夹层累及头臂干 11 例,左颈总动脉 4 例,左锁骨下动脉 7 例,腹腔干 18 例,肠系膜上动脉 11 例,左肾动脉 18 例,右肾动脉 6 例,左髂总动脉 16 例,右髂总动脉 9 例,左髂外动脉 5 例,右髂外动脉 3 例,左髂内动脉 1 例,右髂内动脉 4 例,右冠状动脉窦 13 例,左冠状动脉窦 2 例,右冠状动脉 4 例。B 组夹层累及头臂干 18 例,左颈总动脉 11 例,左锁骨下动脉 16 例,腹腔干 25 例,肠系膜上动脉 21 例,左肾动脉 17 例,右肾动脉 19 例,左髂总动脉 22 例,右髂总动脉 22 例,左髂外动脉 10 例,右髂外动脉 12 例,左髂内动脉 6 例,右髂内动脉 4 例,主动脉根部区域可评价 27 例中,右冠状动脉窦受累 3 例,左冠状动脉窦 1 例,右冠状动脉 2 例。横断面图像结合各种后处理成像如 MPR、cMPR、MIP、VR 等对夹层的分型、累及范围、真腔和假腔形态、夹层的整体概况均得到了很好的显示(图 4a~c)。

其它征象:左侧胸腔积液 42 例,右侧胸腔积液 26 例,左侧胸腔积血 6 例,右侧胸腔积血 4 例,心包积液 15 例,心包积血 13 例,脾梗塞 1 例,左肾灌注减低 9 例,右肾灌注减低 3 例,伴腹主动脉下段动脉瘤 1 例,伴左侧髂总动脉动脉瘤 3 例,伴副冠状动脉动脉瘤 1 例。

内膜第一破口显示情况:所有显示明确的内膜第一破口宽度为 2.2~41 mm,平均 10.89 mm。 χ^2 检验结果表明在内膜第一破口显示率方面,A 组与 B 组之

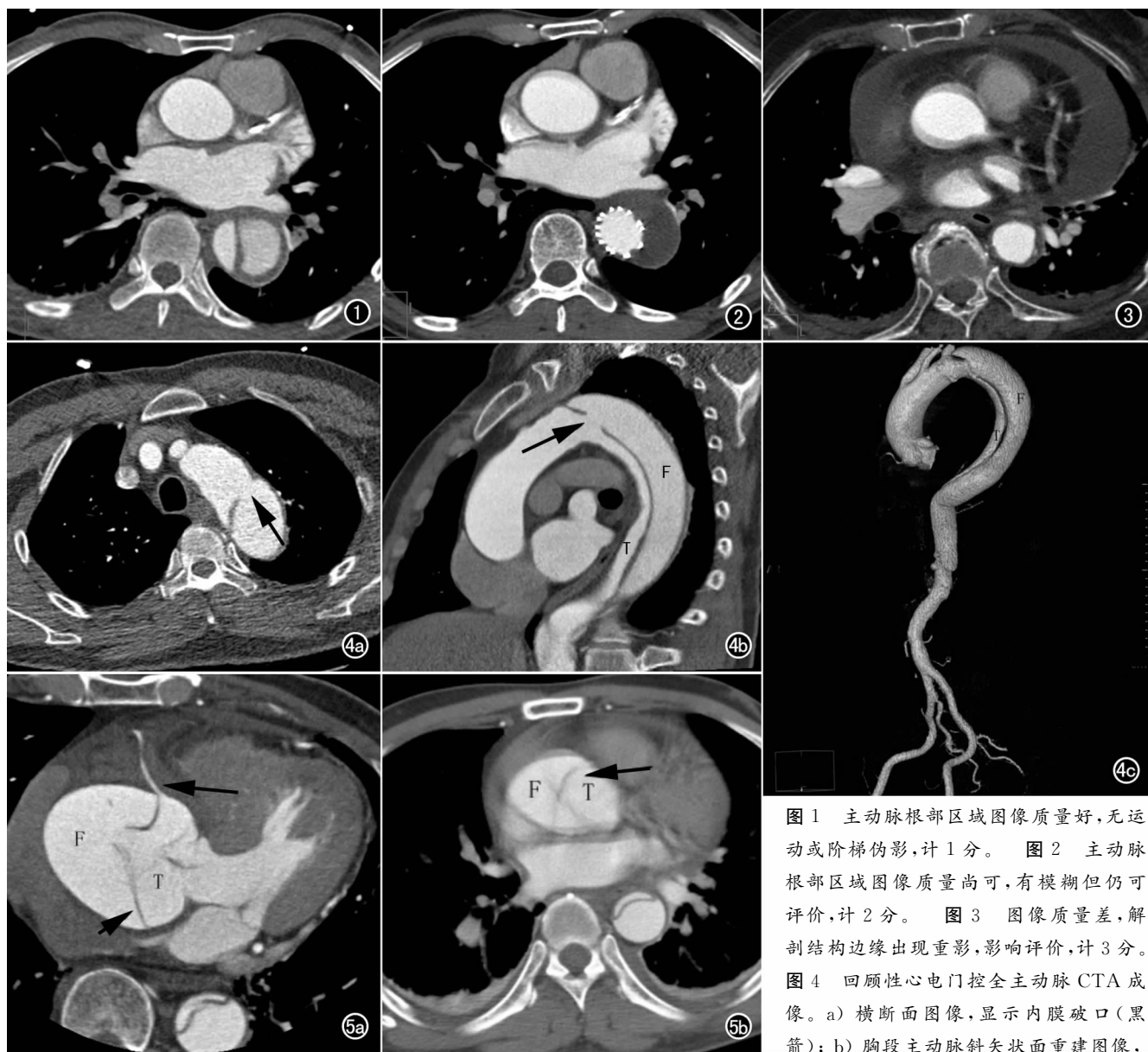


图 1 主动脉根部区域图像质量好,无运动或阶梯伪影,计 1 分。图 2 主动脉根部区域图像质量尚可,有模糊但仍可评价,计 2 分。图 3 图像质量差,解剖结构边缘出现重影,影响评价,计 3 分。图 4 回顾性心电门控全主动脉 CTA 成像。a) 横断面图像,显示内膜破口(黑箭); b) 胸段主动脉斜矢状面重建图像,

显示夹层内膜破口(黑箭)、真腔(T)、假腔(F); c) 全主动脉 VR 图像,显示 Stanford B 型夹层真腔(T)、假腔(F)及夹层累及范围。图 5 Stanford A 型夹层。a) 回顾性心电门控 CTA 并应用 ECG 剂量调节技术图像示内膜瓣摆动伪影轻,升主动脉夹层真腔(T)、假腔(F)、撕裂内膜片(短黑箭)及右冠状动脉(长黑箭)开口受累情况清晰显示; b) 非心电门控 CTA 图像示主动脉根部伪影大,主动脉根部变形,撕裂内膜瓣(黑箭)摆动伪影大,真腔(T)和假腔(F)及夹层累及情况无法作出肯定的评价。

间比较无显著统计学差异(表 1)。

主动脉根部区域图像质量: A 组 1 分 38 例,占 65.5%, 2 分 17 例,占 29.3%, 3 分 3 例,占 5.2%, 平均 1.40 分; B 组 3 分 45 例,占 62.5%, 2 分 27 例,占 37.5%, 平均 2.63 分。独立样本 t 检验结果表明 A 组和 B 组主动脉根部区域评分比较有显著统计学差异(表 1, 图 5a, b)。

辐射量比较: 独立样本 t 检验显示 A 组和 B 组心率无显著统计学差异。A 组和 B 组扫描长度比较无显著统计学差异。A 组和 B 组患者的平均 ED 比较有显著统计学差异(表 1)。

讨论

主动脉夹层 CTA 检查主要要解决两个问题^[9]。①第一内膜破口的显示。第一内膜破口是外科治疗所要处理的关键破口,准确显示有着重要的临床意义,心电门控的应用可准确显示第一破口^[9]。本研究中 A 组与 B 组在显示破口方面比较无显著统计学差异。推测原因有夹层破口较大、256 层 CT 空间分辨率高、Stanford B 型病例居多、重建时相选择等。②主动脉夹层的范围及分支受累情况,对 Stanford A 型夹层要注意观察主动脉根部区域、冠状窦、冠状动脉及主动脉瓣情况。非心电门控 CTA 不能克服心搏伪影影响,

对主动脉根部区域及主动脉瓣评价不够准确;心电门控技术克服了心搏伪影的影响,对主动脉根部及冠状窦、冠状动脉及主动脉评价明显改善。本研究中 A 组采用心电门控技术, B 组采用非心电门控技术,主动脉根部区域图像评价 A 组明显好于 B 组, A 组与 B 组间比较差异有显著统计学差异,与文献研究结果一致^[7]。主动脉分支包括头臂干、左侧颈总动脉、左侧锁骨下动脉、腹腔干、肠系膜上动脉、左肾动脉、右肾动脉等是否受累,特别是主动脉弓三大分支受累情况直接关系到治疗方案的选择,本研究 A 组中所有患者主动脉分支情况均得到了准确的显示。

CT 检查中要在保证图像质量的前提下尽最大限度降低患者的辐射量^[10]。回顾性心电门控因为使用小螺距,扫描速度慢,辐射量大,不宜用于大范围扫描。ECG 剂量调节降低辐射量的方法是在设定 R-R 间期扫描仪使用设定的 mAs,而在心动周期的其它部分,则用减低的 mAs。文献报道 CT 回顾性心电门控冠状动脉 CTA,运用 ECG 剂量调节技术可降低 9%~50% 的辐射量^[11-16]。Scherthanera 等^[8]运用 64 排 CT 行全主动脉回顾性心电门控 CTA 检查并应用 ECG 剂量调节技术,最大剂量窗为 55% R-R 间期,结果显示其有效剂量与非心电门控 CTA 相同,运动伪影减少,诊断信心提高。本研究中 A 组(ECG 剂量调节组)有效剂量要低于 B 组(非心电门控组),与 Scherthanera 等的研究结果不同,推测可能与本组采用的最大剂量窗选择不同有关,需进一步研究证实。ECG 剂量调节技术降低辐射量的效果与患者的心率有关, Yang 等^[6]研究表明 256 层 CT 冠脉 CTA 应用 ECG 剂量调节技术降低辐射量以心率 < 72 次/分或 > 85 次/分时效果较好。本研究中 A 组(ECG 剂量调节组)有效量低于 B 组(对照组),与本组中心率 < 72 次/分及 > 85 次/分例数较多有关。

综上所述,全主动脉回顾性心电门控 CTA 结合 ECG 剂量调节技术能充分显示主动脉夹层,且能保证图像质量,降低患者的辐射量,在主动脉夹层患者中有重要的价值。

参考文献:

[1] Lawler LP, Fishman EK. Multidetector row computed tomography of the aorta and peripheral arteries[J]. *Cardiol Clin*, 2003, 21(4): 607-629.

[2] Wu WH, Budovec J, Foley WD. Prospective and retrospective ECG gating for thoracic CT angiography: a comparative study[J]. *AJR*, 2009, 193(4): 955-963.

[3] Johnson TR, Nikolaou K, Wintersperger BJ, et al. ECG-Gated 64-MDCT angiography in the differential diagnosis of acute chest pain[J]. *AJR*, 2007, 188(1): 76-82.

[4] 李芳云,唐秉航,张晓东,等. 256 层 CT 前瞻性 & 回顾性心电门控 ECG 电流调制技术的应用[J]. *放射学实践*, 2011, 26(7): 781-784.

[5] 郭铁刚,田新华,弓婷婷,等. ECG 电流调控模式在 256 层螺旋 CT 冠脉成像中的应用[J]. *中国实验诊断学*, 2011, 15(3): 465-468.

[6] Yang CC, Mok GS, Law WY, et al. Potential dose reduction of optimal ECG-controlled tube current modulation for 256-slice CT coronary angiography[J]. *Acad Radiol*, 2011, 18(6): 731-737.

[7] 孔令燕,薛华丹,盛敏,等. 双源计算机断层摄影回顾性心电门控胸腹联合主动脉血管造影图像质量[J]. *协和医学杂志*, 2011, 2(3): 227-232.

[8] Scherthanera RE, Stadlera A, Beitzke D, et al. Dose modulated retrospective ECG-gated versus non-gated 64-row CT angiography of the aorta at the same radiation dose: comparison of motion artifacts, diagnostic confidence and signal-to-noise-ratios[J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(4): e585-e90.

[9] 王晓梅,边杰,韩万智,等. MSCT 结合心电门控在主动脉夹层扫描中的应用价值[J]. *大连医科大学学报*, 2008, 30(1): 61-63.

[10] Kramer CM, Budoff MJ, Fayad ZA, et al. ACCF/AHA 2007 clinical competence statement on vascular imaging with computed tomography and magnetic resonance. a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 50(11): 1097-1114.

[11] Poll LW, Cohnen M, Brachten S, et al. Dose reduction in multislice CT of the heart by use of ECG-controlled tube current modulation (ECG pulsing): phantom measurements[J]. *Fortschr ntgenstr*, 2002, 174(12): 1500-1505.

[12] Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B, et al. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG-controlled tube current modulation[J]. *Eur Radiol*, 2002, 12(5): 1081-1086.

[13] Gerber TC, Stratmann BP, Kuzo RS, et al. Effect of acquisition technique on radiation dose and image quality in multidetector row computed tomography coronary angiography with submillimeter collimation[J]. *Investigative Radiology*, 2005, 40(8): 556-563.

[14] Rutten A, Krul SP, Meijs MF, et al. Variability of coronary calcium scores throughout the cardiac cycle: implication for the appropriate use of electrocardiogram-dose modulation with retrospectively gated computed tomography[J]. *Investigative Radiology*, 2008, 43(3): 187-194.

[15] Hermann F, Martinoff S, Meyer T, et al. Reduction of radiation dose estimates in cardiac 64-slice CT angiography in patients after coronary artery bypass graft surgery[J]. *Investigative Radiology*, 2008, 43(4): 253-260.

[16] Takakuwa KM, Halpern EJ, Gingold EL, et al. Radiation dose in a "Triple-Rule-Out" coronary CT angiography protocol of emergency department patients using 64-MDCT: The impact of ECG-based tube current modulation on age, sex and body mass index [J]. *AJR*, 2009, 192(4): 866-872.