

论 著

# 64排CT前瞻性心电门控冠状动脉成像降低辐射剂量的研究

云南省红河州第一人民医院放射科  
(云南 661199)

吴晶晶 普福顺 罗家滨  
梁远仲

**【摘要】目的** 通过比较64排螺旋CT前瞻性心电门控与回顾性心电门控冠状动脉成像的图像质量和辐射剂量,探讨前瞻性心电门控冠状动脉成像技术在降低辐射剂量中的作用。**资料与方法** 157例疑似冠状动脉疾病的患者随机分为两组,前瞻性心电门控组85例和回顾性心电门控组72例,两组心率均<65次/min,记录两组的成像质量和辐射剂量,并进行统计学分析。**结果** 前瞻性心电门控组有效辐射剂量(4.42±1.52)mSv明显低于回顾性心电门控组(14.84±3.98)mSv(P<0.01),差异有统计学意义;前瞻性心电门控和回顾性心电门控两组冠状动脉成像质量评价差异无统计学意义(P>0.05),且前瞻性心电门控组图像优秀率略高于回顾性心电门控组。**结论** 在较低且平稳的心率(<65次/min)条件下,采用64排螺旋CT前瞻性心电门控技术即能有效降低辐射剂量,又能保证临床诊断所需的冠状动脉图像质量。

**【关键词】** 体层摄影术,X线计算机;心电门控;辐射剂量

**【中图分类号】** R543.3; R445.3

**【文献标识码】** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.02.11

通讯作者: 罗家滨

# Study of Radiation Dosage Reduction with Prospective ECG-gated 64-row CT Coronary Angiography

WU Jing-jing, PU Fu-shun, LUO Jia-bin, et al., Department of Radiology, The first people hospital of Hong He State, Mengzi 661199 China

**[Abstract]** **Objective** To explore the role of prospective ECG-gated coronary angiography in reducing radiation dose by comparing image quality and radiation dose of prospective and retrospective ECG-gated 64-row CT coronary angiography. **Materials and Methods** 157 patients suspected coronary artery disease were divided in two groups. 85 patients were taken prospective ECG gating axial scan and 72 were taken retrospective ECG gating helical scan. The heart rate was < 65bpm. Coronary artery segments were assessed for imaging quality and radiation dose values were calculated. **Results** Effective radiation dose of prospective ECG gating group (4.42±1.52mSv) was significantly lower than that of retrospective ECG gating group (14.84±3.98mSv)(P<0.01). There was no significant difference in image quality between two groups(P>0.05), and image excellent rates of prospective ECG gating group was higher than that of retrospective ECG gating group. **Conclusion** Prospective ECG gating axial scan effectively reduces the radiation dose and receives similar image quality compared with retrospective ECG gating coronary angiography in patients with heart rates < 65bpm.

**[Key words]** Tomography, X-ray Computed; ECG-gating; Radiation Dose

无创性MSCT冠状动脉成像以其较高的图像质量和诊断准确度受到临床的广泛认可,而随之带来的CT辐射剂量也越来越受到人们的重视。目前临床上多采用传统的回顾性心电门控小螺距重叠扫描技术,其检查成功率高,对受检者心率要求相对低,但受检者需接受较高辐射剂量。因此,寻求一种既能保证图像质量又能降低CT射线辐射剂量的方法,成为众多学者们关注的课题。本研究通过比较64排螺旋CT前瞻性心电门控与回顾性心电门控冠状动脉成像的图像质量和辐射剂量,探讨前瞻性心电门控冠状动脉成像技术在降低辐射剂量中的作用。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 随机选择2011年4月至2012年5月接受64排螺旋CT冠状动脉成像检查的157例疑似冠状动脉疾病的患者纳入研究对象。其中前瞻性心电门控组85例,男48例,女37例,平均年龄55.2±10.53岁,体重41~90Kg,回顾性心电门控组72例,男38例,女34例,平均年龄58.15±11.09岁,体重30~86Kg。两组心率均<65次/min。排除标准为:①碘过敏史;②呼吸屏气不超过10s;③心、肝、肾功能不全;④冠状动脉旁路搭桥术后;⑤非窦性心律;⑥妊娠期妇女。

**1.2 检查方法** 检查前准备:检查前向患者说明检查过程及注射对比剂时可能出现的反应,如注射过程中会有一过性的发热、发胀等以使患者了解检查过程、缓解紧张情绪。进行呼吸训练,采用吸气后屏气扫描方法,嘱患者吸气后屏气10s,使患者呼吸尽量趋向平稳。控制心率,所有心率高于65次/min的患者于检查前30min口服他

乐克。所有患者均签署知情同意书。

扫描方法：设备采用GE Lightspeed XT机、AW4.4工作站和德国Uirich双筒高压注射器。扫描时患者取仰卧位，先行冠状动脉钙化积分扫描，覆盖全心和冠状动脉。然后测定肘静脉—主动脉的循环时间：经肘前静脉以5.0ml/s流速注射对比剂15ml，选取气管分叉下1cm层面处的降主动脉为感兴趣区，连续扫描10次，每次间隔2秒，由软件自动测出降主动脉的时间-密度曲线，确定冠状动脉扫描延迟时间。扫描参数：机架转速0.35s/r，探测器宽度0.625mm×64，管电流600mA，

电压120kV，FOV250mm×250mm，矩阵512×512。右侧肘静脉注射碘海醇(350mgI/ml)对比剂40~70ml(0.8ml/kg)，流速5ml/s，注射完毕后以同等速率跟注30ml生理盐水。回顾性心电图门控组采用螺旋扫描，其余扫描参数与前瞻性心电图门控基本相同。重建期相均为75%。

表1 两组病例一般资料的比较

组别	例数	年龄(岁)	体重(kg)	心率(次/分)
前瞻组	85	55.2 ± 10.53	64.62 ± 11.27	60.85 ± 4.42
回顾组	72	58.15 ± 11.09	60.30 ± 10.89	60.16 ± 6.06
t值		-1.703	1.817	0.896
P值		0.091	0.073	0.371

表2 两组有效辐射剂量的比较

组别	例数	ED(mSv)
前瞻组	85	4.42 ± 1.52
回顾组	72	14.84 ± 3.98
t值		-20.89
P值		0.000

表3 两组冠状动脉图像质量评分比较

组别	例数	节段数(个)	4分节段(优秀)		3分节段(良好)		2分节段(一般)		1分节段(差)		图像质量评分(分)
			个	比率(%)	个	比率(%)	个	比率(%)	个	比率(%)	
前瞻组	85	1024	606	59.1	320	31.2	80	7.8	18	1.7	3.49 ± 0.35
回顾组	72	956	488	51.0	383	40.0	77	8.1	8	0.8	3.38 ± 0.33
检验值			13.230 <sup>b</sup>		16.769 <sup>b</sup>		0.006 <sup>b</sup>		3.236 <sup>b</sup>		-0.730 <sup>a</sup>
P值			0.000		0.000		0.938		0.072		0.465

检验值中b为X<sup>2</sup>值，a为Z值

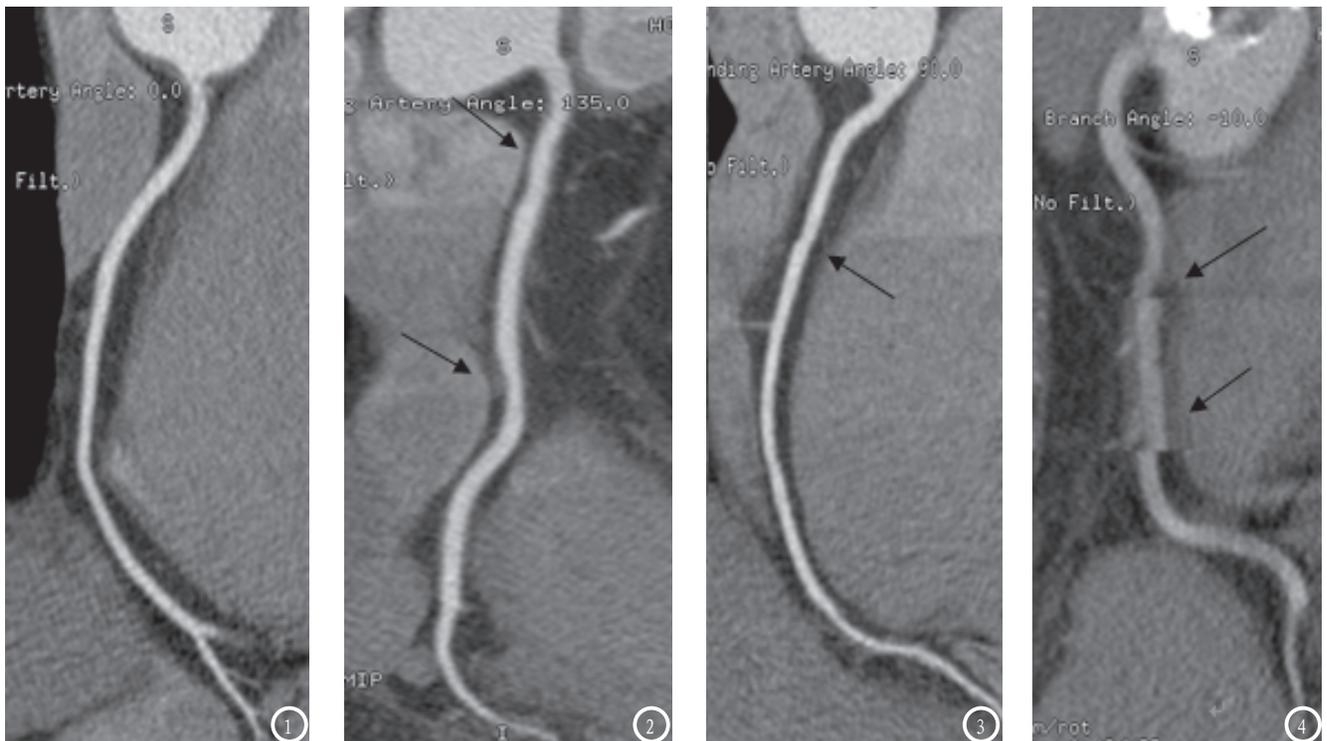


图1-4 不同受检者RCA的CPR图像。图1 血管走行连续、边缘显示清晰(4分,优秀);图2 S1、S2段边缘轻度模糊(箭头),但无阶梯伪影(3分,良好);图3 S1段血管边缘清晰,但有阶梯伪影(箭头),错层小于直径25%(2分,一般);图4 S2段血管走行不连续,边缘模糊(箭头),错层明显大于直径的25%(1分,差)。

图像后处理：将所有数据传输至AW4.4工作站，用CardiacIQ软件包分别采用容积重现(volume rendering, VR)、最大密度投影(maximal intensity projection, MIP)、曲面重建(curved planar reconstruction, CPR)、多平面重建(multiple plane reconstruction, MPR)等完成心脏及冠状动脉的后处理。

**1.3 图像质量评价标准及方法** 根据美国心脏病学会15段冠状动脉分段法<sup>[1]</sup>，由2名有经验的放射科医师采用双盲法对重建图像中各冠状动脉血管段图像质量评分。评分标准采用4级评分法<sup>[1-3]</sup>：4分：优秀(血管走行连续，无阶梯伪影，血管边缘显示清晰，血管亮度好，图1)；3分：良好(血管走行连续，无阶梯伪影，血管周围有轻微模糊，血管亮度好，图2)；2分：一般(血管周围明显模糊，有阶梯伪影，但血管错层小于血管直径的25%，血管亮度尚可，图3)；1分：差(血管不连续，有阶梯伪影，错层大于直径的25%，血管周围模糊较重，不能区别血管与周围成分，血管亮度不佳，图4)。以 $\geq 2$ 分作为能满足诊断要求的标准<sup>[1-2]</sup>。评价管腔直径大于1.5mm的血管，闭塞血管的远端和严重钙化血管以及支架段血管不做评价。

**1.4 辐射剂量的评价** 通过CT自动计算得到容积CT剂量指数(CT dose index, CTDI)和剂量长度乘积(dose length product, DLP)，由DLP乘以特定的转换系数k来评估有效剂量(effective dose, ED)，转换系数k值参考欧盟委员会关于CT的质量最新标准指南<sup>[3]</sup>， $k=0.014\text{mSv}/(\text{mGy}\cdot\text{cm})$ 。

**1.5 统计学分析** 应用SPSS

11.5软件包对两组不同扫描模式下的图像质量和辐射剂量进行分析。应用两独立样本t检验比较两组患者的一般资料和辐射剂量；冠状动脉各节段图像质量评分比较采用Wilcoxon秩和检验，不同图像质量评分在两组间的差异应用 $\chi^2$ 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 一般资料比较**(见表1) 两组间患者年龄、体重、心率的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

**2.2 有效辐射剂量比较**(见表2) 两组间有效辐射剂量(ED)的差异有统计学意义( $P<0.05$ )，前瞻性门控组有效辐射剂量明显低于回顾性门控组，降低了约70%。

**2.3 冠状动脉图像质量比较**(见表3)

## 3 讨论

随着MDCT冠状动脉成像的广泛应用，放射剂量对人体的损害也逐渐受到人们的重视。国际放射防护委员会(ICRP)的资料显示，接受X线辐射剂量每增加1mSv将增加5/10万的恶性肿瘤的发病率<sup>[5]</sup>。最近，在美国食品与药品管理委员会网站上发表了美国心脏病委员会的声明，其认为10mSv的CT辐射剂量就会使2000个CT检查过的患者中有1个患上恶性肿瘤<sup>[6]</sup>。因此，在保证图像质量的前提下，合理优化扫描方案降低辐射剂量具有重要意义。

目前MDCT冠状动脉成像多采用常规的回顾性心电门控技术，该技术为小螺距螺旋扫描，扫描重叠范围多，且在心动周期都曝光，受检者需接受的辐射剂量大。为了降低CT检查的辐射剂

量，目前主要的技术手段包括自动mA调制、自动mA设置、可变速扫描和期相选择曝光技术、智能滤过技术及前瞻性心电门控扫描技术等。本研究选用前瞻性心电门控扫描技术，并与回顾性心电门控技术比较，评估前瞻性心电门控扫描技术降低辐射剂量的效果。

前瞻性心电门控技术是采用轴位扫描方式，根据扫描前心脏搏动的ECG波形选择性触发控制X线球管曝光，其X线发射仅在事先预设的最佳心脏时相曝光，而不是全心动周期，以此达到降低X射线剂量的目的。本研究在两组年龄、体重及心率差异无统计学意义的前提下，计算出前瞻性心电门控扫描组的平均有效辐射剂量为 $(4.42\pm 1.52)\text{mSv}$ ，仅为回顾性心电门控扫描辐射剂量 $(14.84\pm 3.98)\text{mSv}$ 的30%，有效辐射剂量降低了约70%，且在降低有效辐射剂量的同时图像质量并未受到影响。与同类研究相比<sup>[7-9]</sup>，本研究利用前瞻性心电门控扫描技术降低有效辐射剂量的幅度与文献报道基本一致，但两组的有效辐射剂量值较文献偏高，原因可能有以下2点：①文献报道的冠状动脉成像，多采用bolus tracking法，而本研究用的是test bolus法，增加了确定扫描延迟时间(即测定肘静脉-主动脉的循环时间)的辐射剂量；②本研究未根据不同的体质指数调整扫描参数，而采用了较高的固定参数扫描，选用的管电流均为600mA，故辐射剂量均值偏高。因此，本研究虽在保证图像质量的同时大幅度降低了辐射剂量，但并不意味着是最优化的方案。如何综合利用降低有效辐射剂量的各种方法，优化扫描参数，做到个性化处理，更进一步减少无

谓的辐射剂量,今后应进一步研究。

与回顾性心电门控相比,前瞻性心电门控扫描虽有降低辐射剂量的优点,但也存在不足。如:(1)前瞻性心电门控扫描对受检者的心率有较高的要求,只有在心率较低且窦性心律较齐的情况下才有可能成功。以往的经验显示<sup>[9,10]</sup>,在目前64层MSCT设备性能条件下,前瞻性心电门控扫描的使用需将心率控制在65次/min以下,最佳的采集期相为75%。本组前瞻性心电门控扫描组平均心率为60.85±4.42次/min,采集期相中心为75%,符合诊断要求的图像节段达98.1%(≥2分节段),回顾性扫描符合诊断要求的图像节段达99.2%,两组图像质量总评分无统计学差异,进一步验证了以往经验的正确性,且本前瞻性门控组图像优秀节段率为59.1%(4分节段)还略多于回顾组(51.0%),认为这与前瞻性心电门控的Stepshot技术缩短了扫描时间及轴位扫描模式,两方面同时降低了心脏搏动与呼吸运动伪影有关<sup>[11]</sup>。(2)前瞻性心电门控技术只是在单一心动时相扫描和采集,因此不能进行心功能分析及多时相重组,这也是其缺陷之一。但在众多心功能分析检查中,利用CTCA进行心功能分析并没有太大优势,故临床实际工作中较少用。

总之,在较低且平稳的心率(≤65次/min)条件下,64排CT前瞻性心电门控技术能够在保证图

像质量的同时,有效降低辐射剂量,减少X线对患者的无谓照射,具有广阔的临床应用前景。因此,建议临床在心率符合扫描要求的前提下尽可能的大范围应用。

#### 参考文献

1. Shuman WP, Branch KR, May JM, et al. Prospective versus retrospective ECG Gating for 64-Detector CT of the coronary arteries: comparison of image quality and patient radiation dose. *Radiology*, 2008, 248(2): 431-437.
2. Hirai N, Horiguchi J, Fujioka C, et al. Prospective versus retrospective ECG-gated 64-detector coronary CT angiography: assessment of image quality, stenosis, and radiation dose. *Radiology*, 2008, 248(2): 424-430.
3. 朱玉春,王建良,吴志娟,沈纪芳,王伟伟,刘丽华,朱晟超,张臻. 平均心率、心率波动和心率变异性对64层螺旋CT冠脉成像质量的相关性分析[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2012, 01: 46-49.
4. Pflederer T, Jakstat J, Marwan M, et al. Radiation exposure and image quality in staged low-dose protocols for coronary dual-source CT angiography: a randomized comparison [J]. *Eur Radiol*, 2010, 20: 1197-1206.
5. Brenner DJ, Elliston CD, Estimated Radiation Risks Potential Screening [J]. *Radiology*, 2004, 232(3): 735-738.
6. Budolf MJ, Achenbach S, Blumenthal RS, et al. Assessment of coronary artery disease by cardiac computed tomography a scientific statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and Committee on Cardiac Imaging, Council on Clinical Cardiology [J]. *Circulation*, 2006, 114(16): 1761-1791.
7. 姚金龙,姚慧,刘斌等. 64排螺旋CT前置与后置心电门控冠状动脉成像比较[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2009, 6(5): 417-420.
8. Horiguchi J, Kiguchi M, Fujioka C, et al. Radiation dose, image quality, stenoses measurement and CT densitometry using prospective electrocardiograph-triggered coronary 64-MSCT angiography A phantom study [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008, 190(2): 315-320.
9. 马延贺,于铁链,李东,等. 64层螺旋CT冠状动脉成像中前瞻性心电门控技术的应用价值[J]. *中国医学影像技术*, 2010, 26(3): 492-495.
10. 关计添,徐小虎,耿义群,于晓军,程英,郭岳霖,吴仁华. 心率变化对64层CT冠状动脉造影图像质量的影响[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2008, 02: 37-39.
11. 付玉存,魏里,郭芸,等. 256层CT前瞻与回顾性心电门控冠状动脉成像的应用研究[J]. *临床放射学杂志*, 2010, 29(9): 1192-1195.

(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2015-01-05