

Prospective and retrospective ECG gating for 320-detector CT of the coronary arteries: Comparison of radiation dose, image quality and diagnosis

QIN Jie¹, LIU Ling-yun¹, DONG Yun-xu¹, ZHU Kang-shun¹, GUO Ning¹,
QIAN Xiao-xian², WU Zhen², SHAN Hong^{1*}

(1. Department of Radiology, 2. Department of Cardiology, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510630, China)

[Abstract] **Objective** To compare radiation dose, image quality and diagnosis in patients undergoing 320-detector computed tomography (CT) coronary angiography with prospective and retrospective electrocardiographic (ECG) gating. **Methods**

Coronary computed tomography angiography (CCTA) with prospective (group P, $n=250$) and retrospective (group R, $n=250$) ECG gating were performed in 500 consecutive patients with suspected coronary artery disease and heart rate less than 65 bpm, and the effective radiation dose, image quality and diagnosis were evaluated. **Results** In each 3750 segments (250 patients \times 15 segments per patient) in group P and group R, 131 (3.49%) and 142 (3.78%) were found too small (1.5 mm) to be characterized, while 96.51% (3619/3750) and 96.12% (3608/3750) segments could be evaluated, and no statistical difference in images score was detected in group P and group R ($P>0.05$). Mean radiation dose was significantly different in group P ($[3.36\pm 1.00]$ mSv) and group R ($[13.46\pm 2.30]$ mSv) ($P<0.01$). Compared with CAG, the sensitivity, specificity, false positive and false negative value in group P (93.22%, 99.21%, 91.64%, 99.05%) and R (94.55%, 98.80%, 95.86%, 98.54%) were not significantly different. **Conclusion** 320-detector CT coronary angiography performed with prospective ECG gating has lower radiation dose compared with retrospective ECG gating, while image quality and diagnosis has no significant difference.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Prospective ECG gating; Radiation dose; Angiography

320 排 CT 前瞻性和回顾性心电门控冠状动脉成像：放射剂量、图像质量及诊断结果的对照观察

覃杰¹, 刘凌云¹, 董云旭¹, 朱康顺¹, 郭宁¹, 钱孝贤², 吴震², 单鸿^{1*}

(1. 中山大学附属第三医院放射科, 2. 心内科, 广东 广州 510630)

[摘要] **目的** 比较前瞻性心电门控及回顾性心电门控 320 排 CT 冠状动脉成像的放射剂量、图像质量及诊断结果。**方法** 对临床拟诊冠心病、心率 <65 次/分的 500 例患者依次分别采用前瞻性及回顾性心电门控冠状动脉成像扫描方案, 分为 P 组(前瞻组)和 R 组(回顾组), 评价两组的辐射剂量、图像质量及诊断结果。**结果** P 组和 R 组各有 3750 (15 \times 250) 个冠状动脉节段, P 组和 R 组冠状动脉节段管径太小 (<1.5 mm) 难于评估分别占 3.49% (131/3750)、3.78% (142/3750), 可评估节段占 96.51% (3619/3750)、96.12% (3608/3750), 差异无统计学意义 ($P>0.05$); P 组和 R 组的图像评分差异无统计学意义 ($P>0.05$)。P 组和 R 组平均辐射剂量为 (3.36 \pm 1.00)mSv、(13.46 \pm 2.30)mSv, P 组平均射线剂量较 R 组降低 75.04%, 差异有统计学意义 ($P<0.01$)。P 组的敏感度、特异度、阳性预测值及阴性预测值为 93.22%、99.21%、91.64%、99.05%, R 组的敏感性、特异性、阳性预测值及阴性预测值为 94.55%、98.80%、95.86%、98.54%, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。**结论** 320 排 CT 前瞻性心电门控扫描方案较回顾性辐射剂量明显降低, 但冠状动脉图像质量及诊断结果与回顾性心电门控扫描无明显差异。

[作者简介] 覃杰(1976—), 男, 广西大化人, 硕士, 主治医师。研究方向: 心胸影像诊断。E-mail: jason020@163.com

[通讯作者] 单鸿, 中山大学附属第三医院放射科, 510630。E-mail: ShanHong5@gmail.com

[收稿日期] 2009-11-03 **[修回日期]** 2009-12-29

[关键词] 体层摄影术; X 线计算机; 前瞻性心电门控; 放射剂量; 血管造影术

[中图分类号] R541.4; R814.42 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2010)05-0951-04

冠状动脉 CT 血管造影 (computed tomography angiography, CTA) 已成为快速、准确诊断冠心病的非侵袭性检查方法^[1-3]。而冠状动脉 CTA 的辐射剂量高于传统血管造影, 影响了其广泛应用, 因此, 如何在保证诊断图像质量、诊断结果的同时降低辐射剂量已成为重要课题^[4-6]。64 排 CT 回顾性及前瞻性心电门控冠状动脉成像的辐射剂量分别约为 15 mSv 和 9 mSv, 双源 CT 分别约为 12 mSv 和 3.2 mSv^[4-6]。以宽探测器为特征的 320 排 CT 提供了进一步降低冠状动脉成像辐射剂量的可能。本文通过比较前瞻性心电门控和回顾性心电门控, 分析 320 排 CT 冠状动脉成像的辐射剂量、图像质量及诊断结果。

1 资料与方法

1.1 一般资料 对 2008 年 11 月—2009 年 9 月期间我院临床拟诊冠心病、心率 < 65 次/分的 500 例患者, 男 307 例, 女 193 例, 年龄 28~85 岁, 中位年龄 49 岁; 分别依次采用前瞻性及回顾性心电门控扫描方案, 分为 P 组 (前瞻组) 和 R 组 (回顾组), 每组 250 例。其中 197 例未服用降心率药物, 患者心率 < 65 次/分; 303 例服用降心率药物后心率 < 65 次/分, 而心率大于或等于 65 次/分的患者未纳入本组研究。41 例在接受 320 排 CT 冠状动脉成像后 2~20 天内完成常规 X 线冠状动脉造影 (coronary angiography, CAG), P 组 23 例, R 组 18 例。

1.2 扫描技术 采用 Toshiba 320 排 CT (Toshiba Aquilion One 动态容积 CT) 机进行冠状动脉容积扫描。P 组扫描方案: 根据体重指数 (body mass index, BMI) 调节管电压、电流, 根据心脏大小调节扫描范围及探测器排数, 扫描 60%~85% 心动周期时相。R 组扫描方案: 管电压为 120 kV, 管电流为 450 mAs, 探测器为 320 排, 采用回顾性心电门控扫描整个心动周期时相。在肘静脉埋置 18G 静脉留置针, 采用双通

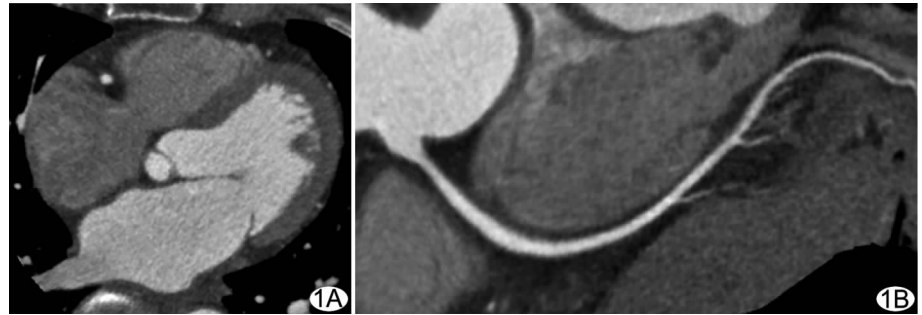


图 1 P 组 A. 轴位图; B. 右冠状动脉 CPR 图。图像质量为 4 分, 无运动伪影及阶梯伪影

高压注射器 (Mallinckrodt), 以 6 ml/s 注入 40~60 ml 非离子对比剂碘普罗胺 (优维显) 370 mgI/ml 及后续 20 ml 生理盐水。

1.3 图像后处理方法 软件自动选择心动周期的 75% 作为 CTA 序列, 以该序列重建冠状动脉, 重组层厚为 0.5 mm, 间距为 0.5 mm。若图像满意, 则接受该图像。若某支或某段冠状动脉显示不佳, 则通过心电图编辑及微调毫秒来选择冠状动脉显示最清晰层面重组图像。采用 Basic Vitrea 2 软件行多平面重建 (multiplanar reconstruction, MPR)、曲面重建 (curved planar reconstruction, CPR)、容积再现 (volume reconstruction, VR)、最大密度投影 (maximum intensity projection, MIP)。

1.4 图像评价方法 根据 Frank 的冠状动脉 CTA 图像质量评价标准, 将冠状动脉 CTA 图像质量分为 4 个评分等级: 4 分: 优秀, 无伪影; 3 分: 好, 轻度伪影; 2 分: 可接受, 中度伪影但仍可做出诊断; 1 分: 不可评价, 重度伪影, 无法做出诊断^[7]。根据美国心脏协会 (American Heart Association, AHA) 分类指南将冠状动脉分为 15 段。应用软件血管自动分析功能, 测量管腔狭窄面积, 评价所有直径 > 1.5 mm 的冠状动脉节段。由两位有心脏影像诊断经验的放射科医师诊断冠状动脉病变及狭窄程度, 诊断前均未知 CAG 结果, 最终结果由两人协商后产生。

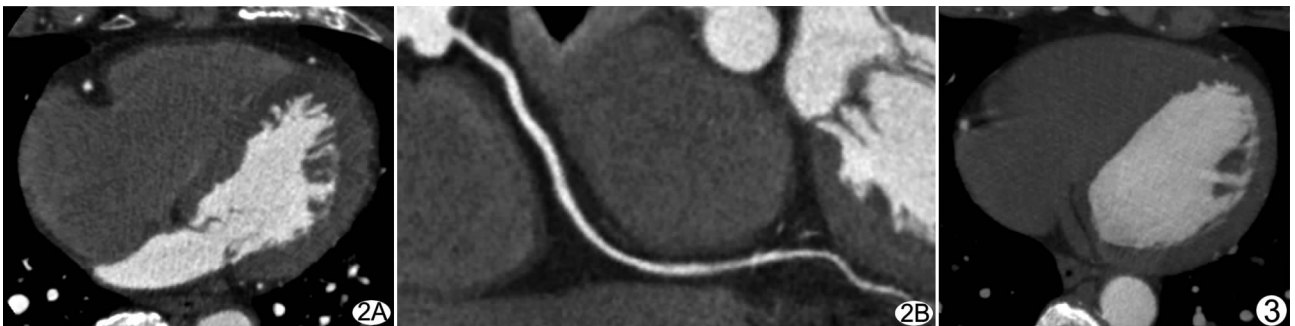


图 2 R 组 A. 轴位图; B. 右冠状动脉 CPR 图。图像质量为 4 分, 无运动伪影及阶梯伪影

图 3 轴位显示图像质量为 3 分, 可见轻度运动伪影

运动伪影

1.5 统计学方法 采用 SPSS 13.0 统计软件。P 组和 R 组可评估冠状动脉节段及图像质量的比较采用 χ^2 检验。P 组和 R 组平均射线剂量的比较采用独立样本 *t* 检验。所有资料均为双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 图像质量 P 组和 R 组每组共有 3750(15×250)个冠状动脉节段,依据管径大小分为可评估(>1.5 mm)及不可评估(≤1.5 mm)节段。P 组可评估和不可评估冠状动脉节段为 96.51%(3619/3750)、3.49%(131/3750),R 组的为 96.12%(3608/3750)、3.78%(142/3750),差异无统计学意义($P > 0.05$)。在可评估冠状动脉节段中,P 组的 4 分、3 分、2 分及 1 分图像分别占 95.09%(3566/3619)、1.09%(41/3619)、0.32%(12/3619)及 0,R 组的为 95.23%(3571/3608)、0.74%(28/3608)、0.24%(9/3608)及 0,差异无统计学意义($P > 0.05$,图 1、2)。两组被评为 2、3 分的图像均为运动伪影所致,无阶梯伪影及 1 分图像(图 3)。

2.2 辐射剂量 P 组平均辐射剂量为(3.36±1.00)mSv(1.75~4.73 mSv),R 组平均射线剂量为(13.46±2.30)mSv(11.33~17.65 mSv),P 组较 R 组降低了 75.04%,差异有统计学意义($P < 0.01$)。

P 组辐射剂量为 1.75 mSv 的患者心率为 50 次/分,体质量 45 kg,采用前瞻性心电门控技术,扫描时相 70~80%,管电流、电压为 350 mA、100 kV,采用 280 排探测器。

2.3 诊断价值 P 组和 R 组诊断冠状动脉狭窄>50%的敏感度、特异度、阳性预测值及阴性预测值比较,差异无统计学意义(表 1)。

表 1 P 组和 R 组敏感度、特异度、阳性预测值及阴性预测值(%)

| 组别 | 敏感度 | 特异度 | 阳性预测值 | 阴性预测值 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| P 组 | 93.22 | 99.21 | 91.64 | 99.05 |
| R 组 | 94.55 | 98.80 | 95.86 | 98.54 |

3 讨论

冠状动脉 CTA 已被公认为诊断冠心病首选的非侵袭性检查方法,但随着冠状动脉 CTA 临床应用的普及,CT 辐射致癌的危险越来越受到关注^[8-9]。因此,在保证诊断图像质量的同时降低辐射剂量将成为冠状动脉 CTA 的研究热点^[4-7]。320 排 CT 是动态容积 CT,具有 320 排 0.5 mm 探测器、一次扫描覆盖 16 cm 等特点。由于 320 排 CT 采用覆盖宽度达 16 cm 的大面积量子探测器,故只需一圈即可获取从心底到心尖完整的全心范围扫描数据,在一个心动周期内便能即时立体地重构整个心脏影像,提供高度清晰图像资料^[2]。

本研究 P 组和 R 组的射线剂量平均值分别为(3.36±1.00)mSv、(13.46±2.30)mSv,P 组平均射线剂量较 R 组降低 75.04%,差异有统计学意义;而 P 组和 R 组的图像质量及诊断冠状动脉狭窄准确率的差异均无统计学意义。因此,对于心率<65 次/分的患者,通过采用个性化的前瞻性心电门控技术,既能降低辐射剂量,又能保证高质量图像及诊断冠

动脉狭窄准确率。但对于需要分析心功能的患者不能用前瞻性心电门控扫描方案,因为该方案不能获得整个心动周期的数据。国内外 64 排 CT 前瞻性心电门控冠状动脉成像平均剂量为 7.5 mSv^[10],高于本研究 P 组剂量。双源 CT 前瞻性心电门控冠状动脉成像平均剂量为 3.2 mSv^[11],与本研究 P 组剂量相当,但双源 CT 未能避免阶梯伪影。国外报道^[12]320 排 CT 低剂量冠状动脉成像平均辐射剂量为 5.3 mSv,高于本研究 P 组结果,与国外患者体重较大、采用较高管电压、电流及曝光窗较宽有关。因此,笔者推测,对于心率<65 次/分的患者,采用个性化的前瞻性心电门控扫描方案,既可降低射线剂量,又可获得高质量的冠状动脉图像。个性化前瞻性心电门控扫描方案包括根据患者体质量指数调节管电流、电压以及根据患者心脏大小调整探测器数目。

本组研究患者心率均控制在 65 次/分以下,主要原因有:①低心率有利于提高冠状动脉成像质量,心率越高成像质量越差。文献^[12]报道冠状动脉成像质量与心率呈负相关。320 排 CT 和 64 排 CT 时间分辨力均为 165 ms,高于双源 CT 的 83 ms。因此,对于 320 排 CT,心率越高,会导致越多运动伪影,从而降低图像质量^[7,12]。②当心率<65 次/分时,320 排 CT 可在一个心动周期内获取重建冠状动脉所需数据,减少曝光时间,从而减少射线剂量。文献^[11]报道,当心率<65 次/分时,95%高质量图像的冠状动脉位于心动周期的 72%~81%。本研究 P 组部分患者采用心动周期 70%~80%时相取得高质量图像,与文献^[12]报道一致。对于不适合服用降心率药物而心率≥65 次/分或服药后心率仍≥65 次/分的患者,则不宜采用前瞻性心电门控扫描方案。

[参考文献]

[1] Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. N Engl J Med, 2008, 359(22):2324-2336.

[2] 覃杰,刘凌云,孟晓春,等.320 排动态容积 CT 冠状动脉成像的临床应用.中国医学影像技术,2009,25(9):127-130.

[3] Wink O, Hecht HS, Ruijters D. Coronary computed tomographic angiography in the cardiac catheterization laboratory: current applications and future developments. Cardiol Clin, 2009, 27(3):513-529.

[4] Kim MJ, Park CH, Choi SJ, et al. Multidetector computed tomography chest examinations with low-kilovoltage protocols in adults: effect on image quality and radiation dose. J Comput Assist Tomogr, 2009, 33(3):416-421.

[5] Singh S, Kalra MK, Moore MA, et al. Dose reduction and compliance with pediatric CT protocols adapted to patient size, clinical indication, and number of prior studies. Radiology, 2009, 252(1):200-208.

[6] Park EA, Lee W, Kang JH, et al. The image quality and radiation dose of 100-kVp versus 120-kVp ECG-gated 16-slice CT coronary angiography. Korean J Radiol, 2009, 10(3):235-243.

[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.中国介入影像与治疗学,2009,6(5):417-420.

- [8] Rybicki FJ, Otero HJ, Steigner ML, et al. Initial evaluation of coronary images from 320-detector row computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2008, 24(5):535-546.
- [9] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*, 2007, 357(22):2277-2284.
- [10] Fujioka C, Horiguchi J, Kiguchi M, et al. Survey of aorta and coronary arteries with prospective ECG-triggered 100-kV 64-MDCT angiography. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(1):227-233.
- [11] Blankstein R, Shah A, Pale R, et al. Radiation dose and image quality of prospective triggering with dual-source cardiac computed tomography. *Am J Cardiol*, 2009, 103(8):1168-1173.
- [12] Steigner ML, Otero HJ, Cai T, et al. Narrowing the phase window width in prospectively ECG-gated single heart beat 320-detector row coronary CT angiography. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2009, 25(1):85-90.

X-ray diagnosis of familial osteopetrosis: Case report

X 线诊断家族性石骨症 1 例

刘清宇, 张林波*, 曹 澍, 凡 生, 王志鹏

(中国人民解放军第 208 医院放射 CT 科, 吉林 长春 130000)

[Key words] Osteopetrosis; Familial; X-rays [关键词] 石骨症; 家族性; X 线

[中图分类号] R682.19; R816.8 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2010)05-0954-01

患者男, 19 岁, 入伍体检发现骨质异常。查体: T 37.1℃, P 67 次/分, R 16 次/分, BP 125/85 mmHg; 神清, 头颅五官无畸形, 淋巴结无肿大, 胸腹部及四肢均未见异常, 身高 172 cm, 体质量 64 kg。其父于十余年前确诊为石骨症, 并有相应 X 线表现, 但无明显临床症状及体征。实验室检查未见明显异常。胸腰椎 X 线片示: 胸腰椎椎体上下缘骨质致密增厚, 中央较疏松, 呈“夹心蛋糕样”表现, 椎间隙等宽, 肋骨骨质明显增厚硬化, 髓腔狭窄; 骨盆诸骨骨质致密, 呈象牙质样, 双股骨上段骨质密度均匀一致增高呈大理石样, 髓腔缩小(图 1)。

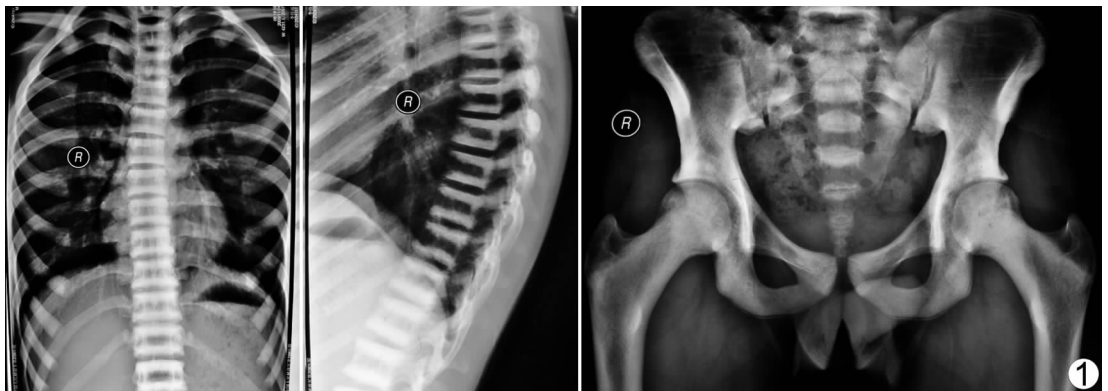


图 1 石骨症患者脊柱及骨盆的 X 线表现

发育不良, 视觉和听觉缺陷等; ②重型: 又称幼儿型, 常染色体隐性遗传, 症状出现早且严重, 患儿发育迟缓, 身材矮小, 贫血较重, 白细胞和血小板亦减少, 肝、脾和淋巴结常肿大, 可伴智力减退, 视神经萎缩和牙齿发育不良。本病确诊主要依靠 X 线检查, 其 X 线诊断特点是全身骨骼泛发性致密硬化, 颅骨常受累, 最严重的部位在颅底, 以蝶骨体最为明显; 长、短管状骨骨质显著致密, 病变骨无法区分皮质、骨骺板、骨松质及骨髓腔, 生长迅速的干骺端尤为明显; 骨盆诸骨除普遍性密度增高外, 髂翼常有晕轮样、同心性扇形或圆形致密带分布; 脊柱有特征性改变, 表现为椎体上下骨质增厚致密, 中间区域相对较稀疏透亮, 似“夹心蛋糕”样改变, 椎间隙一般无明显影响; 肋骨的皮质通常会有皮质显著增厚、髓腔狭窄的现象。本病骨骼改变特征明显, 诊断较容易, 但早期骨增厚致密仅见于局部时需与慢性氟、铅、磷中毒相鉴别。慢性氟中毒多为饮水含氟较高所致, 病变较广泛, 但分布以躯干为主, 四肢较轻, 且骨纹增粗呈网样, 而石骨症密度较均匀, 脊柱有典型表现, 故容易鉴别; 慢性磷、铅中毒病变儿童期多局限于干骺端, 不及石骨症广泛, 结合职业特点不难鉴别。

讨论 石骨症(osteopetrosis)又名 Albers-Schonberg 病、大理石骨、泛发性脆性骨硬化症、粉笔样骨、骨硬化性增生性骨病等, 是一种较少见的泛发性骨质硬化性病变, 由于正常破骨细胞吸收活动减弱, 使钙化的软骨和骨样组织不能被正常组织所替代而发生蓄积, 导致骨质明显硬化且变脆。患者常伴发贫血, 由于骨质硬化增厚, 致髓腔缩小甚至消失, 髓外造血器官可继发性增大。通常有家族遗传史, 有伴常染色体显性和隐性遗传两种形式, 故分为两型: ①轻型: 又称成年型, 常染色体显性遗传, 症状出现较晚且较轻, 常在轻伤下发生骨折, 可有轻度贫血, 牙齿

[作者简介] 刘清宇(1986—), 男, 吉林梅河口人, 本科, 医师。

E-mail: qingyusabor516@sina.com

[收稿日期] 2010-02-25 [修回日期] 2010-04-15