

新双源 CT 冠脉造影不同扫描模式的对比研究

吴 岩, 陆 琳, 张正华, 韩 丹

(昆明医科大学第一附属医院医学影像科, 云南 昆明 650031)

[摘要] **目的** 探讨 128 层双源 CT 冠状动脉 CTA 3 种扫描模式的临床应用价值. **方法** 120 例冠状动脉 CTA 患者分为 3 组, 每组各 40 例, A 组行 flash 模式扫描, B 组行前瞻性心电触发序列扫描, C 组行回顾性心电门控螺旋扫描, 对 3 组的图像质量、辐射剂量、扫描时间进行对比分析. **结果** 120 例可评价冠状动脉 1 644 节段, 可评价率均达到 99%. A 组扫描时间最短 (0.39 ± 0.03) s, 较 B、C 组分别缩短了 91.91%、91.28%, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), B 组与 C 组间无明显差异 ($P > 0.05$). 平均有效剂量 A 组 (0.76 ± 0.06) mSv、B 组 (2.51 ± 0.61) mSv、C 组 (6.60 ± 1.32) mSv, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$). **结论** 冠状动脉 CTA 3 种扫描模式均可得到高质量冠状动脉图像, flash 模式扫描速度快, 辐射剂量极低, 适合心率 ≤ 65 次/min 且心律齐患者. 前瞻性心电触发序列扫描及回顾性心电门控螺旋扫描模式适用范围广, 前者辐射剂量较低应作为临床首选的方法.

[关键词] 冠状动脉; CTA; 图像质量; 辐射剂量

[中图分类号] R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2095 - 610X (2014) 09 - 0091 - 04

Comparative Study on Different Scan Modes with Dual-source CT Coronary Artery Angiography

WU Yan, LU Lin, ZHANG Zheng-hua, HAN Dan

(Dept. of Radiology, The 1st Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Yunnan Kunming 650032, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the clinical significance of three types of scan modes with dual-source CT coronary artery angiography (CTA). **Methods** 120 cases of coronary artery disease patients were divided into 3 groups, of which group A underwent coronary artery CTA with flash mode, group B with prospective electrocardiogram triggering mode and group C with retrospective electrocardiogram gating mode. The image quality, radiation dose and scanning time among 3 groups were comparatively analyzed. **Results** 1644 segments of artery in 120 cases were available for diagnosis, the rate was 99.4%, 99.5% and 99.2% in three groups, respectively. No statistical significance was found. The scanning time was shortest in group A, was 91.91% and 91.28% lower than that in groups B and C, respectively. There were statistical significance between group A and groups B and C, but no significance was shown between group B and group C. The average effective radiation dose was 0.76 ± 0.0604 , 2.51 ± 0.6083 and 6.60 ± 1.3163 mSv in groups A, B and C, respectively, with significance statistically ($P < 0.05$). **Conclusion** Three types of scan modes of coronary artery CTA were qualitatively guaranteed. Flash mode was the fastest one with relatively low radiation dose which was suitable for patients with regular heart rate lower than 65 b/m. Both groups B and C had wider clinical use, and the former was recommended as the first choice due to less radiation.

[Key words] Coronary artery; CTA; Image quality; Radiation dose

冠状动脉 CTA 检查 (CT coronary angiography, CTCA) 因其简无创, 准确性高, 现已成为筛查冠 心病的首选无创性检查手段, 但目前存在的是辐射剂量问题. 第二代双源 CT 时间分辨力为 75 ms,

[基金项目] 云南省应用基础研究基金资助项目 (2008c0477m); 云南省教育厅科学研究基金资助项目 (2010Y177)

[作者简介] 吴岩 (1974~), 男, 安徽宿州市人, 大学本科, 主管技师, 主要从事 CT 技术工作.

[通讯作者] 韩丹. E-mail: kmhandan@sina.com

不受心率限制, 扩大了其实用性. 而且具有多种扫描模式. 笔者旨在对比研究 flash 模式、前瞻性心电触发序列模式以及传统的回顾性心电门控螺旋模式在冠状动脉 CTA 的临床应用价值.

1 材料与方法

1.1 一般资料

收集 2013 年 1 月至 7 月间昆明医科大学第一附属医院行冠脉 CTA 检查的患者 120 例, 按心率分为 3 组: A 组 40 例, 采用 flash 模式扫描, 男性 18 例, 女性 22 例, 心率范围在 45 ~ 65 次 /min, 心律规整且心率波动范围在 10 次 /min; B 组 40 例, 采用序列扫描, 男性 23 例, 女性 17 例, 心率范围在 65 ~ 136 次 /min, 有心律不齐, 早搏和心房纤颤; C 组 40 例, 采用常规螺旋扫描, 男性 27 例, 女性 13 例, 心率范围在 65 ~ 120 次 /min. 3 组患者体重指数均在 19.8 ~ 24.9 之间. 排除标准为对含碘对比剂过敏、肾功能不全、失代偿性心功能不全、冠脉搭桥患者.

1.2 设备及方法

Siemens 第二代双源 CT (Siemens Definition Flash, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany). 采用双筒高压注射器 (SCT211, Medrad, Inc., America), 对比剂为碘普罗胺 370 mgI/mL (Iopromide Injection, 370 mgI/mL, Bayer Healthcare, Germany).

检查前先行严格呼吸屏气训练, 检查前 3 min 舌下含服 5 mg 硝酸异山梨酯片, 先行定位像及钙化积分扫描, A 组采用造影剂测试扫描 (test bolus) 法, 测试造影剂的达峰时间, 加 5 s 为冠状动脉增强延迟时间. B 组和 C 组采用造影剂团注跟踪软件 (bolus tracking). 造影剂总量 50 ~ 60 mL, 速率 5 mL/s, 后跟生理盐水 40 mL. 扫描范围从气管隆突下 1.5 cm 至心底隔面. 管电压 100 kV, 参考电压 120 kV, 参考电流 400 mAs, CARE Dose 4D on. A 组螺距 3.4, B、C 组螺距随心率变化自动调整, B、C 组采集时相为 R-R 35% ~ 90% 间期. 重建层厚 0.75 mm, 层间距 0.5 mm, 卷积核为 B26f 或 B46f. 并在扫描结束后, 记录扫描的长度以及时间. 图像分析在 Siemens MMWP 或 Siemens syngo via 工作站进行, 采用曲面重组 (CPR)、最大密度投影 (MIP)、容积再现 (VR) 等技术.

1.3 图科质量评价

采用美国心脏协会推荐的 15 分段法分析冠状动脉树^[2], 右冠状动脉包括第 1 ~ 4 段, 左主干和前降支包括第 5 ~ 10 段, 回旋支包括第 11 ~ 15 段.

闭塞血管以及远段不记入分析. 图像质量共分为 4 级^[3], 分级标准如下: 1 级, 血管显示优异, 边界清晰, 无阶梯样伪影及血管中断; 2 级, 血管有轻度伪影, 节段轻微模糊; 3 级, 血管有中度伪影但没有节段不连续; 4 级, 血管显示不清, 节段走行不连续, 有严重阶梯样伪影. 评价直径 1.5 mm 以上的冠状动脉段, 由 2 名经验丰富的放射医师采用双盲法, 对图像质量做出综合评估, 评价不一致时重新观察图像, 商议后得出一致结论. 分别统计不同图像质量级别的冠状动脉段数及其显示率.

1.4 辐射剂量

本研究的辐射剂量仅为 CTCA 的辐射剂量, 不包括定位像、钙化积分、触发扫描及造影剂测试扫描的辐射剂量. 通过 CT 自动计算得到容积 CT 剂量指数 (CTDIvol) 和剂量长度乘积 (DLP), 有效剂量 (effective dose, ED) = $k \times DLP$ [k 值采用欧盟委员会推荐的 $k = 0.014 \text{ mSv}/(\text{mGy}\cdot\text{cm})^{[4]}$].

1.5 扫描长度及扫描时间

扫描结束后, 设备会将扫描的长度以及时间直接显示在扫描参数中.

1.6 统计学处理

采用 SPSS 软件, 多组间均数比较采用单因素方差分析, 等级资料采用秩和检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义.

2 结果

2.1 3 组 BMI 及扫描长度比较

A、B、C 3 组平均 BMI 分别为 23.20、22.26、23.29, 3 组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 3 组扫描平均长度分别为 17.76 mm、11.31 mm、13.60 mm, 3 组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 1.

2.2 图科质量比较

120 例共评价了 1 655 冠状动脉节段. A、B、C 3 组可评价冠脉节段分别是 569 (99.4%)、534 (99.5%)、541 (99.2%) 段 (图 1 ~ 3). 3 组间比较采用秩和检验, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2.

2.3 扫描时间及辐射剂量比较

3 组间扫描时间及辐射剂量的比较采用方差分析. 3 组中 A 组扫描时间最短, 较 B 组缩短了 91.91%, 较 C 组缩短了 91.28%, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), B 组与 C 组间无明显差异 ($P > 0.05$). 3 组有效辐射剂量差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 以 A 组最低, 较 B 组减低约 69.7%, 较 C 组减低约 88.5%, 见表 3.

表 1 3 组患者 BMI 及扫描长度比较 $[(\bar{x} \pm s), \text{mm}]$
Tab. 1 Comparison of BMI and scan length among three groups $[(\bar{x} \pm s), \text{mm}]$

项 目	A 组	B 组	C 组	P
BMI	23.2 ± 2.12	22.26 ± 1.76	23.29 ± 2.54	0.652
扫描长度(mm)	17.76 ± 3.14	11.31 ± 2.34	13.60 ± 2.57	0.747

表 2 3 种扫描模式目评价冠状动脉度段的比较
Tab. 2 Comparison of coronary artery segments among three groups

组 别	1 级		2 级		3 级		4 级		合计
	段数	显示率 (%)	段数	显示率 (%)	段数	显示率 (%)	段数	显示率 (%)	
A 组	449	78.5	105	18.4	15	2.6	3	0.6	572
B 组	423	78.9	100	18.6	11	2.2	3	0.5	538
C 组	427	78.3	102	18.7	12	2.2	4	0.8	545
合计	1 299	78.5	307	18.5	38	2.3	10	0.06	1 655

表 3 3 种扫描模式扫描时间及辐射剂量比较 $(\bar{x} \pm s)$
Tab. 3 Comparison of scanning time and radiation dosage among three groups $(\bar{x} \pm s)$

组 别	n	扫描时间 (s)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy/cm)	ED (mSv)
A 组	40	0.39 ± 0.03	3.07 ± 0.34	54.09 ± 4.32	0.76 ± 0.06
B 组	40	4.82 ± 1.06*	15.80 ± 3.08	179.33 ± 43.45	2.51 ± 0.61*
C 组	40	4.47 ± 0.78*	34.58 ± 5.33	471.25 ± 94.02	6.60 ± 1.32*

与 A 组比较, *P < 0.05.

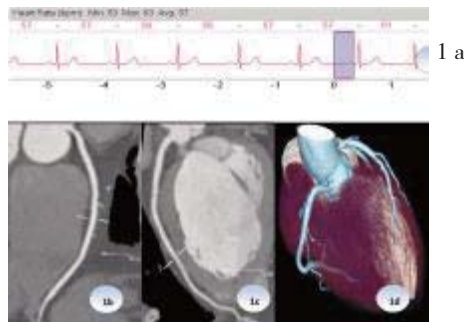


图 1 flash 模式, 曝光时间 0.36 s, 有效辐射剂量 0.75 mSv
Fig. 1 ECG, CPR image and VR image using flash mode
 图 1a 为心电图, 图 1b 和图 1c 为 CPR 图像, 图 1d 为 VR 图像, 各冠状动脉段显示清晰, 管壁光滑, 管腔连续, 无伪影, 图像质量为 1 级.

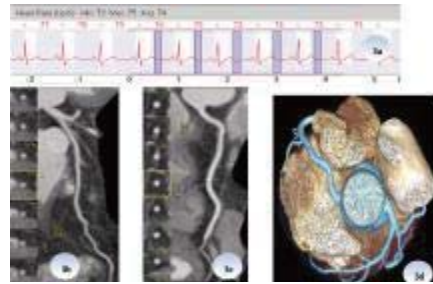


图 3 回顾性心电门控螺旋扫描模式, 曝光时间 5.25 s, 有效辐射剂量 7.82 mSv
Fig. 3 ECG, CPR image and VR image using retrospective electrocardiogram gating mode
 图 3a 为心电图, 图 3b 和图 3c 为 CPR 图像, 图 3d 为 VR 图像, 各冠状动脉段显示清晰, 管壁光滑, 管腔连续, 无伪影, 图像质量为 1 级.

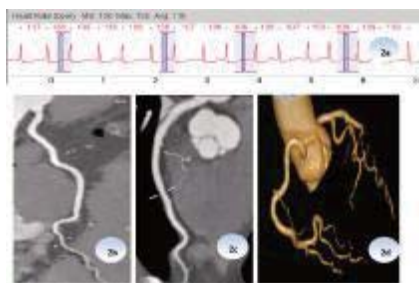


图 2 前瞻性心电触发序列扫描模式, 有效辐射剂量 2.26 mSv
Fig. 2 ECG, CPR image and VR image using prospective electrocardiogram gating mode
 图 2a 心率 136 次/min, 图 2b 和 2c 为 CPR 图像, 图 2d 为 VR 图像, 各冠状动脉段, 管腔连续, 有轻伪影, 末端有轻微模糊, 图像质量为 2 级.

3 讨论

128 层双源 CT 冠状动脉 CTA 有 3 种扫描模式, 分别是前瞻性心电触发大螺距螺旋扫描模式 (也称为 Flash 模式), 前瞻性心电触发序列扫描模式, 回顾性心电门控螺旋扫描模式. Flash 模式为采用前瞻性心电触发技术的大螺距 (3.4) 扫描模式, 球管旋转 1/4 周便完成扫描, 扫描时间极短. 本组扫描时间平均约 0.4 s, 明显低于另两组, 缩短分别为 91.91% 和 91.28%. 扫描时间的缩短, 可有效减少呼吸伪影及静脉污染, 适合不能憋气的患者. 一般螺距增大会导致图像噪声增大, 从而

影响图像质量,而双源 CT 拥有两套球管及相对应的 128 层探测器,一个球管扫描引起的信息间隙会被另一个球管填充,2 套系统互相弥补,从而完成完整的信息采集^[5]。所以本组中可评价冠脉百分比约 99.4%,与另 2 组无明显差异。由于该模式采用了前瞻性心电门控技术及大螺距扫描,避免了重复扫描,明显降低了辐射剂量。国内外文献报道 Flash 扫描的人均有效剂量可小于 1 mSv^[3,6]。本研究中平均有效剂量为 (0.76 ± 0.06) mSv,与 B、C 组相比,降幅分别达 70%、89%。但是该数据采集在一个心动周期内完成,采集于舒张期 60% R-R 时相,数据单一,不能进行心电编辑。而且检查时要求心率 ≤ 65 次/min 且心律齐,若心率 > 65 次/min,心脏舒张中晚期时间相对缩短,扫描后期可能会落到下一个收缩期开始,从而产生运动伪影^[7]。前瞻性心电触发序列扫描模式采用步进式一点射 (Step-and-shoot) 技术,激活自适应心脏序列 (ACS),在 R-R 期间内选择合适扫描期相触发扫描,X 线球管只在预设的心动周期的特定时期曝光,而其它时段不曝光,且扫描方式是非螺旋方式 (扫描和进床分离),避免螺旋扫描中重叠扫描,其辐射剂量明显低于传统的回顾性心电门控螺旋扫描。本组的有效辐射剂量为 (2.51 ± 0.60) mSv,比 C 组降低约 62%,因电压为 100 kV,小于文献报道平均有效剂量 3.2 mSv^[8]。因为激活了抗心率不齐的自适应性心脏序列,该扫描模式可以适用于任何心率。在扫描过程中自动检测患者的心电图,根据前三个心动周期来估测触发时机,检测到异常心跳时不进行采集,待恢复到正常心跳时才进行图像采集,自动回避了心律不齐、早搏、心房颤动等引起波动较大的心动周期,无需编辑,同时可在采集心动周期的数据进行任意时相重建,能动态评价心功能及动态观察冠状动脉^[9]。适合任何心率,且对一些心律不齐的患者仍可得到较好的图像。

回顾性心电门控螺旋扫描模式是传统的心脏扫描模式,以螺旋方式连续扫描,获得整个心动周期的图像数据。在采集心动周期的数据时可以进行任意时相重建,能动态评价心功能及动态观察冠状动脉^[9]。对于心率不齐、早搏、房颤的患者在重组图像时可进行心电编辑,能有效减少运动伪影,获得满足诊断需求的冠脉图像。然而为保证图像质量,需要采用小螺距重叠扫描避免解剖上的中断,所以辐射剂量较高。本组平均有效剂量为 (6.60 ± 1.32) mSv,明显高于其它 2 组。

综上所述,128 层双源 CT 冠脉 CTA 三种扫描模式,均可以得到同样高质量的冠状动脉图像。Flash 模式适合心率 ≤ 65 次/min 且心律齐,特别是不会憋气患者,辐射剂量极低。前瞻性心电触发序列扫描模式及回顾性心电门控螺旋扫描模式适用范围广,但前瞻性心电触发序列扫描模式因辐射剂量较低而作为临床上的首选方法。

[参考文献]

- [1] STOLZMANN P,SCHEFFEL H,SCHEFFLER T,et al. Radiation dose estimates in dual-source computed tomography coronary angiography [J]. Eur Radiol, 2008,18(3):592 - 599.
- [2] AUSTEN W G,EDWARDS J E,FRYE R L,et al. Areporting system on patients evaluated for coronary artery disease.Report of the ad hoc committee for grading of coronary artery disease,council on cardiovascular surgery [J]. Circulation,1975,51(4):5 - 40.
- [3] 王怡宁,李烁,孔令燕,等. 低剂量双源CT 前瞻性心电触发大螺距扫描冠状动脉造影的图像质量和放射剂量 [J]. 中国医学科学院学报,2010,32(6):597 - 600.
- [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(5):1 197 - 1 206.
- [5] ACHENBACH S,MARWAN M,SCBEPIS T,et al. High-pitch spiral acquisition:a new scan mode for coronary CT angiography [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr,2009,3(2):117 - 121.
- [6] ACHENBACH S,MARWAN M,ROPERS D,et al. Coronary computed tomography angiography with a consistent dose below 1mSv using prospectively electrocardiogram-triggered high-pitch spiral acquisition [J]. Eur Heart J, 2010,31(3):340 - 346.
- [7] LESCHKA S,STOLZMANN P,DESBIOLLES L,et al. Diagnostic accuracy of high-pitch dual-source CT for the assessment of coronary stenoses:first experience [J]. Eur Radiol,2009,19(12):2 896 - 2 903.
- [8] BLANKSTEIN R,SHAH A,PALE R,et al.Radiation dose and image quality of prospective triggering with dual-SOURCe cardiac computed tomography [J]. Am J Cardiol,2009,103(8):1 168 - 1 173.
- [9] SHAPIRO B P,YOUNG P M,KANTOR B,et al.Radiation dose reduction in CT coronary angiography [J]. Curr Cardiol Rep,2010,12(1):59 - 67.

(2014-05-25 收稿)