

· 超低剂量 CTA 研究专题 ·

双源 CT 冠状动脉成像辐射剂量的优化

陈刚, 吴东, 曾蒙苏, 张来, 顾君英, 陆海峰

【摘要】 目的:探讨使用更窄的曝光时间窗对双源 CT 冠状动脉成像图像质量和辐射剂量的影响。**方法:**选择心律稳定、配合屏气在本院行冠状动脉 CTA 检查者共 360 例,按心率及扫描方案随机分为 5 组:当心率 <65 次/分时,行回顾性心电门控扫描,用 70%~80%曝光时间窗成像冠状动脉(A 组);窄窗方案根据前瞻性心电门控平扫所获得的最佳时相,选择此时相为中心总长 1%作为曝光时间窗,行前瞻性心电门控冠状动脉成像(B 组)。当心率 ≥ 65 次/分时,行回顾性心电门控扫描,常规使用 30%~80%曝光时间窗成像冠状动脉(C 组);窄窗方案根据前瞻性心电门控平扫所获得的最佳时相,以此时相为中心选择总长 10%的曝光时间窗,分别用前瞻性心电门控(D 组)和低剂量回顾性心电门控行冠状动脉成像(E 组);分别计算各组平均有效辐射剂量以及冠状动脉图像质量(4 分制评分),并作统计学分析。**结果:**A 组 $[(8.11 \pm 1.54) \text{ mSv}]$ 和 B 组 $[(3.63 \pm 0.82) \text{ mSv}]$,C 组 $[(10.56 \pm 2.51) \text{ mSv}]$ 和 D 组 $[(4.42 \pm 1.16) \text{ mSv}]$,D 组 $[(4.42 \pm 1.16) \text{ mSv}]$ 和 E 组 $[(5.43 \pm 1.14) \text{ mSv}]$ 的辐射剂量相比较均有统计学差异($P < 0.05$),采用窄窗方案前瞻性心电门控技术的辐射剂量最少;而各组间图像质量,均无统计学差异($P > 0.05$)。**结论:**前瞻性心电门控通过平扫获得最佳时相,当心率 <65 次/分时,选择曝光总长 1%的时间窗,而当心率 ≥ 65 次/分时,选择曝光总长 10%的时间窗,能获得高质量的、满足诊断要求的图像,并可有效地降低辐射量。

【关键词】 冠状动脉疾病; 体层摄影术, X 线计算机; 血管造影术; 辐射量

【中图分类号】 R814.42; R541.4; R814.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)06-0593-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2014.06.004

An optimized radiation dose on dual-source CT coronary angiography CHEN Gang, WU Dong, ZENG Meng-su, et al. Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai Institute of Medical Imaging, Department of Medical Imaging, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the image quality and radiation dose of dual-source CT coronary angiography (CTCA) with a more narrow exposure window. **Methods:** In all, 360 cases underwent dual-source CTCA and were randomly divided into five groups according to the heart rate and scanning protocol. Group A, retrospective ECG-gated scan of the patients with heart rate <65 beats per minute (bpm) was performed from 70% to 80% of the R-R interval to reconstruct coronary artery; Group B, prospective ECG-gated scan of the patients with heart rate <65 bpm was performed with 1% of the total length of the exposure window; Group C, retrospective ECG-gated scan of the patients with heart rate ≥ 65 bpm was performed from 30% to 80% of the R-R interval to reconstruct coronary artery; Group D, prospective ECG-gated scan of the patients with heart rate ≥ 65 bpm was performed with 10% exposure window; Group E, low dose retrospective ECG-gated scan of the patients with heart rate ≥ 65 bpm was performed. The average effective radiation dose and image quality of coronary arteries (4-point scale) were calculated for each group, and statistical analysis was done. **Results:** Difference of radiation dose between each group was statistically significant ($P < 0.05$). A narrowed scan window on prospective ECG gated dual-source CTCA could reduce the radiation dose; while there was no significant difference in the image quality between the groups ($P > 0.05$). **Conclusion:** Prospective ECG-gated dual-source CTCA can reduce the radiation dose while maintaining good image quality by selecting 1% of the total length of the exposure window (heart rate <65 bpm), and 10% of the total length of the exposure window (heart rate ≥ 65 bpm) after obtaining the optimal interval by plain scan.

【Key words】 Coronary artery disease; Tomography, X-ray computed; Angiography; Radiation dosage

本研究旨在使用更窄的最佳曝光时间窗前瞻性心电门控技术成像冠状动脉^[1],尽量减少不必要的曝光时间,从而最大限度地减少辐射剂量。

材料与方法

1. 病例资料

作者单位: 200032 上海, 复旦大学附属中山医院放射科; 上海市影像医学研究所, 复旦大学上海医学院影像学系
作者简介: 陈刚(1968—), 男, 上海人, 主管技师, 主要从事 CT 新技术的开发工作。

通讯作者: 吴东, E-mail: wu.dong@zs-hospital.sh.cn

2013 年 7 月—2013 年 9 月, 随机选择在本院行双源 CT 冠状动脉成像检查者 360 例, 男 211 例, 女 149 例, 年龄 48~82 岁, 体重 58~89 kg。排除标准: 碘对比剂过敏者、孕妇、严重心肾功能不全(肌酐 $>150 \text{ mol/L}$)、屏气配合不佳者、心律不齐者、起搏器安装者以及冠状动脉搭桥术后患者。

根据患者心率及冠状动脉双源 CT 成像扫描方案, 将所有患者随机分成 5 组。当心率 <65 次/分时, 行回顾性心电门控冠状动脉成像, 用 70%~80% 曝光

时间窗成像冠脉[A组, 70例, 其中男44例, 女26例, 年龄(58.97 ± 10.59)岁, 体重(67.69 ± 11.94) kg]; 窄窗方案根据前瞻性心电门控平扫所获得的最佳时相, 选择此时相为中心总长1%作为曝光时间窗, 行前瞻性心电门控冠状动脉成像[B组, 112例, 其中男71例, 女41例, 年龄(60.13 ± 9.84)岁, 体重(67.92 ± 11.00) kg]。当心率 ≥ 65 次/分时, 行回顾性心电门控冠状动脉成像, 使用30%~80%曝光时间窗成像冠脉[C组, 45例, 其中男29例, 女16例, 年龄(59.29 ± 11.98)岁, 体重(65.73 ± 13.16) kg]; 窄窗方案根据前瞻性心电门控平扫所获得的最佳时相, 以此时相为中心选择总长10%的曝光时间窗, 分别用前瞻性心电门控[D组, 64例, 其中男39例, 女25例, 年龄(60.08 ± 9.19)岁, 体重(66.32 ± 12.09) kg]和低剂量回顾性心电门控行冠状动脉成像[E组, 69例, 其中男44例, 女25例, 年龄(61.88 ± 10.97)岁, 体重(67.58 ± 12.31) kg]。5组病例性别构成、年龄、体重差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2. 扫描设备及方法

所有病例均使用西门子双源CT(DSCT, Siemens Somatom Definition)行冠状动脉成像。对于心率大于60次/分者, 检查前1~2 h口服 β -阻滞剂(贝他乐克)12~25 mg, 血压不低且无硝酸甘油过敏史, 检查3~5 min舌下含服0.5 mg, 检查前严格训练屏气。管电压120 kV, 平扫管电流80 mAs, 增强管电流320 mAs, 启用Care Dose 4D, 球管旋转速度均采用Flex 0.33 s。

当心率 < 65 次/分时, A组进行回顾性心电门控冠状动脉扫描, 选用70%~80%曝光时间窗成像; B组根据前瞻性心电门控平扫所获得的最佳时相, 选择此为中心总长1%作为曝光时间窗, 行前瞻性心电门控冠状动脉成像。当心率 ≥ 65 次/时, C组行回顾性心电门控冠状动脉成像, 使用30%~80%曝光时间窗重建冠状动脉。D组根据前瞻性心电门控平扫获得最佳时相, 以此时相为中心选择总长10%的曝光时间窗, 行前瞻性心电门控冠状动脉成像。E组根据前瞻性心电门控平扫获得最佳时相, 行低剂量回顾性心电门控冠状动脉成像。

3. 图像重建

平扫时重建图像的卷积核为B35f, 层厚、层间距均为3 mm; 增强时重建图像的卷积核为36f, 回顾性心电门控层厚0.75 mm、层间距0.4 mm, 前瞻性心电门控层厚0.75 mm、层间距为0.7 mm。采用MPR、MIP、CPR及VR等模式重建冠状动脉。

4. 图像质量评价

图像质量的评分标准采用Likert 4分法: 1分为冠脉显示清晰, 无伪影及错层; 2分为冠脉有轻度伪

影或/和错层; 3分为冠脉有中度伪影或/和错层; 4分为冠脉严重伪影及错层^[2]。冠状动脉的分段采用美国心脏病学会(American Heart Association, AHA)冠状动脉树的17分段法^[3]。由2名具有5年以上冠状动脉CT诊断经验的放射科医师对CT图像质量进行主观评估(管径 ≥ 1 mm)。

5. 扫描剂量的计算

所有病例仅计算CTA扫描时的辐射剂量, 容积剂量指数(CT dose index of volume, CTDI)及剂量长度乘积(dosage length product, DLP)由CT扫描仪自动计算所得, 有效辐射剂量(effective dose, ED)计算根据公式^[4]:

$$ED(\text{mSv}) = \text{DLP} \times K$$

K为胸部剂量权当量, 本研究中采用胸部的取值0.017 mSv/(mGy·cm)。

6. 统计学分析

统计学分析采用SPSS 13.0统计分析软件包。计量资料以均数 $\pm$ 标准差的形式表示, 组间比较采用秩和检验(Mann-Whitney)。冠状动脉各段图像质量评分采用百分率比较。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 不同扫描方案的辐射剂量

5组不同扫描方案的辐射剂量分别为A组(8.11 ± 1.54) mSv, B组(3.63 ± 0.82) mSv, C组(10.56 ± 2.51) mSv, D组(4.42 ± 1.16) mSv和E组(5.43 ± 1.14) mSv。采用非参数两独立样本的秩和检验(Mann-Whitney), 显示组间差异具有统计学意义($P < 0.01$); 对其行两两比较, A组和B组, C组和D组以及D组和E组的辐射剂量相比较, 均有统计学差异($P < 0.05$)。采用窄窗方案, 前瞻性心电门控技术的辐射剂量最少。

2. 不同扫描方案所获得图像质量

A组70例共评价冠脉1079段, 可评价率90.67%, 1分1007段, 2分61段, 3分11段, 4分0段, 能够满足诊断的图像(≤ 3 分)比例为100%, 评价为优的冠脉节段比例为93.33%(图1)。B组112例共评价冠脉1798段, 可评价率94.43%, 1分1668段, 2分97段, 3分24段, 4分9段, 能够满足诊断的图像(≤ 3 分)比例为99.50%, 评价为优的冠脉节段比例为92.77%(图2)。C组45例共评价冠脉743段, 可评价率97.12%, 1分729段, 2分13段, 3分1段, 4分0段, 能够满足诊断的图像(≤ 3 分)比例为100%, 评价为优的冠脉节段比例为98.12%(图3)。D组64例共评价冠脉997段, 可评价率91.64%, 1分928段, 2分47段, 3分18段, 4分4段, 能够满足诊断的图像

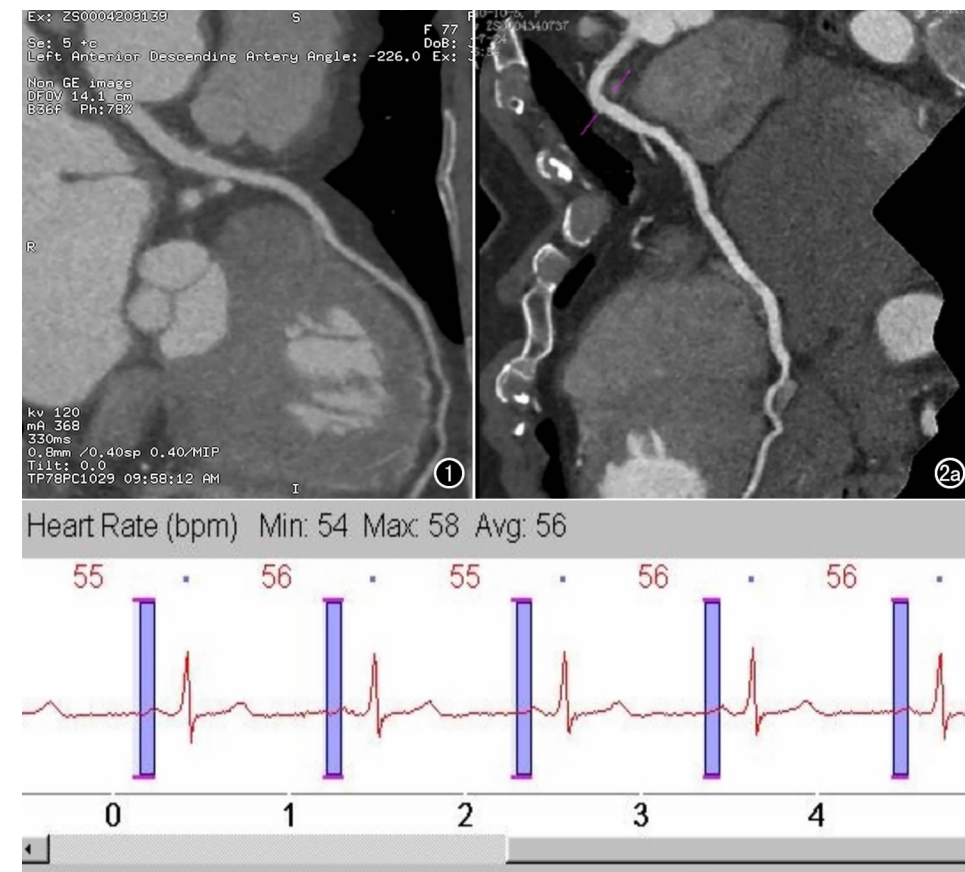


图1 女,77岁,A组。平均心率63次/分,回顾性心电门控冠状动脉扫描,选用70%~80%曝光时间窗成像,CPR显示正常左前降支,图像质量评分为1。图2 女,61岁,B组。平均心率56次/分(54~58次/分)。a)根据前瞻性心电门控平扫所获得的最佳时相,选择此为中心总长1%作为曝光时间窗,行前瞻性心电门控冠状动脉成像。CPR显示正常左前降支,图像质量评分为1;b)前瞻性心电门控采集时相点示意图。

(≤ 3 分)比例为99.57%,评价为优的冠脉节段比例为93.08%(图4)。E组69例共评价冠脉1092段,可评价率93.09%,1分1025段,2分43段,3分21段,4分3段,能够满足诊断的图像(≤ 3 分)比例为99.73%,评价为优的冠脉节段比例为93.86%(图5)。各组间图像质量经过统计学分析, $P>0.05$,差异无统计学意义。

讨论

作为一种评估冠脉病变的无创性检查,如何在得到最佳诊断图像的同时把辐射风险降到最低,是目前许多研究者关心的课题。冠状动脉CT成像分为心电门控下前瞻性扫描及回顾性扫描,前瞻性扫描为目前CT冠状动脉成像检查时减少辐射剂量的最有效方法^[5]。

前瞻性心电门控扫描采用的是轴扫和点射技术,与回顾性心电门控相比,大约可降低70%~80%的辐射剂量^[6]。报道^[5-8]对于高心率患者,双源CT前瞻性心电门控扫描仍能提供高质量的冠状动脉图像。因双源CT包含两套X线成像系统,采集时间窗相比于单源CT缩短一半,其单扇区时间分辨率达到83ms,减少了心率对冠脉CTA检查的影响,使得扫描参数有了更大的选择余地。

宋少娟等^[1]的研究显示扫描时间窗的宽度与患者

接受的辐射剂量呈正相关。我们尝试将前瞻性心电门控扫描的采集时间窗进一步缩窄。研究表明当心率 <65 次/分时,使用1%作为曝光时间窗,而当心率 ≥ 65 次/分时,曝光时间窗延长至10%,所获得的冠状动脉图像与回顾性扫描所获得的图像之间质量无差异,但辐射剂量下降至 (3.63 ± 0.82) mSv和 (4.42 ± 1.16) mSv。采集时间窗的缩窄能最大限度地提高X线的成像效率,从而降低患者不必要的辐射剂量。

前瞻性心电门控扫描的另一关键因素为球管的曝光时间点。随着心率的加快,心脏的相对静止期从舒张期(R-R间期70%~80%)前移至收缩期(R-R间期 $41.2\% \pm 2.1\%$)^[9]。我们在前瞻性心电门控冠状动脉钙化积分平扫时探索患者的最佳成像时间点。对于低心率患者首先选择舒张期作为最佳采集时间点,而对于高心率患者,首先选择收缩期作为最佳采集时间点。在此基础上,个体化地进行冠状动脉前瞻性心电门控成像。

本研究在缩窄采集时间窗,降低辐射剂量时,所获得的图像具有较高质量,可以用于临床诊断,钙化斑块是造成血管段无法评价的主要原因。本研究的对象为心律稳定者(心率波动范围在 ± 5 次/分以内),对于心律不齐患者是否也能通过缩窄采集时间窗降低辐射剂量有待进一步研究。本研究的CTA图像未能与冠脉造影做自身对照是另一个局限性,对于斑块和狭窄程

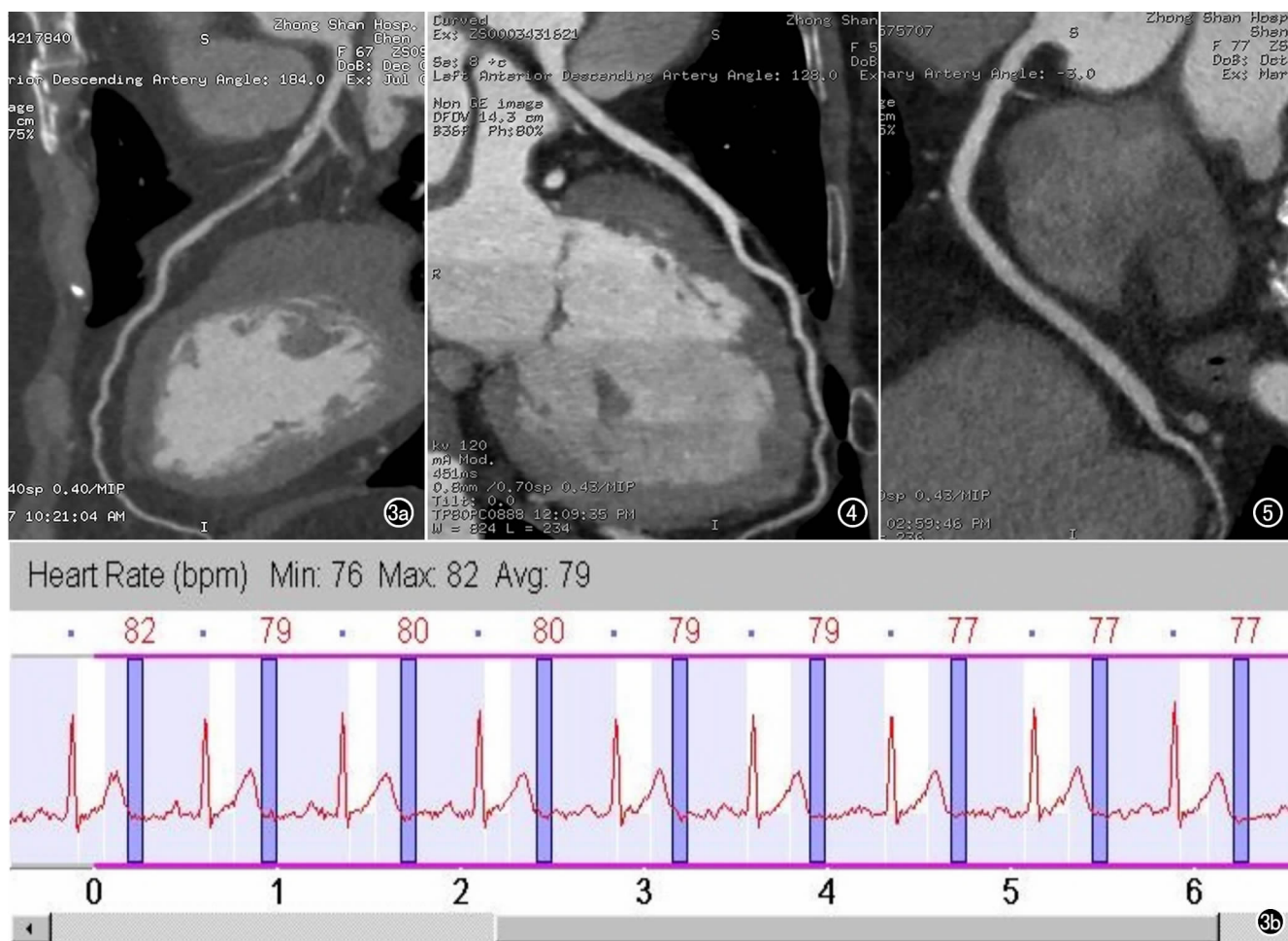


图3 女,67岁,C组,平均心率79次/分(76—82次/分)。a)回顾性心电门控冠状动脉成像,使用30%~80%曝光时间窗重建冠状动脉。CPR显示左前降支,近段血管边缘毛糙,图像质量评分为2; b)回顾性心电门控采集时相点示意图。图4 女,51岁,D组,平均心率68次/分。根据前瞻性心电门控平扫获得最佳时相,以此时相为中心选择总长10%的曝光时间窗,行前瞻性心电门控冠状动脉成像。CPR显示正常左前降支,图像质量评分为1。图5 女,77岁,E组,平均心率71次/分。根据前瞻性心电门控平扫获得最佳时相,行低剂量回顾性心电门控冠状动脉成像。CPR显示右正常冠状动脉,图像质量评分为1。

度判断的准确性有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 宋少娟,黄玲,张翼. 双源CT冠状动脉成像时间窗设置与辐射剂量关系的探讨[J]. 医学影像学杂志,2009,19(10):1281-1283.
- [2] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure[J]. N Engl J Med, 2007, 357(22): 2277-2284.
- [3] Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease: report of the ad hoc committee for grading of coronary artery disease, council on cardiovascular surgery, american heart association [J]. Circulation, 1975, 51(4): 5-40.
- [4] Einstein AJ, Moser KW, Thompson RC, et al. Radiation dose to patients from cardiac diagnostic imaging[J]. Circulation, 2007, 116(11): 1290-1305.
- [5] Scheffel H, Alkadhi H, Leschka S, et al. Low-dose CT coronary angiography in the step-and-shoot mode: diagnostic performance [J]. Heart, 2008, 94(9): 1132.
- [6] 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.
- [7] 孙明利, 吕滨, 吴润泽, 等. 双源CT前瞻性心电门控对较高心率患者冠状动脉成像的准确性研究[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(5): 436.
- [8] 段艳华, 王锡明, 程召平, 等. 前瞻性心电门控双源CT冠状动脉成像在高心率患者中应用的可行性研究[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(7): 714-718.
- [9] 孙钢, 李敏, 李国英, 等. 320排容积CT冠状动脉血管成像心率与重组时相对图像质量的影响[J]. 中华医学杂志, 2011, 91(1): 5-10.

(收稿日期: 2014-05-01)