

· 临床论著 ·

智能最佳管电压在双源 CT flash 螺旋扫描冠状动脉成像中的应用

侯小玲 汪奇 周迎 杨晓波 何柏 陈韵岱

【摘要】 目的 回顾性分析应用智能最佳管电压技术(CARE kV 技术)评价双源 CT flash 螺旋扫描模式在冠状动脉成像中的应用。方法 对 202 例患者应用 flash 螺旋扫描模式行冠状动脉 CT 扫描,开启 CARE kV 技术,分析 80 kV(A 组)、100 kV(B 组)和 120 kV(C 组)的容积 CT 剂量指数(CTDIvol)、有效辐射剂量(ED)和图像质量;图像质量采用 4 分法:1 分优秀,4 分不能诊断,由两位高年资医师以双盲法单独对所有的冠状动脉段图像进行评价。结果 (1)三组患者 CTDIvol 分别为(1.41 ± 0.15) mGy、(2.30 ± 0.31) mGy 和(6.46 ± 0.47) mGy,平均(4.75 ± 2.62) mGy;三组患者 ED 分别为(0.72 ± 0.06) mSv、(1.15 ± 0.11) mSv 和(2.05 ± 0.14) mSv,平均(1.75 ± 0.60) mSv。(2)三组不同管电压患者可诊断冠状动脉节段显示率分别为 99.21%、99.80% 和 100%,总体可诊断血管比率为 99.61%,三组间可诊断冠状动脉节段显示率之间差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论 双源 CT flash 扫描模式结合 CARE kV 技术不降低图像质量,可明显降低辐射剂量。

【关键词】 体层摄影术,X 线计算机; 辐射剂量; 图像质量

CARE kV technology and prospectively ECG-triggered high-pitch spiral acquisition for cardiac CT angiography in routine clinical practice HOU Xiao-ling, WANG Qi, ZHOU Ying, YANG Xiao-bo, HE Bai, CHEN Yun-dai. Department of Cardiology, PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: CHEN Yun-dai, Email: cyundai@medmail.com.cn

【Abstract】 Objective To evaluate the image quality (IQ), and radiation exposure resulting from introduction of CARE kV technology and prospectively electrocardiogram-triggered high-pitch for cardiac computed tomography angiography (CTA) acquisition. **Methods** Two hundred and two patients with chest pain underwent prospectively ECG-triggered high-pitch spiral CTA. With the use of CARE kV technique, the patients were automatically divided into 3 groups depended on tube voltage: group A (80 kV), group B (100 kV) and group C (120 kV). Evaluation parameters included volumetric CT dose index (CTDIvol), effective dose (ED) and IQ. All coronary segments were evaluated by two radiologists independently according to IQ on 4-point scale (1: excellent, 4: non-diagnostic). **Results** Mean CTDIvols in group A, B and C were (1.41 ± 0.15) mGy, (2.30 ± 0.31) mGy and (6.46 ± 0.47) mGy respectively, with a mean CTDIvol of (4.75 ± 2.62) mGy. Mean EDs in each groups were (0.72 ± 0.06) mSv, (1.15 ± 0.11) mSv and (2.05 ± 0.14) mSv respectively, with a mean ED of (1.75 ± 0.60) mSv. The diagnostic IQ in all segments were 99.21%, 99.80% and 100% respectively, which had no significant difference among three groups, and a diagnostic rate of 99.61% was observed for the entire cardiac examination. **Conclusions** CARE kV technology and prospectively ECG-triggered high-pitch spiral CT can obviously reduce radiation dose and improve image quality.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Radiation dosage; Image quality

近年来冠状动脉 CT 成像(coronary computed tomography angiography, CTA)在诊断和排查冠心病方面已成为重要的无创影像检查手段^[1-2]。2009 年,flash 双源 CT 应用于临床,时间分辨率进一步缩短,明显提高了 CTA 检查成功率和图像质量。第二代双源 CT 特有

的前门控大螺距螺旋扫描(flash 螺旋扫描)在 1 个心动周期内可以完成全心扫描和数据采集,避免了因心率波动所致的图像阶梯样伪影。目前关于智能最佳管电压技术(CARE kV 技术)在冠状动脉成像方面的研究少有文献报道。本研究就 CARE kV 技术在双源 CT flash 螺旋扫描冠状动脉成像中的应用进行初步探讨。

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2013.01.098

作者单位:100853 北京,解放军总医院心血管内科

通讯作者:陈韵岱,Email:cyundai@medmail.com.cn

资料与方法

1. 一般资料:回顾性收集解放军总医院心脏介入中心2012年4~5月临床怀疑或已知冠心病患者行flash扫描CTA成像202例患者资料,其中男135例,女67例,年龄35~86岁,平均(58.02±10.54)岁,病例入组标准为平均心率70次/min以下,窦性心率,心率波动范围在10次/min以内,对检查前心率>70次/min患者静推艾司洛尔50~100 mg。排除标准:对含碘造影剂过敏者、严重心律不齐、心功能不全者、严重肝、肾功能不全者、屏气不佳者、安装起搏器患者及冠状动脉搭桥。

2. 仪器与方法:所有患者均采用西门子第二代双源CT(Somatom Definition flash)行CTA检查。患者取仰卧位,扫描方向由头至脚,范围为气管分叉下方约1 cm、至心脏膈面水平。扫描前均做屏气训练,无硝酸甘油禁忌证者常规使用舌下含服硝酸甘油0.5 mg,按标准位置于患者前胸壁黏贴电极,连接导线,显示动态心电图。于肘前静脉穿刺连接双筒高压注射器。先做胸部屏气定位相及钙化积分平扫,然后以小剂量对比剂循环时间法(test bolus)测定达峰时间,以5.0 ml/s的流率注入15 ml对比剂碘帕醇(370 mg I/ml)和30 ml生理盐水,测定升主动脉根部峰值时间,将此时间加5 s作为扫描的延迟时间再行增强扫描,静脉团注60 ml对比剂和50 ml生理盐水,流率为5.0 ml/s。flash扫描:探测器准直宽度为0.6 mm,数据采集应用Z轴焦点技术,重建层厚为0.75 mm,机架旋转时间为0.28 s,单扇区重建时间分辨率为75 ms,开启CARE kV技术,采用flash螺旋扫描,触发时预设于60% R-R间期,螺距为3.4。根据管电压不同分为三组描述,A组表示80 kV,B组表示100 kV,C组表示120 kV。

3. 图像后处理:三组患者的图像数据均采用单扇区重建,重建层厚为0.75 mm,层间距为0.5 mm,卷积核为B26f,支架层间距0.3 mm,卷积核B46f。图像分析在后处理工作站(Syngo Circulaion)进行,采用曲面重组(CPR)、最大密度投影(MIP)、容积再现(VR)等技术。

4. CT图像评价方法:根据美国心脏协会推荐的标准将冠状动脉树分为15个节段,闭塞血管以远段及支架所在段不计入分析。由2名经验丰富的高年资医师分别评价图像质量,存在差异时经协商后得出一致结论。图像质量共分为四级^[3],相应评分为1~4分,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,其中图像质量评为1~3级的血管可供诊断,为可评价血管,图像质量评为4级的血管无法满足诊断要求,为不可评价血管(图1)。

5. 辐射剂量:根据每例患者扫描时CT设备上显示的数据,记录该患者的总的剂量长度乘积(dose length product, DLP)和CT容积剂量指数(volume CT dose index, CTDIvol),有效辐射剂量(ED)转换计算公式为 $ED = DLP \times 0.014$ ^[4],单位为mSv。

6. 统计学分析:采用SPSS 13.0软件行统计学处理,计量资料如符合正态分布,用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用单因素方差分析或者非参数采用Kruskal Wallis检验;三组间率的比较采用卡方检验, $P < 0.05$ 者为差异有统计学意义。

结果

1. 患者基本资料(表1):202例患者行flash螺旋扫描,三组不同管电压患者性别组成分别为A组男40例,女24例,B组男87例,女41例,C组男8例,女2例,三组性别比较无统计学差异($P > 0.05$);三组不同管电压患者年龄组成分别为(62.23±11.63)岁、(56.41±9.20)岁和(51.70±11.70)岁,三组年龄比较有统计学差异($P < 0.05$);三组不同管电压患者体重质量指数(BMI)分别为(21.97±1.92) kg/m²、(26.41±2.58) kg/m²和(31.17±2.23) kg/m²,三组BMI比较有统计学差异($F = 107.427, P < 0.05$)。

表1 三组患者性别、年龄及BMI比较

组别	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)
	男	女		
A组	40	24	62.23±11.63	21.97±1.92
B组	87	41	56.41±9.20	26.41±2.58
C组	8	2	51.70±11.70	31.17±2.23
P值	0.50 ^a		0.001 ^b	<0.001 ^c

注:^a采用卡方检验;^b采用Kruskal Wallis检验;^c采用单因素方差分析

2. 辐射剂量(表2):三组不同管电压CTDIvol分别为(1.41±0.15)mGy、(2.30±0.31)mGy和(6.46±0.47)mGy,平均(4.75±2.62)mGy;三组不同管电压ED分别为(0.72±0.06)mSv、(1.15±0.11)mSv和(2.05±0.14)mSv,平均(1.75±0.60)mSv,三组CTDIvol和ED比较均有统计学差异($P < 0.05$)。

3. 冠状动脉成像图像质量(表3):202例患者可评价血管2585段,三种管电压可诊断冠状动脉节段显示率分别为99.21%、99.80%和100%,总体可诊断血

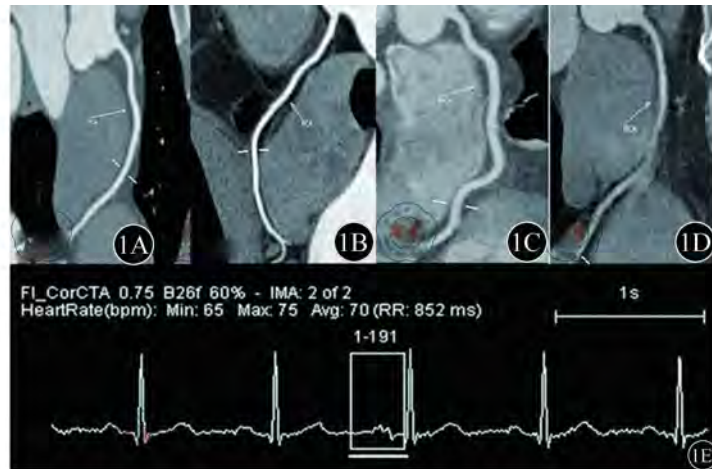


图1 1A~1C表示三组不同管电压受检者右冠状血管图像评分为1分的MPR图像; 1A: 患者男, 65岁, BMI 23.58 kg/m², 管电压80 kV; 1B: 患者男, 49岁, BMI 24.22 kg/m², 管电压100 kV; 1C: 患者男, 53岁, BMI 30.67 kg/m², 管电压120 kV。1D表示右冠中远段因突然心率增快的运动伪影, 图像质量评分4分。1E表示flash螺旋扫描60%时相的心电图

管比率 99.61%, 不能诊断的图像比率分别为 0.79%、0.20% 和 0, 总体不可诊断比率 0.39%; 血管段评价为 1 分和 2 分的总血管段中的比率在三组间有统计学差异 ($P < 0.001$), 血管段评价为 3 分和 4 分的总血管段中的比率在三组间比较无统计学差异 ($P > 0.05$)。

表 2 三组患者的辐射剂量比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	CTDIvol (mGy)	ED (mSv)
A 组	1.41 ± 0.15	0.72 ± 0.06
B 组	2.30 ± 0.31	1.15 ± 0.11
C 组	6.46 ± 0.47	2.05 ± 0.14
平均值	4.75 ± 2.62	1.75 ± 0.60
统计值	138.035	143.518
P 值 ^b	<0.001	<0.001

注: ^b 采用 Kruskal Wallis 检验

表 3 三组 CTA 成像图像质量比较 [例, (%)]

组别	节段	1 分	2 分	3 分	4 分
A 组	883	548 (62.06)	268 (30.35)	60 (6.80)	7 (0.79)
B 组	1591	1011 (63.54)	474 (29.79)	103 (6.47)	3 (0.20)
C 组	111	14 (12.61)	91 (81.98)	6 (5.41)	0 (0)
χ^2 值		113.81	131.56	0.34	5.83
P 值		<0.001	<0.001	0.844	0.054

讨 论

近年来,随着多层螺旋 CT 技术的飞速发展,其在心脏冠状动脉成像方面的临床应用日臻完善。同时, X 线电离辐射的致癌风险以及放射防护与安全问题逐渐成为社会广泛关注的焦点, 因此, 在保证图像质量的前提下如何有效降低曝光辐射剂量成为研究的热点。CARE kV 技术是西门子公司 2011 年根据 SOMATOM

扫描仪特点开发的创新性技术,能够根据受检者的体型自动确定最优化的管电压和管电流,对比噪声比 (Contrast-to-Noise Ratio, CNR) 是图像质量的重要参数, 保证 CNR 的不变和增加可实现降低辐射剂量的同时提高图像质量^[5-6]。CARE kV 扫描技术已在相关文献报道^[7-8],但在冠状动脉成像中尚未见文献报道,本研究就 CARE kV 技术在冠状动脉成像中应用进行探讨,为临床的广泛应用提供理论依据。

本研究中,三种管电压患者性别没有统计学差异,同时发现年龄越大患者应用的管电压越低, BMI 越小,分析可能与随着年龄的增长体内脂质成分少有关。雷伟等^[9] 研究发现,根据患者 BMI 的大小 (BMI < 19 kg/m², 19 kg/m² ≤ BMI < 25 kg/m², BMI ≥ 25 kg/m²) 设立不同管电压 (80 kV, 100 kV, 120 kV) 可在保证图像质量的同时降低辐射剂量。本研究 202 例受检者应用 CARE kV 技术, CT 系统根据患者 BMI 自动计算出合适的管电压 (80 kV, 100 kV, 120 kV)、管电流的基准值和变化曲线及 CTDIvol, 3 组不同管电压受检者的 BMI 分别为 21.97 kg/m²、26.41 kg/m² 和 31.17 kg/m², 本研究发现患者同样管电压的受检者 BMI 明显高于以往研究, 表明同样的 BMI 使用较低管电压, 辐射剂量下降, 同时保证图像质量, 进一步表明应用 CARE kV 技术的优越性。

研究表明^[4, 10], flash 螺旋扫描相比普通螺旋扫描和序列扫描的辐射剂量明显减少, flash 螺旋扫描的平均辐射剂量在 1 ~ 4 mSv^[4, 10-11]。本研究回顾性分析 202 例患者采用 flash 螺旋扫描, 同时结合 CARE kV 技术, 研究结果显示三组不同管电压患者 ED 分别为 0.72 mSv、1.15 mSv 和 2.05 mSv, 总体平均值 1.75 mSv, 研究结果与既往开启 CARE Dose 4D (实时

动态曝光剂量调节技术) flash 扫描果平均辐射剂量 2.6 mSv^[11] 比较放射剂量明显降低, 结果表明应用 CARE kV 技术在双源 CT flash 螺旋扫描可明显降低扫描辐射剂量。

CTA 最常见的局限性是不可诊断的图像质量。研究报告^[12], 在 64 排 CTA 中不可诊断节段率高达 12%, 在第一代的双源 CTA 不可诊断节段率在 1% ~ 6%^[3]。以往 flash 螺旋扫描的不可诊断节段率在 0.5% ~ 1.5%^[11,13]。本研究结果表明, 三种管电压可诊断冠状动脉节段显示率分别为 99.21%、99.80% 和 100%, 总体可诊断血管比率 99.61%, 不能诊断的图像比率 0.39%, 不可诊断图像比率明显低于以往的研究结果, 同时对不同管电压患者的图像评分率的比较发现, 血管段评价为 1 分和 2 分的总血管段中的比率在三组间比较有明显统计学差异, 评价为 3 分和 4 分的总血管段中的比率在三组间比较无统计学差异, 分析 C 组血管节段评分 1 分比率明显低于 A 组和 B 组, 而 C 组血管节段评分 2 分比率明显高于 A 组和 B 组, 提示肥胖可能影响图像质量评分, 但血管总体可诊断血管率未有影响, 考虑可能与 C 组样本量较小和受检者全是肥胖者有关, 既往大部分研究通常选择体重 < 100 kg^[13-14] 或者少数研究包括 BMI > 30 kg/m²^[4], 但均未对肥胖患者采用 120 kV 管电压时的图像质量评分进行统计分析, 这方面资料将在进一步的研究中进行探讨。因此, 应用 CARE kV 技术在双源 CT flash 螺旋扫描中可保证图像质量。

综上所述, CARE kV 技术在双源 CT flash 螺旋扫描冠状动脉成像中保证图像质量同时可明显降低辐射剂量, 可在临床中广泛应用。

参 考 文 献

[1] Meijboom WB, Meijs MF, Schuijf JD, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multi-

center, multivendor study. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 52: 2135-2144.

- [2] 韩瑞娟, 孙凯, 李立刚, 等. 心脏电机械偶联与 Flash 双源 CT 冠状动脉成像在高心率患者中的应用[J/CD]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2011, 5: 6342-6350.
- [3] Leschka S, Stolzmann P, Desbiolles L, et al. Diagnostic accuracy of high-pitch dual-source CT for the assessment of coronary stenoses: first experience. *Eur Radiol*, 2009, 19: 2896-2903.
- [4] Srichai MB, Lim RP, Donnino R, et al. Low-dose, prospective triggered high-pitch spiral coronary computed tomography angiography: comparison with retrospective spiral technique. *Acad Radiol*, 2012, 19: 554-561.
- [5] 徐卓东. CARE kV——智能最佳 kV 扫描技术——降低剂量的同时提高图像质量. *中国医疗设备*, 2012, 27: 120-123.
- [6] Katharine Grant BS. CARE kV Automated Dose-Optimized Selection of X-ray Tube Voltage White Paper. siemens healthcare, 2011.
- [7] Yu L, Bruesewitz MR, Thomas KB, et al. Optimal tube potential for radiation dose reduction in pediatric CT: principles, clinical implementations, and pitfalls. *Radiographics*, 2011, 31: 835-848.
- [8] Winklehner A, Goetti R, Baumüller S, et al. Automated attenuation-based tube potential selection for thoracoabdominal computed tomography angiography: improved dose effectiveness. *Invest Radiol*, 2011, 46: 767-773.
- [9] 雷伟, 余日盛, 徐秀芳, 等. 128 排双源 CT Flash Spiral 扫描模式在冠状动脉成像中的应用. *实用放射学杂志*, 2011, 27: 773-776.
- [10] 佟海滨, 王小玲, 赵青, 等. 第二代双源 CT 前门控 FLASH 扫描与序列扫描冠状动脉成像比较. *中国中西医结合影像学杂志*, 2011, 9: 400-404.
- [11] Kröpil P, Rojas CA, Ghoshhajra B, et al. Prospectively ECG-triggered high-pitch spiral acquisition for cardiac CT angiography in routine clinical practice: initial results. *J Thorac Imaging*, 2012, 27: 194-201.
- [12] Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46: 552-527.
- [13] Achenbach S, Marwan M, Ropers D, et al. Coronary computed tomography angiography with a consistent dose below 1 mSv using prospectively electrocardiogram-triggered high-pitch spiral acquisition. *Eur Heart J*, 2010, 31: 340-346.
- [14] 何新华, 胡永胜, 王自勇, 等. 双源 CT 低管电压技术在超重患者冠状动脉成像中的应用. *中华放射学杂志*, 2011, 45: 486-491.

(收稿日期: 2012-09-26)

(本文编辑: 吴莹)