

DOI:10.3969/j.issn.1000-9760.2017.01.008

前门控大螺距扫描在双源 CT 冠状动脉成像中的应用*

王小强 孙占国[△] 史志涛 陈月芹

(济宁医学院附属医院, 济宁 272029)

摘要 **目的** 评估 128 层双源 CT(128s-DSCT) 前门控大螺距扫描(Flash 扫描)行冠状动脉 CT 成像(CCTA)的图像质量和辐射剂量。**方法** 将符合纳入标准的 100 例拟行 CCTA 检查的可疑冠心病患者随机分为研究组($n=50$, 采用前门控 Flash 扫描)和对照组($n=50$, 采用前门控序列扫描), 比较两组冠状动脉图像质量及有效辐射剂量。**结果** 研究组整体图像质量低于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$); 而研究组、对照组可用于诊断的血管段所占比例分别为 98.72%、99.04%, 差异无统计学意义($P>0.05$)。研究组和对照组平均辐射剂量分别为 (1.06 ± 0.22) mSv、 (3.08 ± 0.88) mSv, 差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 128s-DSCT Flash 扫描冠状动脉成像在保证诊断需要的前提下明显降低辐射剂量。

关键词 体层摄影术; X 线计算机; 冠状动脉造影; 大螺距; 辐射剂量

中图分类号: R543.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-9760(2017)02-032-04

Application of high-pitch spiral acquisition on dual-source CT coronary angiography

WANG Xiaoqiang, SUN Zhanguo, SHI Zhitao, CHEN Yueqing

(The Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining 2720292, China)

Abstract: Objective To investigate the image quality, radiation dose of prospective ECG-gated high-pitch acquisition using 128-slice dual-source CT (128s-DSCT) coronary angiography. **Methods** According to inclusive criteria, 100 patients with suspected coronary artery disease (CAD) undergoing 128s-DSCT coronary angiography were enrolled in this study and randomly divided into study group (50 cases, undergoing Flash acquisition) and control group (50 cases, undergoing sequential acquisition). The image quality (IQ) of coronary artery, and effective radiation dose were compared between the two groups. **Results** The IQ of study group was lower than that of control group ($P<0.05$), while the proportion of coronary segments with diagnosable IQ in study group and control group were 98.72% and 99.04% respectively, and no significant difference was observed between the two groups ($P>0.05$). The effective radiation dose of study group (1.06 ± 0.22) mSv was lower than control group (3.08 ± 0.88) mSv, with significant difference ($P<0.05$). **Conclusion** 128s-DSCT Flash model coronary angiography with diagnosable image quality is able to reduce radiation dose obviously.

Keywords: Tomography; X-ray Computed; Coronary angiography; High-pitch; Radiation exposure

根据 CT 辐射相关的系列研究发现, 扫描模式的革新是推动 CTCA 辐射减低的主力军和决定因素。目前心血管 CT 扫描模式主要包括后门控螺旋扫描和前门控序列扫描, 即使综合应用多种辅助降低剂量的技术, 偏高的辐射剂量仍然是 CTCA 面

临的困扰^[1]。第二代 128 层双源 CT(128-slice dual-source CT, 128s-DSCT) 提供了一种全新的前门控大螺距扫描模式(Flash 扫描), 可在一个心动周期完成图像采集, 成人冠脉采集时间约 250 ms^[2], 能够使冠状动脉 CT 成像(computed tomography coronary angiography, CTCA)的辐射剂量显著降低^[3]。本文与常规的前门控序列扫描比较, 探讨 128s-DSCT Flash 扫描行 CTCA 检查的图像质量、辐射剂量。

* [基金项目] 山东省高等学校科技计划项目(J14LL54); 济宁医学院科研计划项目(JY2013KJ044)

[△] [通信作者] 孙占国, E-mail: yingxiangszg@163.com

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取济宁医学院附属医院 2016 年 2 月至 2016 年 4 月,拟行 CCTA 检查的可疑冠心病患者 100 例。纳入标准:窦性心律,自然心率或控制后心率 ≤ 65 bpm,屏气时心率波动 ≤ 5 bpm,屏气佳,无碘对比剂应用禁忌,无冠脉支架植入或搭桥术史。100 例患者随机分为两组:研究组 50 例,采用前门控 Flash 扫描模式检查,其中男 31 例,女 19 例,年龄(60.46 ± 8.65)岁,体重指数(body mass index, BMI) (24.82 ± 2.96) kg/m²,平均心率(58.26 ± 6.88) bpm;对照组 50 例,采用前门控序列扫描模式检查,其中男 33 例,女 17 例,年龄(61.12 ± 7.79)岁, BMI (24.38 ± 2.76) kg/m²,平均心率(57.86 ± 5.97) bpm。两组年龄、性别、BMI、平均心率比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。本文经医院伦理委员会批准,患者签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 CT 检查 运用 128s-DSCT (Somatom Definition Flash, Siemens Healthcare),检查前患者充分水化,先行碘过敏试验;患者仰卧,连接胸前 4 导联电极,于心电监护下行屏气训练并观察屏气对心率的影响。检查前 5min 舌下喷服硝酸甘油气雾剂 0.5mg。

使用双筒高压注射器 (Stellant D, MEDRAD) 静脉注射 50 ~ 60ml 非离子型碘对比剂 - 碘普罗胺注射液 (Iopromide, 370mg I/ml, Schering Ultravist),流速 5.0ml/s,相同流速追加生理盐水 30ml。采用对比剂示踪技术,将感兴趣区置于升主动脉,触发阈值 100 Hu,自对比剂开始注射,延迟 10s 启动连续监测层面扫描,间隔 1s。Flash 扫描关闭自动屏气命令,于升主动脉密度连续两个监测层面持续上升时人工喊话嘱患者屏气,达到阈值后延迟 5s 自动启动扫描。序列扫描由设备自动语音命令嘱患者屏气,达到阈值后延迟 5s 启动扫描。

扫描参数:机架旋转时间 0.28s,采用 z-轴飞焦点技术,准直器宽度 2mm × 64mm × 0.6mm,采集层厚 2mm × 128mm × 0.6mm; BMI < 30kg/m² 者,管电压设为 100 kV, BMI ≥ 30 kg/m² 者设为 120 kV;开启 CARE Dose 4D 管电流调节模式,参考管电流 420mAs/rot,头-足方向扫描。研究组采用螺距 3.4,心电触发时相预设定为 60% R-R 间期。对照组

采集时间窗设为 60% ~ 70% R-R 间期。

1.2.2 图像后处理 软件自动对原始数据进行重建,层厚 0.75 mm,间隔 0.5 mm,软组织算法。在工作站进行多平面重组、最大密度投影、容积再现及曲面重建,主要采用曲面重建图像进行冠状动脉图像质量评分。

1.3 观察指标

1.3.1 冠状动脉 CT 图像质量评价 由两位有经验的 CT 诊断医师进行图像质量的独立主观评分,结论不同时商讨达成一致。参考美国心脏病学会 (American Heart Association, AHA) 冠状动脉分段法,本文对冠状动脉树中的 13 个节段进行评估,包括:第 1 ~ 4 段分别为右冠状动脉近、中、远段及后降支;第 5 段为左主干;第 6 ~ 9 段分别为左前降支近、中、远及第 1 对角支;第 11 ~ 14 段分别为回旋支近段、第 1 钝缘支、回旋支中远段、第 2 钝缘支^[4]。评分标准^[5]: 4 分,优,无明显伪影,血管边缘光滑锐利; 3 分,良,有轻度伪影,血管边缘尚清; 2 分,中,冠状动脉有伪影,边缘显示模糊,仍具有诊断可信度; 4 分,差,严重伪影,不能用于诊断。可用于诊断的血管段为评分 ≥ 2 的血管段。

1.3.2 辐射剂量 扫描结束后,系统自动得出 CT 容积剂量指数 (CTDIvol) 和剂量长度乘积 (Dose Length Product, DLP)。有效辐射剂量 (Effective Dose, ED) = DLP × 转化系数 (k 值),成人胸部取 $k = 0.014$ mSv/[mGy · cm]^[6]。

1.4 统计学方法

采用 IBM SPSS 19.0 软件包。图像质量比较采用两独立样本秩和检验 (Mann-Whitney U)。两位医师图像质量评分一致性分析使用 kappa 检验, k 值 0.61 ~ 0.80 为一致性好, 0.81 ~ 1.0 为非常好。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组图像质量评分比较

两名观察者对两组所有患者冠状动脉图像质量评分一致性好 ($k = 0.79$)。研究组不可评估的血管段位于右冠状动脉 7 段其中包括中段 4 段、远段 3 段、回旋支中远段 1 段,均为严重运动伪影所致。对照组不可评估血管段位于前降支近段 1 段、回旋支中远段 2 段、右冠状动脉 3 段,其中远段 1 段、后降支 2 段,以错层伪影所致为主。见表 1。

表 1 研究组与对照组冠状动脉图像质量评分比较(n)

组别	n	冠状动脉节段	评分				用于诊断的 血管段数	合计	用于诊断的血 管所占比例/%
			4 分	3 分	2 分	1 分			
研究组	50	RCA(第 1 ~4 段)	112	60	11	7	183	190	
		LMA(第 5 段)	49	1	0	0	50	50	
		LAD(第 6 ~9 段)	158	38	2	0	198	198	
		LCX(第 11 ~14 段)	127	51	10	1	188	189	
		总计	446	150	23	8	619	627	98.72
对照组	50	RCA(第 1 ~4 段)	141	40	5	3	186	189	
		LMA(第 5 段)	50	0	0	0	50	50	
		LAD(第 6 ~9 段)	149	39	7	1	195	196	
		LCX(第 11 ~14 段)	148	32	6	2	186	188	
		总计	488	111	18	6	617	623	99.04
χ^2									0.276
P									0.60

注: RCA 右冠状动脉, LMA 左主干, LAD 左前降支, LCX 左回旋支

2.2 两组图像质量比较

研究组图像质量低于对照组, 两组比较具有统计学意义。见表 2。

表 2 研究组与对照组图像质量比较(n/%)

组别	n	优	良	中	差
研究组	50	446(71.13)	150(23.92)	23(3.67)	8(1.28)
对照组	50	488(78.33)	111(17.82)	18(2.89)	6(0.96)

注: 两组单项有序资料, 采用 Mann-Whitney U 检验, $P=0.002$ 。

2.3 两组辐射剂量比较

研究组辐射剂量均较低, 与对照组比较有统计学意义。见表 3。

表 3 研究组与对照组辐射剂量比较($\bar{x} \pm s$)

组别	n	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy cm)	ED (mSv)
研究组	50	4.04 $\pm$ 0.79	75.80 $\pm$ 15.90	1.06 $\pm$ 0.22
对照组	50	22.08 $\pm$ 4.69	219.73 $\pm$ 63.12	3.08 $\pm$ 0.88
t		26.83	15.63	15.64
P		0.000	0.000	0.000

3 讨论

2010 年应用于临床的 128s-DSCT 是继第一代双源 CT 之后的具有革命性改进的升级产品, 其两套球管、探测器系统约呈 95° 排列, 在半扇区重建的基础上, 1/4 周曝光即可完成一次横断面图像的数据采集, 探测器宽度 38.4mm, Z 轴的覆盖范围明显增加。该设备机架旋转时间缩短至 0.28 s/r, 固有时间分辨率达 75 ms。所采用的 Z 轴飞焦点技

术使每个探测器均能获得双倍采样数据, 即每个 64 排探测器均能获得 128 层容积数据(层厚 0.6 mm)。结合双球管数据采集相互补充的优势, 使得 128s-DSCT 能够采用较大螺距扫描而不会出现数据缝隙(Data Gap), 从而实现采用最大螺距 3.4 进行无间隔螺旋扫描, 即 Flash 扫描模式^[7]。

Flash 扫描的触发时相基于图像采集前 3 个心动周期的 R 波位置计算而来, 即将扫描前 3 个 R-R 间期时间的均值认为是采集时所在心动周期的 R-R 间期时间, 一旦出现心率波动, 实际触发点就会偏离预设触发点, 导致图像质量与预期不符。另外, Flash 扫描获得的不同水平心脏解剖数据并不在心动周期的同一时相, 且不能进行与心电信号相关的任何后期编辑, 一旦不能在心脏运动幅度最小的期相完成整个心脏采集, 图像质量必定受到影响。本文中 Flash 扫描的整体图像质量即不及序列扫描, 但可用于诊断的血管段所占比例与序列扫描比较并无统计学差异, 足以满足临床需求。Flash 扫描不可评估血管段占 1.28%, 主要分布于右冠状动脉中、远段(7/8), 与文献报道相符^[8]。右冠状动脉中远段图像质量差是前门控大螺距扫描的主要不足之一, 主要原因为右冠状动脉大部分走行迂曲、Z 轴方向分布范围广, 一个心动周期内扫描血管全程采集时相跨度大, 且右冠中远段易受心脏搏动及呼吸运动干扰^[8]。

本文 Flash 扫描的平均 ED 约(1.06 $\pm$ 0.22) mSv, 与文献报道的 0.99 mSv^[9]、1.064 mSv^[10] 相近, 较文献中步进-点射采集的前门控序列扫描的

辐射剂量(2.51 ± 0.54) mSv 降低约 57.77%^[4],较本文窄曝光窗的序列扫描的辐射剂量(3.08 ± 0.88) mSv 降低更显著。本文根据 BMI 进行个体化管电压设置,所用电压值为常规的 100 kV、120 kV。为保证图像细节显示,我们在开启 CARE Dose 4D 管电流调节模式的基础上采用了较大的管电流参考值(420 mAs/rot)。因此,本文所用 Flash 扫描所产生的辐射剂量通过调整管电压、管电流仍有较大的下降空间。王涛等^[11]采用管电压 80 kV,参考管电流 390 mAs/rot 行 128s-DSCT 冠状动脉成像,有效辐射剂量仅(0.47 ± 0.08) mSv,结合迭代重建技术,图像质量仍可满足诊断需要。

本文存在一定的局限性,首先,我们仅纳入心率平稳且 ≤ 65 bpm 的患者,未对更高心率及心律不齐患者的成像方法及效果进行评价;其次,本文未进一步对 Flash 扫描诊断冠心病的准确率进行评估,有待进一步与选择性冠状动脉造影对照。另外,Flash 扫描本身也存在一定的缺陷:图像质量受心率及其变化影响较大、不能进行心电图相关的图像编辑、无法评估心功能或动态观察心肌桥,行双次 Flash 扫描能够在一次注射对比剂的基础上获取舒张期、收缩期两个不同时相的图像能够一定程度上解决上述问题^[12]。

综上所述,128s-DSCT Flash CTCA 扫描在保证诊断需要的前提下,有效辐射剂量较常规扫描模式显著降低,对稳定的低心率患者具有一定的临床应用价值。

参考文献:

- [1] 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]. European Radiology, 2009, 19(12): 2896-2903. DOI: 10.1007/s00330-009-1618-9.
- [2] Flohr TG, Klotz E, Allmendinger T, et al. Pushing the envelope: new computed tomography techniques for cardiothoracic imaging[J]. J Thorac Imaging, 2010, 25(2): 100-111. DOI: 10.1097/RTI.0b013e3181d7e898.
- [3] Alkadhi H, Stolzmann P, Desbiolles L, et al. Low-dose, 128-slice, dual-source CT coronary angiography: accuracy and radiation dose of the high-pitch and the step-and-shoot mode[J]. Heart, 2010, 96(12): 933-938. DOI: 10.1136/hrt.2009.189100.
- [4] 徐磊, 晏子旭, 张兆琪, 等. 双源 CT 低剂量前瞻性心电触发序列扫描在冠状动脉血管成像的应用[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(7): 700-703. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2009.07.010.
- [5] Deseive S, Pugliese F, Meave A, et al. Image quality and radiation dose of a prospectively electrocardiography-triggered high-pitch data acquisition strategy for coronary CT angiography: The multicenter, randomized PROTECTION IV study[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2015, 9(4): 278-285. DOI: 10.1016/j.jcct.2015.03.001.
- [6] Selçk T, Otçu H, Yücel Z, et al. Effectiveness of using dual-source CT and the upshot it creates on both heart rate and image quality[J]. Balkan Med J, 2016, 33(3): 283-293. DOI: 10.5152/balkanmedj.2016.16220.
- [7] Sommer WH, Albrecht E, Bamberg F, et al. Feasibility and radiation dose of high-pitch acquisition protocols in patients undergoing dual-source cardiac CT[J]. Am J Roentgenol, 2010, 195(6): 1306-1312. DOI: 10.2214/AJR.10.4416.
- [8] Koplay M, Erdogan H, Avcı A, et al. Radiation dose and diagnostic accuracy of high-pitch dual-source coronary angiography in the evaluation of coronary artery stenoses[J]. Diagn Interv Imaging, 2016, 97(4): 461-469. DOI: 10.1016/j.diii.2015.10.008.
- [9] Duarte R, Bettencourt N, Costa JC, et al. Coronary computed tomography angiography in a single cardiac cycle with a mean radiation dose of approximately 1 mSv: initial experience[J]. Portuguese journal of cardiology: an official journal of the Portuguese Society of Cardiology, 2010, 29(11): 1667-1676.
- [10] Sun K, Han R J, Ma L J, et al. Prospectively electrocardiogram-gated high-pitch spiral acquisition mode dual-source CT coronary angiography in patients with high heart rates: comparison with retrospective electrocardiogram-gated spiral acquisition mode[J]. Korean Journal of Radiology, 2012, 13(6): 684. DOI: 10.3348/kjr.2012.13.6.684.
- [11] 王涛, 钱农, 许轶群, 等. DSCT 大螺距扫描技术联合应用低浓度对比剂冠状动脉成像的初步研究[J]. 临床放射学杂志, 2014, 33(10): 1593-1598.
- [12] Wang Q, Qin J, He B, et al. Double prospectively ECG-triggered high-pitch spiral acquisition for CT coronary angiography: initial experience[J]. Clin Radiol, 2013, 68(8): 792-798. DOI: 10.1016/j.crad.2013.03.004.

(收稿日期 2016-12-10)

(责任编辑: 甘慧敏)