

320 层螺旋 CT 冠状动脉成像低剂量扫描方法初步探讨

符熙, 谭理连, 李志铭, 刘世明, 江金带, 李树欣, 张婉红

【摘要】 目的:探讨 320 层螺旋 CT 冠状动脉成像低剂量扫描方法的临床应用价值。**方法:**采用 320 层螺旋 CT, 选取 100 例临床拟诊为冠心病的患者, 随机分为 2 组: 研究组 50 例, 采用改良法(低剂量)回顾性心电门控扫描; 对照组 50 例, 采用传统回顾性心电门控扫描。对比分析 2 组中冠状动脉可评估率及辐射剂量。**结果:**研究组血管可评估率为 95.0%, 对照组为 95.8%。两组冠状动脉段图像质量比较差异无统计学意义($P>0.05$)。实验组平均有效辐射剂量为 (2.90 ± 0.37) mSv, 对照组为 (10.33 ± 1.65) mSv, 两组辐射剂量比较差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**320 层螺旋 CT 冠状动脉成像中, 应用改良法回顾性心电门控技术在保证血管可评估率及图像质量的前提下可降低 72% 的辐射剂量。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 冠状动脉; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R543.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)03-0346-04

Low radiation dose scanning for CT coronary angiography with 320-slices CT FU Xi, TAN Li-lian, LI Zhi-ming, et al. CT Division, the Second Affiliated Hospital of Guangzhou Medical College, Guangzhou 510260, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the method of 320-slice CT with low radiation dose for CT coronary angiography. **Methods:** Using 320-slice CT, one hundred patients suspected of coronary artery diseases were collected and randomly divided into the study group (improved retrospective ECG-gating coronary artery imaging, 50 patients) and the control group (conventional retrospective ECG-gating coronary artery imaging, 50 patients). The imaging quality of coronary artery segments and radiation dose were recorded for statistics. **Results:** The percentage of assessable coronary artery segments was 94.03% (615/654) in the experimental group, whereas 94.68% (605/639) in the control group. There was no significant difference of imaging quality between the two groups ($P>0.05$). The mean effective dosage (ED) in the experimental group was (2.90 ± 0.37) mSv and (10.33 ± 1.65) mSv in the control group. There was significant difference between radiation dose of the study group and that of the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** 320 slice CT coronary angiography performed with improved retrospective ECG-gating imaging can substantially reduce radiation doses by 72% while preserving good diagnostic image quality.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Coronary artery; Radiation dose

冠状动脉 CT 血管成像(coronary angiography, CA)已经成为诊断和评价冠状动脉疾病的一种重要的无创手段。目前多数 CTCA 采用回顾性心电门控技术螺旋扫描, 成像时间长, 辐射剂量较大。320 层螺旋 CT 能够实现宽探测器平台下非螺旋单次全器官容积扫描, 可避免螺旋扫描的弊端。本研究通过对比分析改良的回顾性与传统回顾性心电门控技术在 CTCA 扫描时间、血管可评估率、图像质量及辐射剂量方面的差异, 初步探讨低剂量扫描技术的临床应用价值。

材料与方法

1. 一般资料

对 2010 年 3 月~2010 年 6 月本院临床拟诊断为冠心病的 100 例患者行 320 层 CT 冠状动脉成像, 其中男 56 例, 女 44 例, 年龄 33~85 岁(平均 55.8 岁),

身高 153~176 cm(平均 158.4 cm), 心率 55~160 次/分。随机将其分成研究组和对照组, 每组各 50 例。

2. 检查方法

检查前准备: 检查前 6 h 禁食。检查前监测患者心率, 对于心率较快的患者(>100 次/分), 嘱其口服 25~50 mg 倍他乐克。对所有患者进行呼吸训练, 嘱吸气后屏气 10 s。检查前向患者简要叙述检查过程, 说明注射对比剂时可能出现的不良反应。

检查方法: 使用 Toshiba Aquilion One 320 层螺旋 CT 机。患者取仰卧位, 在胸部指定位置粘贴电极, 正确连接心电监护检测心率, 嘱患者平静呼吸, 行胸部正侧位像扫描, 然后行冠状动脉钙化积分扫描, 扫描范围自气管分叉至心底, 嘱患者屏气, 增强扫描范围同钙化积分扫描。使用双筒高压注射器(Mallinckrodt), 经肘静脉注入非离子型对比剂优维显(370 mg I/ml) 50 ml, 流率 5.0 ml/s。注射完毕后再以 3.0~4.0 ml/s 流率注入生理盐水 20 ml, 扫描模式为 Volume 采集, 120 kV, 管电流根据患者体形设为 400~550 mA, 扫描视野选择 M, 0.35 s/r, 320i $\times$ 0.5 mm。两组增强扫

作者单位: 510260 广州, 广州医学院第二附属医院 CT 室(符熙、谭理连、江金带、李志铭、李树欣、张婉红), 心内科(刘世明)

作者简介: 符熙(1982-), 男, 湖南衡阳人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事胸腹部影像诊断工作。

通讯作者: 谭理连, E-mail: liliantan@163.com

描均采用手动方式,监测平面定为扫描范围的中心,当监测到左右心室对比剂浓度相当时触发扫描。研究组当患者心率<70 次/分时,选用心动周期的 70%~80%为全剂量扫描时间窗;当心率>70 次/分,选用心动周期的 35%~55%为全剂量扫描时间窗;当患者心率不齐时,选用心动周期的 30%~80%为全剂量扫描时间窗。对照组行全心动周期扫描。扫描后把数据导入 Vitrea 工作站进行后处理,行多平面重组(MPR),容积再现(VR)及最大密度投影(MIP)。

3. 图像分析

按照图像质量将冠状动脉影像质量分为 3 级并分别评分,分级及评分标准如下。Ⅰ级:冠脉无伪影,血管轮廓清晰;Ⅱ级:冠脉局部有伪影或局部血管轮廓模糊;Ⅲ级:冠脉大部或全程出现伪影,血管轮廓模糊或血管显示中断。将Ⅰ、Ⅱ级视为可用于诊断和评价的图像,Ⅲ级视为不可用于诊断和评价的图像。根据美国心脏学会(American Heart Association, AHA)的分类指南,将冠状动脉分为 15 个节段。由于 MSCT 对于直径<1.5 mm 的冠脉无法进行可靠评价,故本研究仅对直径≥1.5 mm 的冠脉进行评估,全部冠状动脉影像由两位有心脏影像诊断经验的放射科医师对各节段图像进行盲法评估,出现不同意见经协商后确定。

4. 射线剂量的分析

每例患者进行冠状动脉 CTA 检查时机器会自动生成容积 CT 剂量指数(CT dose index, CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP),由 DLP 乘以特定的转换系数 k 来估计有效剂量(effective dose,

ED),转换系数 k 值参考欧盟委员会关于 CT 的质量标准指南^[1], $k=0.017\text{mSv}/(\text{mGy}\cdot\text{cm})$ 。

5. 统计学分析

应用 SPSS 16.0 统计分析软件,应用两独立样本 *t* 检验比较两组患者扫描时平均心率、体质指数(body mass index, BMI)、扫描时间以及辐射剂量。冠状动脉段图像质量总体评价采用卡方检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

两组检查者性别、年龄、心率、BMI 及扫描时间的比较见表 1。

表 1 两组检查者基本资料比较

指标	研究组	对照组	<i>P</i> 值
性别[男(女)]	29(21)	27(23)	0.687
年龄(岁)	63.48±9.46	65.76±8.71	0.213
心率(次/分)	70.46±6.58	69.08±6.30	0.287
BMI(kg/m ²)	23.03±2.71	24.06±2.92	0.071
扫描时间(min)	0.39±0.05	2.20±0.19	<0.01

两组数据比较除患者扫描时间外,其他指标间差异均无统计学意义。

两组检查者冠状动脉各段可评估率的比较结果见表 2。研究组图像质量评为优和良好的共有 621 段,占 95.0%。对照组图像质量评为优和良好的共有 612 段,占 95.8%,两组图像各段冠状动脉的优良率对比,差异无统计学意义(图 1~3)。

两组检查者辐射剂量的比较见表 3。

表 2 两组检查者冠状动脉各段可评估率比较 (支)

冠脉分段	Ⅰ级(优)		Ⅱ级(良)		Ⅲ级(差)		总计		可评估率(%)	
	研究组	对照组	研究组	对照组	研究组	对照组	研究组	对照组	研究组	对照组
RCA 近段	43	47	4	3	3	0	50	50	94	100
RCA 中段	37	39	8	7	5	4	50	50	90	92
RCA 远段	38	41	7	6	3	2	48	49	93.8	95.9
PDA(右优)	29	29	9	10	1	2	39	41	97.4	95.1
LM	47	47	3	3	0	0	50	50	100	100
LAD 近段	46	45	4	5	0	0	50	50	100	100
LAD 中段	46	42	4	7	0	1	50	50	100	98
LAD 远段	33	38	12	9	5	3	50	50	90	94
D1	39	35	7	8	3	4	49	47	93.9	91.5
D2	23	18	2	3	3	1	28	22	89.3	95.5
LCX 近段	46	42	3	7	1	1	50	50	98	98
OM	41	39	5	5	3	4	49	48	93.9	91.7
LCX	37	40	6	4	3	3	46	47	93.5	93.6
PL	31	26	6	5	3	2	40	33	92.5	93.9
PDA(左优)	4	1	1	1	0	0	5	2	100	100
总计	540	529	81	83	33	27	654	639	95.0	95.8

注:采用 χ^2 检验对两组图像质量评价为优和良好的冠状动脉节段进行分析, $P=0.569$ 。

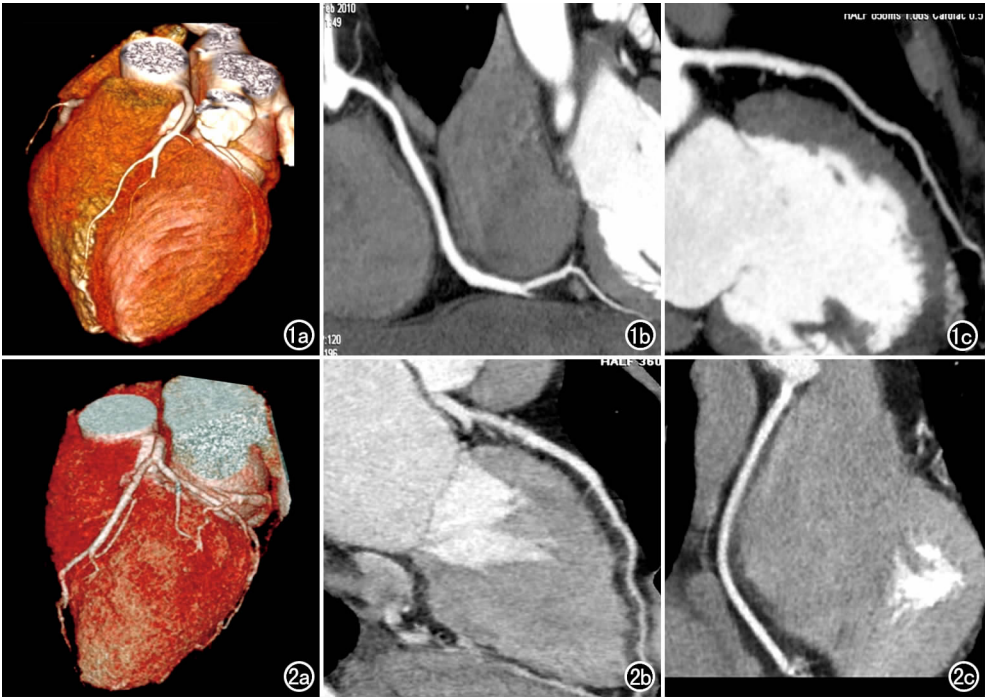


图 1 对照组患者(心率 72 次/分)。a) VR 图像上左冠状动脉主干及分支显示清晰; b) MIP 图像上可清晰显示左冠脉前降支; c) 另一层面 MIP 图像上 RCA 显示清晰,管壁光滑,无伪影,图像质量 I 级。图 2 研究组患者(心率为 90 次/分,采用改良法心电门控扫描)。a) VR 图像上左冠状动脉主干及分支显示清晰; b) MIP 图像上可清晰显示左冠脉前降支; c) 另一层面 MIP 图像上 RCA 轮廓显示清晰,管壁光滑,无伪影,图像质量 I 级。

表 3 两组检查者冠状动脉成像辐射剂量比较

指标	研究组	对照组	P 值
CTDIvol(mGy)	3.18±2.60	54.19±5.39	<0.01
DLP(mGy·cm)	170.73±21.90	607.70±97.33	<0.01
ED(mSv)	2.90±0.37	10.33±1.65	<0.01

两组检查者 CT 剂量指数、剂量长度乘积及有效剂量的差异明显,研究组明显低于对照组,差异均有极显著性意义。

讨论

目前 CTCA 正在改变着对确诊和疑似冠状动脉疾病的评估方式。随着 CTCA 应用的增加,检查时过高的辐射剂量问题越来越引起人们的关注^[2,3]。有学者指出,CT 检查占有放射线检查项目的 13%,但导致接受的辐射剂量占患者所接受辐射剂量的 70%^[4,5]。因此,降低 CTCA 检查时的辐射剂量,合理使用低剂量原则(as low as reasonably achievable, ALARA),即在满足临床诊断要求的前提下尽可能降低射线剂量,是临床 CTCA 检查必须要考虑的问题^[6,7]。320 层动态容积 CT 拥有 16 cm 宽的探测器,

可以在一次心动周期内完成全心脏检查,实现一圈扫描全心的动态采集和显示,完全消除移动伪影和错层伪影的影响,明显提高图像质量和临床应用范围,不需要采用目前多层螺旋 CT 的多次螺旋采集和数据重叠重建等方式,使心脏的检查时间由目前的 5~6 s 缩短至 0.35 s,显著提高了对心脏的检查能力,可明显减少扫描时间及辐射剂量。

传统回顾性心电门控技术的原理是在多层探测器旋转扫描的同时,扫描床以较低的速度移动,并同时记录心电图,再将不同心动周期的特定时相与采集得到的原始数据进行匹配,最后获得重建图像。由于这种扫描技术螺距很低,扫描时间较长(9~10 个心动周期),且球管连续曝光,是一种高度重叠扫描,因此辐射剂量相对较高。文献报道 64 层 CT 回顾性心电门控 CTCA 时,连续曝光时间较长(约 5s),有效辐射剂量约为 10~15 mSv^[8-10]。在日常工作中,对于大多数患者,只对某个特定时相(通常为 R-R 间期的 75%时相)进行数据重建即可达到诊断目的,回顾性心电门控所带来的大量冗余数据及过高的辐射剂量实际上是没有必要的。前瞻性心电门控技术的出现有效地解决了这



图 3 研究组患者(心率不齐,为 60~160 次/分,采用改良性心电门控扫描)。a) VR 图像上左右冠状动脉显示较清晰; b) MIP 图像上可清晰显示左冠脉前降支轮廓及管壁钙化斑,管壁较光滑,少量伪影,图像质量 II 级; c) 另一层面 MIP 图像上 RCA 显示较清晰,图像质量 II 级。

个问题,它采用传统的横轴面扫描,在预先选定的时相采集数据,采取步进方式(step and shoot)进行扫描,与回顾性心电门控相比,扫描时间短,辐射剂量低。虽然采用前瞻性心电门控技术可以有效降低辐射剂量及缩短扫描时间,但其只有在心率较低且窦性心律较齐的情况下才有可能成功。这是因为在心率快或心律不齐的情况下,R-R 间期中心脏各时相的运动状态发生变化,最易受此变化影响的期相是舒张中晚期,而对于收缩末期的影响较小,最佳重建时相将由舒张中晚期移至收缩末期^[11,12]。而前门控只在心动周期的 75% 时相曝光,只记录该时相即舒张中晚期信息,重建的时相仅为 75%,使其临床应用受到明显限制。有研究表明^[13],选择 70%、80% 及 40% 三个相位窗可有效获得满意的图像质量。而有针对性高心率患者的研究指出,联合使用收缩末期和舒张中晚期两个重建相位窗对冠状动脉进行评价,可明显减少不可评价的血管数量^[14]。本实验结合以往研究结果,采用改良性回顾性心电门控 CT 技术,根据患者不同心率而设置不同的扫描时间窗,有效地将前瞻性及回顾性心电门控扫描的优点结合起来,明显缩短了扫描时间,降低辐射剂量。对于心率 < 70 次/分时,设置相对较窄的全剂量时间窗,可明显降低辐射剂量,而图像质量与回顾性心电门控扫描无明显差异。而对于心率过快(> 70 次/分)或窦性心率不齐的患者,选择相对较宽的全剂量扫描时间窗,虽然扫描时间及辐射剂量有所增加,但仍低于传统回顾性心电门控扫描时的辐射剂量,同时也可根据时间窗的选择重建扫描期相的图像,进行心电编辑等后处理,提高图像质量达到临床诊断需要。本研究中研究组平均曝光时间为 (0.39 ± 0.05) s,有效辐射剂量为 (2.90 ± 0.37) mSv,低于对照组平均曝光时间 (2.20 ± 0.19) s,有效辐射剂量为 (10.33 ± 1.65) mSv。本研究共评价了 654 段冠状动脉,其中图像质量为 I 级冠状动脉段为 540 段,占 82.6%,与国外 320 层螺旋冠状动脉成像质量相当^[15],但患者受到的辐射剂量却明显降低。

采用 320 层螺旋 CT 改良性回顾性心电门控技术可在保证血管可评估率及图像质量的前提下明显降低辐射剂量,且无明显禁忌,安全、无创,是降低冠状动脉检查时辐射剂量的有效方法。

参考文献:

[1] Menzel HG, Schibilla H, Teunen D, et al. European guidelines on

quality criteria for computed tomography[M]. Luxembourg: European Commission, 2000. 16262.

- [2] Coles DR, Smail MA, Negus IS, et al. Comparison of radiation doses from multislice computed tomography coronary and conventional diagnostic angiography[J]. Am Coll Cardiol, 2006, 47(9): 1840-1845.
- [3] Thompson R, Cullom S. Issues regarding radiation dosage of cardiac nuclear and radiography procedures[J]. Nucl Cardiol, 2006, 13(1): 19-23.
- [4] Golding SJ, Shrimton PC. Radiation dose in CT: are we meeting challenge? [J]. Br Radiol, 2002, 75(1): 1-4.
- [5] Dixon AK, Goldstone KE. Abdominal CT and the euratom directive[J]. Eur Radiol, 2002, 12(6): 1567-1570.
- [6] Stovis TI. The ALARA concept in pediatric CT: myth or reality? [J]. Radiology, 2002, 223(1): 5-6.
- [7] 强永刚, 张秀萍, 廖永华, 等. 论“放射防护学”课程在医学教育中的地位和作用[J]. 中国医学高等教育, 2007, 6(3): 74.
- [8] Morin RL, Cerber TC, McCollough CH. Radiation dose in computed tomography of the heart[J]. Circulation, 2003, 107(6): 917-922.
- [9] Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem CA, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography[J]. Circulation, 2005, 112(15): 2318-2323.
- [10] 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(3): 552-557.
- [11] Frydrychowicz A, Pache G, Saueressig U, et al. Comparison of reconstruction intervals in routine ECG-pulsed 64-row-MSCT coronary angiography in frequency controlled patients[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2007, 30(1): 79-84.
- [12] Nagatani Y, Takahashi M, Takazakura R, et al. Multidetector-row computed tomography coronary angiography: optimization of image reconstruction phase according to the heart rate[J]. Circulation, 2007, 71(1): 112-121.
- [13] Dewey M, Teige F, Rutsch W, et al. CT coronary angiography: influence of different cardiac reconstruction intervals on image quality and diagnostic accuracy[J]. Eur Radiol, 2008, 67(1): 92-99.
- [14] Sanz J, Rius T, Kuschner P, et al. The importance of end-systole for optimal reconstruction protocol of coronary angiography with 16-slice multi-detector computed tomography[J]. Invest Radiol, 2005, 40(8): 155-163.
- [15] Rybicki FJ, Otero HJ, Steigner ML, et al. Initial evaluation of coronary images from 320-detector row computed tomography[J]. Int Cardiovasc Imaging, 2008, 24(5): 535-546.

(收稿日期: 2010-08-15 修回日期: 2010-11-21)