·影像技术学·

低剂量对比剂 320 排 CT 冠状动脉成像可行性研究

徐健，狄幸波，毛德旺，陈军法，陈福华

【摘要】 **目的**：探讨单次心跳内采集数据 320 排 CT 冠状动脉成像时低对比剂用量的可行性。**方法**：将 131 例行冠状动脉 CTA 检查的病例分为 3 组，A 组对比剂剂量为 0.8 ml/kg，注射流率 4.5 ml/s；B 组对比剂剂量 0.7 ml/kg，注射流率 5.0 ml/s；C 组对比剂剂量 0.6 ml/kg，注射流率 5.5 ml/s。所有病例心率均＜70 次/分，单心跳采集心脏数据。分别在主肺动脉干、升主动脉、右冠状动脉和左冠状动脉主干内选择相同的兴趣区测量其 CT 值，采用单因素方差分析比较 3 组病例动脉强化程度的差异。**结果**：C 组主肺动脉干 CT 值为（185.40±46.74）HU，强化程度最低，与 A 组和 B 组[分别为（225.77±79.69）和（216.79±51.06）HU]间差异有统计学意义（$P<0.05$）；各组之间升主动脉、右冠状动脉和左冠状动脉主干强化程度差异无统计学意义（$P>0.05$）。**结论**：320 排 CT 冠状动脉成像能显著降低单心跳扫描患者对比剂用量，并保证冠状动脉足够程度的强化。

【关键词】 体层摄影术，X 线计算机；血管造影术；冠状动脉疾病；对比剂

【中图分类号】R814.42；R541.4 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2012)07-0799-04

Feasibility of low dose contrast material administration in CT coronary angiography using 320-detector CT scanner XU Jian, DI Xing-bo, MAO De-wang, et al. Department of Radiology, Zhejiang Provincial People's Hospital, Hangzhou 310014, P. R. China

【**Abstract**】 **Objective**: To study the feasibility of low dose contrast material administration in CT coronary angiography (CTCA) using 320-detector CT scanner for patients with heart rate (HR) below 70 beats per minute (bpm). **Methods**: A total of one hundred and thirty one patients planned to do CTCA were enrolled in the study and divided into 3 groups. The volume of contrast used in group A was 0.8ml/kg with the flow rate as 4.5ml/s, in group B was 0.7ml/kg and 5.0ml/s of flow rate, in group C was 0.6ml/kg and 5.5ml/s of flow rate respectively. All of the patients had HR ＜70bpm. The data were acquired within a single heart beat. The CT value of pulmonary artery trunk, ascending aorta, right coronary artery, left main coronary artery were measured and served as region of interest (ROI) to compare the degree of enhancement among these three groups. One-Way ANOVA was used to calculate the differences of attenuation value. **Results**: The CT value in the ROI of pulmonary artery trunk of group C was the lowest (mean, 185.40±46.74) HU, there was significant difference between group C and group A (mean, 225.77±79.69) HU and group B (mean, 216.79±51.06) HU ($P<0.05$). No significant difference was noted regarding to the ROI of ascending aorta, right coronary artery and left main coronary artery in these three groups ($P>0.05$). **Conclusion**: Volume of contrast material can be significantly reduced in CTCA using 320-detector CT scanner for the patients with heart rate below 70 bpm.

【**Key words**】 Tomography, X-ray computed; Angiography; Coronary artery diseases; Contrast material

随着多排螺旋 CT 技术的进步，CT 冠状动脉成像（coronary angiography，CA）已成为诊断冠状动脉疾病（coronary artery diseases，CAD）的重要影像学检查手段[1-3]。在 CTCA 检查中，冠状动脉对比剂充盈效果和强化程度直接关系到对冠状动脉狭窄和斑块的检测[4]，因 64 排 CT 和双源 CT 完成心脏扫描需要 5～10 s 的时间[5]，获取高质量的冠状动脉图像需要借助大剂量的对比剂，用量通常为 60～100 ml 或根据体重计算为 1.0 ml/kg（370 mg I/ml）[1-2,6]。近年来，随着 320 排 CT 逐渐应用于临床，其探测器 Z 轴宽度达到 160 mm，能够覆盖全心脏，球管旋转一周即可在单次心跳内完成对心脏数据的采集，将扫描时间缩短到 4 s 以内，理论上将能够减少 CTCA 检查时对比剂的用量。本研究通过基于根据体重调整对比剂用量方案的前提下，探讨降低对比剂用量以适应缩短的心脏扫描时间的可行性。

材料与方法

1. 一般资料

选取我院 2011 年 3 月－2011 年 5 月采用前瞻性心电门控行 320 排 CTCA 检查的患者共 131 例，对病例依次进行以下分组研究：A 组对比剂剂量 0.8 ml/kg，注射流率 4.5 ml/s，共 34 例，其中男 22 例，女 12 例，年龄 43～87 岁，平均（62.8±12.8）岁，体重 50～80 kg，平均（66.71±6.52）kg；B 组对比剂剂

作者单位：浙江省人民医院放射科
作者简介：徐健（1976－），男，浙江永康人，主管技师，主要从事心血管 CT 成像工作。

量 0.7 ml/kg，注射流率 5.0 ml/s，共 51 例，其中男 36 例，女 15 例，年龄 38～81 岁，平均(60.6±13.1)岁，体重 49.5～89.0 kg，平均(69.41±10.87) kg；C 组对比剂用量 0.6 ml/kg，注射流率 5.5 ml/s，共 46 例，其中男 30 例，女 16 例，年龄 42～83 岁，平均(61.2±14.1)岁，体重 39～94 kg，平均(68.60±12.95) kg。排除标准：静息心率(heart rate，HR)＞70 次/分或服用酒石酸美托洛尔后心率仍在 70 次/分以上；严重心律失常；明确碘过敏史；冠状动脉搭桥术后；严重肾功能不全。

2. 扫描设备和参数

使用 Toshiba Aquilion One 320 排 CT 机，扫描参数：80～120 kV，350～550 mA，准直 320 i×0.5 mm，视野 32cm×32cm，显示矩阵 512×512。机架转速 0.35s/r，采用前瞻性心电门控技术。扫描范围根据正侧位定位像显示的心脏上下径进行调整，所有患者均采集 1 次心跳内的数据，心率 65 次/分以下曝光时间窗为 70%～80% R-R 间期，65～70 次/分为 30%～80% R-R 间期，使用双筒高压注射器，以 4.5～5.5 ml/s的流率注射碘普罗胺(370 mg I/ml) 24～65 ml，随后以相同的流率注射生理盐水 30 ml。将 Sure-start 监测兴趣区设在扫描范围中心层面的降主动脉，触发阈值为 180 HU。

3. 图像处理

横轴面图像重建层厚 0.5 mm，层间隔 0.25 mm，采用软组织算法(FC43)，支架置入者采用支架模式(FC03)重建，容积数据中包含预先设置的设备自动重建的 75%期相和最佳期相。如果预置期相不能满足清晰显示血管段的要求，需要选择血管显示不佳的层面进行个性化的心电编辑，得到运动伪影最少的清晰显示血管段的时相，并将数据传输到图像处理工作站，采用 CTA 血管分析软件(Vitrea FX 3.1)得到 VR、CPR 和 MIP 后处理图像。

4. 图像评价

以 1 mm 层厚重建图像为基础，在左冠状动脉发出的层面测量左冠状动脉主干及升主动脉的 CT 值；在右冠状动脉发出处测量右冠状动脉起始处 CT 值；在左心室中心层面测量左心室和右冠状动脉中段的 CT 值；在右冠状动脉的水平部分测量右冠状动脉远段的 CT 值；在距离主肺动脉干分叉 1 cm 处测量主肺动脉的 CT 值(图 1)。

5. 统计分析

使用 SPSS 13.0 软件进行统计分析。计数资料用频数或百分比表示并采用卡方检验。正态分布且方差齐的计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示，采用单因素方差分析，采用 LSD 法做组间两两比较。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料

三组间性别、年龄、身高、体重、扫描时心率、扫描范围及曝光时间见表 1。各项指标间的差异均无统计学意义(P 均＞0.05)。

2. 各解剖部位 CT 值

三组不同解剖部位 CT 值测量结果见表 2。主肺动脉干 CT 值组间两两比较，A 组与 B 组间差异无统计学意义(P＞0.05)，C组与A组和B组间差异均有

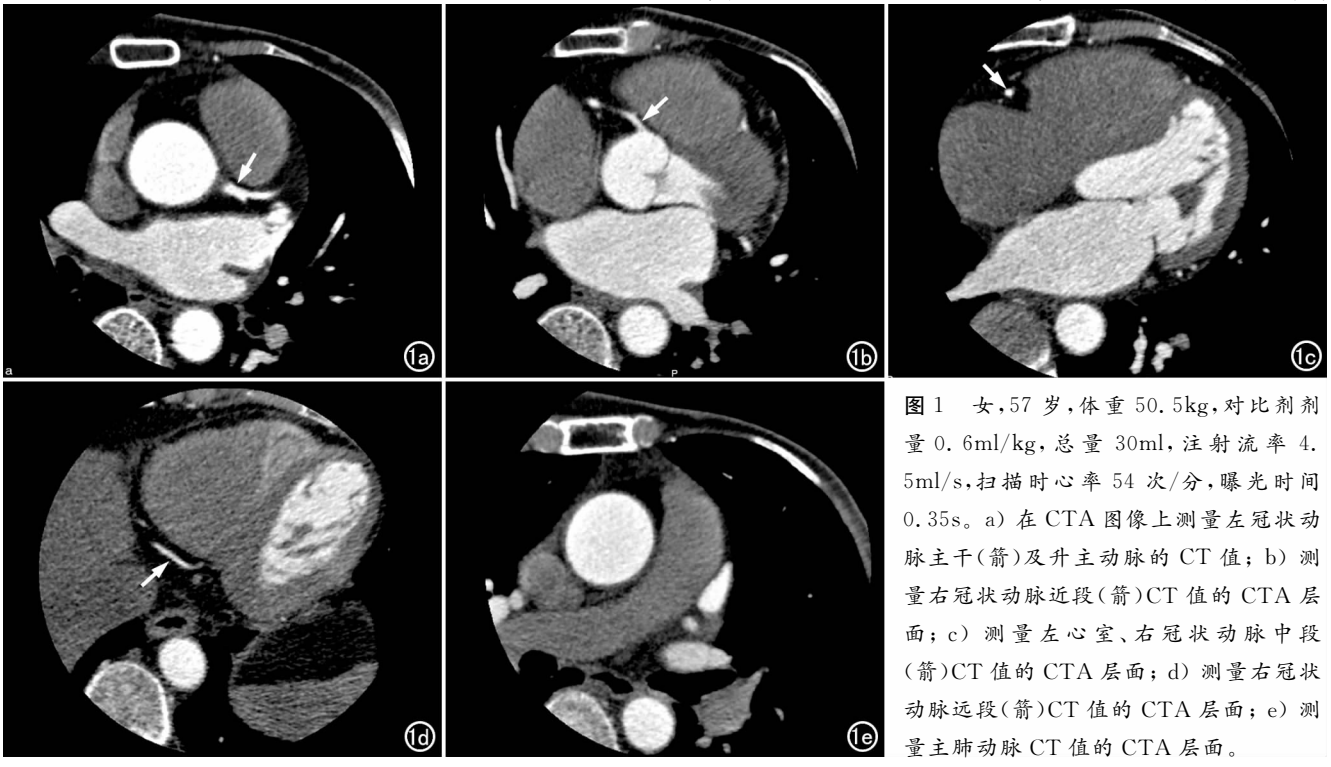

图 1 女，57 岁，体重 50.5kg，对比剂剂量 0.6ml/kg，总量 30ml，注射流率 4.5ml/s，扫描时心率 54 次/分，曝光时间 0.35s。a) 在 CTA 图像上测量左冠状动脉主干(箭)及升主动脉的 CT 值；b) 测量右冠状动脉近段(箭)CT 值的 CTA 层面；c) 测量左心室、右冠状动脉中段(箭)CT 值的 CTA 层面；d) 测量右冠状动脉远段(箭)CT 值的 CTA 层面；e) 测量主肺动脉 CT 值的 CTA 层面。

表 1 3 组患者一般资料的比较

一般资料	A 组	B 组	C 组	统计量	P 值
男/女	22/12	36/15	30/16	0.443[a]	0.801
年龄(岁)	62.76±12.80	60.55±13.12	61.23±14.05	0.579	0.562
身高(cm)	1.64±0.08	1.67±0.09	1.65±0.09	1.993	0.141
体重(kg)	66.71±6.52	69.41±10.87	68.60±12.95	0.653	0.522
心率(bpm)	57.26±6.58	59.37±7.00	60.57±6.58	2.357	0.099
扫描范围(mm)	126.00±15.26	127.47±10.29	128.52±9.74	0.461	0.632
曝光时间(s)	0.53±0.39	0.60±0.41	0.67±0.43	1.120	0.329

注：男/女比例采用卡方检验，统计量为 χ^2 值，年龄、身高、体重、扫描时心率、扫描范围、曝光时间采用单因素方差分析，统计量为 F 值。

表 2 3 组不同兴趣区 CT 值测量结果

测量部位	A 组(HU)	B 组(HU)	C 组(HU)	F 值*	P 值
主肺动脉干	225.77±79.69	216.79±51.06	185.40±46.74	5.30	0.006
升主动脉	441.12±80.02	429.10±72.51	428.93±57.29	0.330	0.720
RC_{Ap}	500.53±85.61	466.64±96.81	472.03±81.49	1.319	0.271
RC_{Am}	498.06±113.68	479.86±118.85	450.82±93.08	1.846	0.162
RC_{Ad}	455.09±123.60	445.57±109.00	432.50±108.11	0.388	0.699
LM	471.78±95.82	457.25±88.53	454.32±63.90	0.462	0.631

注：RC_{Ap} 为右冠状动脉近段，RC_{Am} 为右冠状动脉中段，RC_{Ad} 为右冠状动脉远段。* 计量资料符合正态分布并且方差齐，采用单因素方差分析。

统计学意义($P<0.05$)，C 组强化程度最低。A 组、B 组和 C 组的右冠状动脉近段、中段、远段之间 CT 值的差异均无统计学意义(F 值分别为 1.439、1.24、2.001，P 值均<0.05)。

讨 论

CT 冠状动脉成像具有无创且诊断准确性高的优点，已经成为冠状动脉疾病筛查和诊断的重要手段[1,3]。在 CTCA 检查中，冠状动脉必须获得足够的强化，通常 CT 值需＞300 HU[7]，因而需要使用高浓度的对比剂，注射流率通常在 4～6 ml/s。单心跳 320 排 CTCA 检查多数采用对比剂固定用量法，其用量相对较大(60～80 ml)[3,8]，并且由于动脉强化与体重呈负相关，随着体重增加，此方案将使动脉强化降低进而影响诊断准确性，因而需要个性化给予对比剂用量，根据体重作出调整[9]。

320 排 CT 探测器 Z 轴方向宽度达到 160 mm，能够完整覆盖心脏，机架旋转一周即可以采集全心脏的数据，使得扫描时间大大缩短，提供了降低对比剂用量的可能性。本研究对比剂用量为 24 ml(患者体重为 39 kg，用量为 0.6 ml/kg)～70 ml(患者体重为 97 kg，用量为 0.7 ml/kg)，低于同类文献的报道[3,8]。本研究结果显示，对比剂剂量从 0.8 ml/kg 降至 0.6 ml/kg，除肺动脉干以外，三组之间各解剖部位 CT 值的差异均无统计学意义。既往研究表明，根据体重设置对比剂用量的方案，其主动脉强化程度与注射时间密切相关，减少注射时间有助于提高动脉强化程度，故本研究中降低对比剂用量的同时提高注射流率，以提高低动脉强化峰值。同时笔者认为，通过提高注射流率、缩短注射时间可以弱化血液对对比剂的稀释作用，这也是 3 组病例除肺动脉干以外的各个解剖部位的血管强化强度无统计学差异的最重要的原因。

对比剂对肾脏的毒性作用与用量有关[11]。对于充血性心力衰竭、肾功能受损、糖尿病性肾病的患者，更有必要降低对比剂用量，从而降低对比剂使用所可能带来的风险，提高临床检查的效益-风险比。本研究中 C 组(0.6 ml/kg)对比剂用量分别较 A 组(0.8 ml/kg)和 B 组(0.7 ml/kg)降低约 14.3% 和 25.0%，有效地减少了对比剂用量，可以预计此方案将有助于降低对比剂肾病发生的概率。但必须指出，由于主动脉的强化受到包括心率在内的多种因素影响，C 组的对比剂使用方案是否适应更高心率患者的 CTCA 检查尚需进一步的研究。

本研究以清晰显示冠状动脉满足 CAD 的诊断为第一目标，尽管各组肺动脉干的强化程度有差异，但冠状动脉和主动脉强化的 CT 值均在 300 HU 以上，能够满足筛查 CAD 的要求。并且右冠状动脉近段、中段、远段获得均匀一致的强化，强化程度的差异无统计学意义。对此，笔者认为除扫描触发阈值选择合适外，320 排 CT 在单周、单心跳内完成所有冠状动脉树的采集，各血管段同时成像，避免不同血管段成像在不同的时间而出现的对比剂充盈程度的差异是最重要的原因。对于左冠状动脉前降支、回旋支，由于腔径细小使测量兴趣区的放置受限，同时 CT 值受到部分容积效应的影响较明显，笔者未作比较。

综上所述，本组研究结果显示对于心率＜70 次/分的患者，320 排 CTCA 检查能够显著降低对比剂用量，并且保证冠状动脉足够程度的强化。

参考文献：

[1] Baumüller S, Leschka S, Desbiolles L, et al. Dual-source versus 64-

section CT coronary angiography at lower heart rates: comparison of accuracy and radiation dose[J]. Radiology, 2009, 253(1): 56-64.

[2] Weustink AC, Mollet NR, Neefjes LA, et al. Preserved diagnostic performance of dual-source CT coronary angiography with reduced radiation exposure and cancer risk[J]. Radiology, 2009, 253(1): 53-60.

[3] Frank J, Rybicki HJ, Michael L, et al. Initial evaluation of coronary images from 320-detector row computed tomography[J]. Int J Cardiovase Imaging, 2008, 24(3): 535-546.

[4] Yamamuro M, Tadamura E, Kanao S, et al. Coronary angiography by 64-detector row computed tomography using low dose of contrast material with saline chaser: influence of total injection volume on vessel attenuation[J]. J Comput Assist Tomogr, 2007, 31(2): 272-280.

[5] 孙志远，卢光明，黄伟，等. 双源 CT 全时相间隔重建四维模式对冠状动脉成像质量影响的初步观察[J]. 中华放射学杂志，2008，42(): 127-130.

[6] Nakaura T, Awai K, Yauaga Y, et al. Contrast injection protocols for coronary computed tomography angiography using 64-cetector scanner: comparison between patient weight-adjusted- and fixed iodine-dose protocols[J]. Invest Radiol, 2008, 43(3): 512-519.

[7] Cademartiri F, Mollet NR, Lemos PA, et al. Higher intracoronary attenuation improves diagnostic accuracy in MDCT coronary angiography[J]. AJR, 2006, 187(2): 430-433.

[8] de Graaf FR, Schuijf JD, Joella E, et al. Diagnostic accuracy of 320-row multidetector computed tomography coronary angiography in the non-invasive evaluation of significant coronary artery disease [J]. Eur Heart J, 2010, 31(11): 1908-1915.

[9] Bae KT, Seeck BA, Hildebolt CF, et al. Contrast enhancement in cardiovascular MDCT: effect of body weight, height, body surface area, body mass index, and obesity[J]. AJR, 2008, 190(4): 777-784.

[10] Awai K, Hiraishi K, Hori S. Effect of contrast material injection duration and rate on aortic peak time and peak enhancement at dynamic CT involving injection protocol with dose tailored to patient weight[J]. Radiology, 2004, 230(1): 142-150.

[11] Gleeson TG, Bulugahapitiya S. Contrast-induced nephropathy [J]. AJR, 2004, 183(12): 1673-1689.

（收稿日期：2011-11-23 修回日期：2012-03-23）

《放射学实践》（英文稿）稿约

2009 年《放射学实践》再次入选北京大学图书馆和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》特种医学类核心期刊。

《放射学实践》是由国家教育部主管，华中科技大学同济医学院主办，与德国合办的全国性影像学学术期刊，由国内著名影像专家郭俊渊教授担任主编，创刊至今已 26 周年。本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向，关注国内外影像医学的新进展、新动态，全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果，受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库统计源期刊，在首届《中国学术期刊（光盘版）检索与评价数据规范》执行评优活动中，被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

2012 年始本刊拟在英文专栏刊发全英文文稿。

1. 文稿应具科学性、创新性、逻辑性，并有理论和实践意义。论点鲜明，资料可靠，数据准确，结论明确，文字简练，层次清楚，打印工整。

2. 本刊实行盲法审稿，来稿附上英文稿一份，中文对照稿两份（用小 4 号字、1.5 倍行距打印），文稿中不出现任何有关作者本人的信息。另纸打印一份中英文对照的文题、作者姓名、作者单位（应准确、规范、完整）及邮政编码。如系 2 个单位及以上者，则在作者姓名右上角排阿拉伯数字角码，按序将单位名称写于作者下方。并注明第一作者的性别，职称及第一作者或联系人的电话号码，E—mail 地址。

3. 来稿须经作者所在单位审核并附单位推荐信。推荐信应证明内容不涉及保密、署名无争议、未一稿两投等项。

4. 论著采用叙述式摘要。关键词一般 3～5 个，请采用最新版的 MeSH 词表（医学主题词注释字顺表）中的主题词。MeSH 词表中无该词时，方可用习用的自由词。使用缩略语时，应在文中首次出现处写明中、英文全称。

5. 表格采用三线表，表序按正文中出现的顺序连续编码。数据不多、栏目过繁、文字过多者均不宜列表。表内同一指标数字的有效位数应一致。

6. 线条图应另纸描绘，全图外廓以矩形为宜，高宽比例约为 5∶7，避免过于扁宽或狭长。照片图须清晰，像素高，层次分明，图题及图解说明清楚。

7. 参考文献必须以作者亲自阅读过的近年文献为主，并由作者对照原文核实（请作者在文章发表前提供 PubMed 等数据库的所含文献页面）。文献一般不少于 30 篇。内部刊物、未发表资料、私人通讯等勿作参考文献引用。参考文献的编号按照在正文中出现的先后顺序排列，用阿拉伯数字加方括号角注。并按引用的先后顺序排列于文末。

《放射学实践》编辑部