

· 低 kV 低浓度对比剂专题 ·

双源 CT 低碘浓度对比剂联合低 kV 和非迭代重建技术在冠状动脉 CTA 检查中的临床价值

陈凯, 刘忱, 赵汉青, 李皖陇, 孙晨曦, 周德兴, 朱虹静

【摘要】 目的:评价在不同碘浓度对比剂和不同管电压的条件下采用非迭代重建技术后冠状动脉 CTA 的图像质量,并探讨其临床价值。**方法:**选取解放军第九七医院 2014 年 5—10 月 50 例临床怀疑冠心病的患者,随机分为 A、B 两组,每组 25 例,A 组检查条件为管电压 120 kVp、对比剂碘浓度 370 mg I/mL;B 组为管电压 100 kVp、对比剂碘浓度 270 mg I/mL。对 2 组患者行冠状动脉 CTA 检查后,图像采用滤过反投影(FBP)法进行重建,分别测量及计算右冠状动脉(RCA)近段及左冠状动脉主干(LMA)的 CT 值、信噪比(SNR)、对比信噪比(CNR)、图像质量主观评分、CT 容积剂量指数(CT-DIvol)、剂量长度乘积(DLP)及有效辐射剂量(ED)。**结果:**2 组间 RCA 近段、LMA 管腔内 CT 值、SNR、CNR 及图像质量主观评分的差异均无统计学意义($P>0.05$),而 2 组间 CTDIvol、DLP 及 ED 比较 B 组均低于 A 组,有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**低碘浓度对比剂(270 mg I/mL)联合低 kV(100 kVp)通过非迭代重建技术仍可获得管电压 120 kVp 及对比剂碘浓度 370 mg I/mL 扫描条件下相同质量的图像,不仅可以满足诊断需要,还可以减低辐射剂量。

【关键词】 冠状动脉疾病;血管造影术;辐射剂量

【中图分类号】 R543.3; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)10-0997-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.10.006

Clinical application of double source computed tomography with low-voltage and low-iodine concentration contrast agent using non-iterative reconstruction in coronary artery CT angiography CHEN Kai, LIU Chen, ZHAO Han-qing, et al. Department of Radiology CT-room, Jiangsu 221004, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the image quality of different tube voltage with different iodine concentration contrast agent in coronary artery computed tomography angiography (CTA), and discuss its clinical value. **Methods:** Fifty patients underwent coronary artery CTA, and they were randomly assigned to 2 groups, Group A ($n=25$) was scanned using 120kVp and 370mg I/mL iodine concentration contrast agent, Group B ($n=25$) was scanned using 100kVp and 270mg I/mL iodine concentration contrast agent, images were reconstructed using filtered back projection (FBP). Then CT attenuation of two main branches (proximal RCA and LMA) of coronary artery, SNR, CNR, subjective scoring of image quality, volume CT dose index (CTDIvol), dose length product (DLP) and effective dose (ED) were measured and compared. **Results:** The coronary artery CT attenuation, SNR, CNR and subjective scoring of the two groups had no statistically significant differences (P value >0.05), but the CTDIvol, DLP and ED of the two groups were statistically different (P value <0.05), and the data of Group B were all lower than those of Group A. **Conclusion:** The coronary artery CTA using 100kVp with 270mg I/mL iodinated contrast agent can provide similar image quality as compared with CTA using 120kVp and 370mg I/mL with non-iterative reconstruction, thus enabling to reduce radiation dose without loss of diagnostic information.

【Key words】 Coronary artery disease; Angiography; Radiation dosage

随着 CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)技术的发展,冠状动脉 CTA 已经成为在心血管影像检查中无创检查的首选^[1]。因此冠状动脉 CTA 检查中产生的持续的电离辐射及因为碘对比剂的使用而导致的对比剂肾病越来越受关注,尤其是对于那些需要随访和观察疗效的患者,往往需要反复的进行检查,所以,在保证图像质量及信息满足临床诊断的情况下,要尽可能减低患者所接受的 CT 辐射剂量及发生对比剂肾病的风险^[2]。本研究旨在探讨低碘浓度对比剂联合低 kV 和非迭代重建技术的扫描方案

在冠状动脉 CTA 检查中的临床价值。

材料与方法

1. 临床资料

连续选取 2014 年 5—10 月临床拟诊为冠状动脉疾病而行冠状动脉 CTA 检查的患者 50 例。随机分为 A、B 组,每组 25 例,A 组扫描方案为管电压 120 kVp,对比剂采用碘普罗胺(370 mg I/mL,德国先灵拜耳药业);B 组扫描方案为管电压 100 kVp,对比剂采用碘克沙醇(威视派克 270 mg I/mL,美国通用电气药业)。所有患者检查前签署知情同意书。排除标准:①不能配合扫描;②碘对比剂过敏者;③肾功能不全、心

作者单位:221004 江苏,解放军第九七医院影像科 CT 室
作者简介:陈凯(1979—),男,江苏张家港人,硕士,主治医师,主要从事 CT 和 MRI 诊断工作。
通讯作者:赵汉青, E-mail:13852005991@163.com

律不齐及心功能不全;④有冠状动脉搭桥术及支架植入术史;⑤体重肥胖者(体重指数 BMI>25 kg/m²)。

2. 方法

扫描设备及参数:扫描采用德国 Siemens 双源 CT (Somatom Definition),扫描前舌下含服硝酸甘油 0.5 mg。患者取仰卧位,使用自动心电门控技术,扫描定位像后行冠状动脉钙化积分扫描,采用对比剂自动跟踪触发技术(bolus tracking),跟踪平面设定在升主动脉(主肺动脉窗水平),触发阈值为 100 HU,达到阈值后延迟 6s 后自动扫描。使用高压注射器,通过套管针经肘静脉注射对比剂,流速 5 mL/s,总量 80 mL,随后以相同流速追加注入生理盐水 40 mL。扫描螺距为 0.20~0.43,根据扫描时的心率变化自动调整,两套 X 线球管的管电压均为 120 或 100 kVp,电流调节使用四维智能在线剂量调控技术(CARE Dose 4D,西门子医疗系统),参考管电流分别为 320 和 440 mAs/周,探测器准直为 32 层×0.6 mm,层面采集厚度为 64 层×0.6 mm。以头足方向自气管分叉扫描至膈肌水平,扫描长度 13 cm,扫描时间约为 7~11 s,视野为 149~193 mm²。

图像分析:将最佳重建时相的薄层横断面图像传送至 Siemens 后处理工作站(Syngo MMWP VE32B),采用常规的滤过反投影(filtered back projection,FBP)重建技术,重建图像层厚为 0.75 mm,卷积核 b26f,间隔 0.5 mm。根据曹建新等^[3]测量方法,测量升主动脉根部管腔、右冠状动脉(right coronary artery,RCA)近段、左冠状动脉主干(left main coronary artery,LMA)管腔的 CT 值以及其邻近脂肪组织的 CT 值,划定感兴趣区(ROI)时尽量避开血管壁、钙化及斑块,同时将升主动脉根部 CT 值的标准差定义为噪声,将冠状动脉 CT 值与邻近脂肪组织 CT 值之差定义为对比度,并计算信噪比(signal-to-noise ratio,SNR),对比噪声比(contrast-to-noise ratio,CNR),SNR=冠状动脉 CT 值/噪声,CNR=冠状动脉对比度/噪声。检查后记录 CT 容积剂量指数(volume CT dose index,CTDIvol)及剂量长度乘积(dose length product,DLP),同时计算有效辐射剂量(effective dose,ED),ED=0.014×DLP^[4]。

由两名有 5 年以上心血管 CT 诊断经验的医师分别对冠状动脉的 CPR 和 VR 后处理图像进行主观评分,评分采用 3 分法:3 分为图像噪声小,冠状动脉管壁连续完整,无错层及运动伪影、斑块显示清楚,能清晰显示管腔情况;2 分为图像噪声偏大但可接受,管壁有轻微错层或运动伪影,斑块可显示;1 分为图像噪声大,管壁有明显错层或运动伪影,管腔及斑块显示不清。2 分或以上认为可满足诊断。

3. 统计学处理

所得数据采用 SPSS 18.0 软件进行处理,计量资料采用平均值±标准差表示,计数资料采用绝对数和百分比表示,两组间计量资料的比较采用独立样本 t 检验。主观评分比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

50 例患者中 A 组男 15 例、女 10 例;B 组男 12 例、女 13 例,2 组间性别差异无统计学意义($P>0.05$)。A 组年龄为 42~72 岁(58 ± 10),B 组年龄为 40~75 岁(56 ± 11),2 组间平均年龄差异无统计学意义($P>0.05$),A 组体重指数为(21.7 ± 1.4) kg/m²,B 组体重指数为(21.4 ± 1.6) kg/m²,2 组间体重指数差异无统计学意义($P>0.05$)。

2 组间的冠状动脉 CT 值、SNR、CNR 比较均无统计学意义($P>0.05$,表 1,图 1、2),A 组 RCA 近段、LMA 管腔内 CT 值分别为(370 ± 64)、(391 ± 77) HU,B 组 RCA 近段、LMA 管腔内 CT 值分别为(398 ± 83)、(405 ± 81) HU。A 组 RCA 近段、LMA 的 SNR 值分别为 4.8 ± 0.8 、 5.3 ± 1.1 ,B 组 RCA 近段、LMA 的 SNR 值分别为 5.2 ± 1.0 、 5.1 ± 1.0 。A 组 RCA 近段、LMA 的 CNR 值分别为 6.5 ± 0.6 、 6.1 ± 0.9 ,B 组 RCA 近段、LMA 的 CNR 值分别为 6.5 ± 1.1 、 6.5 ± 1.0 。

2 组间冠状动脉主干图像质量主观评分比较无统计学意义($P>0.05$)。而 2 组间 CTDIvol、DLP 及 ED 比较差异均有统计学意义(表 2):A 组 CTDIvol、DLP 及 ED 分别为(40.2 ± 4.8) mGy、(640.6 ± 71.4) mGy·cm、(8.9 ± 1.0) mSv,B 组 CTDIvol、DLP 及 ED 分别为(24.6 ± 7.7) mGy、(374.8 ± 109.3) mGy·cm、(5.2 ± 1.5) mSv,B 组 ED 明显低于 A 组。

表 1 不同扫描方案条件下冠状动脉的 CT 值、SNR 及 CNR 值比较

参数	A 组	B 组	统计值	P 值
CT 值(HU)				
RCA 近段	370±64	398±83	1.307	0.197
LMA	391±77	405±81	0.654	0.516
SNR				
RCA 近段	4.8±0.8	5.2±1.0	1.302	0.119
LMA	5.3±1.1	5.1±1.0	0.539	0.592
CNR				
RCA 近段	6.5±0.6	6.5±1.1	0.003	0.997
LMA	6.1±0.9	6.5±1.0	1.761	0.1085

表 2 2 组不同扫描方案条件下检查辐射剂量比较

参数	A 组	B 组	统计值	P 值
CTDIvol (mGy)	40.2±4.8	24.6±7.7	8.547	0.000
DLP(mGy·cm)	640.6±71.4	374.8±109.3	10.178	0.000
ED(mSv)	8.9±1.0	5.2±1.5	10.181	0.000

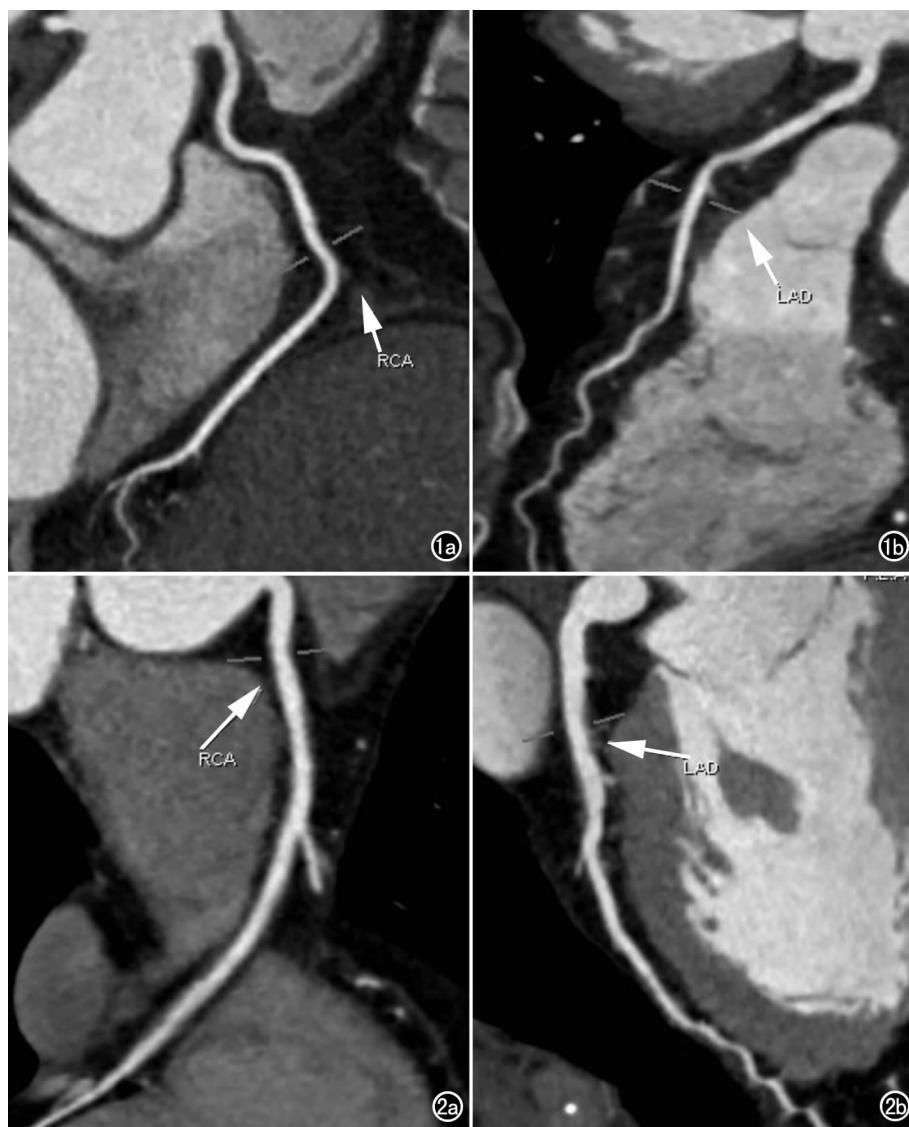


图 1 a) A 组扫描方案(管电压 120 kVp, 对比剂 370 mg I/mL)的右冠状动脉血管图像, 冠状动脉显示清晰, 管腔连续(箭); b) A 组扫描方案的左冠状动脉血管图像, 冠状动脉显示清晰, 无阶梯状伪影(箭)。 图 2 a) B 组扫描方案(管电压 100 kVp, 对比剂 270 mg I/mL)的右冠状动脉血管图像, 冠状动脉显示清晰, 噪声小; b) B 组扫描方案的左冠状动脉血管图像, 冠状动脉显示清晰, 图像质量主观评分为 3 分(箭)。

讨 论

随着冠状动脉 CTA 检查技术的应用, 由于具有更小创伤性、更高诊断准确性, 使得其成为在心血管影像检查中最有效的技术, 并随着诊断价值的提高成为无创检查的首选方法^[5]。一直以来, 选择合适的扫描技术既可以降低辐射剂量又可以保证图像质量是许多放射学工作者努力的方向。冠状动脉 CTA 检查中的辐射剂量与管电压、管电流、扫描长度及心电图脉冲窗的宽度等多种因素有关^[6], 其中辐射剂量与管电压的平方成正比, 因此在冠状动脉 CTA 检查中, 如何降低管电压在合适范围内成为减少辐射剂量的一个研究热点^[1,2]。另一方面, 在冠状动脉 CTA 检查中, 为了提

高血管的强化程度可以通过增加对比剂注射流率或使用高碘浓度对比剂, 但注射流率的提高会增加对比剂外渗的风险^[7], 而使用高碘浓度对比剂则可能导致对比剂肾病的发生, 对比剂肾病被认为是血管内注射对比剂后最严重的并发症之一, 是院内获得性急性肾功能损害的最常见原因之一^[8]。因此在检查中如果使用低碘浓度对比剂, 可以降低患者的肾脏碘负荷, 降低对比剂肾病发生的风险, 但是冠状动脉的强化程度会有所下降。

而进行低 kV 扫描时, X 线光子平均能量更接近碘的 k 缘, 康普顿散射减低, 冠状动脉与周围软组织对比度增大更为明显, 因此低 kV 扫描可以弥补使用低碘浓度对比剂带来的 CT 值不足的缺点^[7]。但是管电压的降低, 会使得 X 线平均能量减低, 致使穿过被照体到达探测器的 X 线光子数减少, 量子噪声成分增加, 图像噪声增大, 会影响诊断。

本研究中使用低碘浓度对比剂的同时, 降低管电压千伏值至 100 kVp, 可获得更高血管强化 CT 值, 虽然 A、B 组之间冠状动脉内 CT 值差异比较无统计学意义, 但是 B 组血管内 CT 值略高于 A 组, 同时 B 组的 ED 明显低于 A 组, 降低幅度可达约 40%。尽管降低管电压可导致噪声增大, 而本研究中 A、B 两组间的 SNR、CNR 及图像质量主观评分比较均无统计学意义, 可以说明图像噪声并没有影响图像的诊断信息, 在可接受范围内。

另外, 新近应用于临床的迭代重建算法是将获得的图像数据与基于统计的、考虑到光子和电子噪声的理想噪声模型进行比较, 去除噪声得到校正图像, 有学者采用低 kV 技术联合迭代重建可保持图像质量且降低辐射剂量^[7]。但是迭代重建技术应用尚不广泛, 本研究中重建方式仍然采用常规 FBP 重建方法, 选择了体重指数 (body mass index, BMI) < 25 kg/m² 的患者, B 组图像质量仍然与 A 组无明显差异, 可以满足诊断需要。

本研究的不足之处采用了较为严格的病例入选标

准,排除了体重指数 $BMI > 25 \text{ kg/m}^2$ 的患者,而体重指数却是影响图像质量的因素之一,将在今后的研究中将体重因素考虑进去。感兴趣区的选择仅为冠状动脉主干,未选择中远段冠状动脉。病例数较少。

综上所述,在冠状动脉 CTA 检查中采用非迭代重建算法对于体重指数 $BMI < 25 \text{ kg/m}^2$ 的患者,低碘浓度对比剂 270 mg I/mL 联合低管电压 100 kVp 仍然可以获得碘对比剂 370 mg I/mL 及管电压 120 kVp 扫描条件下相同质量的图像,能够满足诊断需要,同时减低辐射剂量。

参考文献:

- [1] Sabarudin A, Md Yusof AK, Tay MF, et al. Dual-source CT coronary angiography: effectiveness of radiation dose reduction with lower tube voltage[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2013, 153(4): 441-447.
- [2] Kanematsu M, Goshima S, Miyoshi T, et al. Whole-body CT angiography with low tube voltage and low-concentration contrast material to reduce radiation dose and iodine load[J]. AJR, 2014, 202(1): 106-116.

- [3] 曹建新,王鹏,王一民,等.低体质量指数患者双源 CT 低管电压冠状动脉成像的应用研究[J].中华放射学杂志,2013,47(5):452-457.
- [4] Stolzmann R, Scheffel H, Schertler T, et al. Radiation dose estimates in dual-source computed tomography coronary angiography[J]. Eur Radiol, 2008, 18(3): 592-599.
- [5] Feuchtner GM, Jodocy D, Klauser A, et al. Radiation dose reduction by using 100 kV tube voltage in cardiac 64-slice computed tomography: a comparative study[J]. Eur J Radiol, 2010, 75(1): 51-56.
- [6] 王一民,曹建新,杨诚,等.低管电压对双源 CT 冠状动脉成像图像质量和辐射剂量的影响[J].放射学实践,2010,25(9):999-1002.
- [7] 武永杰,郑敏文,赵宏亮,等.低浓度对比剂联合应用低 kV 和迭代重建技术的冠状动脉双源 CT 成像可行性[J].中华医学杂志,2014,94(29):2260-2263.
- [8] Heinrich MC, Haberle L, Muller V, et al. Nephrotoxicity of iso-osmolar iodixanol compared with nonionic low-osmolar contrast media: meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Radiology, 2009, 250(1): 68-86.

(收稿日期:2015-07-21)

《放射学实践》(英文稿)稿约

《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,创刊至今已 31 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核心期刊、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