

陈宏才, 鲁锦国, 彭万宏, 等. 双源 CT 低管电压冠状动脉成像对冠状动脉狭窄的诊断[J]. CT 理论与应用研究, 2014, 23(3): 371-377.

Chen HC, Lu JG, Peng WH, et al. Diagnosis of coronary luminal stenosis in dual-source CT coronary angiography using low-tube-voltage[J]. CT Theory and Applications, 2014, 23(3): 371-377.

双源 CT 低管电压冠状动脉成像 对冠状动脉狭窄的诊断

陈宏才¹, 鲁锦国², 彭万宏³, 席仁刚^{3✉}

1. 湖北省武汉市东西湖区人民医院放射科, 武汉 430040

2. 武汉亚洲心脏病医院心内科, 武汉 430022

3. 湖北省新华医院放射科, 武汉 430015

摘要: 目的: 与常规冠状动脉造影 (CAG) 作对照, 探讨低管电压 CT 冠状动脉成像 (CTCA) 诊断冠状动脉狭窄的价值。方法: 52 例疑似冠状动脉疾病的患者行双源 CTCA 及 CAG 检查, 将 CTCA 与 CAG 诊断结果进行对照。评价两种检查方法对冠状动脉狭窄诊断的一致性, 并评估双源 CTCA 诊断冠状动脉明显狭窄 ($\geq 50\%$) 的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及诊断准确性。结果: CTCA 与 CAG 诊断冠状动脉狭窄的一致性好 (kappa 值 = 0.839)。以冠状动脉分支为单位时, CTCA 诊断冠状动脉明显狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及诊断准确性分别为 97.2%、95.2%、89.1%、97.6% 和 96.2%; 以冠状动脉节段为单位时, 相应的值分别为 98.1%、96.3%、92.7%、99.0% 和 96.8%。结论: 低管电压双源 CTCA 诊断冠状动脉狭窄临床价值高, 值得应用推广。

关键词: 冠状血管; 体层摄影术; X 线计算机; 管电压; 血管造影术

文章编号: 1004-4140 (2014) 03-0371-07 中图分类号: R814 文献标志码: A

CT 冠状动脉成像 (CT Coronary Angiography, CTCA) 目前已广泛用于冠状动脉疾病的筛查, 但常规 CTCA 检查的高辐射剂量已被人们所关注。在未使用迭代算法时, 低管电压技术是目前降低 CTCA 辐射剂量的一种重要方法^[1-3]。近年来国内用 100 kV 做 CTCA 的文献并不少, 尤其是 100 kV 和 120 kV 两种管电压扫描的对照研究, 但对低电压检出的冠脉狭窄与冠脉造影的狭窄进行对照研究的文章不多。

本研究的目的是以传统的冠状动脉造影 (Conventional Coronary Angiography, CAG) 为金标准, 探讨 100 kV 管电压模式下双源 CTCA 诊断冠状动脉狭窄的准确性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

连续选取 2010 年 3 月~2010 年 7 月间因怀疑冠状动脉疾病而行 CTCA 及 CAG 检查的患

收稿日期: 2013-11-08。

者 52 例，入选标准：

- (1) CTCA 与 CAG 检查的间隔时间在 1 月之内；
- (2) 体质量指数 $< 28.0 \text{ kg/m}^2$ 且体质量 $\leq 85 \text{ kg}$ ；
- (3) 冠状动脉钙化积分 < 400 。

排除标准为：碘对比剂过敏、肾功能异常及严重心律不齐。52 例中，男 28 例，女 24 例，年龄 45~78 岁，平均年龄 (61.2 ± 9.7) 岁，心率 45~95 次/min，平均值 (68.4 ± 9.8) 次/min，其中有心绞痛病史 22 例，高血压 40 例，糖尿病患者 15 例，高血脂 18 例，有吸烟史患者 26 例，冠状动脉钙化积分 0~389.5，平均值 146.2 ± 98.1 。所有患者检查前均告之 CTCA 及 CAG 风险，知情后签署知情同意书。

1.2 设备与方法

CT 扫描设备为德国 Siemens 双源 CT (Somatom Definition)。扫描前 3 min 舌下含服硝酸甘油 0.5 mg，对于心率大于 100 次/min 者，检查前 1 小时口服降心率药物（倍他乐克）50 mg。经右肘静脉注射对比剂碘海醇 (350 mgI/mL)，流率 $4.0 \sim 5.5 \text{ mL/s}$ (根据患者体质量调整)。扫描范围为气管隆突下至膈下 1 cm。管电压 100 kV，采用管电流实时动态剂量曝光调节，参考管电流 410 mAs/转，螺距 $0.20 \sim 0.45$ ，曝光时间窗选取 R-R 间期的 32%~78%。图像层厚 0.75 mm，卷积核 b26f。并将横断面图像传送至后处理工作站 (Syngommvvp VE31A)，运用容积再现、最大密度投影法和曲面重组完成各冠状动脉图像的重组。

图像质量主观评分分为 3 个等级：

- (1) 优秀，噪声合理 ($< 30 \text{ Hu}$)，血管无运动伪影及错层，管壁及斑块显示清晰，对比剂充盈良好；
- (2) 良好，管腔有轻度运动伪影或错层，或对比剂充盈尚可，或噪声稍大 (在 $30 \sim 40 \text{ Hu}$ 之间)，但均不影响诊断；
- (3) 差，冠状动脉有明显运动伪影或错层，或噪声大 ($> 40 \text{ Hu}$) 对图像影响大或管腔内对比剂充盈太差，无法用于诊断^[1]。

采用飞利浦血管造影机 (Interis Allura Monoplane)，经股动脉或桡动脉穿刺插入 6F 或 5F 的导管行 CAG 检查，对比剂为碘海醇 (350 mgI/mL)。右冠状动脉造影时使用 2~3 个方位进行投照，左冠状动脉造影则使用 4~6 方位进行投照。

1.3 CTCA 和 CAG 的对照分析

由两名 4~5 年心血管 CT 工作经验的高年资医师和两名 6 年以上工作经验的心血管造影医师均采用双盲法分别评价 CTCA 及 CAG 图像上冠状动脉的狭窄程度。评价的冠状动脉共 13 个节段，分别为：右冠状动脉，左前降支和左回旋支的近、中、远段，左主干，后降支、第 1 对角支和第 1 钝缘支。CTCA 中图像质量差的节段不与 CAG 行对照分析。

狭窄程度分析采用目测直径法，将冠状动脉狭窄程度划分为以下 5 个等级：

- (1) 无狭窄；
- (2) 轻度狭窄，狭窄率 $< 50\%$ ；
- (3) 中度狭窄，狭窄率 $\geq 50\%$ ，但 $< 75\%$ ；
- (4) 重度狭窄，狭窄率 $\geq 75\%$ ，但 $< 100\%$ ；

(5) 完全闭塞。将狭窄率 $\geq 50\%$ 的狭窄视为冠状动脉明显狭窄。

CTCA 和 CAG 不一致的诊断，由两名 CT 医师或两名造影医师再次协商诊断结果。将 CAG 作为参考标准，分别以冠状动脉分支和节段为单位时，对 CTCA 诊断冠状动脉明显狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及诊断准确性进行评估。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 15.0 软件进行统计学处理。CTCA 与 CAG 诊断冠状动脉狭窄程度的一致性分析采用 Kappa 检验，其中 Kappa 值 > 0.7 认为一致性好， $0.4 \sim 0.7$ 认为一致性一般， < 0.4 认为一致性差。

2 结果

2.1 CTCA 的图像质量及冠状动脉粥样硬化病变情况

所有患者均完成检查，纳入评价的冠状动脉总节段数为 648 个。其中图像质量优秀、良好和差的冠状动脉节段数目分别为 409、225 和 14 个，可评价的冠状动脉节段数目为 634 个，占 97.8% (634/648)。52 例中，经 CAG 证实累及单支、两支和三支冠状动脉病变的病例数目分别为 18 例、17 例和 11 例，左主干合并单支病变 2 例，左主干合并两支病变 2 例，2 例 CAG 结果正常。

2.2 CTCA 与 CAG 诊断冠状动脉狭窄比较

634 个 CTCA 图像上可评价的节段中，CTCA 诊断闭塞、重度狭窄、中度狭窄、轻度狭窄和无狭窄的节段数目分别为 1、73、145、59 和 356 个；CAG 诊断闭塞、重度狭窄、中度狭窄、轻度狭窄及无狭窄的节段数目分别为 1、71、135、65 和 362 个。CTCA 与 CAG 诊断冠状动脉狭窄的一致性好 (Kappa = 0.839) (图 1、图 2)，两种检查方法对冠状动脉狭窄程度分级对照的具体情况见表 1。

表 1 CTCA 与 CAG 对冠状动脉狭窄程度分级对照
Table 1 The comparison of degree of coronary stenosis between CTCA and CAG

CTCA	CAG					合计
	闭塞	重度狭窄	中度狭窄	轻度狭窄	无狭窄	
闭塞	1	0	0	0	0	1
重度狭窄	0	60	13	0	0	73
中度狭窄	0	11	118	14	2	145
轻度狭窄	0	0	4	44	11	59
无狭窄	0	0	0	7	349	356
合计	1	71	135	65	362	634

以 CAG 为金标准，并以冠状动脉分支为评价单位时，CTCA 诊断冠状动脉明显狭窄（狭窄率 $\geq 50\%$ ）的真阳性、真阴性、假阳性和假阴性的分支数目分别为 70、80、4 和 2 支；以冠状动脉节段为评价单位时，CTCA 诊断明显狭窄的真阳性、真阴性、假阳性和假阴性的节段数目分别为 203、411、16 和 4 个。各项诊断预测值见表 2。

表 2 CTCA 诊断冠状动脉明显狭窄的预测值
Table 2 The predictive values of significant coronary stenosis diagnosis in CTCA

	敏感性/%	特异性/%	阳性预测值/%	阴性预测值/%	准确性/%
基于分支	97.2 (70/72)	95.2 (80/84)	89.1 (70/74)	97.6 (80/82)	96.2 (150/156)
基于节段	98.1 (203/207)	96.3 (411/427)	92.7 (203/219)	99.0 (411/415)	96.8 (614/634)

2.3 CTCA 对冠状动脉狭窄的主要误诊原因

造成 CTCA 误估冠状动脉管腔狭窄程度的主要原因是运动伪影和钙化，其次是错层伪影和对比剂充盈差。CTCA 上，40 个高估了狭窄程度的冠状动脉节段中，有 15 个和 12 节段分别与运动伪影和钙化有关，2 个节段与管腔错层伪影有关，1 个节段与管腔内对比剂充盈差有关，6 个节段与 CTCA 与 CAG 观察角度不完全一致有关；22 个低估管腔狭窄程度的节段中，有 16 个节段与冠状动脉钙化有关，6 个节段与 CTCA 与 CAG 观察角度不完全一致有关。



图 1 同一患者左前降支近段中度狭窄（箭头）

Fig. 1 The same patient with moderate stenosis in the proximal left anterior descending branch (arrow)



图 2 同一患者右冠状动脉中段管腔中度狭窄（箭头）

Fig. 2 The same patient with moderate stenosis in the middle segment of right coronary artery (arrow)

3 讨论

随着人们对高辐射剂量致癌风险的广泛关注和认识^[4], 已开始采用合适的方法降低CT检查的辐射剂量, 目前降低CTCA辐射剂量的方法有多种: 如未采用迭代算法的低管电压技术, 前瞻性心电门控技术和心电脉冲窗调整等^[1-8]。前瞻性心电门控技术及回顾性心电门控下心电脉冲窗调整技术均与患者的心率和心律密切相关, 需要操作者对CTCA技术熟练掌握, 否则会有检查失败的风险^[5-8]。而降低管电压对患者心率和心律关系不大, 实际操作容易。研究发现: 在使用低管电压的情况下, 不仅辐射剂量明显下降, 而且因光电效应增强使血管的强化程度明显增加, 从而减少对比剂的使用量^[1], 这亦有助于降低对比剂的不良反应的发生率。

体质量指数 $\geq 28.0 \text{ kg/m}^2$ 或冠状动脉钙化积分 ≥ 400 的患者均不属本研究范围, 因为前者在使用降低管电压的情况下可能导致图像噪声过大, 以至于影响CTCA的图像质量及诊断准确性; 后者则是因为严重的钙化对120 kV模式CTCA诊断冠状动脉狭窄会有影响^[7-8], 而再降低管电压将会使管腔的狭窄程度更加难以判断。

既往有研究显示^[8, 10-12]: 在120 kV管电压模式下, 以冠状动脉分支及节段为评价单位, 采用双源CT时, CTCA诊断冠状动脉明显狭窄的敏感性为88%~100%, 特异性为88%~99%, 阳性预测值为78%~100%, 阴性预测值为98%~100%。

本研究中采用了用低管电压模式, 以冠状动脉分支和节段为单位时, CTCA诊断冠状动脉明显狭窄的各项指标均与双源CT机上120 kV管电压模式下行CTCA的研究结果基本一致。本研究中, CTCA与CAG诊断冠状动脉狭窄程度的一致性好, 其Kappa值为0.839, 且CTCA诊断冠状动脉明显狭窄的各项预测值均高, 表明采用100 kV管电压时, CTCA对冠状动脉狭窄的评价具有很高的应用价值。

两种方法对部分冠状动脉节段狭窄程度判断不一致的原因除了钙化及运动伪影外, 考虑还可能与检查手段有关。CAG主要观察的是管腔狭窄程度, 而CTCA可同时观察管壁及管腔情况。当冠状动脉出现了较明显的粥样硬化斑块, CTCA可显示管壁的明显增厚(向心性或偏心性), 在此基础上出现了管腔的明显狭窄。而CAG是管腔成像, 对管壁的增厚不敏感, 如果为偏心性斑块, CAG对管腔狭窄的评价有可能存在误差, 这样有可能会出现两者结果的不相符。

综上所述, 低管电压模式下的, 双源CTCA对诊断冠状动脉狭窄具有很好的临床价值, 值得应用推广。

参考文献

- [1] 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.
Cao JX, Wang P, Wang YM, et al. Study of dual-source CT coronary angiography using low tube voltage setting in patients with low body mass index[J]. Chinese Journal Radiology, 2013, 47(5):452-457.
- [2] Pflederer T, Rudofsky L, Ropers D, et al. Image quality in a low radiation exposure protocol for retrospectively ECG-gated coronary CT angiography[J]. American Journal of Roentgenology, 2009, 192(4): 1045-1050.

- [3] 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.
Wang YM, Cao JX, Yang C, et al. The effect of low tube voltage on image quality and radiation dose with dual-source coronary CT angiography[J]. Radiologic Practice, 2010, 25(9): 999–1002.
- [4] Mayo JR, Leipsic JA. Radiation dose in cardiac CT[J]. American Journal of Roentgenology, 2009, 192(3): 646–653.
- [5] 徐磊, 晏子旭, 张兆琪. 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.
Xu L, Yan ZX, Zhang ZQ. Low dose CT coronary angiography with prospective electrocardiogram-triggering using dual-source CT scanner[J]. Chinese Journal Radiology, 2009, 43(7): 700–703.
- [6] 曹建新, 王一民, 杨诚, 等. 最佳心电脉冲窗技术在双源 CT 冠状动脉成像中的应用[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(11): 2191–2194.
Cao JX, Wang YM, Yang C, et al. Application of optimum ECG-pulsing windows in retrospective ECG-gate dual-source CT coronary angiography[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2010, 26(11): 2191–2194.
- [7] Weustink AC, Mollet NR, Neefjes LA, et al. Preserved diagnostic performance if dual-source CT coronary angiography with reduced radiation exposure and cancer risk[J]. Radiology, 2009, 252(1): 53–60.
- [8] 胡永胜, 何新华, 付璇, 等. 中低心率患者在双源 CT 低管电压冠状动脉成像中的图像质量及辐射剂量[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(3): 279–283.
Hu YS, He XH, Fu X, et al. Dual-source CT coronary angiography in patients with medium and low heart rate: Image quality and radiation doses at a low tube voltage[J]. Chinese Journal Radiology, 2011, 45(3): 279–283.
- [9] Stolzmann P, Scheffel H, Leschka S, et al. Influence of calcifications on diagnostic accuracy of coronary CT angiography using prospective ECG triggering[J]. American Journal of Roentgenology, 2008, 191(6): 1684–1689.
- [10] 王明亮, 董光, 耿海, 等. 双源 CT 冠状动脉成像与冠状动脉造影对照的初步研究[J]. 中国医学影像技术, 2008, 24(6): 881–884.
Wang ML, Dong G, Geng H, et al. Comparative study between dual source CT coronary angiography and conventional coronary angiography: Initial experience[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2008, 24(6): 881–884.
- [11] Rixe J, Rolf A, Conradi G, et al. Detection of relevant coronary artery disease using dual-source computed tomography in a high probability patient series: Comparison with invasive angiography[J]. Circulation Journal, 2009, 73(2): 316–322.
- [12] Johnson TR, Nikolaou K, Busch S, et al. Diagnostic accuracy of dual-source computed tomography in the diagnosis of coronary artery disease[J]. Investigative Radiology, 2007, 42(10): 684–691.

Diagnosis of Coronary Luminal Stenosis in Dual-source CT Coronary Angiography Using Low-tube-voltage

CHEN Hong-cai¹, LU Jin-guo², PENG Wan-hong³, XI Ren-gang^{3✉}

1. Department of Radiology, Wuhan Dongxihu District Hospital, Wuhan 430040, China

2. Department of Cardiology, Wuhan Asian Heart Hospital, Wuhan 430022, China

3. Department of Radiology, Hubei Province Xinhua Hospital, Wuhan 430015, China

Abstract: Objective: To evaluate value of low-tube-voltage dual-source computed tomographic coronary angiography (CTCA) for diagnosis of coronary luminal stenosis in comparison with conventional coronary angiography (CAG). Methods: 52 patients who suspected for coronary disease underwent dual-source CTCA and CAG examinations. The agreement between the CTCA and CAG in assessing the coronary luminal stenosis was assessed. Sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV) and accuracy for significant stenosis in CTCA (>50%) were also assessed. Result: The agreement between the CTCA and CAG in assessing coronary luminal stenosis was good (kappa value = 0.839). The sensitivity, specificity, PPV, NPV and accuracy for significant coronary luminal stenosis based on coronary branch were 97.2%, 95.2%, 89.1%, 97.6% and 96.2%, respectively, and the sensitivity, specificity, PPV, NPV and accuracy for significant coronary luminal stenosis based on coronary segment were 98.1%, 96.3%, 92.7%, 99.0% and 96.8%, respectively. Conclusion: There is a good value in diagnosis of coronary luminal stenosis in CTCA with low-tube-voltage setting, which is worth to application and generalization.

Key words: coronary vessel; tomography; X-ray computed; tube voltage; angiography



作者简介: 陈宏才 (1975—), 男, 湖北省武汉市东西湖区人民医院放射科主治医师, 主要 CT 与 MR 诊断工作, Tel: 15308620206, E-mail: 2358246508@qq.com; 席仁刚✉ (1979—), 男, 湖北省新华医院放射科主治医师, 主要从事放影像诊断及医院管理工作, Tel: 13377897268, E-mail: 75353345@qq.com。