

双源 CT 前瞻性心电门控低剂量扫描对 PCI 术后胸痛的诊断价值

罗光华, 周 宏, 刘文洪, 赵 衡  
( 南华大学附属第一医院放射科, 湖南省衡阳市 421001 )

[关键词] DSCT; 冠状动脉造影; 经皮冠状动脉介入术; 胸痛  
[摘 要] 目的 探讨双源 CT 前瞻性心电门控低剂量扫描技术(DSCT)对经皮冠状动脉介入术(PCI)后胸痛患者的诊断价值。方法 选取本院2014年7月至2015年6月就诊的84例PCI术后胸痛患者进行心胸联合DSCT扫描,并有2位资深的放射科医师对患者的冠状动脉实施靶重组,同时对图像质量进行评价,作出诊断。所有患者在DSCT扫描后的2周内均行冠状动脉造影术(CAG)。以CAG结果为“金标准”,评估DSCT诊断PCI术后胸痛患者冠状动脉狭窄的特异性、敏感性、阴性预测值和阳性预测值。采用Kappa检验评估两种检查对冠状动脉狭窄评估的一致性。结果 DSCT诊断PCI术后胸痛患者冠状动脉狭窄的特异性、敏感性、阴性预测值和阳性预测值分别为85.5%、96.6%、94.6%、90.4%。DSCT与CAG诊断冠状动脉狭窄程度具有高度一致性(Kappa值=0.858)。DSCT的有效辐射剂量为4.67±0.87 mSv。结论 对PCI术后胸痛患者行DSCT冠状动脉成像能获取高质量的图像,评价冠状动脉狭窄程度准确,辐射剂量较低,值得临床推广。  
[中图分类号] R814 [文献标识码] A

Diagnostic Value of Dual-source CT Prospective Electrocardiographic Gated Low Dose Scan for Patients with Chest Pain After Percutaneous Coronary Intervention

LUO Guang-Hua, ZHOU Hong, LIU Wen-Hong, and ZHAO Heng  
(Department of Radiology, the First Affiliated Hospital, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

[KEY WORDS] DSCT; Coronary Angiography; Percutaneous Coronary Intervention; Chest Pain  
[ABSTRACT] Aim To investigate the diagnostic value of dual-source CT prospective electrocardiographic gated low dose scan technology (DSCT) for patients with chest pain after percutaneous coronary intervention (PCI). Methods 84 patients with chest pain following PCI underwent DSCT from July 2014 to June 2015 in our hospital. Two independent experienced radiologists evaluated the image quality, and the images were target reconstructed on coronary arteries. All patients underwent coronary angiography (CAG) within 2 weeks after DSCT scan. CAG results were as the “gold standard”, and the specificity, sensitivity, negative predictive value and positive predictive value of DSCT were assessed for diagnosing coronary artery stenosis in patients with chest pain after PCI. Kappa test was used for comparison between DSCT and CAG in diagnosis consistency of coronary artery stenosis degree. Results The specificity, sensitivity, negative predictive value and positive predictive value of DSCT for diagnosing coronary artery stenosis were 85.5%, 96.6%, 94.6%, 90.4%. DSCT and CAG were highly consistent in the diagnosis of coronary artery stenosis degree (Kappa value = 0.858). The effective radiation dose of DSCT was 4.67±0.87 mSv. Conclusions DSCT coronary angiography is able to obtain high quality images in patients with chest pain after PCI. It is accurate to evaluate the degree of coronary artery stenosis, radiation dose is low, and it is worthy of clinical spread.

经皮冠状动脉介入术(percutaneous coronary intervention,PCI)后胸痛是临床上常见的症状,往往需排除支架内狭窄、冠状动脉狭窄病变加重或冠状动脉新发病变。临床上常规冠状动脉造影(coronary

[收稿日期] 2015-12-03 [修回日期] 2016-01-03  
[基金项目] 湖南省卫生厅科研基金支持项目(B2012-051)  
[作者简介] 罗光华,大学本科,副主任医师,从事影像诊断研究工作,E-mail 为 hyluoguanguhua@163.com。通讯作者周宏,在读博士研究生,主治医师,从事影像诊断研究工作,E-mail 为 zhouhong@msn.cn。刘文洪,大学本科,主治医师,从事影像诊断研究工作,E-mail 为 77002861@qq.com。

angiography, CAG) 术是目前诊断冠状动脉狭窄的“金标准”,但是应用此技术以排除冠状动脉狭窄病变往往给这类患者造成创伤性,并且其高风险也不易被患者所接受。虽然还有心肌血清标记物、心电图反复检查或心肌灌注等无创措施目前广泛应用于急性心肌梗死的诊断和鉴别诊断<sup>[1]</sup>,但是除了心肌梗死外,尚存在其他一些危急的疾病如主动脉夹层、肺栓塞,通常会被上述的无创检查漏诊<sup>[2]</sup>。近年来,随着 CT 技术的快速发展,多排螺旋 CT 以其无创、快速、多种重建方法和高空间分辨力等优势,逐渐在临床中被应用于胸痛患者的诊断<sup>[3-6]</sup>。目前 CT-CAG 已逐渐作为冠状动脉疾病患者可靠而无创的检查手段<sup>[7-8]</sup>。既往的研究通常采用回顾性心电图门控技术进行心胸联合扫描,但是其常伴随着较高的辐射剂量<sup>[9]</sup>;而应用前瞻性序列扫描由于扫描窗窄可以有效降低扫描辐射剂量。本研究旨在应用双源 CT 前瞻性心电图门控低剂量扫描(dual-source CT prospective electrocardiographic gated low dose scan, DSCT) 检查 PCI 术后胸痛患者,并且与 CAG 对冠状动脉狭窄程度评价准确性进行对比,以评估 DSCT 技术对 PCI 术后胸痛患者行冠状动脉成像的可行性和可靠性,扩展 DSCT 在临床中的应用范围。

## 1 资料与方法

### 1.1 基本资料

收集本院 2014 年 7 月至 2015 年 6 月以胸痛为主要临床表现行心胸联合扫描的患者。入选标准:心率少于 75 次/分,心率的波动在每分钟 $\pm 5$  次;体质指数  $20 \sim 24 \text{ kg/m}^2$ ;曾经接受过 PCI 治疗。排除标准:心律不规则;不能配合呼吸屏气;严重的肝肾功能不全;对造影剂过敏;孕妇或不能排除的妊娠。所有患者在 DSCT 检查 2 周后行 CAG 检查。共入选 84 例患者,男性 44 例,女性 40 例,年龄  $43 \sim 75$  岁,平均  $63 \pm 10$  岁。入选患者均予以告知 DSCT 和 CAG 术的风险及其并发症,其完全知情后均签署知情同意书和自愿协议。

### 1.2 检查方法

应用 Siemens 第二代双源 CT(Somatom Definition)扫描仪。在检查前对所有患者行碘过敏试验,同时严格训练患者的屏气。在扫描前患者服用  $0.5 \text{ mg}$  硝酸甘油片。应用机器自带的胸痛扫描参数对心脏和胸部血管进行扫描。应用 Optivantage 高压双筒注射器经肘静脉注射非离子型碘对比剂,注射流速为  $4.5 \sim 5.0 \text{ mL/s}$ ,总剂量为  $70 \sim 80 \text{ mL}$ ,然后以

相同的流速注入  $30 \text{ mL}$  生理盐水。扫描的范围从胸廓入口到肝脏上缘,使用正常胸部非门控屏气扫描胸廓入口到气管分叉处。使用前瞻性心电图门控屏气扫描气管分叉到肝脏上缘。扫描参数设置如下:有效层厚  $0.75 \text{ mm}$ ,准直  $0.6 \text{ mm}$ ,重组间隔  $0.5 \text{ mm}$ ,管电压  $100 \text{ kV}$ ,管电流  $161 \sim 310 \text{ mA}$ ,参考管电流  $320 \text{ mA}$ ;扫描数据时采集的时相选择  $70\% \text{ R-R}$  间期,心电图的脉冲窗设置为  $62\% \sim 78\%$ 。在扫描完成后对计算机生成的容积 CT 剂量指数(CTDIvol)和放射剂量长度乘积(DLP)进行记录。有效放射剂量的计算公式如下:有效放射剂量=放射剂量长度乘积(DLP)×转换因子(K),转换因子(K)= $0.017 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})$ 。

采用 GE Innova 3100 数字平板式血管造影机进行 CAG 术。应用 25 帧/秒采集数字减影图像存储。从桡动脉或股动脉入路,对左右冠状动脉进行造影;碘造影剂用量每次约  $8 \sim 10 \text{ mL}$ 。

### 1.3 图像后处理和评价方法

容积再现、多平面重组、最大密度投影和曲面重组均采用西门子双源 CT 的 Inspace 和 Circulation 软件进行分析。由 2 名资深的放射科医师对主动脉、肺动脉和冠状动脉进行处理分析,并作出诊断。冠状动脉的重组卷积核选择 B26f,按照心率选定的 R-R 间期每隔  $2\%$  对冠状动脉数据进行重组,并选择最佳的时相重组冠状动脉。主动脉和肺动脉的重组卷积核选用 B30f。根据美国心脏协会标准将冠状动脉分为 15 段。应用 4 分法对图像质量进行评估。 $1 \sim 2$  分为优良图像, $3$  分以下为能够诊断的图像。由 2 名放射科医师应用双盲法分析图像并作出质量评分,若发生意见分歧,则共同商议决定最后结果。

DSCT 冠状动脉狭窄的评估<sup>[4]</sup>:由 2 名放射科医师采用双盲法计算冠状动脉狭窄程度。狭窄程度(%)=病变段最狭窄处直径/(狭窄冠状动脉近远端正常血管直径之和/2)×100%。CAG 中冠状动脉狭窄评估:采用目测直径的方法进行评价。冠状动脉狭窄的评估标准如下:轻度狭窄: $<50\%$ ,中度狭窄: $51\% \sim 75\%$ ,重度狭窄: $76\% \sim 99\%$ ,闭塞: $99\%$  以上;冠状动脉狭窄 $>50\%$ 均为阳性特征。

### 1.4 统计学处理

应用 SPSS 17.0 和 Excel 2007 软件对所采集的数据进行统计学分析。采用 Kappa 检验评价 DSCT 与 CAG 诊断冠状动脉狭窄程度的一致性,Kappa 值 $>0$  表示有意义,且 Kappa 值越大,说明一致性越好,Kappa 值 $\geq 0.75$  表示一致性好,Kappa 值 $<0.4$  说明一致性不够理想。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结 果

### 2.1 入选患者的基本资料

记录本研究所选 84 例患者的基本资料,主要包括:年龄,体重,冠心病高危因素(糖尿病、高血压病、高血脂和吸烟史)(表 1)。

表 1. 入选患者的基本资料( $n=84$ )

Table 1. Basic data of all research patients ( $n=84$ )

基本情况	数值
年龄(岁)	63±10
男性(例)	44(52.3%)
体质指数(kg/m <sup>2</sup> )	23.7±2.7
陈旧性心肌梗死(例)	7(8.3%)
高血压病(例)	40(47.6%)
糖尿病(例)	17(20.2%)
高血脂病(例)	34(39.3%)
吸烟史(例)	41(48.8%)
冠心病家族史(例)	25(29.8%)
碘试剂的用量(mL)	66.2±2.8
基础心率(次/分)	70.2±10.5
冠状动脉钙化的积分	252.5±183.2

### 2.2 DSCT 冠状动脉血管节段的可评价率

84 例入选患者,共有 1152 个冠状动脉节段可供评价,能够满足诊断需要的冠状动脉节段为 1101 个,可评价率是 95.6%。有 51 个冠状动脉节段不能满足管腔评价,其原因包括冠状动脉严重钙化(25 个),呼吸运动(9 个),血管闭塞后显示不清(17 个)。从冠状动脉分支血管来看,左主干的可评价率最高,而回旋支可评价率最差(表 2)。

### 2.3 DSCT 评估冠状动脉狭窄的准确性

在 84 例入选患者中能够满足诊断需要的冠状动

脉节段为 1101 个,按照 CAG 检查“金标准”646 个冠状动脉节段发生狭窄,DSCT 检查 690 个冠状动脉节段发生狭窄。以 CAG 的结果作对照,DSCT 诊断冠状动脉狭窄的特异性、敏感性、阴性预测值和阳性预测值分别为 85.5%、96.6%、94.6%、90.4%。

DSCT 与 CAG 诊断冠状动脉狭窄程度的一致性检验 Kappa 值为 0.858, Kappa 值大于 0.75,  $P<0.05$ ,说明 DSCT 与 CAG 诊断冠状动脉狭窄程度具有高度一致性(表 3)。

表 2. DSCT 冠状动脉节段的可评价率

Table 2. Evaluable rate of coronary segments by DSCT

冠状动脉	可评价率
右冠状动脉	96.5%(307/318)
左主干	100.0%(62/62)
前降支	94.5%(426/451)
回旋支	94.1%(302/341)

表 3. DSCT 评估冠状动脉狭窄的准确性(节段数)

Table 3. The accuracy of coronary artery stenosis assessed by DSCT( segments )

DSCT 结果	CAG 结果		合计
	冠状动脉狭窄	冠状动脉无狭窄	
冠状动脉狭窄	624	66	690
冠状动脉无狭窄	22	389	411
合 计	646	455	1101

### 2.4 DSCT 冠状动脉图像评分和有效辐射剂量

DSCT 冠状动脉图像评分是 1 分和 2 分者占 92.3%,图像平均评分是 1.68±0.43,患者接受的有效辐射剂量为 4.67±0.87 mSv,平均 GTDIvol 为 18.54±5.67 mGy。图 1 为代表性的 DSCT 冠状动脉图像和 CAG 图像。



图 1. 代表性的 DSCT 冠状动脉图像和 CAG 图像 患者男,50 岁,冠状动脉图像质量评分为 2 分,显示前降支重度狭窄。左图为冠状动脉 CAG,显示狭窄部位为前降支;中图、右图为 DSCT,显示狭窄部位、狭窄程度与 CAG 相吻合。

Figure 1. Representative coronary images detected by DSCT and CAG



### 3 讨 论

PCI 术后胸痛是临床中常见的症状,据长期随访发现其发生率高达 50%。PCI 术后胸痛主要原因可分为缺血性和非缺血性,缺血性胸痛常见于分支血管闭塞、非完全血运重建、慢血流或无复流、支架血栓形成等;非缺血原因胸痛则见于情感与心理因素、支架牵张,极少数患者对药物支架过敏,以及由其他系统疾病所引起。因此通过检测患者冠状动脉狭窄程度能基本辨别 PCI 术后胸痛的原因及程度<sup>[10]</sup>。临床实践证实,冠状动脉支架植入术临床疗效要优于冠状动脉球囊扩张术,因此目前临床 PCI 技术主要采用冠状动脉支架植入术。同时目前已公认,引起 PCI 术后胸痛的冠状动脉改变大多是支架植入部位的急性或慢性再狭窄所致。在临床指南中均要求在予以患者 PCI 术时,必须要解除冠状动脉存在的狭窄;因此 PCI 术后胸痛一般均为冠状动脉再狭窄所致<sup>[11]</sup>。

临床实践中发现 PCI 术后胸痛的临床症状相似,病因往往难于快速准确鉴别,若采取仅对其中之一的病因进行单独检查,通常耗时较长,费用过高,且容易耽搁最佳的治疗时间。常规的胸部平扫和强化扫描由于心脏的搏动无法清楚的显示冠状动脉,因此准确性及敏感性较差。而 CAG 检查虽然准确性高,被认为是诊断冠心病的“金标准”,但是此为有创检查,难以快速检测,且患者依从性不高。近年来出现的 CT 心胸联合扫描能较好的解决此难题。采用心电门控技术能够消除心脏搏动造成的伪影,清晰的显示冠状动脉动脉的结构和形态。但既往临床研究多集中在回顾性心电门控技术进行心胸联合扫描,其主要缺点在于患者接受较高的辐射剂量<sup>[9]</sup>。因此近年来临床应用双源 CT 前瞻性心电门控低剂量扫描来诊断血管性疾病,多数研究报道显示其扫描窗窄,能有效降低扫描辐射剂量,检查结果优良。故本研究在 PCI 术后胸痛患者应用此检查技术,以期临床诊疗提供适宜的检查方法。

本研究中 84 例接受 DSCT 检查的患者共有 1152 个冠状动脉节段可供评价,其中能够满足诊断需要的冠状动脉节段为 1101 个,可评价率是 95.6%,证实 DSCT 的应用范围较广,能从多种角度对各冠状动脉分支进行有效评价。在本研究中患者接受的有效辐射剂量为  $4.67 \pm 0.87$  mSv,平均 GT-DIvol 为  $18.54 \pm 5.67$  mGy,与既往研究<sup>[12-13]</sup>的结果相比,前瞻性心电门控扫描技术比回顾性心电门控扫描技术显著减少了有效的辐射剂量;其辐射剂量

降低,与前瞻性心电门控技术是在固定 R 波之后的一段时间内进行曝光扫描密切相关。本研究以 CAG 结果为“金标准”并进行对照,结果显示 DSCT 诊断冠状动脉狭窄的特异性、敏感性、阴性预测值和阳性预测值均高于 85%,且有较好的一致性,说明双源 CT 前瞻性心电门控低剂量扫描的诊断价值较高,与 Brodoefel 等<sup>[14]</sup>研究结果相似。

在本研究中发现 DSCT 心胸联合扫描也存在一定的缺点,包括扫描过程屏气时间较长,部分患者存在一定困难,可能由于不能耐受而出现呼吸伪影;患者心率不能过快,否则会影响成像质量。陈丹等<sup>[15]</sup>指出,DSCT 心胸联合扫描难以对患者心功能水平进行分析。但综合以上研究结果,DSCT 扫描技术可以满足 PCI 术后胸痛病因诊断的要求,还具有无创、低剂量辐射等优点,有望成为有效的 PCI 术后胸痛检查方法。本研究入选的样本量较少,因此结果尚需大样本、多中心的临床研究来进一步证实。

#### [参考文献]

- [1] 韩兰唐,曹树军,于晓薇,等. 75 岁以上急性心肌梗死患者的临床特征[J]. 心肺血管病杂志, 2012, 31(5): 579-583.
- [2] 尹春琳,魏嘉平,郝恒剑,等. 急性肺栓塞非特异性临床表现特征分析与误诊原因探讨[J]. 心肺血管病杂志, 2012, 31(5): 591-594.
- [3] Dodd JD, Kalva S, Pena A, et al. Emergency cardiac CT for suspected acute coronary syndrome: qualitative and quantitative assessment of coronary, pulmonary, and aortic image quality [J]. Am J Roentgenol, 2008, 191(3): 870-877.
- [4] Shuman WP, Branch KR, May JM, et al. Whole-chest 64-MDCT of emergency department patients with nonspecific chest pain: Radiation dose and coronary artery image quality with prospective ECG triggering versus retrospective ECG gating [J]. Am J Roentgenol, 2009, 192(6): 662-667.
- [5] Halpern EJ. Triple-rule-out CT angiography for evaluation of acute chest pain and possible acute coronary syndrome [J]. Radiology, 2009, 252(2): 332-345.
- [6] Kidoh M, Nakaura T, Nakamura S, et al. Contrast material and radiation dose reduction strategy for triple-rule-out cardiac CT angiography: feasibility study of non-ECG-gated low kVp scan of the whole chest following coronary CT angiography [J]. Acta Radiol, 2014, 55(10): 1186-1196.
- [7] Jiang B, Wang J, Lv X, et al. Dual-source CT versus single-source 64-section CT angiography for coronary artery

disease: A meta-analysis[J]. Clin Radiol, 2014, 69(8): 861-869.

[8] Westwood M, Burgers L, Redekop K, et al. A systematic review and economic evaluation of new-generation computed tomography scanners for imaging in coronary artery disease and congenital heart disease: Somatom Definition Flash, Aquilion ONE, Brilliance iCT and Discovery CT750 HD [J]. Health Technol Assess, 2013, 17(9): 1-243.

[9] Ketelsen D, Thomas C, Werner M, et al. Dual-source computed tomography: estimation of radiation exposure of ECG-gated and ECG-triggered coronary angiography [J]. Eur J Radiol, 2010, 73(2): 274-279.

[10] 何劲松, 刘 婧, 白法文. 冠状动脉粥样硬化性心脏病患者 PCI 术后胸痛的研究进展 [J]. 医学综述, 2011, 17(16): 2 461-463.

[11] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国经皮冠状动脉介入治疗指南 2012(简本) [J]. 中华心血管病杂志, 2012, 40(4): 271-277.

[12] Johnson TR, Nikolaou K, Becker A, et al. Dual-source CT for chest pain assessment [J]. Eur Radiol, 2008, 18(4): 773-780.

[13] Ketelsen D, Luetkhoff MH, Thomas C, et al. Estimation of the radiation exposure of a chest pain protocol with ECG-gating in dual-source computed tomography [J]. Eur Radiol, 2009, 19(1): 37-41.

[14] Brodoefel H, Burgstahler C, Tsiflikas I, et al. Dual-source CT: effect of heart rate, heart rate variability, and calcification on image quality and diagnostic accuracy [J]. Radiology, 2008, 247(2): 346-355.

[15] 陈 丹, 周嘉慧, 史雅文. 双源 CT 前瞻性心电门控扫描在急性胸痛诊断中应用的可行性 [J]. 临床放射学杂志, 2012, 31(8): 1 112-116.

(此文编辑 曾学清)

(上接第 255 页)

[2] Kou X, Qi S, Dai W, et al. Arctigenin inhibits lipopolysaccharide induced iNOS expression in RAW264. 7 cells through suppressing JAK-STAT signal pathway [J]. Int Immunopharmacol, 2011, 11(8): 1 095-102.

[3] Dutzmann J, Daniel JM, Bauersachs J, et al. Emerging translational approaches to target STAT3 signalling and its impact on vascular disease [J]. Cardiovasc Res, 2015, 106(3): 365-374.

[4] 江高峰, 秦旭平, 李 洁. 免疫炎症反应在动脉粥样硬化中作用的研究进展 [J]. 中南医学科学杂志, 2015, 43(2), 212-216.

[5] Wiekak J, Dunlop J, Mackay SP, et al. Flavanoids induce expression of the suppressor of cytokine signalling 3 (SOCS3) gene and suppress IL-6-activated signal transducer and activator of transcription 3 (STAT3) activation in vascular endothelial cells [J]. Biochem J, 2013, 454(2): 283-293.

[6] Saura M, Zaragoza C, Bao C, et al. STAT3 mediates interleukin-6 inhibition of human endothelial nitric-oxide synthase expression [J]. J Biol Chem, 2006, 281(40): 30 057-062.

[7] Rummel C, Sachot C, Poole S, et al. Circulating interleukin-6 induces fever through a STAT3-linked activation of COX-2 in the brain [J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2006, 291(5): 1 316-326.

[8] Wang XX, Lv XX, Wang JP, et al. Blocking TLR2 activity diminishes and stabilizes advanced atherosclerotic lesions in apolipoprotein E-deficient mice [J]. Acta Pharmacol Sin, 2013, 34(8): 1 025-035.

[9] Khan JA, Cao M, Kang BY, et al. AAV/hSTAT3-gene delivery lowers aortic inflammatory cell infiltration in LDLR KO mice on high cholesterol [J]. Atherosclerosis, 2010, 213(1): 59-66.

[10] Frisdal E, Lesnik P, Olivier M, et al. Interleukin-6 protects human macrophages from cellular cholesterol accumulation and attenuates the proinflammatory response [J]. J Biol Chem, 2011, 286(35): 30 926-936.

[11] Zhou X, Li D, Yan W, et al. Pravastatin prevents aortic atherosclerosis via modulation of signal transduction and activation of transcription 3 (STAT3) to attenuate interleukin-6 (IL-6) action in apoE knockout mice [J]. Int J Mol Sci, 2008, 9(11): 2 253-264.

(此文编辑 曾学清)