

## 冠状动脉瘘的双源 CT 血管成像诊断

蔡 崧<sup>1</sup>, 崔兴宇<sup>2</sup>, 陈宏伟<sup>2</sup>, 鲍 健<sup>2</sup>, 方向明<sup>2</sup>, 崔志敏<sup>2</sup>, 侯金玲<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 无锡市中医医院放射科, 江苏 无锡 214001; <sup>2</sup> 南京医科大学附属无锡人民医院影像科, 江苏 无锡 214023)

**[摘要]** 目的: 分析冠状动脉瘘的双源 CT(DSCT)血管成像表现, 并与冠状动脉血管造影(CAG)比较, 评价其诊断价值。方法: 回顾性分析 13 例经 CAG 确诊为冠状动脉瘘的患者, 均行 DSCT 冠状动脉血管成像, 其中 10 例进行了手术治疗。分析每例患者的 DSCT 表现, 并与 CAG 及术后结果进行对照。结果: 13 例冠状动脉瘘 DSCT 血管成像均获得正确诊断, 并可以清楚显示异常冠状动脉的起源、走行、汇入心腔或心外的准确解剖位置以及瘘口的大小和数量。DSCT 诊断 3 例患者合并其他心脏畸形, 1 例并发感染性心内膜炎引起肺动脉栓塞。患者的 DSCT 有效辐射剂量(ED)为(2.9 ± 1.1)mSv。结论: DSCT 血管成像对先天性冠状动脉瘘有较高的诊断价值, 并可发现伴随的其他病变, 是无创性诊断本病的可靠方法。

**[关键词]** 冠状动脉瘘; 体层摄影术; X 线计算机; 血管造影术

**[中图分类号]** R814.42

**[文献标识码]** B

**[文章编号]** 1007-4368(2012)08-1149-05

冠状动脉瘘(coronary artery fistula, CAF)是一种少见的先天性冠状动脉畸形, 占先天性心脏病病的 0.2%~0.4%<sup>[1]</sup>, 但却是影响全身血流动力学稳定性的最常见的冠状动脉畸形。其临床表现复杂而缺乏特异性, 可致肺动脉高压、心肌缺血和心力衰竭, 早期确诊具有重要的临床意义。近年来, CT 技术的迅速发展为冠状动脉瘘的检出提供了一种新的无创性方法, 特别是双源 CT(dual-source computed tomography, DSCT) 具有较高的时间分辨率和密度分辨率, 使得高心率患者, 甚至心律失常患者均可获得满足诊断要求的影像, 提高了冠状动脉疾病的诊断准确性。本研究旨在探讨 DSCT 在诊断和评价冠状动脉瘘中的价值。

### 1 对象和方法

#### 1.1 对象

2007 年 12 月~2010 年 12 月共 3 898 例因临床疑诊冠状动脉疾病在无锡市中医院完成 DSCT 冠状动脉成像检查的患者中, 共发现冠状动脉瘘 13 例, 均行 DSCT 血管成像与冠状动脉血管造影(coronary angiography, CAG)检查, 其中男 8 例, 女 5 例, 年龄 18~52 岁, 平均年龄 34.7 岁。4 例无明显临床症状, 仅于体检时发现心前区心脏杂音; 其余 9 例临床表现缺乏特异性, 常见的症状为活动后心悸、气急、乏力、胸闷、胸痛等。

#### 1.2 方法

##### 1.2.1 DSCT 和 CAG 检查

DSCT 使用 Siemens 第二代双源 CT(SO-MATOM Definition Flash), 采用自适应前瞻性心电图门控技术进行冠状动脉成像。所有患者在检查前均签署“特殊检查知情同意书”, 均不服用倍他乐克等降低心率的药物, 扫描前 5 min 给予患者硝酸甘油片 5 mg 舌下含服。DSCT 扫描参数: 管电压为 120 kV, 管电流 80 mAs, 机架球管旋转时间 0.33 s/转, 探测器准直为 32 × 0.6 mm, 层面采集厚度为 64 × 0.6 mm, 螺距 0.2~0.5(根据心率不同而调整), 扫描时间 7~11 s。对比剂使用优维显(370 mgI/ml), 使用双筒高压注射器经肘静脉注射, 流率 5 ml/s, 总量 70 ml, 注射完后以相同速率注入生理盐水 40 ml。在升主动脉根部采用人工智能触发扫描, 触发阈值 100 HU, 延迟 5 s 后扫描自动开始, 扫描时嘱患者屏气。头足方向扫描, 范围自隆突水平到心膈面下约 1 cm。

CAG 使用 GE Innova 3100 平板 DSA 和飞利浦 AlluraFA20 平板 DSA; 最大输出电压 125 kV, 管电流 250 mA; 成像矩阵 2 048 × 2 048; 采像速率 30 帧/s; 以血管定量分析软件进行分析。

##### 1.2.2 DSCT 血管成像图像重建和分析

将图像传输至工作站, 选择出冠状动脉显示最佳的时相图像进行三维重组。重建图像层厚 0.75 mm, 间隔 0.5 mm, Kernel 值 B26f。采用多平面重组(multiplanar reformation, MPR)、曲面重组(curved planar reformation, CPR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、容积再现技术(volume

rendering, VR)、仿真内窥镜(virtual endoscope, VE)和心血管优化分析软件等进行图像后处理。

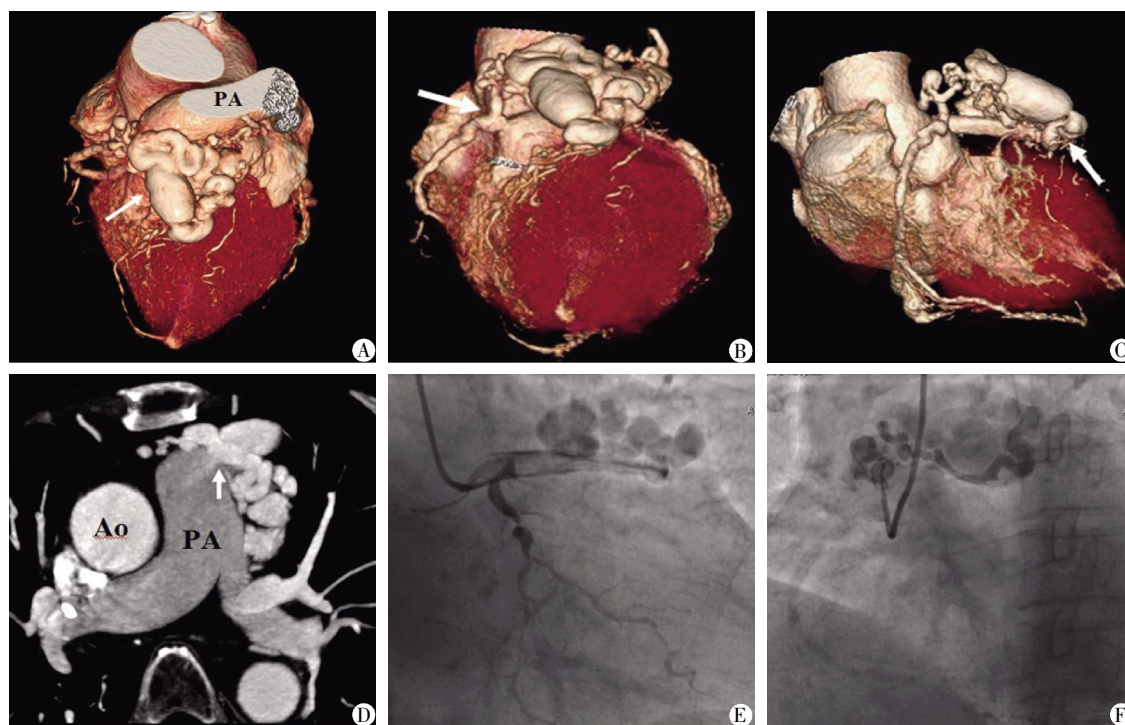
由 2 名有经验的影像科副主任医师采用双盲法分别进行 DSCT 和 CAG 影像分析,并评估冠状动脉瘘的类型,意见不同时通过协商取得一致。

### 1.2.3 辐射剂量估计

采用容积 CT 剂量指数(volume CT dose index, CTDIvol)及剂量长度乘积(dose length product, DLP)评估患者的受检剂量,有效辐射剂量(effective dose, ED) 根据公式  $ED=K \times DLP$  计算,其中 K 为 Monte Carlo 转换系数<sup>[2]</sup>,采用欧洲 CT 质量标准指南提出的胸部平均值 0.017 mSv/(mGy·cm)。

## 2 结果

经 CAG 确诊的 13 例冠状动脉瘘,DSCT 均作出正确诊断,其中 10 例经手术证实。53.8%(7/13)的 CAF 起自右冠状动脉,38.5%(5/13) 起自左冠状动脉(前降支 3 例、回旋支 2 例),7.7%(1/13)起自双侧冠状动脉(图 1)。11 例 CAF 为 1 个瘘口,2 例 CAF 为 2 个瘘口,共计 15 个瘘口,瘘口的大小为 2~15 mm。86.7%(13/15)的 CAF 瘘入右心系统(右心室 8 例、右心房 2 例、肺动脉 2 例、冠状静脉窦 1 例),13.3%(2/15)的 CAF 瘘入左心系统(左心室 1 例、左心房 1 例)。瘘管的起源及瘘口位置详细情况(表 1)。



A:VR 图像示左、右冠状动脉-肺动脉瘘于肺动脉前方的丛状扩张、迂曲走行的瘘管(箭头);B:VR 图像示 CAF 于右冠状动脉的起始位置(箭头);C:VR 图像示 CAF 于左冠状动脉前降支的起始位置(箭头);D:横断面 MIP 图像清晰显示 CAF 瘘口(箭头),并见造影剂喷射样进入肺动脉,呈典型的“射血征”;E、F:DSA 图像示 CAF 分别起源于左、右冠状动脉,但瘘口位置却显示不清。AO:主动脉;PA:肺动脉。

图 1 左、右冠状动脉-肺动脉瘘

表 1 13 例冠状动脉瘘的解剖学特征

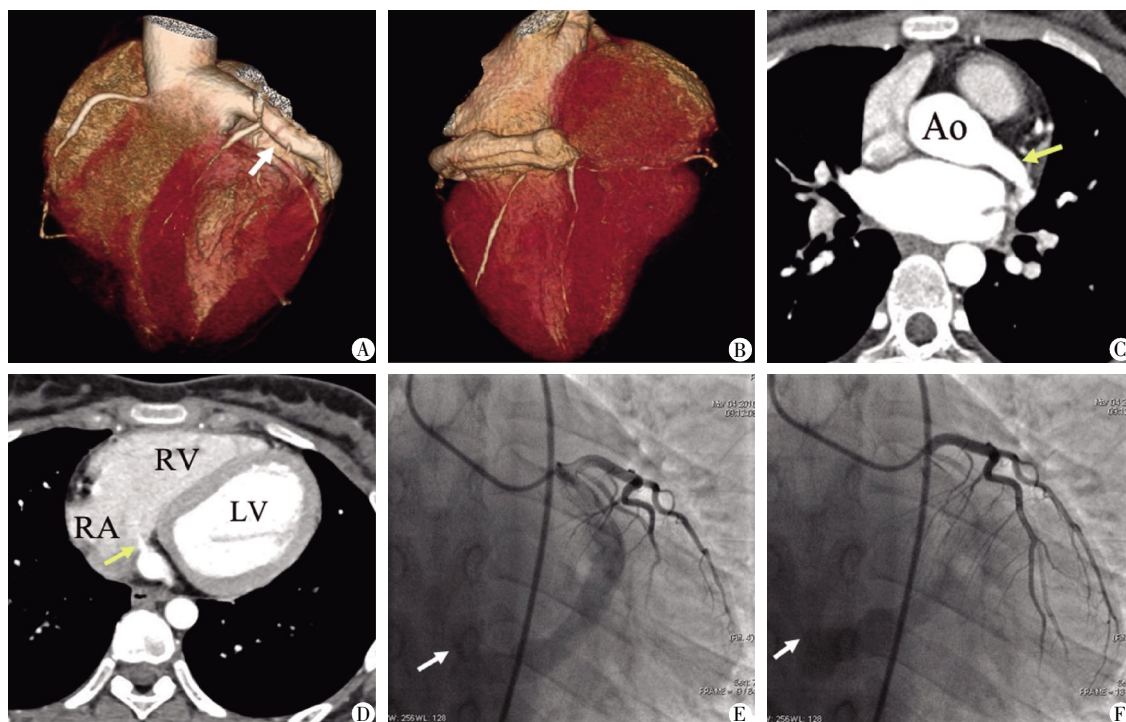
(n)

起源	例数	瘘口位置						合计
		右心室	右心房	冠状静脉窦	肺动脉	左心室	左心房	
右冠状动脉	7	5	0	1	0	1	1	8
左冠状动脉	5	3	2	0	1	0	0	6
左主干	0	0	0	0	0	0	0	0
前降支	3	3	0	0	1	0	0	4
回旋支	2	0	2	0	0	0	0	2
双侧冠状动脉	1	0	0	0	1	0	0	1
合计	13	8	2	1	2	1	1	15

DSCT显示3例冠状动脉无明显扩张,仅表现迂曲;6例所累及冠状动脉扩张,呈囊状、串珠样改变(图2);1例所累及冠状动脉呈巨大瘤样扩张。3例患者合并心内其他畸形,包括合并肺动脉狭窄1

例、合并室间隔缺损1例、合并动脉导管未闭1例。1例并发感染性心内膜炎引起肺动脉栓塞。

辐射剂量的评价:患者DSCT的平均CTDI为 $(11.4 \pm 4.3)$  mGy,ED为 $(2.9 \pm 1.1)$  mSv。



A,B:VR图像显示左回旋支全程管腔增粗(箭头)呈瘤样扩张,瘘口前可见动脉瘤形成;C:横断面MPR图像显示左回旋支明显增粗(箭头);D:横断面MPR图像显示左回旋支远端与右心房连通,清晰显示瘘口,并见造影剂进入右心房呈喷射样改变(箭头);E、F:DSA图像显示左回旋支管腔增粗,瘘口前见囊样扩张的动脉瘤形成,并可见瘘口处造影剂的喷射样改变(箭头)。AO:主动脉;RV:右心室;RA:右心房;LV:左心室。

图2 左回旋支-右心房瘘

### 3 讨论

CAF是一种比较少见的先天性心脏血管畸形,在选择性冠状动脉造影中,其检出率为0.3%~0.8%<sup>[3]</sup>,由于冠状动脉瘘的患病率比较低,且无特异性症状,所以漏诊率和误诊率都很高。DSCT具有较高的时间分辨率和空间分辨率,保证了各向同性数据的采集和重建影像的质量,有助提高诊断准确性。作为冠状动脉疾病无创性筛查的手段进入常规的临床应用,DSCT使CAG作为CAF诊断“金标准”的地位受到严峻挑战。

#### 3.1 冠状动脉瘘的病理和临床

冠状动脉瘘是指在主动脉根部起源正常的冠状动脉与心腔、冠状静脉窦、上腔静脉或肺动脉间有异常瘘道相通的先天性异常<sup>[4]</sup>。其发病机制是由于心脏胚胎发育过程中心肌窦状间隙未能完全退化而持续存在所形成的。1865年Krause等<sup>[5]</sup>报道了首例CAF,Currarino等1959年报道采用血管造影诊断此

畸形。根据瘘管开口位置,先天性冠状动脉瘘分为5种类型。即I型:流入右心房(25%);II型:流入右心室(45%);III型:流入肺动脉(15%);IV型:流入左心房;V型:流入左心室(IV型和V型不足10%)。文献报道CAF可以起源于两支冠状动脉的任何部位,但绝大多数起源于右冠状动脉(50%~60%)和左冠状动脉(40%~42%),双侧冠状动脉起源不超过5%<sup>[6-7]</sup>。本组13例CAF瘘管起源和出口位置大体与文献报道一致。瘘管的开口位置比起源部位有更重要的临床和生理学意义。本组11例血流动力学改变与瘘口部位及大小有关,当瘘口汇入右心房、右心室等低压心腔,则产生左向右分流的病理生理改变,使右心系统的负荷增加;本组2例瘘入左心系统,血流动力学变化类似主动脉瓣关闭不全的表现。瘘入冠状静脉窦可引起瘤样扩张,甚至破裂。冠状动脉瘘的另一病理生理表现是引起心肌供血不足<sup>[8]</sup>,临床上有心绞痛症状的发生。由于流入冠状动脉的血液大部分经瘘口流入低压心腔如冠状静脉

窦、肺动脉等,导致冠状动脉窃血,血流量的相对增加容易造成冠状动脉内膜损伤,还可导致早期发生冠状动脉粥样硬化。瘘孔较小的冠状动脉瘘,血流动力学可无任何改变。

### 3.2 冠状动脉瘘的 DSCT 影像表现

DSCT 提示正常分布冠状动脉的一部分均匀或局限性瘤样扩张延长,与心腔或血管异常沟通,壁偶见钙化,为冠状动脉瘘的特征性表现。瘘口较小,分流量少的冠状动脉瘘 DSCT 表现为受累的冠状动脉扭曲、延长、丛状改变,管径可轻度扩张或不扩张;分流量较大者,瘘管改变程度较明显,管径可不规则,狭窄与扩张并存,甚至呈瘤样扩张。瘤样扩张大部分以靠近瘘口部位明显。本组 2 例冠状动脉-肺动脉瘘,除明确供血冠状动脉及在肺动脉表面形成的血管网状匍匐连接外,MPR、MIP 图像还显示在瘘口处形成典型的“射血征”<sup>[9]</sup>,在三维正交的 MPR 上可以得到充分显示,表现为相对低密度的肺动脉主干腔内或边缘见到与瘘口相连的细线样或小点片状相对高密度影或喷射状改变,为瘘入的含对比剂血液。

DSCT 三维重建(MPR、CPR 和 MIP)能直观、准确地显示异常冠状动脉的起源、走行、分布、终止情况、管腔管壁改变,以及与邻近心腔、大血管的空间关系,对外科手术治疗方式(如冠状动脉瘘结扎部位)的选择、瘘道下切线缝扎的入路判断、甚至经心腔缝补冠状动脉瘘口等具有明显的临床意义。DSCT 同时还可以明确心脏各房室以及肺部改变,在有冠状动脉瘘时,其心脏可有不同程度的扩大,多表现为左心室扩大、肥厚,右心室扩大,肺动脉增粗等。部分病例可合并多种其他心脏畸形或病变,本组有 3 例 CAF 合并先天性心脏病,在观察冠状动脉瘘同时,DSCT 亦作出明确诊断。另 1 例因感染性心内膜炎,赘生物脱落,引起右下肺动脉干管腔内充盈缺损,提示右下肺动脉栓塞。

### 3.3 冠状动脉瘘 DSCT、DSA 两种影像方法的比较

尽管选择性冠状动脉造影仍然是诊断冠状动脉病变的“金标准”,但其仅能提供二维图像,难以准确反映变异血管与周围组织的空间解剖关系,并且属于有创检查,加之操作技术和造影设备要求较高,多次注射增加了发生对比剂肾病的风险等,临床应用受到一定限制。目前 CAG 已经在很多方面受到 CT 血管造影的挑战,尤其是 DSCT 同时利用两套 X 线源成像,时间分辨率高达 83 ms,使得高心率患者,甚至心律失常患者均可获得满足诊断要求的冠状动脉影像,提高了诊断准确性。本组经 CAG 确诊 13 例

冠状动脉瘘,DSCT 均作出正确诊断,DSCT 可以无创性直观显示异常冠状动脉瘘的起源、行径及其与周围心室、大血管的三维解剖关系。有文献报道<sup>[8]</sup>,CAG 对于发现 CAF 的双侧起源不如 CT 血管成像,这是由于 CAG 识别出并插管于 CAF 的每一个起源冠状动脉有时存在困难。通常在冠状动脉造影过程中,造影剂不能够充分填充伴发动脉瘤的 CAF,因此导致低估 CAF 动脉瘤的大小和数目<sup>[10]</sup>。DSCT 的三维重建技术不仅可以清楚显示 CAF 的双侧起源和伴发动脉瘤的大小、数目,还使得 CAF 瘘口大小的准确测量优于 CAG,并与手术结果高度一致。另外,DSCT 在诊断 CAF 合并的其他心脏畸形和病变上也存在 CAG 不可比拟的优势。

随着 CT 冠状动脉成像越来越多地应用于临床,患者所受辐射剂量问题也日益受到关注<sup>[11]</sup>。第二代双源 CT 采用自适应前瞻性心电门控技术,通过实时心跳控制,对重建有用的时相范围内发射正常剂量的射线,而在其他时相管电流降低 80%,有效减少了检查辐射剂量<sup>[12]</sup>。DSCT 扫描螺距及进床速度可根据患者心率进行有效调整,心率越高,螺距就越大,扫描速度也越快,冠脉成像所需时间则越短,扫描时间的缩短会减少患者接受的辐射剂量。最新研究<sup>[13-14]</sup>显示 DSCT 采用前瞻性心电门控的扫描方式,可将有效 X 线剂量降至 1.1~4.1 mSv,本研究的 X 线剂量为(2.9 ± 1.1)mSv,与文献报道相近,显著低于传统螺旋 CT 扫描方式,显示出降低 CT 冠状动脉成像辐射剂量的巨大优势。文献报道<sup>[15]</sup>常规冠状动脉造影的有效剂量为 5.1~6.6 mSv,双源 CT 冠状动脉成像较常规 CAG 对患者的辐射剂量亦有所降低,在冠状动脉病变普查筛选及定期复查方面具有潜在的临床优势。

总之,无创、迅速、辐射剂量较低的 DSCT 检查作为冠状动脉瘘的常规检查手段,可直观显示 CAF 的起源冠状动脉、瘘管的走行、瘘口的位置及大小,对治疗方案的选择有指导意义。双源 CT 在诊断冠状动脉瘘的最重要价值是实现对冠状动脉检查的无创低风险检查,真正满足了临床诊断需要,无疑也使其成为冠状动脉瘘无创性成像最好的检查方法。

### [参考文献]

- [1] Sapin P, Frantz E, Jain A, et al. Coronary artery fistula: an abnormality affecting all age groups [J]. *Medicine*, 1990, 69(2): 101-113
- [2] Menzel HG, Schibilla H, Teunen D. European guidelines on quality criteria for computed tomography [S]. Luxem-



- bourg:European Commission,2000
- [3] Vitarelli A,De Curtis G,Conde Y,et al. Assessment of congenital coronary artery fistulas by transesophageal color Doppler echocardiography [J]. *Am J Med*,2002,113(2):127-133
- [4] Versaci F,Del Giudice C,Sperandio M,et al. A case of coronary artery fistula visualized by 64-slice multidetector CT[J]. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*,2009,6(1):57-60
- [5] Cheung DL,Au WK,Cheung HH,et al. Coronary artery fistulas:long-term results of surgical correction [J]. *Ann Thorac Surg*,2001,71(1):190-195
- [6] Kim SY,Seo JB,Do KH,et al. Coronary artery anomalies: classification and ECG-gated multi-detector row CT findings with angiographic correlation[J]. 2006,26(2):317-333
- [7] Gufler H,Voigtlander T,Nowak B,et al. Left circumflex coronary artery fistula to the superior vena cava:assessment of the exact anatomy by multidetector CT [J]. *Clin Res Cardiol*,2008,97(4):272-276
- [8] Kim MS,Jung JI,Chun HJ. Coronary to pulmonary artery fistula:morphologic features at multidetector CT[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*,2010,26(Suppl 2):273-280
- [9] 李惠民,虞峻崑,丁 茗,等. 冠状动脉-肺动脉瘘的双源CT血管造影诊断 [J]. *中国医学计算机成像杂志*,2010,16(3):201-205
- [10] Mitsutake R,Miura S,Shiga Y,et al. Coronary-pulmonary artery fistula with anomalous vessels arising from the right coronary sinus detected by 64-MDCT [J]. *Intern Med*,2009,48(21):1893-1896
- [11] Singh S,Kalra MK,Moore MA,et al. Dose reduction and compliance with pediatric CT protocols adapted to patient size,clinical indication,and number of prior studies [J]. *Radiology*,2009,252(1):200-208
- [12] Weustink AC,Mollet NR,Pugliese F,et al. Optimal electrocardiographic pulsing windows and heart rate:effect on image quality and radiation exposure at dual-source coronary CT angiography [J]. *Radiology*,2008,248(3):792-798
- [13] Herzog BA,Husmann L,Burkhard N,et al. Low-dose CT coronary angiography using prospective ECG-triggering: impact of mean heart rate and heart rate variability on image quality[J]. *Acad Radiol*,2009,16(1):15-21
- [14] Leschka S,Stolzmann P,Schmid FT,et al. Low kilovoltage cardiac dual-source CT:attenuation,noise,and radiation dose[J]. *Eur Radiol*,2008,18(9):1809-1817
- [15] Morrish OW,Goldstone KE. An investigation into patient and staff doses from X-ray angiography during coronary interventional procedures[J]. *Br J Radiol*,2008,81(961):35-45

[收稿日期] 2012-02-16