

· 论 著 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2016.18.002

## 双源 CT 在评价成人先天性心脏病中的临床价值\*

肖云华<sup>1,2</sup>, 刘雪辉<sup>2</sup>, 杨喜彪<sup>2</sup>, 姚 晋<sup>2</sup>

(1. 重庆市渝北区人民医院放射科 401120; 2. 四川大学华西医院放射科, 成都 610041)

**[摘要]** **目的** 探讨双源 CT (DSCT) 在评价成人先天性心脏病 (ACHD) 中的临床价值。**方法** 回顾性分析 29 例行 DSCT 检查的 ACHD 患者资料。**结果** 29 例患者中, 多数合并两种以上畸形, 其中, 心内畸形 20 例, 包括法洛三联症 4 例 (13.79%), 房间隔缺损 6 例 (20.69%), 主动脉瓣二叶畸形 4 例 (13.79%), 室间隔缺损 8 例 (27.58%); 心外大血管畸形 19 例, 包括主动脉缩窄 3 例 (10.34%), 动脉导管未闭 4 例 (13.79%), 大动脉转位 3 例, 肺静脉异位引流 5 例 (17.24%)。**结论** DSCT 不仅能清楚显示 ACHD 患者心脏大血管畸形, 还能对患者双肺、气管及支气管进行观察, 可以为手术提供详细的解剖学信息。

**[关键词]** 先天性心脏病; 体层摄影术, X 线计算机; 成人; 评价研究

**[中图分类号]** R445.3

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-8348(2016)18-2453-04

## Clinical value of dual-source CT in assessing adult congenital heart disease\*

Xiao Yunhua<sup>1,2</sup>, Liu Xuehui<sup>2</sup>, Yang Xibiao<sup>2</sup>, Yao Jin<sup>2</sup>

(1. Department of Radiology, Yubei District People's Hospital, Chongqing 401120, China; 2. Department of Radiology, West China Hospital of Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the clinical value of dual-source CT (DSCT) in assessing adult congenital heart disease (ACHD). **Methods** The data in 29 ACHD patients with DSCT were retrospectively analyzed. **Results** Among 29 cases, the majority suffered from two or more cardiovascular malformations, in which 20 cases had intracardiac malformations, including 4 cases (13.79%) tetralogy of Fallot, 6 cases (20.69%) were atrial septal defect, 4 cases (13.79%) were bicuspid aortic valve (13.79%) and 8 cases (27.58%) were ventricular septal defect; 19 cases had extracardiac malformations, in which 3 cases (10.34%) were coarctation of the aorta, 4 cases (13.79%) were patent ductus arteriosus, 3 cases (10.34%) were transposition of the great arteries and 5 cases (17.24%) were anomalous pulmonary venous connection. **Conclusion** DSCT could not only clearly demonstrate the cardiovascular malformations in ACHD patients, but also conduct the observation on the lung, trachea and bronchia, which can provide detailed anatomic information for surgery.

**[Key words]** congenital heart disease; tomography, X-ray computed; adult; evaluation studies

先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 是胚胎发育时机体受遗传或环境等多种因素的影响, 心脏及大血管发育异常导致的先天性畸形, 其在人群中的发生率约为 6%<sup>[1]</sup>。多年以前, 中、重型 CHD 患儿病死率较高, 大多数在成年之前便夭折。但随着近年来诊断技术和医疗水平的不断提高, 包括复杂型 CHD 在内的多种 CHD 的预后有了明显的改善, 部分单纯型 CHD 甚至可以治愈, 这使得多数 CHD 患者能够长期存活。于是, 成人先天性心脏病 (adult congenital heart disease, ACHD) 患者的数量将会逐渐增多<sup>[2]</sup>。因此, 准确评估 ACHD 患者心血管合并畸形的情况、选择合适的手术方案, 才能及时对疾病进行干预、改善患者预后。双源 CT (dual-source computed tomography, DSCT) 辐射剂量低、扫描时间短、图像分辨率高, 能够清晰显示心脏大血管全貌, 目前广泛应用于诊断 CHD<sup>[3]</sup>。查阅文献, 国内外采用 DSCT 评价 ACHD 的文献不多<sup>[4-6]</sup>。作者对四川大学华西医院 2014 年 4 月至 2015 年 3 月行 DSCT 检查的 29 例 ACHD 患者的 DSCT 资料进行分析, 以探讨 DSCT 在评价 ACHD 中的临床价值。

## 1 资料与方法

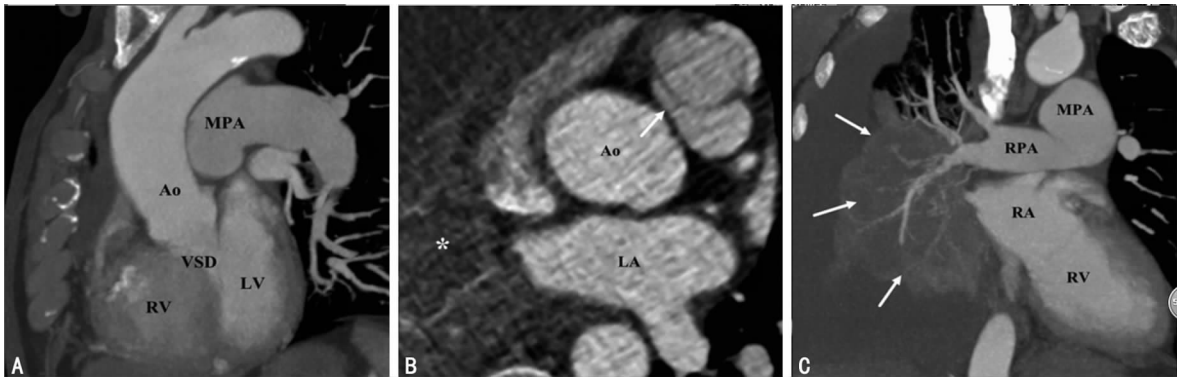
**1.1 一般资料** 选择四川大学华西医院 2014 年 4 月至 2015

年 3 月行 DSCT 检查的 ACHD 患者 29 例, 其中, 男 15 例, 女 14 例; 年龄 19~77 岁, 平均 (39.55±16.11) 岁。每例患者行 DSCT 检查前均签署知情同意书, 并向其告知碘对比剂和射线可能造成的不良影响。

## 1.2 方法

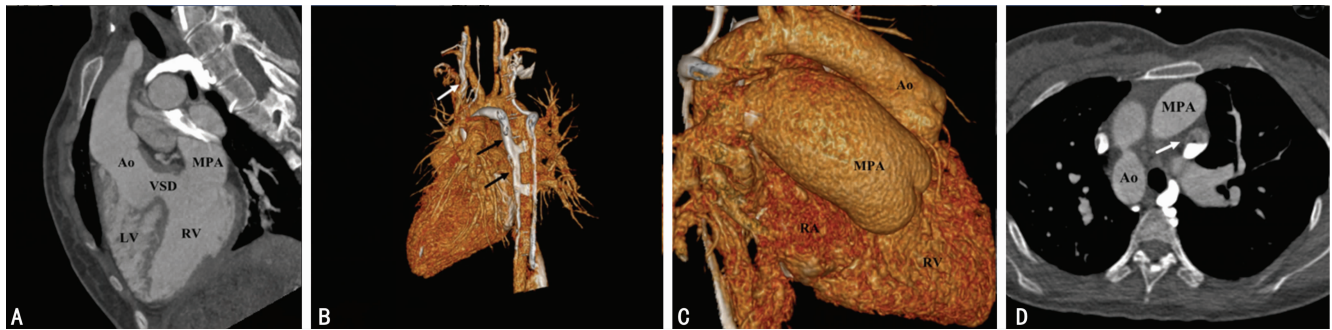
**1.2.1 仪器及检测方法** 所有扫描均在 DSCT (Somatom Definition; Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany) 上完成。检查前 4~6 h 禁食、禁饮, 行碘过敏试验, 检查过程中屏气扫描。扫描范围从胸廓入口至膈肌下 2 cm。增强扫描造影剂采用碘帕醇 (370 mg/mL), 通过高压注射器经肘前静脉注入。采用对比剂跟踪技术 (Bolus tracking) 触发增强扫描, 感兴趣区定在胸降主动脉, 触发阈值设为 100 Hu。扫描过程中选用胸痛序列 (triple-rule-out) 扫描, 采用回顾性心电门控采集数据, 原始数据按照 25% RR 间期进行重建。扫描参数: 80 或 100 kV, 30~100 mA, 层厚 0.75 mm, 重建间隔 0.7 mm, 球管旋转时间 0.28 s, 扫描时间 0.2~2.0 s, 螺距 0.2~0.5 (与心率相适应), ECG-pulsing 选择 auto 来降低辐射剂量。

**1.2.2 图像后处理** 扫描完成后, 图像自动传至西门子工作站 (Syngo; Siemens Medical System, Forchheim, Germany), 采



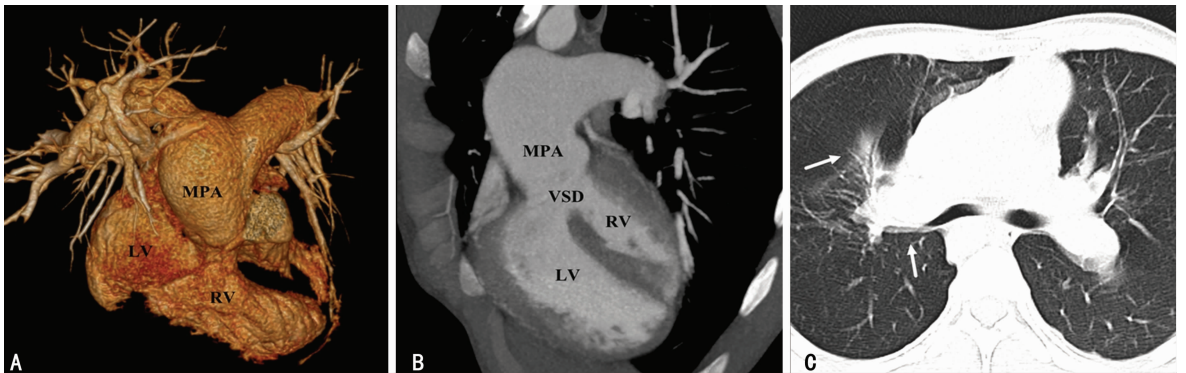
A: 主动脉骑跨于缺损室间隔上; B: 肺动脉瓣呈二叶畸形(黑色箭头示); C: 黑色箭头示右肺门软组织密度肿块影; \*: 同侧胸腔积液; Ao: 主动脉; LA: 左心房; LV: 左心室; MPA: 主肺动脉; RA: 右心房; RPA: 右肺动脉; RV: 右心室; VSD: 室间隔缺损, 以下图中缩写相同。

图1 典型法洛四联症 DSCT 图像



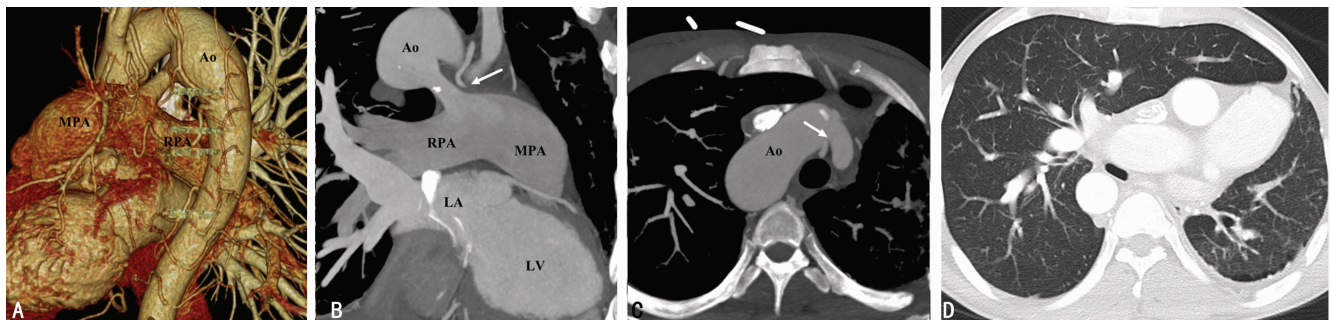
A: 主动脉骑跨于缺损室间隔上, 并大部分与右心室相连; B: 黑色箭头示半奇静脉与副半奇静脉明显增粗, 白色箭头示左上纵隔可见残存左上腔静脉; C: 肺动脉主干明显增粗; D: 主动脉弓呈右位型, 并可见残存左上腔静脉(白色箭头示)。

图2 右心室双出口合并右位主动脉弓 DSCT 图像



A: 肺动脉与形态学左心室相连; B: 肺动脉骑跨于缺损室间隔上; C: 增粗的肺动脉压迫右肺上叶支气管并右肺上叶阻塞性肺炎(白色箭头示)。

图3 矫正型大动脉转位合并肺动脉瓣下室间隔缺损 DSCT 图像



A、B: 主动脉弓与主肺动脉间可见导管相连(黑色箭头示), 管壁钙化(白色箭头示); C: 主动脉弓呈右位型; D: 左肺发育不良, 右肺代偿性扩大。

图4 动脉导管未闭合并左肺动脉缺如、右位主动脉弓 DSCT 图像

用 3D 软件对图像进行后处理, 包括多平面重建 (the multiplanar reformation, MPR)、最大密度投影 (maximum intensity

projection, MIP) 和容积再现 (volume rendering, VR)。所得图像由两名高年资的放射科诊断医师进行分析, 不同意见通过协

商解决。

**1.2.3 辐射剂量** 根据剂量长度乘积(DLP)与转换因子( $k$ )来计算有效剂量(ED)。成人 DLP 均通过 32 cm 的体模计算,其公式如下:

$$ED = DLP \times k \quad (1)$$

$$k = 0.014 \text{ mSv/mGy} \cdot \text{cm}^{[7]} \quad (2)$$

## 2 结 果

**2.1 DSCT 对 ACHD 心脏大血管畸形的显示情况** DSCT 能够清晰地显示各种心脏大血管畸形。29 例患者多数合并两种以上畸形,29 例患者中心内畸形 20 例,包括法洛四联症 4 例(13.79%,典型病例见图 1),其中 1 例合并右心室流出道狭窄及主动脉瓣二叶畸形,1 例合并肺动脉瓣二叶畸形;房间隔缺损 6 例(20.69%);主动脉瓣二叶畸形 4 例(13.79%);冠状动脉起源或走行异常 2 例(6.90%),1 例为右冠状动脉起自左冠状窦,另 1 例为右冠状动脉起自左冠状动脉前降支;室间隔缺损 8 例(27.59%),其中 1 例为肺动脉瓣下室间隔缺损,其余 7 例为主动脉瓣下室间隔缺损;肺动脉瓣及瓣下狭窄 3 例(10.34%);三房心和右心室双出口(图 2)各 1 例(3.45%)。心外大血管畸形 19 例(65.52%),包括主动脉缩窄 3 例(10.34%);动脉导管未闭 4 例(13.79%),均合并肺动脉高压;大动脉转位 3 例(10.34%,典型病例见图 3),均为矫正型大动脉转位;肺静脉异位引流 5 例(17.24%),其中 3 例为右上肺静脉流入上腔静脉,1 例为左肺静脉流入左手臂静脉,即心上型肺静脉异位引流,1 例为右肺静脉流入右心房,即心内型肺静脉异位引流;肺动脉缺如 2 例(6.90%),1 例为左肺动脉缺如(图 4),1 例为右肺动脉缺如;肺动脉狭窄 1 例(3.45%);右位主动脉弓 2 例(6.90%);永存左上腔静脉 1 例(3.45%);永存动脉干 1 例(3.45%)。另外还有 7 例(24.13%)有粗大的体-肺侧枝循环形成。

**2.2 辐射剂量** DLP 为 106~194 mGy·cm,平均(147.97±28.65)mGy·cm;ED 为 1.48~2.93 mSv,平均(2.07±0.40)mSv。

## 3 讨 论

ACHD 以往被视为少见病,但随着外科手术的成熟,CHD 的生存率不断提高,越来越多的 CHD 患儿能够长期存活;另外,近年来影像学技术的发展,尤其是 CT 技术的广泛应用,使得 CHD 的诊断手段不再局限于心导管造影和超声心动图,ACHD 的检出率逐年增长。因此,ACHD 在 CHD 中所占比重将会越来越大<sup>[8]</sup>。同时,ACHD 患者病程长,可以合并肺部或冠状动脉等部位病变,患者的情况变得更为复杂,因此,选择合适的影像学检查方法,全面、准确、及时地诊断 ACHD,为患者选择合适的治疗方案显得尤为重要。

超声心动图目前作为 CHD 首选的检查方法,其操作简便、可重复性强,不仅能显示多种心血管畸形,还能对血流和心功能进行评估;但超声探头视野局限,操作又与医师经验有关,对复杂畸形、大血管畸形及冠状动脉异常等显示效果不理想,容易造成漏诊或误诊。另外,部分 ACHD 患者可合并呼吸系统疾病,而超声心动图无法显示双肺和支气管的情况。心导管造影虽然被视为先天性心脏病诊断的金标准,但其为有创检查,并发症相对较多,结构重叠的影像提供的信息十分有限,再者,心导管造影辐射剂量大,约为 5~7 mSv<sup>[9]</sup>,而本研究 DSCT

的平均辐射剂量仅为 2.07 mSv。磁共振无辐射,对于心功能的测定及大血管的显示效果较好,但其检查时间长,许多 ACHD 患者的一般情况不允许长时间的检查,而且磁共振费用高,禁忌证多,应用受到限制。DSCT 具有两个独立的 X 线球管,其时间分辨率达 83 ms,可快速完成扫描,减少了运动伪影对于图像质量的影响,对包括冠状动脉在内的精细结构显示更为清晰;DSCT 拥有多种后处理技术,可以从不同角度全面、直观地显示心脏大血管畸形;另外,DSCT 还具备可变螺距和心电门控管电流调节技术,大大降低了患者的辐射剂量,因此,DSCT 诊断先天性心脏病有着诸多优势<sup>[10-11]</sup>。本研究发现的最常见的心内复杂性畸形为法洛四联症,共 4 例,DSCT 可以清晰显示主动脉骑跨于室间隔上。此外,DSCT 横断及重建图像意外发现右肺门软组织肿块影,包绕右肺门主要血管及支气管,后病理证实为中央型肺癌,这为临床制订下一步治疗方案提供了重要的信息。发现右心室双出口 1 例,MIP 图像直观地显示主动脉瓣下室间隔缺损,而 VR 图像则为外科医生提供了心脏大血管的 3D 信息,诸如粗大的侧枝循环或永存上腔静脉等,这对手术方案的制订具有重要意义。其余心内畸形 DSCT 均能清晰显示,尤其是异常走行或起源的冠状动脉,DSCT 可借助后处理技术,观察冠状动脉全貌,在诊断冠状动脉疾病方面优于超声心动图和 MRI<sup>[12-13]</sup>。

本研究发现,最常见的心外大血管畸形为肺静脉异位引流,本组患者中共 5 例。肺静脉异位引流按引流部位可分为心上型、心内型和心下型。DSCT 能够清楚显示异常引流肺静脉的数量、走行以及汇入部位<sup>[14]</sup>。而超声心动图由于受声窗的限制,对于此类畸形不能完全显示,因此,存在漏诊的可能性<sup>[4]</sup>。发现动脉导管未闭 4 例,大动脉转位和主动脉缩窄各 3 例,永存动脉干 1 例。DSCT 不仅能通过后处理技术,如 VR 和 MIP,直观地显示这类大血管畸形,而且还能了解 ACHD 患者双肺、气管及支气管的情况,从而选择最佳的治疗方案。发现肺动脉异常共 3 例。DSCT 对肺动脉及远端分支的起源、走行显示清楚,能够判定肺动脉管腔有无狭窄或是扩张,有无血栓形成;另外,肺动脉狭窄或闭锁往往合并纵隔内体肺侧枝的建立,DSCT 对这一类血管也能清晰地显示,因此,DSCT 在诊断肺动脉疾病方面有着明显优势。而超声心动图仅能显示近端肺动脉主干和粗大的侧枝血管,对远端细小肺动脉分支和侧枝血管显示欠佳<sup>[15]</sup>。

综上所述,DSCT 扫描时间短、辐射剂量低、图像分辨率高,相对于其他检查技术而言,不仅能清楚显示 ACHD 患者心脏大血管畸形,还能对患者双肺、气管及支气管进行观察。因此,DSCT 可以较为全面地评估 ACHD 患者胸部的情况,为手术提供详细的解剖学信息。

## 参考文献

- [1] Van Der Linde D, Konings EE, Slager MA, et al. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and Meta-Analysis[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 58(21): 2241-2247.
- [2] Marelli AJ, Ionescu-Ittu R, Mackie AS, et al. Lifetime prevalence of congenital heart disease in the general population from 2000 to 2010[J]. Circulation, 2014, 130(9):

749-756.

- [3] Flohr TG, Mccollough CH, Bruder H, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system [J]. *Eur Radiol*, 2006, 16(2): 256-268.
- [4] Wiant A, Nyberg E, Gilkeson RC. CT evaluation of congenital heart disease in adults[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(2): 388-396.
- [5] Leschka S, Oechslein E, Husmann L, et al. Pre- and post-operative evaluation of congenital heart disease in children and adults with 64-section CT[J]. *Radiographics*, 2007, 27(3): 829-846.
- [6] Navallas M, Orenes P, Sánchez Nistal MA, et al. Congenital heart disease in adults; the contribution of multidetector CT[J]. *Radiologia*, 2010, 52(4): 288-300.
- [7] Larsson CM. The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection. ICRP publication 103[J]. *Ann ICRP*, 2007, 37(2/3/4): 325-332.
- [8] Ávila P, Mercier LA, Dore A, et al. Adult congenital heart disease: a growing epidemic[J]. *Can J Cardiol*, 2014, 30(12 Suppl): S410-419.
- [9] Coles DR, Smail MA, Negus IS, et al. Comparison of radiation doses from multislice computed tomography coronary angiography and conventional diagnostic angiography [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47(9): 1840-1845.
- [10] Nie P, Wang X, Cheng Z, et al. Accuracy, image quality

and radiation dose comparison of high-pitch spiral and sequential acquisition on 128-slice dual-source CT angiography in children with congenital heart disease[J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(10): 2057-2066.

- [11] 孙占国, 陈月芹, 孙海新, 等. 双源 CT 在先天性心脏病术前评估中的应用价值[J]. *实用放射学杂志*, 2010, 26(2): 1441.
- [12] 龙启华, 杨志刚, 邓雯, 等. 先天性心脏病法洛三联症合并心血管畸形的双源 CT 血管成像评价[J]. *生物医学工程学杂志*, 2015, 32(2): 418-422.
- [13] 曾涵江, 徐忠孜, 余建群, 等. 双源 CT 血管造影在先心病右室双出口诊断的应用价值[J]. *第三军医大学学报*, 2014, 36(14): 1519-1523.
- [14] Vyas HV, Greenberg SB, Krishnamurthy R. Mr imaging and CT evaluation of congenital pulmonary vein abnormalities in neonates and infants[J]. *Radiographics*, 2012, 32(1): 87-98.
- [15] Chandrashekhar G, Sodhi KS, Saxena AK, et al. Correlation of 64 row MDCT, echocardiography and cardiac catheterization angiography in assessment of pulmonary arterial anatomy in children with cyanotic congenital heart disease[J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(12): 4211-4217.

(收稿日期: 2015-12-13 修回日期: 2016-03-28)

(上接第 2452 页)

RR, et al. Clinical fusion of three-dimensional images using bremsstrahlung SPECT and CT[J]. *J Nuclear Medicine*, 1997, 38(2): 319-324.

- [14] Yang R, Wang J, Zhang H. Dosimetric study of Cs-131, I-125, and Pd-103 seeds for permanent prostate brachytherapy[J]. *Cancer Biother Radiopharm*, 2009, 24(6): 701-705.
- [15] Imad A, Ozer A, Spencer T, et al. A comparative study of seed localization and dose calculation on pre- and post-implantation ultrasound and CT images for low-dose-rate prostate brachytherapy[J]. *Phys Med Biol*, 2009, 54(18): 5595-5611.
- [16] Zelefsky MJ, Hollister T, Raben A, et al. Five-year biochemical outcome and toxicity with transperineal CT-planned permanent I-125 prostate implantation for patients with localized prostate cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2000, 47(5): 1261-1266.
- [17] Merrick GS, Butler WM, Dorsey AT, et al. Seed fixity in the prostate/periprostatic region following brachytherapy [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2000, 46(1): 215-220.

- [18] Walrand S, Hesse M, Wojcik R, et al. Optimal design of anger camera for bremsstrahlung imaging: Monte Carlo evaluation[J]. *Frontiers Oncology*, 2014(4): 149.
- [19] Beylgeril V, Sofocleous CT, Carrasquillo JA. Extrahepatic visualization in the distribution of falciform artery in posttreatment Bremsstrahlung images after radioembolization with Y-90 microspheres[J]. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol*, 2014, 33(3): 178-179.
- [20] Ota S, Uno M, Kato M, et al. (89)Sr bremsstrahlung single photon emission computed tomography using a gamma camera for bone metastases[J]. *Ann Nucl Med*, 2014, 28(2): 112-119.
- [21] Wang XD, Yang RJ, Cao XC, et al. Dose delivery estimated by bremsstrahlung imaging and partition model correlated with response following intra-arterial radioembolization with (32)P-Glass microspheres for the treatment of hepatocellular carcinoma[J]. *J Gastrointestinal Surgery*, 2010, 14(5): 858-866.

(收稿日期: 2015-11-18 修回日期: 2016-03-06)