

DOI:10.3724/SP.J.1008.2010.00621

## 双源 CT 与磁共振技术对左心耳功能评估的对比研究

温兆赢\*, 张兆琪, 于 薇, 范占明, 杜 靖, 吕 飙

首都医科大学附属北京安贞医院放射科, 北京 100029

**[摘要]** **目的** 应用双源 CT(DSCT)评估左心耳容积和功能,并与磁共振(CMR)检测结果进行对比,探讨双源 CT 的评估价值。**方法** 2008年3月至2009年2月,对62例冠状动脉 CTA 检查患者进行 DSCT 和 MR 检查(1 d 内完成),获得 DSCT 容积数据及左心房垂直长轴快速稳态平衡进动序列(FIESTA)电影图像,采用各自的心功能分析软件分别对原始数据进行后处理,测定左心耳最大容积(LAAV<sub>max</sub>)、最小容积(LAAV<sub>min</sub>)和左心耳射血分数(LAAEF)。采用线性相关和 *t* 检验分析 DSCT、CMR 检查结果的一致性;采用 Bland-Altman 分析操作者间的变异性。**结果** DSCT、CMR 所测得左心耳容积及功能间无统计学差异,具有良好的相关性,LAAV<sub>max</sub>、LAAV<sub>min</sub>、LAAEF(%)相关系数分别为 0.85、0.86、0.76;但与 CMR 相比,DSCT 有高估 LAAV<sub>max</sub>、LAAV<sub>min</sub> 和低估 LAAEF 的趋势。DSCT 测量左心耳容积和功能的操作者间一致性高于 CMR。**结论** DSCT 可较准确评估左心耳容积和功能,且结果重复性高。

**[关键词]** 双源计算机体层摄影术;磁共振成像;左心耳;功能

**[中图分类号]** R 445.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2010)06-0621-04

### Dual source computed tomography in assessment of left atrial appendage volume and function; a comparison with MRI

WEN Zhao-ying\*, ZHANG Zhao-qi, YU Wei, FAN Zhan-ming, DU Jing, LÜ Biao

Department of Radiology, Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China

**[Abstract]** **Objective** To use dual source computed tomography (DSCT) for assessment of left atrial appendage volume and function, and to compare the results with those of cardiac cine MR (CMR). **Methods** Sixty-two patients who received computed tomography angiography (CTA) during March 2008 to Feb. 2009 were included in the present study. The DSCT data sets (Somatom Definition, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany) and FIESTA (fast imaging employing steady-state acquisition) cines (Signa Excite HD 3T, GE) of the vertical long axis covering the left atrium were obtained on the same day. The images were analyzed to obtain LAAV<sub>max</sub>, LAAV<sub>min</sub> and LAAEF using Vitrea Heart Function software and Report Card 2.0 software, for DSCT and CMR. Intermodality agreement between DSCT and CMR was tested using linear regression and *t* test. Interobserver variability was tested by Bland-Altman analyses. **Results** The DSCT and CMR measurements of the left atrial appendage volume and function were not significantly different, and the measurements of the two methods were well correlated with each other, with the coefficient of LAAV<sub>max</sub>, LAAV<sub>min</sub>, and LAAEF(%) being 0.85, 0.86, and 0.76, respectively. However, compared with CMR, DSCT showed a tendency of overestimating LAAV<sub>max</sub>, LAAV<sub>min</sub> and underestimating LAAEF. The interobserver variability of DSCT measurements was lower than that of CMR measurements. **Conclusion** DSCT is accurate in assessing the left atrial appendage volume and function of patients referred for coronary CT imaging, and the results are reproducible.

**[Key words]** dual source computed tomography; magnetic resonance imaging; left atrial appendage; function

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31(6): 621-624]

左心耳(left atrial appendage, LAA)的容积和功能变化具有重要的临床意义。左心耳收缩功能下降可增加心源性血栓发生率<sup>[1]</sup>,左心耳还对左心房血流动力学的调节起着重要作用<sup>[2]</sup>。因此,准确评估左心耳功能具有重要临床价值。目前的三维超声、磁共振成像(CMR)等技术能较准确地评估左心耳功

能,但存在费用昂贵、对操作者依赖性较高等缺陷。双源 CT(dual-source spiral CT, DSCT)采用 2 套 X 线球管和探测器来采集 CT 图像,心脏冠状动脉成像对心率的依赖性相对较小,大大提高了心脏疾病的诊断水平,且具有扫描速度快、放射剂量低、费用低等优势<sup>[3-4]</sup>。因此,本研究采用 DSCT 技术对行冠

**[收稿日期]** 2010-02-21 **[接受日期]** 2010-05-09

**[作者简介]** 温兆赢, 博士, 主治医师。

\* 通讯作者(Corresponding author). Tel: 010-64456103, E-mail: wenzhaoying@gmail.com

状动脉 CTA 检查的患者左心耳功能进行评估,并与 CMR 检测结果进行对比分析,以探讨 DSCT 评估左心耳功能的临床应用价值。

## 1 资料和方法

1.1 一般资料 2008年3月至2009年2月于我院进行冠状动脉 CTA 检查的62例患者,男33例,女29例,年龄38~75岁,平均(55±10)岁。所有患者均为窦性心律,除外原发性心脏瓣膜病、先天性心脏病及装有起搏器、幽闭恐惧症及肾功能不全患者。51例为高血压患者,其中21例伴有冠心病;62例患者中,10例为冠状动脉 CTA 正常的病例。

### 1.2 双源 CT 成像

1.2.1 图像的获取 应用西门子 DSCT(Somatom Definition, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany),扫描前未给任何药物进行心率控制。患者取仰卧位,连接心电图,采用 DSCT 冠脉成像扫描方案,使用回顾性心电门控技术,单次呼气末屏气扫描,屏气时间10~15 s,扫描范围为气管分叉下方10 mm至心脏膈面。在肘前静脉埋置18G套管针,采用双筒高压注射器以4~5 ml/s的速度注入50~75 ml非离子对比剂碘普罗胺(优维显370 mgI/ml)和20 ml生理盐水,造影剂的流速与流量因患者体质指数和扫描时间而调整。具体如下: BMI<20、BMI 20~25和 BMI>25时造影剂流速分别为3.5~4.5 ml/s、4.5~5.5 ml/s和5.5~6 ml/s;造影剂流量=(扫描时间+5)s×造影剂流速 ml/s。应用造影剂示踪法,在主动脉根部层面选择感兴趣区监测 CT 值,当感兴趣区内 CT 值超过100 HU时,延迟4 s自动触发扫描。扫描参数:有效管电流350~420 mAs/转,管电压80~135 kV,准直2×32×0.6 mm,螺距0.2~0.5,旋转时间330 ms,矩阵512×512,显示野180 mm。所有扫描均采用心动周期内管电流自动调节模式以减少放射剂量<sup>[5]</sup>。估计射线剂量为7~9 mSv,采用单扇区重建,时间分辨率为83 ms。在副台将横轴位增强扫描图像重建成20个时相(0~95%,间隔5%),重建层厚0.75 mm,间隔0.4 mm。

1.2.2 数据后处理 将20个期相重建数据传到后处理工作站(Multi Modality Work Place, CT 2008A, Siemens),由2名有5年以上心血管影像经验的医生分别独立进行后处理。确定左心耳容积最大、最小时相,进入心功能分析软件,分别勾勒不同

时相左心耳心内膜(图1A),并对心内膜描记曲线进行必要修改。分别计算左心耳最大、最小容积及射血分数。左心耳与左心房体部移行最缩窄处为二者分界线。

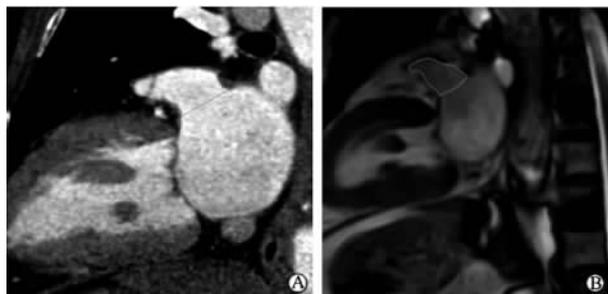


图1 左心耳最大容积时

相左心耳心内膜 DSCT(A)、CMR(B)描记图

Fig 1 DSCT (A) and CMR (B) images showing left atrial appendage boundaries at the maximal left atrial appendage volume

### 1.3 磁共振成像

1.3.1 图像获取 应用 GE Signa Excite HD 3T 超导型 MR 扫描仪,患者取仰卧位,扫描前对被检者反复进行呼吸练习,然后在呼气末状态下屏气扫描,使用8通道心脏专用相控线圈,应用回顾性心电门控及呼吸门控,采用快速稳态平衡进动序列(fast imaging employing steady-state acquisition, FIESTA),心电触发分段 K 空间成像,获取屏气电影 MR 图像。成像参数:TR 3.7 ms, TE 1.6 ms, 翻转角 45°, FOV 350 mm×350 mm, pFOV 1.0, 矩阵 200×224, 带宽 125 Hz/像素, vps 16, ETL 1, NEX 1.00。

获得冠状位定位相后,采用 real-time 序列,获得单层垂直长轴、水平长轴及短轴位电影并由此定位,获得覆盖左心房的垂直长轴 FIESTA MR 图像。在 real-time 水平长轴 MR 左室舒张末期图像上沿左室心尖至二尖瓣中点的连线成像获得平行于室间隔的垂直长轴位 FIESTA MR 图像,层厚 5.0 mm,无层间隔,10~16层即可覆盖整个左心房,每层20个时相。多次扫描分别得到多层多时相左心房的垂直长轴电影图像。

1.3.2 数据后处理 扫描完成后将整个心动周期的左心房垂直长轴位 FIESTA MR 图像传至配备心功能软件包的工作站,采用 Report Card 2.0 心功能分析软件,将图像放大,调整窗宽、窗位,使之具有良好的心肌-血池对比度,手动分别描记左心耳容积最大和最小时相每个垂直长轴层面的左心耳心内膜(图1B)。根据 Simpson 公式,软件自动累加计算出不同时相左心耳的容积。左房耳射血分数

(left atrial appendage ejection fraction, LAAEF) =  $(LAAV_{\max} - LAAV_{\min}) / LAAV_{\max}$ 。CMR 图像后处理及心功能分析各由 2 名熟练的放射科医师在不知道其他检查结果的情况下独立进行, 2 名医师均具有 5 年以上的心脏 CT 和 CMR 扫描及图像后处理的经验。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析, 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。以 CMR 测量的左心耳容积和功能指标作为“金标准”, DSCT 和 CMR 左心耳容积和功能测量值采用 Pearson 直线回归法进行相关性分析并进行配对  $t$  检验。DSCT 和 CMR 左心耳容积和功能测量值的操作者间一致性采用 Bland-Altman 法分析<sup>[6]</sup>。检验水平( $\alpha$ )为 0.05。

## 2 结果

2.1 一般情况 62 例患者检查过程中均为窦性心律, 均成功接受 DSCT、心脏 CMR 检查, 未发生明显并发症。DSCT 增强扫描时平均心率( $70 \pm 18$ )次/min; CMR 检查时平均心率( $69 \pm 12$ )次/min。所有患者进行两种方法检查时的心率没有统计学差异, 图像质量均可满足心功能分析要求。

2.2 DSCT 与 CMR 测得结果的相关性分析 结果(表 1)表明: 62 例患者的 DSCT 和 CMR 左心耳容积及功能测得值具有良好的相关性。操作一致性分析结果(图 2)表明: DSCT 对左心耳容积和功能测量的操作者间一致性高于 CMR。

表 1 62 例患者 DSCT 和 CMR 测量的左心耳容积及功能结果

Tab 1 DSCT and CMR measurements of left atrial appendage volume and function in 62 patients

( $n=62$ )

Index	DSCT	CMR	$r$	$P$
LAAV <sub>max</sub> V/ml	13.29 ± 6.34	12.81 ± 7.08	0.85	ns
LAAV <sub>min</sub> V/ml	5.47 ± 2.92	5.18 ± 3.25	0.86	ns
LAAEF (%)	58.83 ± 9.19	59.56 ± 9.77	0.76	ns

LAAV<sub>max</sub>: maximal left atrial appendage volume; LAAV<sub>min</sub>: minimal left atrial appendage volume; LAAEF: left atrial appendage ejection fraction. ns: no significance

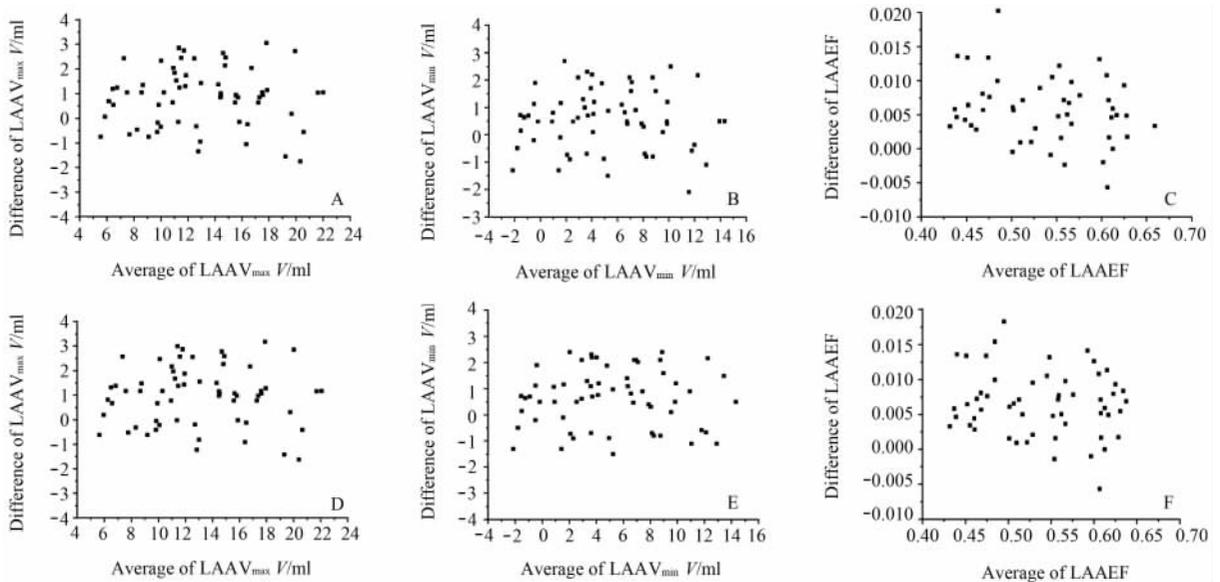


图 2 DSCT(A、B、C)、CMR(D、E、F)测定左心耳功能操作者间一致性分析结果

Fig 2 Interobserver agreement of DSCT(A, B, C) and CMR (D, E, F) measurements of left atrial appendage volume and function

A: Interobserver agreement of DSCT measurements for the maximal left atrial appendage volume; B: Interobserver agreement of DSCT measurements for the minimal left atrial appendage volume; C: Interobserver agreement of DSCT measurements for the left atrial appendage ejection fraction; D: Interobserver agreement of CRM measurements for the maximal left atrial appendage volume; E: Interobserver agreement of CRM measurements for minimal left atrial appendage volume; F: Interobserver agreement of CRM measurements for left atrial appendage ejection fraction

## 3 讨论

左心耳是胚胎时期原始左心房的残余附属结

构, 内有丰富的梳状肌及肌小梁, 耳缘有锯齿状切迹, 呈狭长、弯曲的管状形态<sup>[7]</sup>。左心耳具有主动舒缩功能<sup>[8]</sup>, 且其收缩活动呈偏心性运动。与 3.0 T

MRI相比,DSCT对左心房容积和功能的评估较准确,重复性很高<sup>[9]</sup>。本研究结果也初步证实DSCT可以不受左心耳形态的限制,较为真实地评价其形态、容积及功能。

本研究的相关性分析结果表明:DSCT和CMR测得的左心耳容积和功能指标值无统计学差异,且相关性较好;但DSCT测量的左心耳容积平均值较CMR略高,左心耳射血分数较CMR略低。这可能与DSCT与CMR的时间分辨率不同有关。对左心耳最大和最小容积时相采集的准确性取决于扫描仪器时间分辨率的高低。扫描仪器时间分辨率越高,使运动的脏成像的能力越高,去除心肌运动伪影的能力越强<sup>[10]</sup>,对左心耳最大和最小容积时相的采集越准确,计算出来的容积值越接近真实值。本研究CMR的时间分辨率是32ms,DSCT的时间分辨率是83ms。因此,与CMR相比,DSCT的时间分辨率相对较低,通常整个心动周期重建20个期相进行心功能分析,对于左心耳的容积容易过高估计。而CMR的时间分辨率相对较高,对于左心房在心动周期中各时相的“捕捉”相对更准确。DSCT可通过多扇区重建来提高时间分辨率<sup>[11]</sup>,这对左心耳容积和功能的测量会更为准确,但多扇区重建会导致图像错层伪影,反而导致测量的容积值不准确。DSCT和CMR测得的左心耳容积和功能出现差异的另一个原因,可能是DSCT扫描时高速团注的造影剂大量注入静脉内,导致一过性前负荷血流动力学改变和负向肌力作用,但其对测量结果的影响尚不明确。此外,由于扫描过程中没有连续监测动脉血压,高压注射造影剂引起的血压变化也不能忽视。

DSCT对左心耳容积和功能指标测量的操作者间的差异性小于CMR,表明DSCT对左心耳容积和功能指标测量结果的重复性高。其原因可能包括:(1)空间分辨率不同,DSCT的空间分辨率比CMR高。(2)后处理方法不同,DSCT后处理采用实时三维容积成像,对左心耳的形态没有任何几何假设<sup>[12-15]</sup>;而CMR对左心耳图像的采集层厚是5mm,后处理采用Simpson法,对于左心耳内膜描绘的一点点误差对于左心耳容积计算结果影响相对较大。

综上所述,DSCT可较准确地评估左心耳容积和功能,效果与CMR类似,且可重复性更高,值得深入研究以用于临床推广。

(志谢 本研究的统计分析得到赵冬教授和毛森的支持和帮助,在此一并表示感谢!)

## [参考文献]

[1] Mügge A, Kühn H, Nikutta P, Grote J, Lopez J A, Daniel W G. As-

essment of left atrial appendage function by biplane transesophageal echocardiography in patients with nonrheumatic atrial fibrillation: identification of a subgroup of patients at increased embolic risk[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1994, 23:599-607.

- [2] Tabata T, Oki T, Yamada H, Iuchi A, Ito S, Hori T, et al. Role of left atrial appendage in left atrial reservoir function as evaluated by left atrial appendage clamping during cardiac surgery [J]. *Am J Cardiol*, 1998, 81:327-332.
- [3] Goetti R, Leschka S, Baumüller S, Plass A, Wieser M, Desbiolles L, et al. Low dose high-pitch spiral acquisition 128-slice dual-source computed tomography for the evaluation of coronary artery bypass graft patency[J]. *Invest Radiol*, 2010, 45:324-330.
- [4] Weustink A C, Neeffjes L A, Kyrzopoulos S, van Straten M, Neoh Eu R, Meijboom W B, et al. Impact of heart rate frequency and variability on radiation exposure, image quality, and diagnostic performance in dual-source spiral CT coronary angiography[J]. *Radiology*, 2009, 253:672-680.
- [5] Leschka S, Scheffel H, Desbiolles L, Plass A, Gaemperli O, Valenta I, et al. Image quality and reconstruction intervals of dual-source CT coronary angiography: recommendations for ECG-pulsing windowing[J]. *Invest Radiol*, 2007, 42:543-549.
- [6] Bland J M, Altman D G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement[J]. *Lancet*, 1986, 1:307-310.
- [7] Veinot J P, Harrity P J, Gentile F, Khandheria B K, Bailey K R, Eickholt J T, et al. Anatomy of the normal left atrial appendage: a quantitative study of age-related changes in 500 autopsy hearts: implications for echocardiographic examination[J]. *Circulation*, 1997, 96:3112-3115.
- [8] Ostermayer S, Reschke M, Billinger K, Trepels T, Büschek F, Bayard Y, et al. Percutaneous closure of the left atrial appendage[J]. *J Interv Cardiol*, 2003, 16:553-556.
- [9] Wen Z, Zhang Z, Yu W, Fan Z, Du J, Lv B. Assessing the left atrial phasic volume and function with dual-source CT: comparison with 3T MRI[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2010, 26(Suppl 1):83-92.
- [10] Savino G, Zwerner P, Herzog C, Politi M, Bonomo L, Costello P, et al. CT of cardiac function[J]. *J Thorac Imaging*, 2007, 22:86-100.
- [11] Mahnken A H, Bruder H, Suess C, Mühlenbruch G, Bruners P, Hohl C, et al. Dual-source computed tomography for assessing cardiac function: a phantom study[J]. *Invest Radiol*, 2007, 42:491-498.
- [12] Wu Y W, Tadamura E, Yamamuro M, Kanao S, Okayama S, Ozasa N, et al. Estimation of global and regional cardiac function using 64-slice computed tomography: a comparison study with echocardiography, gated-SPECT and cardiovascular magnetic resonance[J]. *Int J Cardiol*, 2008, 128:69-76.
- [13] Juergens K U, Seifarth H, Range F, Wienbeck S, Wenker M, Heindel W, et al. Automated threshold-based 3D segmentation versus short-axis planimetry for assessment of global left ventricular function with dual-source MDCT[J]. *Am J Roentgenol*, 2008, 190:308-314.
- [14] Nakamura K, Funabashi N, Uehara M, Suzuki K, Terao M, Okubo K, et al. Quantitative 4-dimensional volumetric analysis of left ventricle in ischemic heart disease by 64-slice computed tomography: a comparative study with invasive left ventriculogram[J]. *Int J Cardiol*, 2008, 129:42-52.
- [15] Achenbach S. Computed tomography coronary angiography[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48:1919-1928.