

双源 CT 心电门控管电流调节模式扫描对左心室功能的评估*

孙占国¹ 黄书然¹ 陈月芹¹ 张会如² 范东晨¹ 贾存玮¹

(¹ 济宁医学院附属医院, 山东 济宁 272029; ² 济宁医学院医学影像系, 济宁 272067)

摘要 **目的** 与超声心动图(ECG)检查对照,评估双源 CT(DSCT)心电门控管电流调节模式心脏扫描对冠心病患者左心室功能评估的准确性。**方法** 50 例冠心病患者进行心电门控管电流调节模式下 DSCT 检查及经胸二维 ECG 检查(双平面 Simpson 法),将 ECG 对心功能参数的测量结果作为对照,评估 DSCT 测量值的准确性。**结果** DSCT 所获心脏舒张末期时相范围为 90%~100% R-R 间期,收缩末期时相范围为 30%~40% R-R 间期。DSCT 心内、外膜轮廓手动校正前左心室舒张末期容积(EDV)、收缩末期容积(ESV)、每搏输出量(SV)测量值均大于校正后($P<0.001$),但校正前后左室射血分数(LVEF)测量值差异无统计学意义($P>0.05$)。DSCT 与 ECG 对 EDV、ESV、SV 及 LVEF 的测量值差异均无统计学意义($P>0.05$),且两种检查方法所得的各项测量值具有高度相关性($P<0.001$),Bland-Altman 分析示两种检查方法的测量结果一致性较好。**结论** 双源 CT 回顾性心电门控结合心电门控管电流调节技术能满足左心功能分析的需要,对左心室形态学参数及其功能的评估准确、可靠。

关键词 左心室功能;体层摄影术;X 线计算机;心电门控;超声心电图记录术

中图分类号:R445.4 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-9760(2014)120-403-04

Assessment of left ventricular function with dual-source CT using ECG-gated tube current modulation

SUN Zhanguo, HUANG Shuran, CHEN Yueqin, ZHANG Huiru, FAN Dongchen, JIA Chunwei

(The Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining 272029, China)

Abstract: Objective To assess the reliability of left ventricular(LV) function analysis using dual source CT (DSCT) with ECG-gated tube current modulation in comparison with echocardiography(ECG) imaging. **Methods** 50 patients with coronary artery disease were involved in this study, retrospectively ECG-gated DSCT with tube current modulation as well as ECG imaging of the heart were performed. Pearson's correlation coefficient and Bland-Altman analysis were used to determine agreement for parameters of LV function. **Results** On DSCT end-diastolic and end-systolic images were identified at 90% to 100% and 30% to 40% of the R-R interval. Manual correction of LV circumscription minimized the value of End-diastolic volume(EDV), end-systolic volume(ESV) and stroke volume(SV), but made no significant difference for left ventricular ejection fraction(LVEF). The DSCT measurements of EDV, ESV, SV and LVEF had no significant difference from those of ECG($P>0.05$). All CT measurements of LV function correlated well with those from ECG: for EDV($P<0.001$). Bland-Altman plots confirmed these findings showing no systematic deviations between the different imaging techniques. **Conclusion** Retrospectively ECG-gated DSCT with auto tube current modulation doesn't hamper the correctly quantitative assessment of LV function, which can provide highly reliable measurements.

Key words: Left ventricular function; Tomography; X-ray computed; ECG-gated; Echocardiography

多层螺旋 CT(multi-slice computed tomography, MSCT)是目前无创性心血管检查最具有潜力和价值的检查方法之一,其对左心功能的定量

评估与超声心动图(echocardiography, ECG)及心脏 MRI 均有很高的一致性^[1-2]。本文运用双源 CT(dual-source CT, DSCT)回顾性心电门控管电流调节模式进行心脏扫描,与 ECG 检查对照,探讨其对左心功能评价的准确性。

* [基金项目] 济宁医学院附属医院“苗圃”科研计划项目(编号: JYFY-MP-2013-MS-014)

1 资料与方法

1.1 临床资料

2013年3月至2013年9月临床疑诊冠心病的患者50例,其中男28例,女22例,年龄30~70岁,平均心率50~99次/min,心律齐,无碘对比剂应用禁忌。所有患者均行心电门控管电流调节模式下心脏扫描,并在DSCT检查前后24h内行ECG检查。

1.2 方法

1.2.1 CT检查 所有行DSCT检查的患者均未使用降心率药物。根据患者体重指数(BMI)设定管电压、管电流,并开启4D Dose。BMI $<25\text{kg}/\text{m}^2$ 时,管电压100 kV,管电流380~400 mAs/rot, BMI $>25\text{kg}/\text{m}^2$ 者设为120 kV、390~430 mAs/rot。采用对比剂示踪技术触发扫描,采用美国Medral双筒高压注射器,对比剂浓度370 mg I/ml,剂量65~80 ml,相同注射速率追加生理盐水30ml。根据心率自动选择全剂量曝光时相(pulsing:auto):心率 ≤ 60 bpm者全剂量曝光设为60%~80% R-R间期,心率61~70 bpm者设为40%~75% R-R间期,心率 >70 bpm者设为30%~75% R-R间期;其它时相管电流设为全剂量曝光时的20%^[3]。扫描后间隔5% R-R间期手动重建全心动周期图像,重建层厚0.75mm,卷积核B26f,FOV 25 cm。由两位心血管CT诊断医师在西门子syngo工作站进行图像后处理,两者意见不一致时讨论达成一致。

在Inspace软件上以电影回放形式确定舒张末期(end diastole, ED)和收缩末期(end systolic, ES)时相。使用Circulation左心室功能分析软件自动勾画ED、ES时相心内膜及心外膜轮廓,计算舒张末期容积(end-diastolic volumes, EDV),收缩末期容积(end-systolic volume, ESV),每搏输出量(stroke volume, SV)及左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。回撤上述操作步骤,在软件自动勾画两时相心内、外膜轮廓后,采用旋转多平面重组图像对轮廓线进行360°手动校正,再次计算EDV、ESV、SV及LVEF。手动校正前后心室乳头肌均包括在血池内。

1.2.2 ECG检查 使用GE Vivid 7型超声诊断仪,探头频率2.5~5.0 MHz。常规探查胸骨旁左室长轴、各水平短轴、心尖四腔及两腔层面,由两位经验丰富的高年资超声诊断医师采用双平面

Simpson法测量EDV、ESV、SV及LVEF,结果不一致时反复测量并讨论达成一致。

1.3 统计学方法

采用IBM SPSS Statistics 19软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。心内、外膜轮廓手动校正前后测量结果的比较采用配对样本 t 检验。DSCT、ECG对心功能各参数测量值的比较采用配对样本 t 检验,相关性分析采用Pearson相关分析,进一步行Bland-Altman分析。Bland-Altman散点图横轴为DSCT、ECG测值的均值,纵轴为二者测值的差值,绘制差值均数及其95%分布范围。采用单个样本 t 检验比较差值的均值与检验值“0”有无统计学差异。显著性检验水准均为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 DSCT检查ES、ED时相分布范围

50例患者ED时相范围为90%~100% R-R间期(中位时相为95% R-R间期),其中位于90%、95%、100% R-R间期者分别有6例、33例和11例。ES时相范围为30%~40% R-R间期(中位时相为35% R-R间期),其中位于30%、35%、40% R-R间期者分别有22例、24例和4例。

2.2 DSCT检查心内、外膜轮廓手动校正前后测量结果比较

所有患者图像质量均能满足ED、ES时相的界定和左室心内膜、心外膜的勾画。50例患者均进行了不同程度手动校正,主要校正区域包括:二尖瓣区48例、室间隔右心室缘31例、左侧房室沟区心外膜22例,仅17例左室游离壁心外膜进行了微小调整。手动校正前EDV、ESV及SV测量值均大于校正后(t 值分别为4.969、5.476、1.504, $P_{\text{均}} < 0.001$),但校正前后LVEF测量值差异无统计学意义($t=1.836$, $P > 0.05$)。

2.3 DSCT与ECG对左心功能测定的比较

DSCT结果以手动校正左室内、外膜轮廓后测量的结果为准。DSCT与ECG对EDV、ESV、SV及LVEF的测量值差异均无统计学意义(表1),且两种检查方法所得的各项测量值具有高度相关性(r 分别为0.912、0.949、0.844、0.913, $P < 0.001$),Bland-Altman分析表明两种检查方法所得的测量结果一致性较好(图1),单个样本 t 检验示各项差值的均值与检验值“0”的差异均无统计学意义(t 值分别为0.775、-0.766、1.504、1.846, $P_{\text{均}} > 0.05$)。

表 1 DSCT 与 ECG 对左心室形态学参数及心功能测量值的比较 ($\bar{x} \pm s$)

检查方法	EDV/ml	ESV/ml	SV/ml	EF/%
DSCT	122.10±33.66	48.28±22.87	73.72±19.35	61.29±9.69
ECG	120.58±32.27	49.08±23.32	71.50±17.47	60.23±9.82
<i>t</i>	0.775	−0.766	1.504	1.846
<i>P</i>	0.442	0.447	0.139	0.071

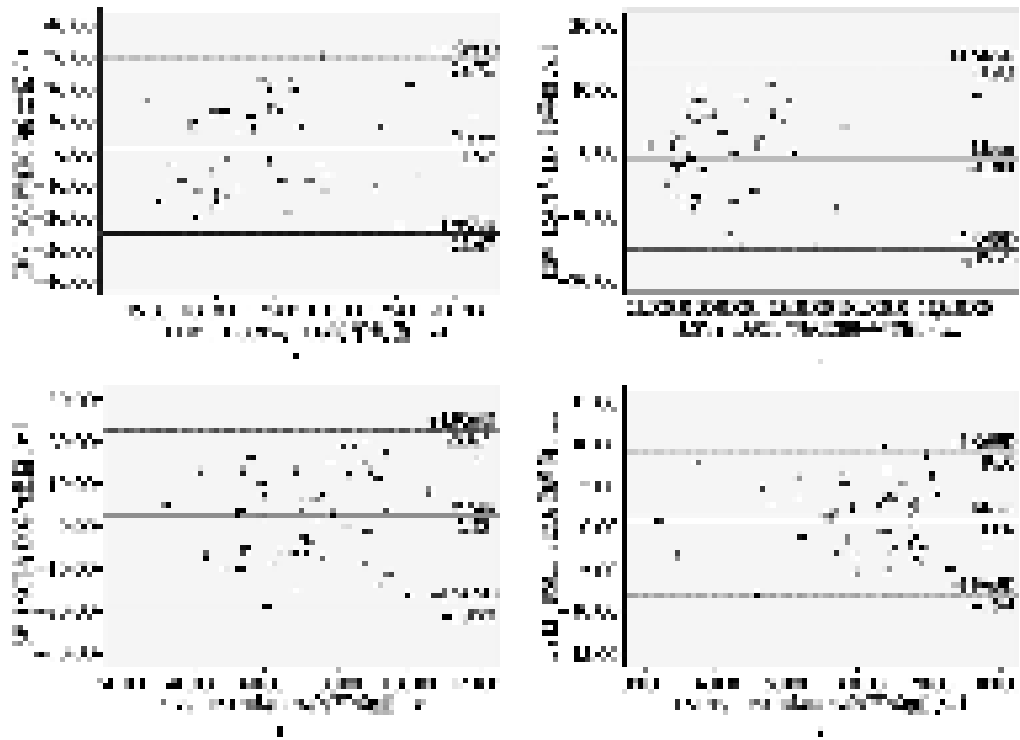


图 1 Bland-Altman 分析:A~D 分别为 DSCT 与 ECG 对 EDV、ESV、SV 及 LVEF 的测量值的一致性评估

3 讨论

ECG 评估左心功能方便快捷,价格低廉,在临床上应用广泛。M 型超声应用 Teichholz 法估测 LVEF,当心室形态偏离假想的椭圆体时,结果会有较大偏差。双平面 Simpson 法不受固定几何模型的限制,对左心室功能的评估与实时三维超声心动图高度相关并具有良好的 consistency,是二维 ECG 测量左心室功能最准确的方法^[4]。MSCT 心功能计算是基于阈值的体素算法,不依赖几何假设,受主观影响较小^[5]。本文 ECG 测值均由两位经验丰富的高年资医师采用双平面 Simpson 法反复测量并达成一致意见后获取,以尽可能得到客观、准确的测量结果。

3.1 DSCT 评价心功能的优势

DSCT 时间分辨率仅为 83ms,避免了心率控制对心功能测值的影响,使心动周期各个时相的图像质量均明显提高,为准确勾画心内外膜提供了保障^[6]。本文所有患者在自然心率下完成心脏扫描,左心室心内外膜界定清楚,能够满足左心室内外膜的勾画。DSCT 配备的心脏功能软件操作简单、功能齐全,具有较高的智能化。但由于二尖瓣较薄、右心室密度较低、左房室沟有心大静脉走行等因素影响,软件自动勾画心内外膜时会出现不同程度偏差,需进行手动校正,以避免测量误差,本文结果显示手动校正前 EDV、ESV 及 SV 的测量值偏大,但 LVEF 测量值差异无统计学意义,因此为节省后处理时间,在工作量较大且单纯评估 LVEF 时,可以

参考软件自动勾画获取的 LVEF 值。

3.2 ED、ES 时相的分布

准确获取 ED、ES 图像是保证 CT 准确评估心功能的一个重要因素,了解其在 R-R 间期中的分布范围具有一定的指导意义。Mahnken AH 等^[7]以家猪为研究对象,运用 DSCT 进行左心功能评估,得出中位 ED 时相为 95% R-R 间期,中位 ES 时相为 40% R-R 间期。本文结果中位 ED 时相与 Mahnken AH 等报道一致^[7],但中位 ES 时相位于 30% R-R 间期,早于 Mahnken AH 等的研究结果,可能与研究对象不同有关。根据本文结果,运用 DSCT 评价心功能时,如无需观察室壁运动,扫描结束后可仅在 30%~40% 及 90%~100% R-R 间期重建图像,从中选取 ED、ES,以避免全心动周期重建耗时过长、数据量过大等问题。

3.3 DSCT 对左心室功能评价的准确性

本文比较 DSCT 与 ECG 各测量值时综合运用配对样本 *t* 检验、Pearson 相关分析及 Bland-Altman 分析,结果表明 DSCT 对心功能评估与 ECG 差异均无统计学意义,二者具有高度相关性及良好一致性,与文献报道相符^[8]。Bland-Altman 散点图示在一致性界限内两种检查方法对 EDV、ESV、SV 及 LVEF 测量的差值的最大绝对值相对于二者平均值,在临床上可以被接受,因此认为两种方法测量的结果具有较好的一致性;另外,本文的 Bland-Altman 散点图中各有一差值位于一致性界限外,分别占总例数的 2%(<5%),考虑为抽样误差所致。虽然本文结果及既往研究均表明 DSCT 对心功能的评估与 ECG 具有较高的相关性及良好的一致性,但 meta 分析提示既往文献中的研究结果尚存在明显异质性,DSCT 可能高估或低估 LVEF 值,研究结论并不统一^[9]。本文中 DSCT 较 ECG 测量值略偏大(+1.06%),但差异无统计学意义,可能与成像设备的固有差异、测量方法不同等因素有关。

总之,双源 CT 结合心电门控管电流调节技术对左心室形态学参数及功能的评估准确、可靠,有助于促进 CT 在心功能评估中应用,是临床上值得推荐的冠心病一站式检查方法。

参考文献:

- [1] Henneman M M, Schuijff J D, Jukema J W, et al. Assessment of global and regional left ventricular function and volumes with 64-slice MSCT: a comparison with 2D echocardiography [J]. *J Nucl Cardiol*, 2006, 13(4): 480-487.
- [2] Annun B R, Liew C K, Chin S P, et al. Assessment of global and regional left ventricular function using 64-slice multislice computed tomography and 2D echocardiography: a comparison with cardiac magnetic resonance [J]. *Eur J Radiol*, 2008, 65(1): 112-119.
- [3] Wen Z, Zhang Z, Yu W, et al. 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.
- [4] Grossgasteiger M, Hien M D, Graser B, et al. Assessment of left ventricular size and function during cardiac surgery. An intraoperative evaluation of six two-dimensional echocardiographic methods with real time three-dimensional echocardiography as a reference [J]. *Echocardiography*, 2013, 30(6): 672-681.
- [5] Bruners P, Knackstedt C, Mahnken A H, et al. Global left ventricular function: assessment with dual-source CT versus conventional ventriculography in a porcine model [J]. *Acta Cardiol*, 2009, 64(3): 311-319.
- [6] Brodoefel H, Burgstahler C, Tsfikas 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.
- [7] Mahnken A H, Bruners P, Schmidt B, et al. Left ventricular function can reliably be assessed from dual-source CT using ECG-gated tube current modulation [J]. *Invest Radiol*, 2009, 44(7): 384-389.
- [8] Kim S S, Ko S M, Song M G, et al. Assessment of global function of left ventricle with dual-source CT in patients with severe arrhythmia: a comparison with the use of two-dimensional transthoracic echocardiography [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2010, 26(Suppl 2): 213-221.
- [9] Asferg C, Usinger L, Kristensen T S, et al. Accuracy of multislice computed tomography for measurement of left ventricular ejection fraction compared with cardiac magnetic resonance imaging and two-dimensional transthoracic echocardiography: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(5): e757-e762.

(收稿日期 2014-10-15)