

❖ 心脏、血管影像学

Veracity of semi-automatic left ventricular function analysis of dual source CT in patients with different heart rate (rhythm)

LI Qiang^{1,2}, QIAN Nong^{1*}, PAN Chang-jie¹, XU Ju-xian³, XUE Yue-jun¹, MENG Ming-zhu¹

(1. Department of Radiology, 3. Department of Vasculocardiology, Changzhou No. 2 Hospital
Affiliated to Nanjing Medical University, Changzhou 213000, China; 2. Department
of Radiology, Yinzhou People's Hospital, Ningbo 315000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the accuracy and application limit of left ventricular function evaluation with semi-automatic Simpson and semi-automatic 3D methods in dual source CT (DSCT) for patients with different heart rate (rhythm). **Methods** Eighty-four consecutive patients who underwent cardiac CT were divided into three groups (group A: heart rate ≤ 75 bpm, $n=31$; group B: heart rate > 75 bpm, $n=36$; group C: arrhythmias, $n=17$) according to heart rates (rhythm). Prospective ECG-trigger and sequential acquisition model (30%—80% R-R interval) were used in coronary arterial angiography with the second generation DSCT. Semi-automatic Simpson method (1st method), manual correction Simpson method (2nd method) and Semi-automatic 3D method (3rd method) were applied respectively to evaluate the left ventricular end systolic volume (LVESV), left ventricular end diastolic volume (LVEDV) and left ventricular ejection fraction (LVEF). Outcome of the 2nd method was regarded as standard of comparison in statistical analysis. **Results** Group A: All three methods were accomplished successfully, no statistical difference was found among the above parameters (all $P>0.05$). Group B: The 1st method failed in 2 cases, and the other 34 patients finished calculation successfully. Statistical differences of LVEF were found between 1st and 2nd method ($P<0.05$), as well as of LVEDV between 2nd and 3rd method ($P<0.05$). The correlation of LVEF obtained with the 2nd and 3rd method was higher than that of the 1st and 2nd method. In group C, the 1st method failed in 8 cases and the 3rd method failed in 3 cases, while all three methods succeeded in 9 cases, and the success rate was 52.94% (9/17). **Conclusion** Semi-automatic Simpson and semi-automatic 3D method of DSCT have some applicable scope in left ventricular function analysis according to different heart rates (rhythm). Reasonable methods should be taken to guarantee the accuracy of evaluation.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Ventricular function, left; Heart rate

双源 CT 半自动法左心室功能分析 在不同心率(律)下的准确性

李 强^{1,2}, 钱 农^{1*}, 潘昌杰¹, 徐菊仙³, 薛跃君¹, 孟名柱¹

(1. 南京医科大学附属常州市第二人民医院放射科, 3. 心内科, 江苏 常州 213000;
2. 鄞州人民医院放射科, 浙江 宁波 315000)

[摘 要] **目的** 探讨双源 CT(DSCT)半自动 Simpson 和半自动 3D 法对不同心率(律)个体左心室功能分析的准确性及应用限度。 **方法** 连续 84 例接受冠状动脉 CT 造影的患者, 依据心率(律)分为 3 组(A 组: 心率 ≤ 75 次/分, 31 例; B 组: 心率 > 75 次/分, 36 例; C 组: 心律不齐, 17 例)。采用第二代 DSCT 前瞻性心电门控序列进行扫描(30%~80% R-R 间

[作者简介] 李强(1979—), 男, 江苏徐州人, 在读硕士, 主治医师。研究方向: 心血管影像诊断。E-mail: qlihorse00@163.com

[通讯作者] 钱农, 南京医科大学附属常州市第二人民医院放射科, 213000。E-mail: qiannong007@163.com

[收稿日期] 2012-06-12 **[修回日期]** 2012-08-22

期),分别用半自动 Simpson 法、手动矫正 Simpson 法和半自动 3D 法(以下分别简称第一、二、三种方法)测得左心室收缩末期容积(LVESV)、舒张末期容积(LVEDV)以及射血分数(LVEF),并以第二种方法结果为对照进行统计学分析。结果

A 组:3 种处理方法均顺利完成,左心室功能各测量数值差别均无统计学意义(P 均 >0.05)。B 组:第一种方法失败 2 例,其余 34 例顺利完成;第一、第二种方法测量的 LVEF 值及第二、第三种方法测量的 LVEDV 值差别有统计学意义(P 均 <0.05);第三与第二种方法测得的 LVEF 的相关性明显高于第一与第二种方法。C 组:第一种方法失败 8 例,其中 3 例第一、第三种方法均失败,同时用 3 种方法处理成功 9 例,成功率 52.94%(9/17)。结论 DSCT 半自动 Simpson 和半自动 3D 法左心室功能分析有一定的心率(律)适用范围;应依据心率(律)选择合理的计算方法,以保证计算的准确性。

[关键词] 体层摄影术, X 线计算机; 心室功能, 左; 心率

[中图分类号] R816.2; R814.42 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2013)01-0046-05

左心室功能对评估心脏病患者预后及远期转归有重要参考价值,可为冠心病的诊断、危险度分级以及制定治疗方案提供重要依据,因此,左心室功能测量的准确性和可重复性十分重要^[1-3]。本研究探讨心率和(或)心律齐性对左心室功能分析的准确性是否存在影响,以及对于不同心率(律)如何选择合理方法,以更准确高效地进行左心室功能分析。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集南京医科大学附属常州市第二人民医院 2011 年 5—8 月间临床怀疑或明确诊断为冠心病而接受 CT 冠状动脉造影(coronary computed tomography angiography, CCTA)的连续 84 例患者,男 46 例,女 38 例,年龄 37~83 岁,中位年龄 65 岁;心率 55~116 次/分,平均 (79.3 ± 18.4) 次/分;依据心率(律)不同,将其分为 A、B、C 3 组(A 组:心率 ≤ 75 次/分,31 例;B 组:心率 > 75 次/分,36 例;C 组:心律不齐,17 例)。所有患者扫描前均签订知情同意书。本研究通过医院伦理审查委员会批准。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Somatom Definition Flash DSCT,前瞻性心电门控序列扫描模式(SAS),扫描前进行屏气训练,扫描范围自气管隆嵴下 1 cm 至心脏膈面。选用非离子型对比剂碘海醇(370 mgI/ml),以双筒高压注射器(Ulrich Missouri XD 2051)经肘正中静脉团注 15 ml 对比剂后行预扫描,流速 4.5 ml/s;然后静脉团注对比剂 60~65 ml,流速 4.5 ml/s,并同时启动正式扫描,最后再以相同流速后续 50 ml 生理盐水。扫描参数:管电压 120 kV,旋转时间 280 ms,时间分辨率 75 ms,准直 $2 \times 64 \times 0.6$ mm,层厚 0.6 mm,FOV 150 mm $\times$ 150 mm。采集期相:30%~80% R-R 间期。重建参数:30%~80% R-R 间期,5% R-R 间隔,0.75 mm 层厚,采用重组算法 B26f。

1.3 左心室心功能分析后的处理方法 使用 Siemens Syngo MMWP VE36A Circulation 软件。将二尖瓣和

主动脉瓣均处于最大关闭状态时的左心室最小短轴位面积视为收缩末期,默认 80% 时相为左心室舒张末期,以三种不同方法测量左心室功能参数[左心室收缩末期容积(left ventricular end systolic volume, LVESV)、左心室舒张末期容积(left ventricular end diastolic volume, LVEDV)、左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)]。第一种方法:半自动 Simpson 法,选择左心室乳头肌中部短轴位图像,取室间隔处有代表性的心肌为 CT 值参考点,计算机自动勾画心内膜和心外膜轮廓线,于收缩末期和舒张期各测量 1 次。第二种方法:手动矫正 Simpson 法,在第一种方法的基础上,对计算机自动勾画的逐个长轴和短轴层面轮廓线进行手动矫正,使其更符合心内外膜的实际轮廓。第三种方法:半自动 3D 法(threshold-based 3D segmentation),以二尖瓣瓣膜基底部分为基线,以左心腔内最有代表性的对比剂密度为参考点,以乳头肌中部短轴室间隔处心肌密度为另一对比点,计算机自动勾画心内膜和心外膜轮廓线。由 2 名高年资放射科医师共同完成所有数据的收集和处理。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 13.0 统计软件处理数据,以第二种方法的数据作为对照,行双侧配对 t 检验及双侧 Pearson 相关性检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

A 组:3 种处理方法均顺利完成(表 1)。与第二种方法比较,第一、三种方法测得的 A 组各项左心室功能数据差异无统计学意义;第三与第二种方法测量的 LVEF 的相关性高于第一与第二种方法。

B 组:第一种测量方法失败 2 例,余 34 例 3 种处理方法均顺利完成测量(表 2)。第一、第二种方法测量的 LVEF 值和第二、第三种方法测量的 LVEDV 值差异有统计学意义(P 均 <0.05);第三与第二种方法测量的 LVEF 相关性明显高于第一与第二种方法。

C 组:第一种方法失败 8 例,其中 3 例第一、第三

表 1 3 种方法计算的 A 组左心室功能的数据 ($n=31$)

测量方法	LVESV(ml)	LVEDV(ml)	LVEF(%)
第一种方法	37.03±21.80	94.61±33.75	61.29±13.03
第二种方法	36.26±20.32	96.26±34.14	62.13±9.42
第三种方法	35.58±22.07	94.38±33.98	62.77±8.97
第一、二种方法比较	$t=0.46, P=0.64, r=0.90$	$t=-1.05, P=0.30, r=0.96$	$t=-0.46, P=0.64, r=0.64$
第二、三种方法比较	$t=0.95, P=0.34, r=0.98$	$t=1.02, P=0.31, r=0.95$	$t=-1.10, P=0.27, r=0.93$

表 2 3 种方法计算的 B 组左心室功能数据 ($n=34$)

测量方法	LVESV(ml)	LVEDV(ml)	LVEF(%)
第一种方法	41.57±32.24	83.90±20.78	56.69±18.26
第二种方法	39.43±32.21	85.03±23.82	61.66±14.64
第三种方法	39.20±31.94	84.20±22.58	61.57±14.69
第一、二种方法比较	$t=1.32, P=0.19, r=0.95$	$t=-1.15, P=0.25, r=0.88$	$t=-2.31, P=0.02, r=0.69$
第二、三种方法比较	$t=0.53, P=0.59, r=0.99$	$t=2.59, P=0.01, r=0.98$	$t=-0.06, P=0.95, r=0.98$

种方法均失败;同时用 3 种方法处理成功 9 例,成功率 52.94%(9/17),见表 3。

表 3 3 种方法计算的 C 组左心室功能的数据 ($n=9$)

测量方法	LVESV(ml)	LVEDV(ml)	LVEF(%)
第一种方法	42.11±33.40	91.45±30.02	55.32±25.43
第二种方法	41.23±35.28	92.30±28.24	60.12±24.46
第三种方法	40.31±32.58	91.23±45.12	60.78±41.83

注:由于 n 值较小,未进行 t 检验和 Pearson 相关性分析

3 讨论

MRI 是目前公认的左心室功能分析的“金标准”^[1,4-5]。在众多左心室功能影像学检查方法中,多排 CT 的分析结果与“金标准”MRI 的差别最小^[2,5-6],并且左心室功能分析完全是 CCTA 的附带产物,无需额外的辐射和对比剂^[7],一次检查可得到更多的心脏信息,对于全面评估冠状动脉病变及心功能状况有很大参考价值。第二代 DSCT 有较高的时间分辨率。CCTA 检查使用 SAS,心率适应范围广,对于高心率甚至部分心律不齐患者都可以获得满意冠状动脉图像;但这也给心功能分析带来了很大挑战,即在高心率及心律不齐的情况下,左心室运动伪影、心腔内对比剂分布不均衡等因素均可影响半自动算法的准确性。

DSCT 采用 Simpson 法和 3D 法^[3-4]进行左心室功能分析。Simpson 算法将心脏分为若干层面,分别计算每一层的心腔面积并乘以层厚,叠加后得到总容积,依据收缩末期和舒张末期的左心室容积信息,得到左心室功能参数^[4]。3D 算法^[4]假设心脏为一个圆锥体,利用相应公式计算出收缩末期和舒张末期容积,最

后得出左心室功能参数。以上两种方法均可半自动进行或手动矫正进行^[3-5],两种半自动后处理法速度较快,应用方便,而手动矫正法时耗时较长,步骤复杂,效率低^[8]。

两种半自动算法对不同心率患者左心室功能分析的准确性有所差异。低心率的 A 组心脏运动伪影较少,左心室内对比剂

均匀性较好,两种半自动法均可准确勾画心脏内外膜轮廓,计算结果与手动矫正 Simpson 法差别不大。在高心率的 B 组,由于 DSCT 相对时间分辨率仍显不足,左心室壁的运动伪影依然存在^[9],故第一种方法自动勾画的心肌轮廓常与真实轮廓出现偏差(图 1A~C),而第三种方法的误差相对较小(图 1D~F);同时,左心室对比剂的不均匀性增加,也影响第一种方法自动计算结果的准确性,CCTA 检查高心率患者多需 4~6 个有效 R-R 间期,总 R-R 间期最高可达到 10 个,总扫描时间延长常导致最后一个 R-R 间期左心室内对比剂密度明显下降,出现“分层现象”,使第一种方法不能很好地识别心内膜轮廓,此时第三种方法较第一种方法有明显优势,可通过选择折中的左心室内参考点来尽量降低这一影响(图 2),即尽量选择有利于区别心肌和左心室内对比剂的参考点。心律不齐的 C 组情况较复杂,两个主要因素影响其准确性:①总扫描时间更长且不规则,左心室内对比剂“分层现象”较高心率者更为严重;②SAS 扫描时,前后两个 R-R 间期心率不能相差过大,差值大于 29.9 次/分时,心室壁会出现明显的断层现象^[10],若连续等待若干个 R-R 间期后仍无法得到适当心率,只能强制触发扫描,最终使心室壁和冠状动脉图像出现阶梯状伪影,这在心律不齐患者很常见,也是 C 组第一及第三种方法失败的主要原因,其中对第一种方法的影响更大。因此,对于心律不齐或心房颤动患者,最好使用手动矫正 Simpson 法。另外,由于计算原理不同,Simpson 和 3D 法不能在同一患者的收缩和舒张末期交互使用,易造成 LVEF 结果失真^[3]。

研究^[5-7,11]报道,CT 设备的时间分辨率、高压注射

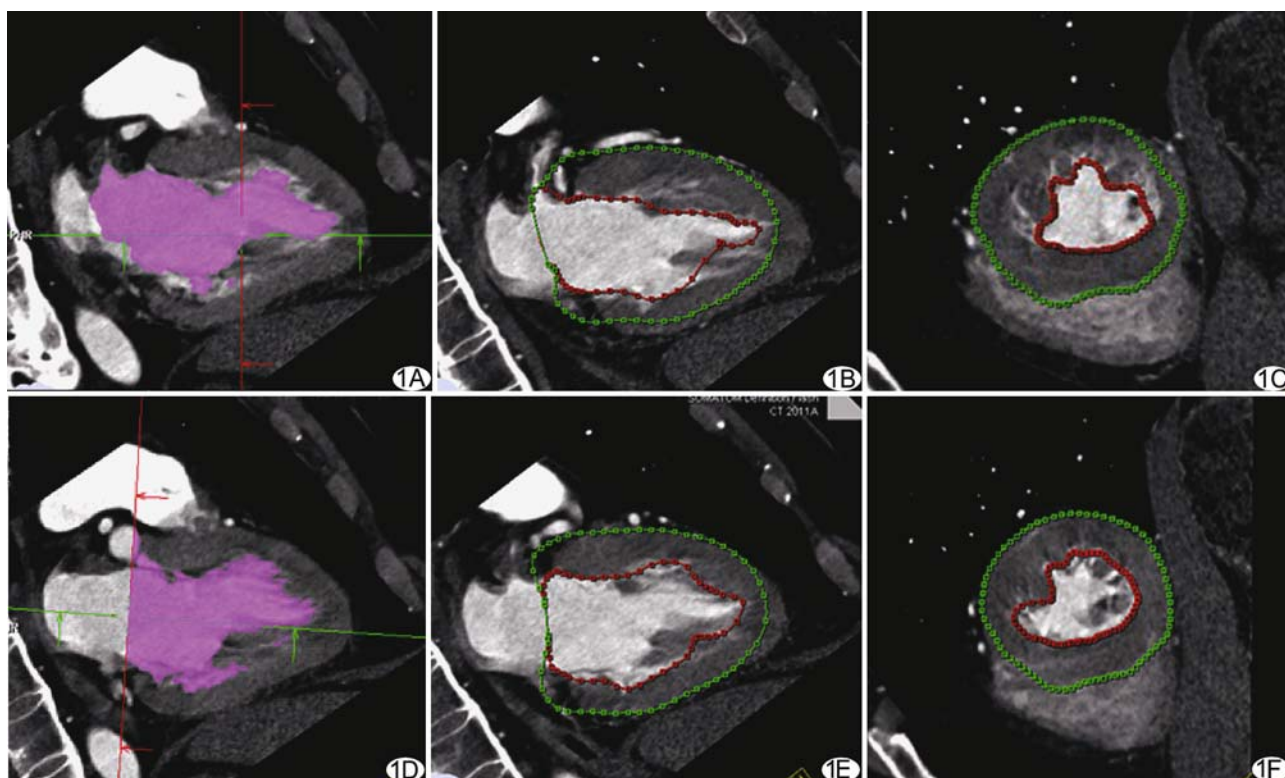


图1 患者男,心率 104 次/分 高心率导致的心脏运动伪影使得半自动 Simpson 法勾画的心内膜轮廓与实际轮廓有一定差别(A~C),而半自动 3D 法相对较为准确(D~F),提示高心率下使用半自动 3D 法测量 LVEF 值更可靠

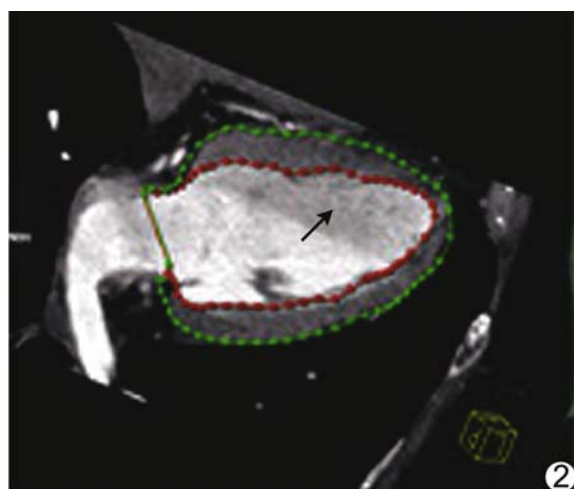


图2 患者男,心率 110 次/分,共 10 个 R-R 间期(5 个有效 R-R 间期)完成扫描,最后一个 R-R 间期内左心室内对比剂密度明显下降而出现“分层”现象,半自动 Simpson 法未能很好识别其中密度较低的部分,采用半自动 3D 法则可通过选择折中的左心室内密度参考点来尽量克服这一影响(箭)

器高速注射对比剂、服用控制心率药物、屏气等均是可能影响 LVEF 测值的因素;笔者认为对比剂的充填程度、心率(律)情况同样不能忽视。合理选择左心室功能分析方法可在一定程度上降低这些因素对左心室功

能参数测值的影响,同时,充分了解两种半自动法的适用范围也可在一定程度上提高工作效率。在 DSCT 左心室功能分析中,对低心率患者使用半自动 Simpson 法或半自动 3D 法均可;对高心率患者,建议使用半自动 3D 法;而对心律不齐患者,应尽量使用手动矫正 Simpson 法,才能保证计算的准确性。

[参考文献]

- [1] Mahnken AH, Bruners P, Schmidt B, et al. Left ventricular function can reliably be assessed from dual-source CT using ECG-gated tube current modulation. *Invest Radiol*, 2009, 44(7):384-389.
- [2] De Jonge GJ, van Ooijen PM, Overbosch J, et al. Comparison of (semi-) automatic and manually adjusted measurements of left ventricular function in dual source computed tomography using three different software tools. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2011, 27(6):787-794.
- [3] De Jonge GJ, van der Vleuten PA, Overbosch J, et al. Semi-automatic measurement of left ventricular function on dual source computed tomography using five different software tools in comparison with magnetic resonance imaging. *Eur J Radiol*, 2011, 80(3):755-766.
- [4] Juergens KU, Seifarth H, Range F, et al. Automated threshold-

- based 3D segmentation versus short-axis planimetry for assessment of global left ventricular function with dual-source MDCT. AJR Am J Roentgenol, 2008,190(2):308-314.
- [5] Boll DT, Gilkeson RC, Merkle EM, et al. Functional cardiac CT and MR: Effects of heart rate and software applications on measurement validity. J Thorac Imaging, 2005,20(1):10-16.
- [6] Busch S, Johnson TR, Wintersperger BJ, et al. Quantitative assessment of left ventricular function with dual-source CT in comparison to cardiac magnetic resonance imaging: Initial findings. Eur Radiol, 2008,18(3):570-575.
- [7] Bardo DM, Kachenoura N, Newby B, et al. Multidetector computed tomography evaluation of left ventricular volumes: Sources of error and guidelines for their minimization. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2008,2(4):222-230.
- [8] Bastarrika G, Arraiza M, Pueyo JC, et al. Quantification of left ventricular function and mass in cardiac Dual-Source CT (DSCT) exams: Comparison of manual and semiautomatic segmentation algorithms. Eur Radiol, 2008,18(5):939-946.
- [9] 王明亮,董光,耿海,等.双源 CT 冠状动脉成像的重建时相及其与心率的相关性.中国医学影像技术,2010,26(6):1034-1037.
- [10] 张竹花,金征宇,张抒扬,等.双源 CT 冠状动脉成像的初步研究.中华放射学杂志,2007,41(9):973-976.
- [11] Mo YH, Jaw FS, Wang YC, et al. Effects of propranolol on the left ventricular volume of normal subjects during CT coronary angiography. Korean J Radiol, 2011,12(3):319-326.

《中国医学影像技术》杂志 2013 年征订启事

《中国医学影像技术》杂志于 1985 年创刊,是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊,主编为李坤成教授、姜玉新教授。刊号:ISSN 1003-3289,CN 11-1881/R。是百种中国杰出学术期刊、中国精品科技期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库核心期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、荷兰《医学文摘》收录源期刊、英国《科学文摘》收录源期刊、俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊、波兰《哥白尼索引》收录源期刊、《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊。

《中国医学影像技术》杂志刊登放射、超声、核医学、介入治疗、影像技术学、医学物理与工程学等方面的基础研究及临床实验研究最新成果,信息量大、发刊周期短,注重医、理、工相结合,是影像医学发展和学术交流的良好平台,本刊论文是医学影像专业人员晋升中、高级职称和完成硕士、博士学业的重要依据,也是图书馆必备的学术刊物。

《中国医学影像技术》为月刊,160 页,大 16 开本,彩色印刷。单价 20 元,全年定价 240 元。订户可随时向当地邮局订阅,邮发代号 82-509;亦可向编辑部直接订阅,免邮寄费(欢迎通过银行转账,附言栏请注明订阅杂志名称)。

联系电话:010-82547903 传真:010-82547903

E-mail:cjmit@mail.ioa.ac.cn 网址:www.cjmit.com

编辑部地址:北京市海淀区北四环西路 21 号大猷楼 502 室 邮编:100190

银行账户名:《中国医学影像技术》期刊社 账号:110907929010201

开户行:招商银行北京分行清华园支行 联系人:孟辰凤

