

程凯, 查云飞, 胡磊, 等. 心脏 CT 平扫与 CTA 定量分析心外膜脂肪体积对比研究[J]. CT 理论与应用研究, 2019, 28(5): 585-591. doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.05.08.  
CHENG K, ZHA Y F, HU L, et al. A comparative study of non-contrast cardiac CT and coronary CT angiography in quantitative analysis of epicardial fat volume[J]. CT Theory and Applications, 2019, 28(5): 585-591. doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.05.08. (in Chinese).

## 心脏 CT 平扫与 CTA 定量分析心外膜脂肪体积对比研究

程凯, 查云飞<sup>✉</sup>, 胡磊, 曾菲菲, 彭宙锋

(武汉大学人民医院放射科, 武汉 430060)

**摘要:** 目的: 对比研究基于心电门控的心脏 CT 平扫(NCT)与冠状动脉 CTA 定量评价冠心病患者心外膜脂肪体积(EFV)的一致性。方法: 回顾性分析临床诊断冠心病同期行心脏 CT 平扫和冠状动脉 CTA 检查患者 40 例。心外膜边界由 2 位具有丰富心血管 CT 临床工作经验的医师(观察者 1 和 2)采用 GE AW4.7 工作站自动软件自动勾勒心外膜轮廓, EFV 结果由软件自动计算生成。采用线性回归分析、Bland-Altman 分析法及组内相关系数(ICC)评价两观察者间的一致性。结果: NCT 和冠状动脉 CTA 测得 EFV 分别为  $(99.43 \pm 43.78) \text{ cm}^3$  和  $(93.66 \pm 48.49) \text{ cm}^3$ , 两者差异无明显统计学意义( $P > 0.05$ )。观察者 1 在 NCT 和 CTA 的重复系数(CR)误差分别为  $10.01 \text{ cm}^3$  和  $7.83 \text{ cm}^3$ ; 观察者 2 在 NCT 和 CTA 的 CR 误差分别为  $11.05 \text{ cm}^3$  和  $7.58 \text{ cm}^3$ 。NCT 的 CR 为  $8.05 \text{ cm}^3$ ; CTA 的 CR 为  $7.13 \text{ cm}^3$ 。各组 ICC 均大于 0.96。结论: 基于心电门控的心脏 CT 平扫和冠状动脉 CTA 均可用于 EFV 的评估。

**关键词:** 心血管疾病; 心外膜脂肪组织; 体层摄影术; X 线计算机

doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.05.08 中图分类号: R 812 文献标志码: A

心外膜脂肪组织(epicardial adipose tissue, EAT)增多是多种心血管疾病(动脉粥样硬化、房颤等)和代谢综合征(胰岛素抵抗、肥胖等)发生发展的重要危险因素<sup>[1-5]</sup>。EAT 的定量监测,有助于早期预警各种相关动脉硬化病变及代谢综合征的发生及早期抑脂治疗策略的选择。

目前,心外膜脂肪组织体积(epicardial fat volume, EFV)的检测方法主要有超声心动图、多排螺旋 CT、心脏 MRI 三种。超声心动图多采用测量右心室游离壁的脂肪厚度来评估 EAT,但由于超声仪器的局限性和主观人为因素,其存在误差较大且可重复性差等缺点<sup>[6]</sup>。CT 和 MRI 技术通过测量 EFV 来实现心外膜脂肪量的评估,客观且重复性高。心脏 MRI 技术因检查耗时、价格昂贵等因素限制了其临床应用。多项以冠状动脉 CTA 为基础的 EFV 研究已证实 EFV 的增加与冠状动脉早期斑块的形成、斑块的易损性及冠脉狭窄程度均具有明显相关性<sup>[7-9]</sup>。

传统 EFV 研究多采用基于胸部平扫 CT 及冠状动脉 CTA 图像逐层手动勾画测量,而心脏 CT 平扫(non-contrast CT, NCT)及 CTA 软件阈值自动勾画测量 EFV 的对比研究国内外报道尚少,本研究旨在对比研究基于心电门控的心脏 CT 平扫与冠状动脉 CTA 定量评价 EFV 的一致性。

收稿日期: 2019-07-18。

## 1 材料与方法

### 1.1 病例资料

回顾性分析本院 2017 年 3 月至 2018 年 3 月临床诊断冠心病同期行心脏 CT 平扫和冠状动脉 CTA 检查患者 40 例, 其中男 21 例, 女 19 例, 年龄 50~82 岁, 中位年龄 64 岁, 受检者平均体重  $(64.1 \pm 12.5)$  kg, 平均身高  $(165.0 \pm 10.3)$  cm, 平均体重指数 (body mass index, BMI)  $(25.3 \pm 6.5)$  kg/m<sup>2</sup>。

纳入标准: 顺利完成心脏 CT 平扫及冠状动脉 CTA 检查, 图像质量能够满足 EFV 测量。排除标准: 既往或近期有心脏手术史、心肌梗死、各种先天性心脏病、心肌病、心脏瓣膜病、严重心律失常、严重肺部疾病、各种原因导致严重肝肾功能不全患者; 碘对比剂过敏者。本研究由武汉大学人民医院伦理委员会批准, 且所有受检者均知情同意。

### 1.2 检查方法

采用 256 排 Revolution CT 成像系统 (GE Medical systems, LLC), 行前瞻性心电门控方法扫描。扫描范围: 自气管分叉水平至膈下 3~4 cm。NCT 扫描参数: 扫描视野 25 cm, 探测器宽度 14 cm, 机架旋转速度 0.28 s/r, 重组层厚 0.625 mm, 管电压 120 kV, 管电流 120 mA, 重建期相 75% R-R 间期。冠脉 CTA 扫描前, 经右侧肘前静脉用双筒高压 CT 注射器 (美国, MADRAD) 以 0.9 mL/kg 体重注射优维显 (拜耳医药保健有限公司, 370 mgI/100 mL), 流率 4.5~5 mL/s, 再以同样的流率静脉注射生理盐水 40 mL; 采用智能追踪 SmartPrep 方法触发, 选择主动脉根部平面为监测层面, 设定大小约 1 cm<sup>2</sup> 感兴趣区, 增强阈值 200 HU, 延迟时间 1.5 s, 管电压采用 kV Assist 模式, 管电流采用 SmartmA 200~600 mA 模式, 重建期相采用 Smartphase 模式, 余扫描参数同 NCT。

### 1.3 数据测量和分析

将受检者 NCT (smartscore) 及冠脉 CTA 原始图像, 以 0.625 cm 层厚 75% R-R 间期重组图像导入 GE AW4.7 工作站 (Advantage Workstation 4.7, GE Healthcare), 采用自动勾勒 (Autocontour) 软件勾勒心包轮廓, 然后提取整个心包, 测量范围从心包横窦中点左肺动脉起源处开始至左心室心尖部下缘为止可辨认的心脏纤维膜 (即为心外膜边界); NCT 设定脂肪阈值为 -190~-30 HU, CTA 设定脂肪阈值为 -190~-3 HU<sup>[10]</sup>; 工作站自动提取心外膜脂肪组织, 并计算其体积, 如图 1 和图 2 所示。以上数据测量由两位从事心血管放射诊断工作 5 年以上医师 (观察者 1 和观察者 2) 分别单独完成。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 24.0 软件进行统计学分析。NCT 及 CTA 测量 EFV 值的一致性分析采用线性回归分析、Bland-Altman 分析及组内相关系数 (intra class correlation, ICC)。所有计量资料以均数  $\pm$  标准差表示。所有统计结果以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

所有受检者配合良好, 所得图像符合诊断标准。观察者 1 测得平均  $EFV_{NCT}$  和  $EFV_{CTA}$  分别为  $(97.33 \pm 40.73)$  cm<sup>3</sup> 和  $(92.58 \pm 43.59)$  cm<sup>3</sup>; 观察者 2 测得平均  $EFV_{NCT}$  和  $EFV_{CTA}$  分别为

( $101.28 \pm 47.68$ ) $\text{cm}^3$  和 ( $95.66 \pm 45.38$ ) $\text{cm}^3$ 。两观察者测得平均  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  和  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  值分别为 ( $99.43 \pm 43.78$ ) $\text{cm}^3$  和 ( $93.66 \pm 48.49$ ) $\text{cm}^3$ ，两者差异无明显统计学意义 ( $P=0.212$ )。两观察者测得  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  值与  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  值均呈明显正相关 (图 3)。

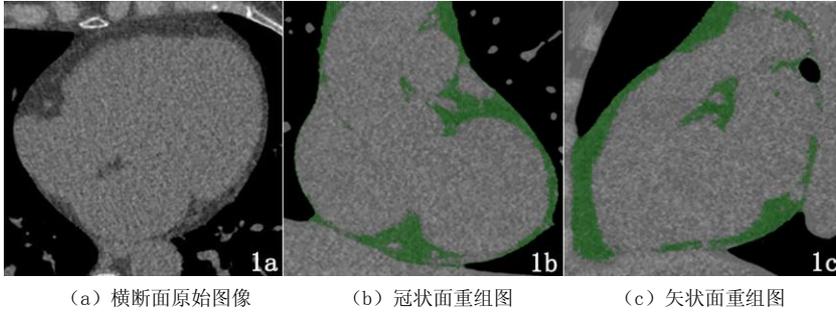


图 1 NCT 心外膜脂肪组织分割

Fig.1 NCT epicardial fat volume measurement: Segmentation method

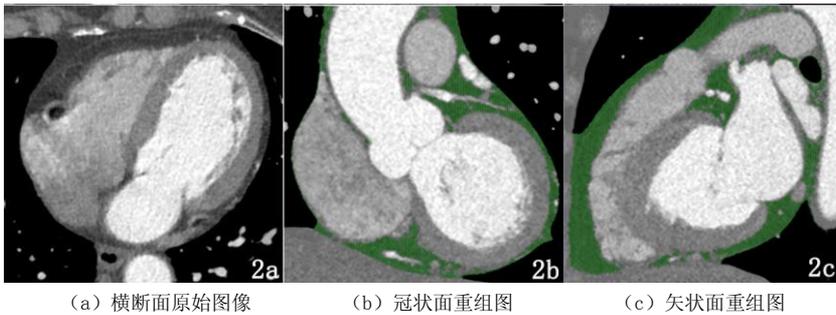


图 2 CTA 心外膜脂肪组织分割

Fig.2 CTA epicardial fat volume measurement: Segmentation method

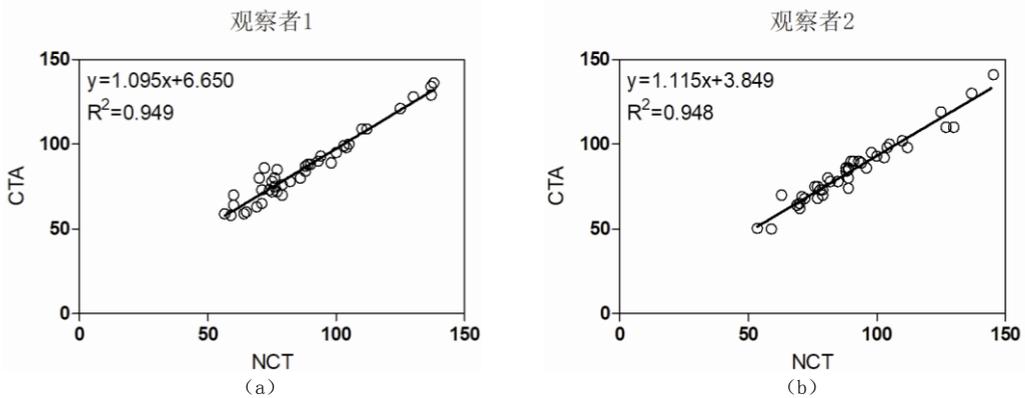


图 3 线性回归分析结果显示两观察者测得  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  和  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  均呈明显正相关

Fig.3 Regression analysis showed excellent correlations of  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  and  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  in operator 1 and operator 2

Bland-Altman 分析 (图 4) 结果显示, 观察者 1 的  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  和  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  重复系数 (coefficient

of repeatability, CR) 误差分别为  $10.01 \text{ cm}^3$  和  $7.83 \text{ cm}^3$ ; 观察者 2 的  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  和  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  的 CR 误差分别为  $11.05 \text{ cm}^3$  和  $7.58 \text{ cm}^3$ 。NCT 的 2.5% (1/40) 的点落位于 95% 可信区间界限以外; CTA 的所有测量值均位于 95% 可信区间界限内。各组 CR 及 ICC 如 (表 1), 结果显示两种方法测得结果具有较好的一致性。

表 1 NCT 和冠状动脉 CTA 的 CR 及 ICC 比较

Table 1 Inter-observer coefficients of repeatability (CR) and Intra class correlation (ICC) of  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  and  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$

方法	CR/ $\text{cm}^3$	95% CI/ $\text{cm}^3$	ICC	95% CI
NCT	8.05	(7.55, 8.32)	0.96	(0.95, 0.97)
CTA	7.13	(6.76, 7.83)	0.97	(0.95, 0.98)

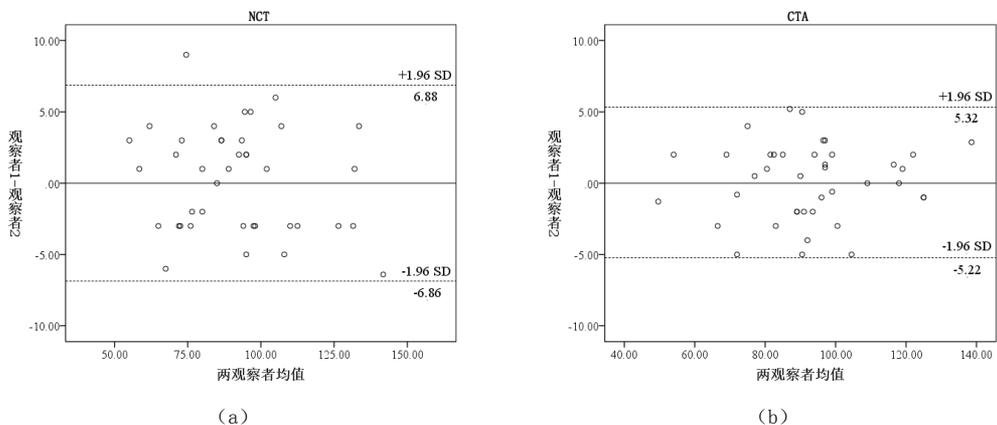


图 4 两观察者  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  和  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  测量值 Bland-Altman 分析

Fig.4 Bland-Altman analysis of  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  and  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  in operator 1 and operator 2

### 3 讨论

本研究结果显示观察者内和观察者间心电图门控下  $\text{EFV}_{\text{NCT}}$  和  $\text{EFV}_{\text{CTA}}$  均具有较好的一致性, 提示 NCT 和冠脉 CTA 在测量 EFV 方面具有等效性。

EAT 是位于心肌与脏层心包之间的一种特殊的内脏白色脂肪组织, 包绕心肌、冠状动脉以及部分出入心脏的大血管, 不仅能够缓冲心肌运动及其对冠脉的机械影响, 还可以释放多种促炎因子调节冠脉血液和心肌的脂肪酸平衡<sup>[1-2]</sup>。EFV 增加是冠状动脉粥样硬化加速进展的独立危险因素<sup>[11]</sup>。杨春英等<sup>[12]</sup>对冠心病患者进行 CTA 检测, 结果发现 EAT 厚度、EFV 与冠状动脉狭窄程度呈显著正相关。吴磊等<sup>[13]</sup>研究发现冠心病患者 EFV 与升主动脉弹性呈明显负相关, 认为对 EFV 的检测有助于早期预警冠心病患者动脉硬化病变的发生及早期治疗具有重要的指导意义。

目前, EFV 研究多采用基于胸部平扫 CT 及冠状动脉 CTA 图像测量, 而传统图像后处理方法多借助工作站或第三方软件人工逐层勾画感兴趣区, 一方面工作量巨大, 耗时较长, 另一方面增大测量误差。本研究采用一站式自动测量体积软件进行体积测量, 相对于传统

逐层人工勾画的方法, 不仅缩短了后处理时间, 而且明显减小了重复测量误差。

对于 EAT 的测量研究中是否需要使用心电门控技术仍然存在争议, Saremi 等<sup>[14]</sup>研究发现 EFV 的大小也与选择的心动周期的期相有关; 而 Lee 等<sup>[15]</sup>和吴磊等<sup>[16]</sup>研究认为非心电门控平扫 CT 图像同样能够进行 EFV 的评价, 且与常规冠脉 CTA 图像评价结果相比具有较好的相关性和一致性。本研究中的心脏 NCT 和 CTA 扫描均在心电门控下进行, 克服了因心脏收缩期或舒张期不同可能导致的 EFV 测量误差。

本研究测得平均  $EFV_{NCT}$  和  $EFV_{CTA}$  值分别为  $(99.43 \pm 43.78) \text{ cm}^3$  和  $(93.66 \pm 48.49) \text{ cm}^3$ , 与先前的研究报道结果  $((86 \pm 35) \text{ cm}^3$  至  $(120 \pm 47) \text{ cm}^3)$ <sup>[17]</sup> 相似。研究结果显示观察者内和观察者间  $EFV_{NCT}$  和  $EFV_{CTA}$  均具有较好的一致性, 提示 NCT 和冠脉 CTA 在测量 EFV 方面基本上具有等效效果。相较于 CTA, NCT 扫描更加快捷方便, 且无需使用对比剂, 从而杜绝了因对比剂摄入引起的一系列并发症的发生。但 NCT 对心房和心室 EAT 的精确分隔有一定困难, 且对于 EAT 较少的受检者, 由于 CTA 具有更清晰的对比度, 因此较 NCT 更有利于勾画 EAT 边界。

本研究存在一定局限性: 纳入样本量相对较少, 且受检者平均 BMI 为  $(25.3 \pm 6.5) \text{ kg/m}^2$ , 大于正常 BMI  $(18.5 \sim 23.9 \text{ kg/m}^2)$ ; 另外, 研究对象的年龄分布大部分为中老年人, 未纳入年轻者进行对比研究。因此, 进一步扩大样本量, 均衡纳入对象年龄及 BMI 是有必要的。

综上所述, 基于心电门控的心脏 CT 平扫和冠状动脉 CTA 均可用于 EFV 的评估。

## 参考文献

- [1] OTAKI Y, RAJANI R, CHENG V Y, et al. The relationship between epicardial fat volume and incident coronary artery calcium[J]. *Journal of cardiovascular computed tomography*, 2011, 5(5): 310-316.
- [2] YAMASHITA K, YAMAMOTO M H, IGAWA W, et al. Association of epicardial adipose tissue volume and total coronary plaque burden in patients with coronary artery disease[J]. *International Heart Journal*, 2018, 59(6): 1219-1226.
- [3] NERLEKAR N, MUTHALALY R G, WONG N, et al. Association of volumetric epicardial adipose tissue quantification and cardiac structure and function[J]. *Journal of the American Heart Association*, 2018, 7(23): e009975.
- [4] GHASABEH M A, TE RIELE ASJ M, JAMES C A, et al. Epicardial fat distribution assessed with cardiac CT in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy[J]. *Radiology*, 2018, 289(3): 641-648.
- [5] WOERDEN G V, GORTER T M, WESTENBRINK B D, et al. Epicardial fat in heart failure patients with mid-range and preserved ejection fraction[J]. *European Journal of Heart Failure*, 2018, 20(11): 1559-1566.
- [6] 祁荣兴, 田国才, 龚沈初. 心外膜脂肪组织不同影像学定量方法及临床意义[J]. *临床放射学杂志*, 2014, 33(1): 146-148.
- [7] SENOO A, KITAGAWA T, TORIMAKI S, et al. Association between histological features of epicardial adipose tissue and coronary plaque characteristics on computed tomography angiography[J]. *Heart Vessels*, 2018, 33(8): 827-836.
- [8] GOELLER M, ACHENBACH S, MARWAN M, et al. Epicardial adipose tissue density and volume are related to subclinical atherosclerosis, inflammation and major adverse cardiac events in asymptomatic subjects[J]. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, 2018, 12(1): 67-73.

- [9] MANCIO J, AZEVEDO D, SARAIVA F, et al. Epicardial adipose tissue volume assessed by computed tomography and coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis[J]. *European Heart Journal Cardiovascular Imaging*, 2018, 19(5): 490-497.
- [10] XU L, XU Y, COULDEN R, et al. Comparison of epicardial adipose tissue radiodensity threshold between contrast and non-contrast enhanced computed tomography scans: A cohort study of derivation and validation[J]. *Atherosclerosis*, 2018, 8(275): 74-79.
- [11] YERRAMASU A, DEY D, VENURAJU S, et al. Increased volume of epicardial fat is an independent risk factor for accelerated progression of sub-clinical coronary atherosclerosis[J]. *Atherosclerosis*, 2012, 220(1): 223-30.
- [12] 杨春英, 李亮, 查云飞, 等. 64层CT评价心外膜脂肪组织与冠状动脉狭窄程度的相关性[J]. *放射学实践*, 2011, 26(4): 419-422.  
YANG C Y, LI L, ZHA Y F, et al. Evaluating the correlation between epicardium adipose tissue and the severity of coronary artery stenosis with 64-slice CT[J]. *Radiologic Practice*, 2011, 26(4): 419-422. (in Chinese).
- [13] 吴磊, 查云飞, 邢栋, 等. MDCT 评价冠心病患者心外膜脂肪组织容积与升主动脉弹性的相关性[J]. *放射学实践*, 2013, 28(2): 154-158.  
WU L, ZHA Y F, XING D, et al. Relationship between epicardial adipose tissue and ascending aortic distensibility in patients with coronary artery disease[J]. *Radiologic Practice*, 2013, 28(2): 154-158. (in Chinese).
- [14] SAREMI F, MEKHAIL S, SEFIDBAKHT S, et al. Quantification of epicardial adipose tissue: correlation of surface area and volume measurements[J]. *Academic Radiology*, 2011, 18(8): 977-83.
- [15] LEE K C, YONG H S, LEE J, et al. Is the epicardial adipose tissue area on non-ECG gated low-dose chest CT useful for predicting coronary atherosclerosis in an asymptomatic population considered for lung cancer screening?[J]. *European Radiology*, 2019, 29(2): 932-940.
- [16] 吴磊, 查云飞, 刘超, 等. 非心电图门控低剂量平扫 MDCT 评价心外膜脂肪组织[J]. *CT 理论与应用研究*, 2014, 23(1): 145-152.  
WU L, ZHA Y F, LIU C, et al. Quantification of epicardial adipose tissue in non-ECG-gated low-radiation-dose MDCT[J]. *CT Theory and Applications*, 2014, 23(1): 145-152. (in Chinese).
- [17] HARADA K, SUZUKI H, MATSUNAGA S, et al. Clinical characteristics of nonobese patients with acute coronary syndrome and increased epicardial fat volume[J]. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 2018, 25(10): 1044-1052.

## A Comparative Study of Non-contrast Cardiac CT and Coronary CT Angiography in Quantitative Analysis of Epicardial Fat Volume

CHENG Kai, ZHA Yunfei✉, HU Lei, ZENG Feifei, PENG Zhoufeng

(Department of Radiology, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China)

**Abstract:** Objective: To compare non-contrast cardiac CT (NCT) and coronary CT angiography (coronary CTA) for quantitative analysis of epicardial fat volume (EFV) in coronary artery disease cohort. Method: Forty patients underwent retrospective NCT and coronary CTA with ECG-gated. Epicardial boundaries were traced by 2 experienced radiologists (operator 1 and operators 2). EFV was calculated by Autocontour software (AW4.7 workstation, GE). Linear Regression, Bland-Altman method, Coefficient of Repeatability (CR) and Intra Class

Correlation (ICC) were computed to analyze the inter-observer variability. Result: There was no significant difference ( $P > 0.05$ ) between NCT ( $99.43 \pm 43.78 \text{ cm}^3$ ) and coronary CTA ( $93.66 \pm 48.49 \text{ cm}^3$ ) in mean EFV values. For operator 1, CR errors were  $10.01 \text{ cm}^3$  (NCT) and  $7.83 \text{ cm}^3$  (coronary CTA), respectively. For operator 2, CR errors were  $11.05 \text{ cm}^3$  (NCT) and  $7.58 \text{ cm}^3$  (coronary CTA), respectively. ICC values  $> 0.96$  were obtained in all cases. CR values were  $8.05 \text{ cm}^3$  for NCT and  $7.13 \text{ cm}^3$  for CTA. Conclusion: Both NCT and coronary CTA can be used to computer-assist measurements of EFV with ECG-gated.

**Keywords:** cardiovascular disease; epicardial adipose tissue; tomography; X-ray computed



**作者简介:** 程凯 (1988—), 男, 鄂州市中心医院信息科工程师, 生物医学工程硕士在读, 主要从事医院信息化建设及医疗设备管理相关工作, Tel: 18071178026, E-mail: 258882792@qq.com; 查云飞<sup>✉</sup> (1972—), 男, 医学博士、博士后, 武汉大学人民医院放射科主任, 擅长血管病变及骨骼肌肉病变影像学, Tel: 13006188899, E-mail: zhayunfei999@126.com。

## 欢迎订阅《中国介入影像与治疗学》

《中国介入影像与治疗学》杂志创刊于 2004 年,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,主编为邹英华教授。刊号:ISSN 1672-8475, CN 11-5213/R。曾获中国精品科技期刊,现为中国科技论文统计源期刊(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、俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊。

《中国介入影像与治疗学》杂志以报道介入影像与治疗学、介入超声学、介入材料学、药理学与护理学等方面的临床研究、基础研究以及与新进展为主,是介入影像、介入治疗专业人员学习、交流的平台。

《中国介入影像与治疗学》为月刊,64 页,大 16 开本,彩色印刷。单价:16 元,全年定价 192 元。订户可随时向当地邮局订阅,邮发代号:80-220;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: [cjiit@mail.ioa.ac.cn](mailto:cjiit@mail.ioa.ac.cn) 网址: [www.cjiit.com](http://www.cjiit.com) 微信公众号: [cjiit2004](https://www.weixin.com/cjiit2004)

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:田苗