

## 论 著

## 左侧俯卧位肺静脉CT成像对心房颤动患者左心耳血栓的检测价值\*

肖俊睿 孙 玉 侯 洁

齐 妙 刘 阳 王馨蕊

杨本强\*

中国人民解放军北部战区总医院放射诊断科 (辽宁 沈阳 110000)

【摘要】目的 探讨左侧俯卧位肺静脉CT成像对心房颤动患者左心耳血栓的检测价值。方法 连续纳入2019年1月至2019年8月、房颤患者，术前接受肺静脉CT检查，左心耳内对比剂充盈不良者接受延迟扫描，于24h后接受左侧俯卧位肺静脉CT检查。1周内接受经食管超声心动图(TEE)检查。以TEE结果作为金标准，比较双期肺静脉CTA和左侧俯卧位肺静脉CTA对房颤患者左心耳血栓的诊断效能。结果 120例心房颤动患者中，34例经TEE确诊左心耳血栓。左侧俯卧位肺静脉CTA较双期肺静脉CTA在检测左心耳血栓具有更高的敏感度(94.1% vs 88.2%)、特异度(100% vs 94.2%)、阳性预测值(100% vs 85.7%)和阴性预测值(97.7% vs 95.3%)( $P$ 值均 $<0.05$ )。左侧俯卧位肺静脉CTA评估左心耳血栓结果与TEE结果一致性更优( $\kappa$ 值0.97 vs 0.88,  $P<0.05$ )。结论 左侧俯卧位肺静脉CTA通过改变体位，改善对比剂在心耳内分布，提高对左心耳血栓的检测效能，具有临床应用价值。

【关键词】肺静脉CT血管成像；心房颤动；左心耳血栓

【中图分类号】R445.3

【文献标识码】A

【基金项目】国家工信部、卫生与计划生育委员会两部委课题(2016MHD110002002101)  
辽宁省重点研发计划指导计划项目(2018225024)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.05.016

## The Value of Left Prone-position Pulmonary Vein CT Angiography in the Diagnosis of Left Atrial Appendage Thrombus in Patients with Atrial Fibrillation\*

XIAO Jun-rui, SUN Yu, HOU Jie, QI Miao, LIU Yang, WANG Xin-Rui, YANG Ben-qiang\*. Hospital of Northern Theater Command, Shenyang 110000, Liaoning Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To evaluate the value of pulmonary vein CT angiography with left prone position in detecting thrombosis in the left atrial appendage (LAA) among the patients with atrial fibrillation (AF). **Methods** From January 2019 to August 2019, consecutive patients with AF were collected in the department of cardiology of our hospital. Patients underwent regular supine-position dual-phase pulmonary vein CT angiography, and left prone-position pulmonary vein CT angiography 24 hours later. All patients underwent preoperative transesophageal echocardiography (TEE) within 1 week. The results of dual-phase and left prone-position pulmonary vein CT angiography for detecting LAA thrombosis were compared with TEE as the gold standard. **Results** Of the 120 patients with AF, 34 were detected with LAA thrombosis using TEE. Left prone-position pulmonary vein CT angiography showed higher sensitivity (94.1% vs 88.2%), specificity, (100% vs 94.2%), positive predictive value (100% vs 85.7%) and negative predictive value (97.7% vs 95.3%) compared with dual-phase pulmonary vein CT angiography ( $P<0.05$ , respectively). Left prone-position pulmonary vein CT angiography also showed excellent agreement with TEE with  $\kappa$  value of 0.97, which is superior to dual-phase pulmonary vein CT angiography ( $\kappa$  value 0.88). **Conclusion** Left prone-position pulmonary vein CT angiography improved the distribution of contrast agent and thus improve the diagnostic accuracy of LAA thrombosis in patients with AF.

**Keywords:** Pulmonary Vein CT Angiography; Atrial Fibrillation; Left Atrial Appendage Thrombus

心房颤动(房颤)是临床中常见的心律失常，其最严重的并发症之一是左心耳血栓脱落继发的血栓栓塞事件，是房颤患者致死、致残的重要原因之一<sup>[1-2]</sup>。早期检出左心耳血栓对指导房颤患者抗凝治疗和预防血栓栓塞事件具有重要的临床意义。

经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)检查被公认为左心耳血栓检测的金标准，但TEE是一种相对有创的检查技术，可为体质虚弱、咽部及食管病变的患者带来不适和风险<sup>[3]</sup>。多层螺旋CT(multi-slice spiral computed tomography, MSCT)无创、分辨率高并具备强大的图像后处理技术，不仅能检测左心耳血栓，还能清晰显示左心房形态及肺静脉解剖结构，为射频消融手术路径选择提供可靠影像资料<sup>[4]</sup>。目前临床多采用心脏双期成像用于左心耳血栓的检测，该方法敏感度和特异度可高达90%以上，有望取代TEE检查<sup>[5-6]</sup>。近期国外学者报道了一例术前常规MSCT怀疑左心耳血栓患者，改变体位再次检查排除左心耳血栓，与TEE结果相符<sup>[7]</sup>，提示体位的变化对于左心耳血栓的检出具有一定价值。本研究将以TEE作为检查“金标准”，比较左侧俯卧位肺静脉CT血管成像与双期肺静脉CT血管成像对左心耳血栓的检出效能，旨在评价左侧俯卧位肺静脉CT血管成像对房颤患者射频消融术前左心耳血栓评估的临床价值。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 连续纳入2019年1月至2019年8月间就诊于我院心内科、拟行导管射频消融术的房颤患者。所有患者术前接受肺静脉CT成像检查，预扫描显示左心耳内对比剂充盈不良者即接受延迟扫描，并于24h后接受左侧俯卧位肺静脉CT检查。所有患者1周内接受TEE检查。患者检查前均签署知情同意书。

**1.2 仪器与方法** CT检查：采用东软医疗NeuViz 128CT扫描仪，采用非门控采集技术。扫描范围为胸锁关节水平至心膈面下方10mm。扫描参数如下：管电压100kV，管电流200mAs，准直器宽度128×0.625mm，螺距0.99，重建层厚1mm，重建间隔0.5mm，滤波F20。采用双筒高压注射器经外周静脉团注对比剂碘海醇(350mgI/mL)，注射剂量50mL，注射速率5.0mL/s；注射对比剂后以相同速率注射30mL生理盐水。第一期肺静脉CT血管成像采用对比剂监控触发扫描技术，感兴趣区设定在左心房，将150HU设为阈值，自动触发扫描；第一期扫描完成后立即手动触发第二期扫描。

左侧俯卧位肺静脉CT血管成像方案：根据常规肺静脉CT血管成像结果作左心耳开口的体表投影定位，具体如下：在左心耳轴位图像上，作垂直于左心耳开口水平的直线并延长，标记其与体表交点。在容积再现(volume rendering, VR)图像上定位该点位于患者第几前肋水平，并侧量其距离胸骨中线的距离(见图1A~图1C)。根据定位与测量结果，在检查过程中帮助患者缓慢俯卧于检查床上，用棉垫抬高患者右侧肢体，尽可能使体表定位点贴近检查床，进而使左心耳结构位于最低位。扫描参数与常规肺静脉CT血管成像扫描相同。

【第一作者】肖俊睿，男，医师，主要研究方向：心血管疾病影像诊断。E-mail: xjr19880422@126.com

【通讯作者】杨本强，男，主任医师，主要研究方向：心血管疾病影像诊断。E-mail: bqyang888@sina.com

所有患者的肺静脉CT血管成像原始图像传至GE Advanced Workstation 4.5工作站,采用容积再现、多平面重组、最大密度投影等后处理技术,结合原始图像进行图像分析。

**TEE检查:**采用Philips EPIQ型彩色多普勒超声诊断仪,X7-2t探头。检查前服用盐酸丁卡因胶浆麻醉,当探头距门齿约30~35cm时于0°、45°、90°、135°连续扫查左心房和左心耳,选取左房四腔心、两腔心切面,左房长轴切面,左心耳短轴、长轴切面图像。

**1.3 图像分析** 本研究采用双盲法,各由两位从事心血管病影像诊断的高年资主治医师分别对肺静脉CTA和TEE图像进行分析。肺静脉CTA中左心耳血栓的定义为左心耳内对比剂充盈不良或充盈缺损。TEE中左心耳血栓的定义为多切面显示附着于心耳壁的低回声或等回声,且回声强度与左心房壁有所不同。

**1.4 统计学方法** 统计分析采用SAS 9.4统计学软件。以TEE检查结果为金标准,分别计算双期肺静脉CTA、左侧俯卧位肺静脉CTA检测左心耳血栓的敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值。采用卡方检验评价两种扫描方案检测左心耳结果是否存在差异。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 一般资料** 本研究共纳入房颤患者80例,其中男61例,女19例,年龄( $57.8\pm 11.3$ )岁。患者房颤病史1个月至20年,其中阵发性房颤56例,持续性房颤24例,合并心脏瓣膜病5例,冠心病23例。

**2.2 两种肺静脉CTA成像左心耳血栓检测结果** 120例房颤患者中,

34例经TEE检查确诊为左心耳血栓。在双期肺静脉CTA中,35例患者左心耳内对比剂充盈缺损,提示左心耳血栓形成。其中5例双期肺静脉CTA提示左心耳血栓患者,TEE显示无明确血栓形成,另有4例双期肺静脉CTA左心耳对比剂充盈良好者,TEE提示左心耳血栓形成。

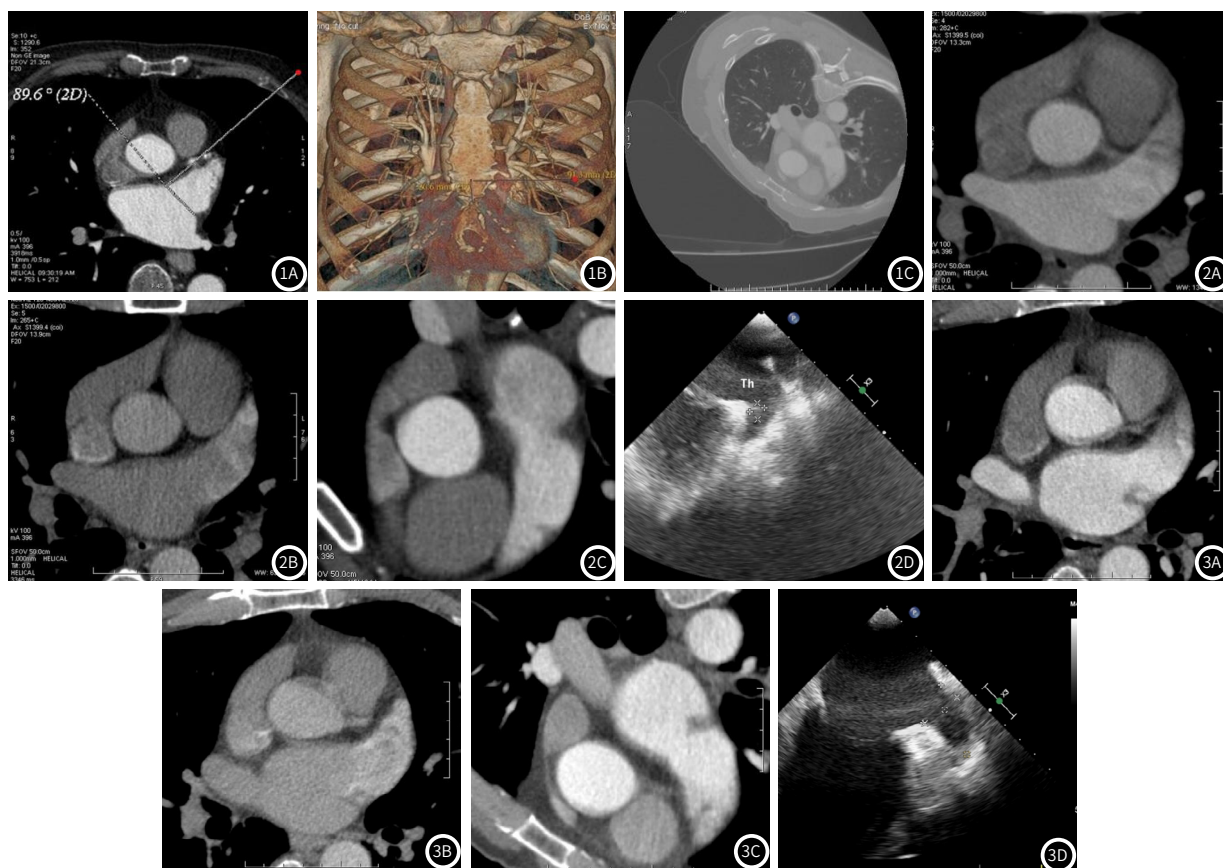
左侧俯卧位肺静脉CTA显示32例左心耳内对比剂充盈不良或充盈缺损,提示左心耳血栓形成,后经TEE检查明确左心耳血栓形成,2例左侧俯卧位肺静脉CTA左心耳对比剂充盈良好者,经TEE检查提示左心耳血栓形成。

两种肺静脉CTA方案对房颤患者左心耳血栓检测情况见表1。

**2.3 不同肺静脉CTA成像方案对左心耳血栓的检测结果比较**与双期肺静脉CTA相比,左侧俯卧位肺静脉CTA在检测左心耳血栓方面具有较高的敏感度(94.1% vs 88.2%)、特异度(100% vs 94.2%)、阳性预测值(100% vs 85.7%)和阴性预测值(97.7% vs 95.3%),差异均具有统计学意义( $P<0.05$ )。左侧俯卧位肺静脉CTA评估左心耳血栓结果与TEE结果一致性更高( $\kappa$ 值: 0.97 vs 0.88),差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表1 两种肺静脉CTA方案对房颤患者左心耳血栓检测情况

|             |    | 金标准(TEE检查) |       |       |
|-------------|----|------------|-------|-------|
|             |    | 阳性(例)      | 阴性(例) | 合计(例) |
| 两期肺静脉CTA    | 阳性 | 30         | 5     | 35    |
|             | 阴性 | 4          | 81    | 85    |
| 左侧俯卧位肺静脉CTA | 阳性 | 32         | 0     | 32    |
|             | 阴性 | 2          | 86    | 88    |



**图1** 左侧俯卧位肺静脉CTA方案体表投影点设置及扫描体位。左心耳轴位图像作垂直于左心耳开口水平的直线并延长,标记其与体表交点(图1A,红点);VR重建图像上定位该点,并测量其距离胸骨中线的距离(图1B);扫描时,于患者身体右侧垫高,使左心耳体表投影点位于最低位(图1C)。**图2** 患者男,46岁,阵发性心房颤动8年。两期肺静脉CTA显示左心耳内对比剂充盈不良或不均匀(图2A、图2B);左侧俯卧位肺静脉CTA显示左心耳内三角形对比剂充盈缺损(黑箭头);经食管超声心动图(TEE)检查证实为左心耳血栓。**图3** 患者男,49岁,持续性心房颤动1.5年。两期肺静脉CTA均显示左心耳对比剂充盈不良或不均匀(图3A、图3B),左侧俯卧位肺静脉CTA显示左心耳内对比剂充盈良好,未见明确血栓征象(图3C),经食管超声心动图(TEE)检查证实左心耳内未见血栓。

表2 MSCT两种成像方法检测左心耳血栓结果比较

|             | 总符合率(%) | 敏感度(%) | 特异度(%) | 阳性预测值(%) | 阴性预测值(%) |
|-------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| 两期肺静脉CTA    | 92.5    | 88.2   | 94.2   | 85.7     | 95.3     |
| 左侧俯卧位肺静脉CTA | 98.3    | 94.1   | 100    | 100      | 97.7     |

3 讨 论

本研究通过比较常规双期肺静脉CTA和左侧俯卧位肺静脉CTA对房颤患者左心耳血栓的检测价值，结果显示左侧俯卧位肺静脉CTA检测左心耳血栓的敏感度、特异度、阳性预测值及阴性预测值均高于双期肺静脉CTA检查，且与TEE一致性很高。左侧俯卧位肺静脉CTA方案有助于改善左心耳内对比剂充盈分布，提高对左心耳形态和血栓的检测效能，尤其针对无法耐受TEE检查者，本研究所采用的成像方案将发挥重要作用。

房颤常会导致患者左心房内、尤其是左心耳内血栓形成，这也是房颤最常见的严重并发症之一。一项基于TEE的研究结果显示，左心耳血栓形成过程主要包括三个阶段，依次为自发性显影、泥浆样改变、血栓形成，反映了房颤患者左心房舒缩功能减退，左心耳内血流速度减低、血液粘滞到血栓形成的动态病理过程<sup>[8]</sup>。左心房及左心耳内血栓尽早、准确的检出，对防止此类并发症带来的严重后果、临床治疗方法的选择尤为重要。尽管TEE是临床公认的左心房血栓检测金标准，但它并不是完全无创的检查，部分患者对检查的不耐受以及检查可能引起的消化道并发症限制了TEE的广泛应用。MSCT通过判断左心房/左心耳的充盈状态来评估有无血栓形成，同时显示左心房形态和肺静脉解剖情况，有望成为TEE的替代方法。但MSCT检测左心房血栓时常因左心耳内对比剂充盈不良而出现假阳性结果，结合延迟扫描诊断血栓的准确性会显著提高。一项基于西门子双源CT的房颤患者射频消融术前双期心脏扫描发现，与金标准TEE结果比较，延迟扫描血栓检出的敏感度、特异度分别提高至89%和100%<sup>[9]</sup>。本研究双期MSCT左心耳血栓检出的敏感度、特异度和阳性预测值均低于文献报道水平，存在误判的原因可能由于MSCT难以区分严重的血流淤积和血栓形成，亦可能与房颤导致的左房心机重构、心房梳状肌肥大而被误认为小血栓有关。

在采用左侧俯卧位肺静脉CTA扫描后，左心耳血栓检出的敏感性、特异性和阳性预测值分别提高至94.1%、100%和100%。我们认为俯卧位成像时，左心耳内血流动力学条件因体位而改变，由于重力作用改善了左心耳内对比剂的分布情况，在对比剂充盈良好的情况下有助于左心耳形态评估及血栓检测。通过改变体位，有助于减少常规肺静脉CTA左心耳血栓诊断的假阳性，增加诊断信心，为射频消融术前评估提供有力佐证。

本研究还存在以下局限性：第一，本研究采用非门控采集技术，既往文献报道在常规仰卧位扫描中，门控与非门控采集技术对房颤患者左心耳血栓的检测效能无明显差异<sup>[11]</sup>。改变体位后不同门控采集技术对左心耳血栓的检测能力是否存在差异仍有待进一步研究。第二，本研究中患者需在短期内接受双期肺静脉CTA和俯卧位肺静脉成像，辐射剂量为12.2mSv，对比剂用量为100ml。未来针对房颤患者，我们将对预扫描中显示左心耳充盈不良的患者行延迟期左侧俯卧位扫描，在保证诊断准确性的同时降低辐射剂量和对比剂用量。

综上所述，左侧俯卧位肺静脉CTA通过改善左心耳内对比剂的充盈分布，较常规双期肺静脉CTA提高了左心耳血栓的评估能力，在房颤患者射频消融术前评估中具有重要的应用前景。

参考文献

[1]Pheerawong P,Songmuang S B,Lertsuwunseri V,et al.Clinical results of left atrial appendage closure with watchman device in patients with atrial fibrillation[J].J Med Assoc Thai,2015,98(10):942-949.

[2]刘景兰,韩薇.心房颤动患者左心耳血栓的研究进展[J].医学综述,2015,21(2):262-265.

[3]毕文静,孙菲菲,任卫东,等.应用实时三维经食管超声心动图评价非瓣膜性心房颤动患者左心耳形态和功能[J].中国医学影像技术,2013,29(10):1616-1620.

[4]Romero J,Husain SA,Kelesidis I,et al.Detection of left atrial appendage thrombus by cardiac computed tomography in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis[J].Cir Cardiovasc Imaging,2013,6(2):185-194.

[5]李虹,李一丹,巍丽群,等.经食管超声心动图与双源CT诊断心房颤动患者左心耳血栓及相关临床资料分析[J].中国医学影像技术,2016,32(12):1871-1875.

[6]Hur J,Pak H N,Kim Y J,et al.Dual-enhancement cardiac computed tomography for assessing left atrial thrombus and pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation[J].Am J Cardiol,2013,112(2):238-244.

[7]Crimm H A,Taylor J R,Fogarty B T,et al.Prone patient positioning to exclude left atrial appendage thrombus using cardiac CT[J].J Cardiovasc Comput Tomogr,2018,12(2):176-178.

[8]徐海英,叶雪存.房颤患者左心耳血栓形成与结构功能的关系[J].中国医学影像技术,2010,26(11):2019-2082.

[9]Hur J,Pak Hui-Nam,Kim,Young Jin,et al.Dual-Enhancement Cardiac Computed Tomography for Assessing Left Atrial Thrombus and Pulmonary Veins Before Radiofrequency Catheter Ablation for Atrial Fibrillation[J].American Journal of Cardiology,2013,112(2):238-244.

[10]Remero J,Husain SA,Kelesidis I,et al.Detection of left atrial appendage thrombus by cardiac computed tomography in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis[J].Circ Cardiovasc Imaging,2013,6(2):185-194.

[11]王海阔,韩英,张妍,等.64层螺旋CT非门控技术在心房颤动患者左心房-肺静脉成像中的应用[J].中国医师进修杂志,2018,41(9):769-772.

(收稿日期: 2022-07-06)  
(校对编辑: 孙晓晴)