

论 著

基于CCTA数据扩展重建对房颤合并冠心病患者肺静脉成像的可行性研究*

丁 墩 何 拓 郭西园
米惠枝 邓 蕾 杨全新
李晓会*

西安交通大学第二附属医院影像科
(陕西 西安 710004)

【摘要】目的 探讨基于应用扩展显示视野重建(Display Field of View,DFOV)的CCTA数据对房颤合并冠心病患者肺静脉一体化成像的可行性研究。方法 前瞻性收集100例拟行CCTA及肺静脉成像的房颤合并冠心病患者并随机分为观察组和对照组,每组50例,观察组进行轴向冠状动脉CT血管(CCTA)以评估冠状动脉,然后应用DFOV生成三维图像以显示肺静脉解剖及开口;对照组采集CCTA数据,然后进行肺静脉成像扫描。以5级评分评价两组主观图像质量,比较两组的辐射剂量、造影剂用量、图像主观评分以及左心房及肺静脉开口处的CT值、信噪比(SNR)及对比信噪比(CNR)。结果 两组被试性别、年龄、体重指数(BMI)、肺静脉图像主观评分均无统计学差异;试验组组的辐射剂量及造影剂用量均低于对照组($P<0.001$),差异有统计学意义;试验组左心房及四个肺静脉开口处SNR、CNR均高于对照组($P<0.001$)。结论 对于房颤合并冠心病患者应用扩展显示视野重建(DFOV)的CCTA数据可一站式进行冠状动脉及肺静脉成像,而且能够有效降低患者的造影剂用量及辐射剂量。

【关键词】房颤;冠心病;肺静脉成像;图像质量
【中图分类号】R814.42
【文献标识码】A
【基金项目】陕西省自然科学基金青年项目(2022JQ-900);
西安交通大学第二附属医院基金(2018YJQN-01)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.013

The Feasibility Study of CT Pulmonary Veins Imaging Based On Coronary CT Angiography In Atrial Fibrillation Patients With Coronary Heart Disease*

DING Dun, HE Tuo, GUO Xi-yuan, MI Hui-zhi, DENG Lei, YANG Quan-xin, LI Xiao-hui*.
Department of Medical Imaging, Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, ShaanXi Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the feasibility of integrated pulmonary vein imaging in atrial fibrillation patients with coronary heart disease based on the application of CCTA data using extended display field of view reconstruction (Display Field of View, DFOV). **Methods** A prospective collection of 100 patients with AF and coronary heart disease who underwent CCTA and pulmonary vein imaging were randomly divided into two groups, with 50 cases in each group. Group A underwent axial coronary CT angiography (CCTA) to assess the coronary arteries, And then used DFOV to generate three-dimensional images to show the anatomy and opening of the pulmonary vein; group B collected CCTA data, and then performed pulmonary vein imaging scans. The subjective image quality of the two groups was evaluated with a 5-level score, and the radiation dose, the amount of contrast agent, the subjective image score, and the CT value, and signal-to-noise at the left atrium and pulmonary vein opening were compared between the two groups. Ratio (SNR) and contrast signal-to-noise ratio (CNR). **Results** There were no statistical difference in gender, age, body mass index (BMI), and subjective score of pulmonary vein images between the two groups; the radiation dose and contrast agent dosage of group A were less than those of group B ($P<0.001$). The SNR and CNR at the left atrium and four pulmonary vein openings in group A were higher than those in group B ($P<0.001$). **Conclusion** For patients with atrial fibrillation and coronary heart disease, the application of expanded display field reconstruction (DFOV) CCTA data can be used for one-stop imaging of coronary arteries and pulmonary veins, and can effectively reduce the patient's contrast agent dosage and radiation dose.

Keywords: Atrial Fibrillation; Coronary Heart Disease; Pulmonary Vein Imaging

心房颤动(房颤)作为一种持续性心律失常在临床中最为常见,随着年龄的增长其发病率显著增加,而且合并冠心病的比例也在增高,发病率约为17%-46.5%^[1]。目前经导管射频消融已成为治疗房颤的重要手段,尤其是环肺静脉线性消融术在临床中应用广泛^[2],CT肺静脉成像(coronary computed pulmonary venography, CTPV)是房颤射频消融前评估肺静脉解剖的常规检查方法,具有重要临床价值^[3],而在临床中通常对房颤合并冠心病患者会同时进行冠状动脉CT血管成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)以评估射频消融术前冠状动脉狭窄情况^[4],因此患者会接受更多的辐射剂量和造影剂用量,本研究旨在探讨应用扩展重建方法对CCTA数据进行肺静脉三维重建的可行性,进而一站式评估冠状动脉及肺静脉解剖,以期降低房颤合并冠心病患者CT辐射剂量及造影剂用量。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究纳入2020年5月至2020年10月于西安交通大学第二附属医院临床诊断为房颤合并冠心病并拟行CCTA及肺静脉三维成像患者共100例,依据随机数字表分为A、B 2组,每组50例,A组患者只进行CCTA成像,肺静脉图像由CCTA数据重建获得;B组患者进行CCTA及肺静脉成像检查,排除标准:碘对比剂过敏、肾功能不全、冠状动脉旁路移植病史、房颤射频消融术后患者。所有患者在检查前获得知情同意告知。两组患者性别、年龄、心率均无统计学意义(见表1)。

1.2 方法

1.2.1 检查方法 所有患者检查前均禁食水8h以上,检查前对患者进行呼吸训练,检查时采用仰卧位,足先进,双手置于头顶,采用GE Revolution CT扫描仪,观察组采用扩展重建扫描定位(图1)。CCTA扫描参数:扫描范围从气管分叉下1cm至膈肌下1cm,探测器宽度扫描范围选择16cm,层厚0.625mm,矩阵512x512,采用固定管电压100kV,管电流为智能毫安(SmartmA 100-400),设定噪声指数(noise index,NI)为10,机架旋转速度为0.35s/rot,跟踪层面为胸主动脉腔内,触发阈值设定在90HU,触发后延迟8秒启动扫描, CCTA扫描期相为根据心率波动自动选择的最佳期相,对比剂采用碘美普尔注射液(400mg/ml×100mL, Iomeprol),用量依据体重计算,注射速率4ml/秒。肺静脉成像扫描参数:采用螺旋扫描方式,患者取仰卧位,扫描基线定在锁骨上窝,先屏气扫

【第一作者】丁 墩,男,助理研究员,主要研究方向:心血管系统、头颈影像诊断。E-mail: hequren521@163.com

【通讯作者】李晓会,女,主任技师,主要研究方向:心血管系统影像诊断及技术应用。E-mail: lixiaohui0831@163.com

描定位像,确定扫描范围,然后做增强扫描。扫描范围为双肺底至肺尖,一次屏气完成扫描。采用 bolus tracking 方法,跟踪层面定在左心房最大层面,ROI绘制在左心房中部,触发阈值设定在140HU,延迟5.9s扫描,对比剂用量45mL,注射流率4mL/秒。

1.2.2 图像重建及后处理 A组CCTA数据使用冠状动脉追踪冻结技术(snap shot freeze, SSF)对扫描数据运动伪影进行校正,将重建后的SSF数据传入AW4.7工作站,对肺静脉进行多平面重建、最大密度投影及容积再现处理。B组肺静脉成像数据采集重建层厚0.625mm,传入工作站进行三维重建。

1.3 图像分析

1.3.1 客观评价 在后处理获得的VR及MPR图像上观察肺静脉有无解剖变异,在0.625mm层厚轴位图像上,将感兴趣区(region of interest, ROI)置于左心房中心区、双侧上、下肺静脉开口处,重复测量3次各处CT值并计算平均值,同时计算SNR及CNR; $SNR = CT_{\text{值}} / SD$, SD 为ROI内平均CT值的标准差; $CNR = (CT_{\text{值}} - CT_{\text{肌肉}}) / SD_{\text{血管}}$ [5]。

1.3.2 主观评价 由两名诊断医师在不知扫描方案的情况下对两组肺静脉图像进行目测5分法图像质量评估。在VR图像上以显示的肺静脉分支级别为标准,5分为清晰显示第5级及以上肺静脉分支,4分为清晰显示第4级肺静脉分支;3分为清晰显示亚段肺静脉,2分为清晰显示肺静脉分支,1分为显示左右肺静脉主干。临床诊断需满足3分及以上。

1.4 统计学分析 采用SPSS 20.0 软件进行统计学分析,数据结果均采用均数±标准差表示。两组患者年龄、体重、BMI、扫描心率、辐射剂量、造影剂用量采用独立样本t检验,两组被试左心房、肺静脉开口处CT值、SNR、CNR以及EMA值的比较采用

Mann-Whitney U检验,两组图像主观评分采用Kruskal-Wallis非参数秩和检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 扩展重建组(观察组)与肺静脉成像组(对照组)的组间年龄、性别、BMI、扫描心率差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组的辐射剂量分别为 $181.22 \pm 65.181 \text{ mGy}$ 和 $212.12 \pm 63.96 \text{ mGy}$,造影剂用量分别为 $46 \pm 6.7 \text{ mL}$ 和 $91 \pm 6.7 \text{ mL}$,差异有统计学意义。

2.2 两组肺静脉图像质量 本研究获得的所有图像均可满足临床诊断(3.8 ± 0.51 vs 4.0 ± 0.63 , $P > 0.05$)。观察组的左心房CT值、左下、右上、右下肺静脉开口处CT值均低于对照组,差异有统计学意义,观察组的左心房及肺静脉开口处SNR均高于B组,差异有统计学意义;两组间CNR差异无统计学意义($P > 0.05$)(表2,图2)。

表1 患者一般资料

组别	A组(n=50)	B组(n=50)	P值	检验统计量
年龄(岁)	60.08±10.51	64.14±12.19	0.642	0.466
性别(男/女)	29/21	31/19	0.245	---
体质指数(BMI)	25.14±2.96	25.63±3.63	0.464	0.736
心率	71.18±14.17	70.91±11.27	0.937	0.079
对比剂用量(mL)	46±6.7	91±6.7	0.000	2.557
DLP (mGy*cm)	181.22±65.18	212.12±63.96	0.019	2.392

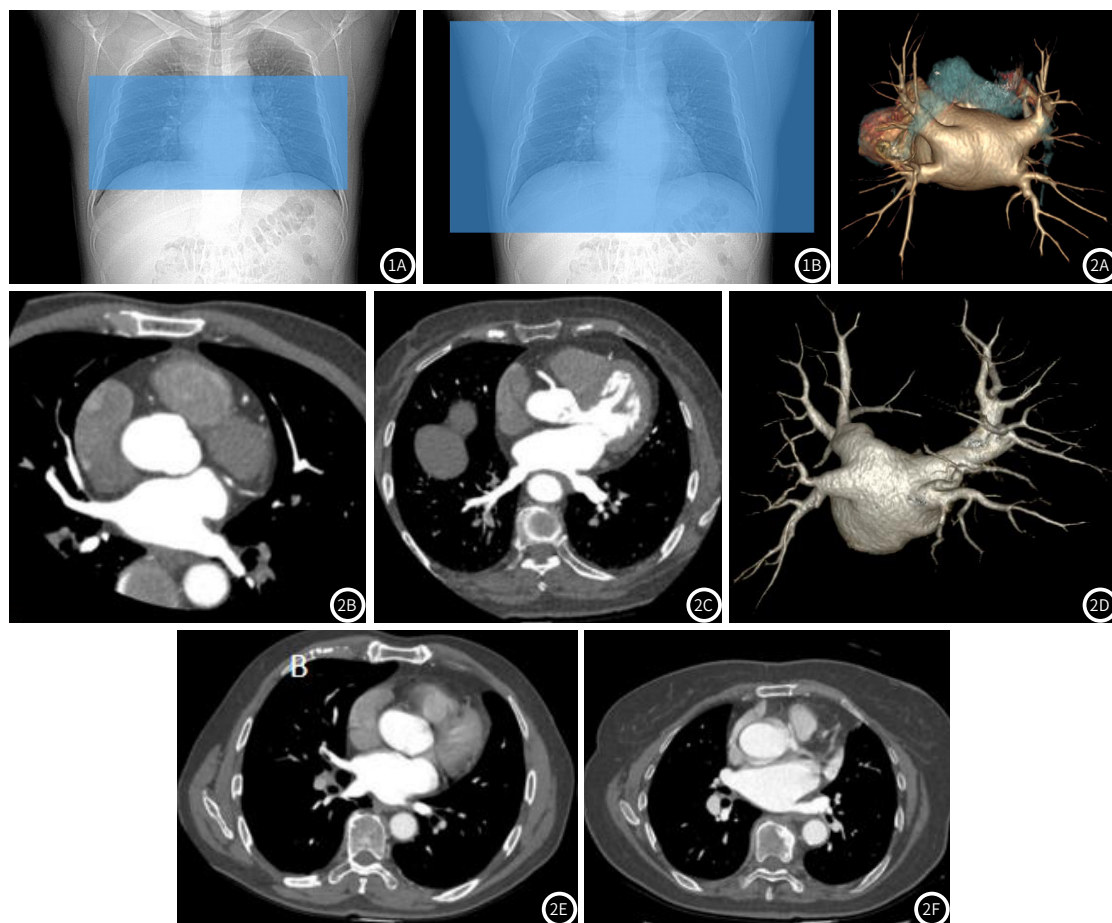


图1 图1A为观察组采用心电门控的扩展重建扫描定位图,图1B为常规肺静脉扫描定位图。图2 图2A-图2C采用扩展视野重建技术的观察组所获得的肺静脉VR图像及肺静脉开口图像,显示了较高的CT值、信噪比及更少的运动伪影;图2D-图2F采用普通螺旋扫描的对照组所获得的肺静脉VR及肺静脉开口图像。

表2 两组图像客观评分比较

参数		观察组	对照组	P值	t值
CT衰减 (HU)	左上肺静脉	392.79±92.35	567.58±144.89	0.051	-7.19
	左下肺静脉	393.01±90.79	554.83±121.96	0.001	-7.53
	右上肺静脉	385.80±99.35	566.09±136.76	0.039	-7.54
	右下肺静脉	378.56±89.68	542.28±119.84	0.002	-7.73
	左心房	413.12±86.28	609.68±120.15	0.000	-9.396
信噪比 (SNR)	左上肺静脉	17.84±3.84	12.65±2.20	0.000	8.29
	左下肺静脉	15.59±4.38	11.43±2.14	0.000	6.04
	右上肺静脉	17.46±4.39	12.85±2.47	0.000	6.47
	右下肺静脉	15.30±3.58	11.32±1.99	0.000	6.92
	左心房	13.73±2.71	11.94±1.92	0.000	8.127
对比噪声比 (CNR)	左上肺静脉	15.41±3.69	15.34±2.21	0.90	0.125
	左下肺静脉	13.48±4.13	13.91±2.31	0.53	-0.626
	右上肺静脉	15.00±4.17	15.57±2.62	0.42	-0.805
	右下肺静脉	11.32±1.99	13.82±2.11	0.23	-1.201
	左心房	13.73±2.70	14.26±2.05	0.28	-1.098

3 讨论

心房颤动是一类常见的心律失常，随着年龄的增长其发病率逐渐升高，同时合并冠心病的比例亦逐渐升高^[6]。无创影像学检查评估冠状动脉及肺静脉解剖已成为房颤合并冠心病患者术前的常规检查手段。术前全面评估患者左心房、左心耳及肺静脉的解剖和冠状动脉狭窄情况，对于控制手术风险，制定手术方式、监测围手术期并发症具有重要临床意义^[7-9]。随着成像设备的不断更新以及扫描方案的优化，房颤患者的冠状动脉及肺静脉图像质量不断提高。临床中房颤患者肺静脉成像的检查目的主要是观察肺静脉开口解剖结构以及判断是否存在左心耳血栓，而不强调对肺静脉远端分支显示^[10]。那么在降低心动伪影的同时减少辐射剂量对于房颤患者受益最大。本研究针对房颤合并冠心病患者，应用CCTA成像中的运动追踪冻结技术(SSF)进行肺静脉三维重建，发现采用一次扫描可有效降低检查过程中的辐射剂量及造影剂用量^[11]。

临床中通常采用非心电图门控或回顾性心电图门控螺旋扫描进行肺静脉成像，螺旋扫描的成功与否依赖于患者的心律和呼吸运动，在扫描时需要根据患者实时最快心律来选择小螺距扫描，为了保证三维重建图像质量，在kV和mA条件不变的情况下延长了患者的屏气时间，进而增加了造影剂用量和辐射剂量。因此为了降低辐射剂量，有学者应用宽体探测器CT前瞻性心电图门控容积采集方式进行肺静脉成像，在采集过程中采用收缩期绝对时相，缩短了曝光时间，在保证图像质量的前提下提高了检查成功率^[12]，但是对于房颤合并冠心病的患者未见相关报道。房颤合并冠心病患者检查时存在高心率、心律不齐、屏气困难的突出问题，因此缩短扫描时间、优化扫描方案对于检查成功与否至关重要^[13]。本研究观察组中采用256排16cm宽体探测器对房颤合并冠心病患者进行CCTA扫描，采用轴扫方法在心脏相对静止期进行心电触发扫描，相比于对照组，观察组扫描范围较小，曝光时间缩短，辐射剂量也明显减低，而且应用SSF技术可以显著提高时间分辨率^[14]，在一个心动周期即可完成扫描，然后进一步利用SSF数据对CCTA图像数据进行肺静脉三维重建，可以同时满足肺静脉成像的临床诊断要求^[15-16]。

本研究结果显示应用CCTA数据重建的肺静脉图像主观评分与传统CTPV成像无统计学差异，由于观察组扫描范围较小，未覆盖整个肺野，因此不能显示肺静脉远端血管，但是基于心电图门控扫描，即使是心律不齐的房颤患者，其图像中的心动伪影也大大降低，对左心耳内结构的显示由于对照组。在客观评分方面，CCTA重建肺静脉图像的左心房及肺静脉根部CT值低于传统肺静脉成像

图像，可能是由于两种扫描触发监测的ROI放置部位不同，本研究CCTA成像ROI置于降主动脉，而肺静脉成像ROI置于左心房，造影剂经肺循环进入左心房、左心室，主动脉，因此当造影剂流入主动脉达到阈值时，肺静脉内造影剂呈流出状态，CT值有所衰减，因此试验组的左心房及肺静脉CT值低于对照组，尽管CT值偏低，但是图像其信噪比高于对照组，而且结果显示通过CCTA数据仍可进行VR成像及多平面重建对肺静脉及左心耳解剖进行观察分析，能够满足临床诊断需求。吴小松等^[17]研究同样证实通过双源CT冠状动脉联合左房-肺静脉进行一站式成像对冠心病患者利用其CCTA数据进行肺静脉图像重建进行肺静脉解剖评估是可行的。

但是本研究仍存在不足之处，本研究中的两组被试来源于不同患者，心律的绝对不齐影响肺静脉成像图像质量，在以后研究中，需在同一被试中利用其CCTA数据进行重建后与其肺静脉图像进行自身对照让结果更加可靠。其次，扩展重建技术仅能在Revolution CT中进行应用，在其它机型中进行验证存在一定的局限性。总之，对于房颤合并冠心病的患者，应用冠状动脉SSF数据扩展重建肺静脉能够在一次检查中获得冠状动脉及肺静脉成像图像，有效降低了辐射剂量和对比剂用量，具有重要临床意义。

参考文献

[1] Piccini JP, Fauchier L. Rhythm control in atrial fibrillation[J]. Lancet. 2016; 388: 829-840.

[2] Wu L, Yao Y, Sheng L, et al. Long-term follow-up of pure linear ablation for persistent atrial fibrillation without circumferential pulmonary vein isolation[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2014 May; 25 (5): 471-476.

[3] Camm AJ, Camm CF, Savelieva I. Medical treatment of atrial fibrillation[J]. J Cardiovasc Med (Hagerstown), 2012, 13 (2): 97-107.

[4] Lee JM, Choi KH, Koo BK, et al. Prognostic Implications of Plaque Characteristics and Stenosis Severity in Patients With Coronary Artery Disease[J]. J Am Coll Cardiol, 2019 May 21; 73 (19): 2413-2424.

[5] Nebelung H, Brauer T, Seppelt D, et al. Coronary computed tomography angiography (CCTA): effect of bolus-tracking ROI positioning on image quality[J]. Eur Radiol, 2021 Feb; 31 (2): 1110-1118.

[6] Ruddox V, Sandven I, Munkhaugen J, et al. Atrial fibrillation and the risk for myocardial infarction, all-cause mortality and heart failure: A systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Prev Cardiol, 2017 Sep; 24 (14): 1555-1566.

[7] Hur J, Pak HN, Kim YJ, 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.

[8] Yamamoto M, Seo Y, Kawamatsu N, et al. Complex left atrial appendage morphology and left atrial appendage thrombus formation in patients with atrial fibrillation[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2014, 7 (2): 337-343.

[9] 李娜, 史晓光, 许书平. CCTA和TET诊断冠心病的价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (5): 17-19.

[10] Hur J, Pak HN, Kim YJ, 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 Jul 15; 112 (2): 238-44.

[11] 杨文兵, 查云飞, 阳朝晖, 等. 冠状动脉追踪冻结技术降低前瞻性心电图门控CTA成像辐射剂量的方法研究[J]. 中国医疗设备, 2018, 33 (04): 69-73.

[12] 王喆, 江耀辉, 张悦坤, 等. 计算机断层摄影术心脏成像评价不同类型心房颤动患者左心房内形态结构的临床研究[J]. 临床心血管病杂志, 2020, 36 (12): 1130-1134.

[13] Mosleh W, Sheikh A, Said Z, et al. The use of cardiac-CT alone to exclude left atrial thrombus before atrial fibrillation ablation: efficiency, safety, and cost analysis[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2018, 41 (7): 727-733.

[14] Liang J, Wang H, Xu L, Yang L, Dong L, Fan Z, Wang R, Sun Z. Diagnostic performance of 256-row detector coronary CT angiography in patients with high heart rates within a single cardiac cycle: a preliminary study[J]. Clin Radiol, 2017 Aug; 72 (8): 694.e7-694.e14.

[15] Sukasaranjit P, Marrouche NF, Han FT, et al. Relation of Left Atrial Appendage Remodeling by Magnetic Resonance Imaging and Outcome of Ablation for Atrial Fibrillation[J]. Am J Cardiol, 2018 Jul 1; 122 (1): 83-88.

[16] Habibi M, Calkins H. Atrial fibrillation catheter ablation: an updated review of current guidelines and expert consensus documents[J]. Herzschrittmacherther Elektrophysiol, 2019 Dec; 30 (4): 371-376.

[17] 吴小松, 龚波, 贺俊斌, 等. 双源CT冠状动脉联合左房-肺静脉"一站式"成像检查的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (10): 61-63.

(收稿日期: 2022-01-12)
(校对编辑: 朱丹丹)