

DOI:10.3724/SP.J.1008.2008.00386

· 论 著 ·

## 心房颤动患者肺静脉口解剖形态学:CT二维及三维重建研究

赵亮<sup>1</sup>, 孟小茜<sup>2</sup>, 张家友<sup>1</sup>, 姜其钧<sup>1</sup>, 赵学<sup>1</sup>, 刘士远<sup>2</sup>, 廖德宁<sup>1\*</sup>

1. 第二军医大学长征医院心内科, 上海 200003

2. 第二军医大学长征医院影像科, 上海 200003

**[摘要]** **目的:**应用CT二维平面及三维立体重建的方法描述并测量心房颤动患者肺静脉口解剖形态学。**方法:**30例在三维标测技术下行肺静脉前庭线性消融术治疗心房颤动的患者,术前应用CT进行心脏扫描,二维平面及三维立体重建后描述肺静脉口形态学特点并测量数据。**结果:**二维平面下水平位、冠状位、矢状位测量肺静脉口径线为:左上肺静脉(16.90±4.79)、(21.37±4.23)、(22.41±3.96) mm,左下肺静脉(13.50±3.99)、(15.84±3.22)、(16.82±3.63) mm,右上肺静脉(17.77±4.69)、(19.11±4.10)、(19.71±4.33) mm,右下肺静脉(15.33±3.88)、(16.20±4.00)、(17.10±4.24) mm。三维重建腔内测量肺静脉口最大径、最小径为:左上肺静脉(24.30±4.54)、(17.76±4.24) mm,左下肺静脉(19.10±4.45)、(12.27±3.52) mm,右上肺静脉(22.99±5.04)、(16.19±4.87) mm,右下肺静脉(18.63±4.60)、(14.46±3.48) mm。二维测量中所有上肺静脉径线均大于对应的下肺静脉径线( $P<0.01$ );三维测量中除右上、下肺静脉最小径间无统计学差异外,余上肺静脉径线均大于对应的下肺静脉径线( $P<0.01$ )。**结论:**CT三维重建图像可真实反映肺静脉口解剖结构,可作为心脏介入相关手术术前了解肺静脉口的方法之一;肺静脉口结构变异性大,相关手术术前须充分认识。

**[关键词]** 肺静脉;CT;解剖学;心房颤动**[中图分类号]** R 541.75**[文献标志码]** A**[文章编号]** 0258-879X(2008)04-0386-04

### Anatomic morphology of pulmonary vein ostium in patients with atrial fibrillation: CT 2-D and 3-D reconstruction

ZHAO Liang<sup>1</sup>, MENG Xiao-xi<sup>2</sup>, ZHANG Jia-you<sup>1</sup>, JIANG Qi-jun<sup>1</sup>, ZHAO Xue<sup>1</sup>, LIU Shi-yuan<sup>2</sup>, LIAO De-ning<sup>1\*</sup>

1. Department of Cardiology, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

2. Department of Radiology, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003

**[ABSTRACT]** **Objective:** To characterize the anatomic morphology of pulmonary vein ostium by 2-D and 3-D computed tomography angiography. **Methods:** Thirty patients with paroxysmal/persistent atrial fibrillation (AF) undergoing computed tomography angiography before catheter ablation of AF were analyzed for the anatomic morphology of pulmonary vein ostium in 2-D and 3-D manner. **Results:** The diameter in axial, coronal and sagittal views of diameters of the pulmonary veins ostium (PVs) were (16.90±4.79) mm, (21.37±4.23) mm, (22.41±3.96) mm in the left superior pulmonary vein (LSPV), (13.50±3.99) mm, (15.84±3.22) mm, (16.82±3.63) mm in the left inferior pulmonary vein (LIPV), (17.77±4.69) mm, (19.11±4.10) mm, (19.71±4.33) mm in the right superior pulmonary vein (RSPV), and (15.33±3.88) mm, (16.20±4.00) mm, (17.10±4.24) mm in the right inferior pulmonary vein (RIPV). The maximal and minimal diameters ( $d_{max}$  and  $d_{min}$ ) of PVs in 3-D view were (24.30±4.54) mm, (17.76±4.24) mm in LSPV, (19.10±4.45) mm, (12.27±3.52) mm in LIPV, (22.99±5.04) mm, (16.19±4.87) mm in RSPV, and (18.63±4.60) mm, (14.46±3.48) mm in RIPV. There is difference of diameters between SPVs and IPVs ( $P<0.01$ ) in two-dimensional and three-dimensional view except for RIPV. **Conclusion:** CT imaging can present precise 3-D reconstruction of the pulmonary vein ostium, allowing for understanding the details before catheter ablation. There is great variance in the dimension of the pulmonary vein ostium among individuals, which should be taken into consideration before operation.

**[KEY WORDS]** pulmonary veins; computed tomography; anatomy; atrial fibrillation

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2008, 29(4): 386-389]

**[收稿日期]** 2007-10-21 **[接受日期]** 2008-01-09**[作者简介]** 赵亮, 硕士. E-mail: twosock@hotmail.com

\* 通讯作者 (Corresponding author). Tel: 021-63610109-73208, E-mail: y3590140@sohu.com

近年来,应用导管消融治疗心房颤动(简称房颤)成为房颤治疗领域的重要进展,其理论和实践基础来源于肺静脉电位触发机制的发现<sup>[1]</sup>和迷宫手术的成功,并以此为基础发展了多个导管消融治疗房颤的术式,使得消融手术成功率逐步提高。其中,环肺静脉前庭线性消融是其中的主流术式,术中消融径线围绕左、右肺静脉前庭形成环形,旨在隔离肺静脉电位,并部分破坏房颤的基质。术中消融的靶区域肺静脉前庭与肺静脉口的解剖形态直接相关,并影响消融径线的走行。以往的心脏超声和术中造影的方法仅能部分显示肺静脉口形态,无法立体显示其形态结构。因此,本研究试图应用CT扫描的方法,从二维平面到三维重建描述并测量肺静脉口的解剖形态,为相关手术提供参考和依据。

## 1 资料和方法

1.1 一般资料 选取我院2005年6月至2007年7月间行环肺静脉左心房线性消融术的房颤患者30例,平均年龄(67.5±10.5)岁,其中男性14例,房颤病史1~480个月,其中阵发性房颤26例、持续性房颤4例;合并高血压10例、冠心病2例、2型糖尿病1例。

1.2 CT三维重建 术前患者均应用CT(Lightspeed 64-slice VCT, GE Healthcare Technologies, WI, USA)进行心脏扫描。静脉注射造影剂(Ultravist 370, Schering, GER)60~70 ml后进行CT扫描

(120 kV, 650~720 mA, 11~13 螺距, 扫描加速度350~500 ms/周, 层厚0.625 mm, 注射速度为5 ml/s。采用回顾性心电门控技术获取原始图像, 三维重建窗口中心可位于R-R间期的5%~95%之间, 重建间隔10%, 共10个期相的图像。窦性心律时选择心房舒张期对应的时相、房颤心律时选择伪差最小相应图像的时相作为重建窗口。

1.3 手术方法 应用三维标测及融合技术(Carto-Merge XP, Biosense Webster, Inc. CA, USA)构建左心房及肺静脉大致解剖形态后, 与CT三维重建图像进行配准, 形成融合图像。消融前以Lasso标测导管置入各肺静脉判断是否存在肺静脉电位。随后在融合图像上完成环肺静脉前庭消融。如仍存在肺静脉电位, 在Lasso标测导管指导下在原消融环或节段性隔离肺静脉电位。

1.4 测量数据 扫描后图像在深蓝系统的AW4.2工作站, 利用Cardiac IQ后处理软件进行图像后处理。重建方法为多平面重组(multiple two-dimensional reconstruction, MPR)、容积再现(volume rendering, VR)、仿真内镜(virtual endoscopy, VE)。测量数据包括:(1)二维平面下在水平位(图1A)、冠状位(图1B)、矢状位(图1C)测量各肺静脉口最大径线;(2)三维重建后VE腔内测量各肺静脉口最大径和最小径(图1D)。所有数据均由2位专业人员分别单独测量, 取平均值。

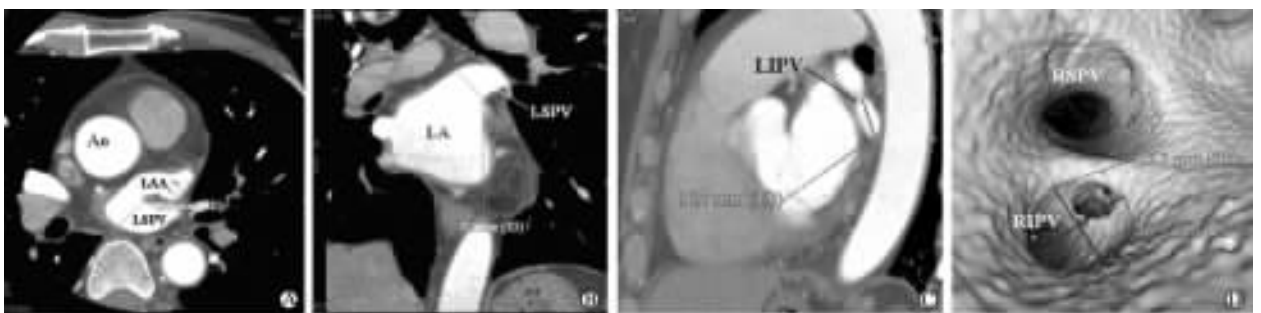


图1 肺静脉口二维(A~C)和三维(D)测量

Fig 1 Measurement of pulmonary vein ostium in 2-D(A-C) and 3-D(D) views

A: LSPV ostium in axial view; B: LSPV ostium in coronal view; C: LIPV ostium in sagittal view; D: RSPV and RIPV ostium in internal 3-D view. Ao: Aorta; LAA: Left atrial appendage; LA: Left atrium; LSPV: Left superior pulmonary vein; LIPV: Left inferior pulmonary vein; RSPV: Right superior pulmonary vein; RIPV: Right inferior pulmonary vein

1.5 统计学处理 使用SPSS 10.0 统计分析软件处理, 所有数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 应用全距(R, range)和变异系数(coefficient of variation, CV)表示数据变异程度。多组数据间比较应用方差分析, 其中两组间的比较应用 $q$ 检验, 数据相关性分析应用Pearson相关性方法,  $P < 0.05$ 为有统计学差异。

## 2 结果

2.1 CT成像资料 CT扫描时, 26例患者为窦性心律, 重建窗口中心位于心动周期的70%~80%; 4例为房颤心律, 重建窗口中心分别位于心动周期的35%~45%。CT检查时间为(13.2±2.5) min。

2.2 肺静脉开口形态及径线测量 肺静脉数目:28例为左、右各2支肺静脉,2例为左2、右3支肺静脉。肺静脉共干:一侧两支肺静脉可共干后进入左心房,共4例,其中右侧共干3例,左侧1例。三维重建腔内面示肺静脉开口呈不规则椭圆形,上、下肺静脉间以凸向腔内的嵴样结构分隔。二维测量中所

有上肺静脉径线均大于对应的下肺静脉径线( $P < 0.01$ ),三维测量中除右上肺静脉最小径与右下肺静脉最小径间无统计学差异外,余上肺静脉径线均大于对应的下肺静脉径线( $P < 0.01$ )。所有上肺静脉之间、下肺静脉之间对应径线比较均无统计学差异。详见表1。

表1 肺静脉口径线测量  
Tab 1 Diameter of PVs ostium

( $n=30, d/mm$ )

	LSPV(R,CV)	LIPV(R,CV)	RSPV(R,CV)	RIPV(R,CV)
Two-dimensional				
Axial	16.90±4.79 (8.12-26.13,28.34%)	13.50±3.99* * (7.47-20.44,29.55%)	17.77±4.69 (5.58-28.91,26.39%)	15.33±3.88△△ (8.38-24.85,25.30%)
Coronal	21.37±4.23 (14.49-29.21,19.79%)	15.84±3.22* * (10.41-30.24,20.32%)	19.11±4.10 (6.32-28.04,21.45%)	16.20±4.00△△ (7.55-25.00,17.67%)
Sagittal	22.41±3.96 (16.10-30.13,17.67%)	16.82±3.63* * (10.01-25.89,21.58%)	19.71±4.33 (7.10-27.95,21.96%)	17.10±4.24△△ (10.35-27.69,24.69%)
Three-dimensional				
Maximal	24.30±4.54 (16.84-33.86,18.68%)	19.10±4.45* * (10.58-29.48,23.29%)	22.99±5.04 (11.32-30.39,21.92%)	18.63±4.60△△ (9.55-29.50,24.69%)
Minimal	17.76±4.24 (10.05-24.50,23.87%)	12.27±3.52* * (6.47-18.40,28.68%)	16.19±4.87 (7.58-26.90,30.08%)	14.46±3.48 (7.57-20.85,24.06%)

LSPV:Left superior pulmonary vein; LIPV:Left inferior pulmonary vein; RSPV:Right superior pulmonary vein; RIPV:Right inferior pulmonary vein;R:Range;CV:Coefficient of variation. \* \*  $P < 0.01$  vs LIPV;△△ $P < 0.01$  vs RSPV

2.3 肺静脉口各数据间相关性 (1)二维测量数据:左下肺静脉口、右上肺静脉口水平位、冠状位、矢状位各数据间均呈正相关( $P < 0.01$ );左上肺静脉口冠状位与水平位、矢状位呈正相关( $P < 0.01$ );右下肺静脉口冠状位与水平位呈正相关( $P < 0.01$ )。各肺静脉口数据之间无相关性( $P > 0.01$ )。(2)三

维测量数据:除左上肺静脉外,余各肺静脉口最大径与最小径间呈正相关( $P < 0.01$ )。(3)二维-三维数据间的关系(表2):三维测量各肺静脉口最大径与二维平面冠状位径线的相关系数均大于水平位和矢状位;各肺静脉口最小径与二维平面水平位径线的相关系数均大于冠状位和矢状位。

表2 肺静脉口二维-三维数据相关性  
Tab 2 Correlation of diameters between two-dimensional and three-dimensional view

( $n=30$ )

	LSPV		LIPV		RSPV		RIPV	
	$d_{max}$	$d_{min}$	$d_{max}$	$d_{min}$	$d_{max}$	$d_{min}$	$d_{max}$	$d_{min}$
Axial								
$r$	0.301	0.790	0.526	0.882	0.617	0.701	0.415	0.699
$P$	0.106	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000
Coronal								
$r$	0.815	0.173	0.818	0.421	0.636	0.378	0.782	0.475
$P$	0.000	0.361	0.000	0.020	0.000	0.040	0.000	0.008
Sagittal								
$r$	0.794	0.188	0.739	0.412	0.537	0.234	0.692	0.391
$P$	0.000	0.319	0.000	0.030	0.002	0.214	0.000	0.032

LSPV:Left superior pulmonary vein; LIPV:Left inferior pulmonary vein; RSPV:Right superior pulmonary vein; RIPV:Right inferior pulmonary vein; $d_{max}$ :Maximum diameter;  $d_{min}$ :Minimum diameter

### 3 讨论

3.1 肺静脉口的解剖学特点及临床意义 肺静脉口是指肺静脉进入左心房并与左心房交界部位,由于两者在胚胎起源上的不同,使得此部位具有心房和肺静脉双重组织学特性、肌束的排列紊乱的特点,导致此部位的传导常存在明显延缓和多向阻滞,从而易于发生折返激动<sup>[2]</sup>。在临床手术实践中,早期的节段性肺静脉电隔离的消融部位多深入肺静脉口内,易导致肺静脉狭窄且复发率较高,晚近的近环肺静脉线性消融则在肺静脉口外的前庭部,其肺静脉狭窄发生率和术后房颤复发率也较前者下降<sup>[3]</sup>。

肺静脉口解剖结构表现为以下几个特点:(1)形态不规则。肺静脉口近似椭圆形,多不规则,其最大径与冠状位、矢状位径线相关系数较大表明其长轴多为上下走行,最小径与水平位径线相关系数较大表明其短轴多为前后走行,上肺静脉口面积大于下肺静脉口;(2)肺静脉口间结构关系复杂。三维重建后各肺静脉主干走行方向多变导致肺静脉口间关系、两者之间的嵴部的解剖形态复杂;(3)个体变异性大。肺静脉口的各个测量数据均全距较大,变异系数多在20%以上。

肺静脉口结构会对消融手术产生影响,表现为:(1)对消融径线走行的影响。肺静脉口的形态直接影响消融靶区域肺静脉前庭的形态,从而使得消融径线个体化<sup>[4]</sup>;(2)肺静脉狭窄。肺静脉口内或靠近肺静脉口处的消融易导致肺静脉狭窄,因此术前三维图像及术中肺静脉造影对肺静脉口位置的识别极为重要,避免肺静脉口内消融;(3)CARTO-MERGE技术下术中对各肺静脉口定位的准确性直接影响融合的真实性。

3.2 CT在认识肺静脉口解剖结构中的作用 以往对肺静脉口的认识多以超声及肺静脉造影的方法,但因自身检查条件所限及二维平面无法显示肺静脉口的全貌。以CT扫描并三维重建左心房、肺静脉,可从心腔外和腔内真实立体地显示肺静脉前庭的解剖形态,并能对其宽度进行测量,使得消融能够根据解剖变异而个体化。在术中应用CARTO-MERGE技术将电解剖标测图像和CT三维重建图像融合后,在接近真实的CT三维图像上的消融较在电解

剖标测图像上的消融更加直观<sup>[5-6]</sup>,术中可实时观察消融导管是否靠近肺静脉口或进入肺静脉口内,避免肺静脉狭窄,术后腔内图观观察有助于发现消融径线上的漏点,及时补点消融,达到消融线的连续和完整性,减少术后房颤复发和手术相关性的房性心律失常<sup>[7]</sup>。

3.3 本实验局限性 本研究未设正常人群组进行对照研究,另外尚未随访术后患者肺静脉口的解剖形态变化,有待进一步完善。研究中CT扫描时采用心电门控技术,在窦性心律下可选取造影剂充分充盈左心房和左心耳的图像,但房颤心律时造影剂未能充分充盈左心耳,选取图像部分存在充盈不足,导致测量数据可能存在偏差。

### [参考文献]

- [1] Haissaguerre M, Jaïs P, Shah D C, Takahashi A, Hocini M, Quiniou G, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins[J]. N Eng J Med, 1998, 339: 659-666.
- [2] Hamabe A, Okuyama Y, Miyauchi Y, Zhou S, Pak H N, Karagueuzian H S, et al. Correlation between anatomy and electrical activation in canine pulmonary veins[J]. Circulation, 2003, 107: 1550-1555.
- [3] Pürerfellner H, Martinek M. Pulmonary vein stenosis following catheter ablation of atrial fibrillation[J]. Curr Opin Cardiol, 2005, 20: 484-490.
- [4] Kristina L, Michael S, Benoit D, Case I, Han J, Good E, et al. Computed tomographic analysis of the anatomy of the left atrium and the esophagus implications for left atrial catheter ablation[J]. Circulation, 2004, 110: 3655-3660.
- [5] Jun D, Timm D, Darshan D, Cheema A, Vasamreddy C R, Henrikson C A, et al. Initial experience in the use of integrated electroanatomic mapping with three-dimensional MR/CT images to guide catheter ablation of atrial fibrillation[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2006, 17: 459-466.
- [6] 赵亮, 张家友, 赵学, 杜荣增, 赵伟, 姜其钧, 等. Carto-Merge技术指导下肺静脉前庭电解剖隔离的初期经验[J]. 第二军医大学学报, 2007, 28: 1214-1218.
- [7] Chugh A C, Oral H, Lemola K, Hall B, Cheung P, Good E, et al. Prevalence, mechanisms, and clinical significance of macroreentrant atrial tachycardia during and following left atrial ablation for atrial fibrillation[J]. Heart Rhythm, 2005, 2: 464-471.

[本文编辑] 孙岩