

多层螺旋CT肺静脉成像在房颤射频消融术中的应用价值

虞康惠¹, 江桂华¹, 成官迅²

1. 广东省第二人民医院影像科, 广东 广州 510317; 2. 北京大学深圳医院医学影像科, 广东 深圳 518036

【摘要】目的:探讨多层螺旋CT(MSCT)肺静脉成像对房颤射频消融治疗的指导意义。**方法:**回顾分析34例经导管射频消融治疗的房颤患者,术前行MSCT肺静脉增强扫描,术中行选择性肺静脉造影(CPV)。MSCT重建肺静脉-左心房图像,观察肺静脉的解剖类型,测量各支肺静脉的口径,并与术中CPV结果比较。所有患者均采用环肺静脉线性消融术,其中14例术前MSCT原始图像数据整合入Carto系统。**结果:**MSCT共识别肺静脉136根,其中22例为标准型肺静脉解剖(64.7%),5例为有单独开口的右副肺静脉(14.7%),6例为左肺静脉共同开口(17.6%),还有1例混合变异(3.0%)。CPV仅识别肺静脉130根。MSCT及CPV对各支肺静脉直径的测量无显著差异, ($P>0.05$)。20例传统Carto系统标测及14例Carto-Merge技术指导下的环肺静脉消融术平均手术时间分别为(190.46±35.13) min和(162.63±33.74) min ($P<0.05$)。**结论:**MSCT肺静脉成像可以替代CPV评估肺静脉,其显示肺静脉-左心房区域解剖学细节的能力优于CPV;Carto-Merge技术融合MSCT重建图像指导房颤射频消融手术,有利于保证环肺静脉线性消融的连续性,并有效缩短手术时间。

【关键词】多层螺旋CT;肺静脉造影;心房颤动;导管射频消融;Carto-Merge

【中图分类号】R445.2;R541.75

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)05-0515-07

Clinical application of pulmonary vein imaging of multi-slice spiral computed tomography in radiofrequency ablation for atrial fibrillation

YU Kang-hui¹, JIANG Gui-hua¹, CHENG Guan-xun²

1. Department of Imaging, Guangdong Second People's Hospital, Guangzhou 510317, China; 2. Department of Medical Imaging, Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen 518036, China

Abstract: Objective To explore the guiding significance of pulmonary vein imaging of multi-slice spiral computed tomography (MSCT) in radiofrequency ablation for atrial fibrillation. **Methods** Totally, 34 patients with atrial fibrillation treated by radiofrequency ablation were retrospectively analyzed. The patients were examined by preoperative MSCT scanning and intraoperative conventional pulmonary venography (CPV). The images of pulmonary-left atrium were reconstructed by MSCT to observe the anatomical type of pulmonary vein, measure the size of each branch of pulmonary vein ostium, and be compared with the results of intraoperative CPV. All the patients were operated with circumferential pulmonary vein ablation. And 14 cases of preoperative MSCT original image data were integrated into the Carto system. **Results** MSCT showed 136 pulmonary veins, including 22 cases of typical pattern of pulmonary veins (64.7%), 5 cases of right additional pulmonary vein (14.7%), 6 cases of common trunk left pulmonary vein (17.6%), and 1 case of mixed variation (3.0%). CPV only distinguished 130 pulmonary veins. No significant differences were found in the diameter measurements of each branch of pulmonary vein between MSCT and CPV ($P>0.05$). The average operation times of circumferential pulmonary vein ablation for 20 cases with the guidance of traditional Carto system mapping and 14 cases with the guidance of Carto-Merge technology were respectively (190.46±35.13) min and (162.63±33.74) min ($P<0.05$). **Conclusion** MSCT displays better anatomical details of the pulmonary vein and left atrium area than CPV, which makes the MSCT can replace CPV to evaluate the pulmonary vein. The radiofrequency ablation for atrial fibrillation with the guidance of Carto-Merge technology combined with MSCT constructed images is conducive to ensure the continuity of circumferential pulmonary vein ablation and effectively shorten the operation time.

Key words: multi-slice spiral CT; pulmonary venography; atrial fibrillation; radiofrequency catheter ablation; Carto-Merge

【投稿日期】2016-02-12

【作者简介】虞康惠(1984-),男,硕士,主治医师,研究方向:心血管影像, Tel:13760851576, E-mail:yukanghui2010@163.com; 成官迅(1966-),男,博士后,主任医师,研究方向:心脏及大血管、骨关节系统疾病的影像诊断, Tel:13632102399, E-mail:chengguanxun@hotmail.com。

【通信作者】江桂华(1970-),男,博士,主任医师,研究方向:CT、MRI诊断及静态功能磁共振成像研究, Tel:13828472201, E-mail:jiangguihua177@163.com。

前言

近年来,导管射频消融已逐渐成为治疗房颤的重要手段之一,环肺静脉线性消融术则是其主流的手术方式。术前多层螺旋CT(MSCT)肺静脉-肺静脉成像不仅能准确了解肺静脉的数目、位置和肺静脉管腔的大小和形状,而且还能将MSCT的三维左心房图像与三维电解剖标测系统(Carto)产生的电解剖图像进行叠加融合,指导房颤射频消融术中的精细导管操作,具有重要的临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取34例需进行导管射频消融术治疗的房颤病人术前行MSCT肺静脉增强扫描,其中男20例,女14例,年龄14~80岁,术中行肺静脉造影(Conventional Pulmonary Venography, CPV)。所有患者术前均经超声心动图证实无明显心功能不良及左心房(耳)血栓,术中均采用环肺静脉线性消融术,实时图像重建融合由强生公司指定的专业人员提供技术支持,肺静脉隔离消融手术主要工作由同一人完成。

1.2 MSCT肺静脉成像

使用Siemens Somatom Definition型双源CT和Philips Brilliance 256层螺旋iCT,采用回顾性心电门控技术进行冠状动脉成像序列的肺静脉成像。使用美国MALLINCKRODT双筒高压注射器及优维显(370 mgI/mL)非离子型对比剂。选择冠状动脉成像扫描序列,扫描前按照标准位置连接好心电导联线以便正常显示心率。扫描范围为气管分叉下10 mm至心脏膈面下10 mm。冠状动脉成像(Computed Tomography Angiography, CTA)采用人工智能触发扫描,当感兴趣区(设在升主动脉根部)CT值达到预设值(100 HU)时,再延迟3 s启动扫描。双筒高压注射器以4.5~5.5 mL/s流率,总量75~90 mL经肘前静脉注射,然后以同样速率注射生理盐水30 mL冲洗。扫描完成后,选择75%时相重组图像原始数据导入后处理软件,分别进行VR(Volume Rendering)、MPR(Multi Planar Reconstruction)和MIP(Maximum Intensity Projection)三种方式成像,观察肺静脉的解剖类型,并测量各肺静脉开口的长径、短径,见图1。其中14例患者术前CT的原始图像以DICOM格式整合入Carto系统,见图2。

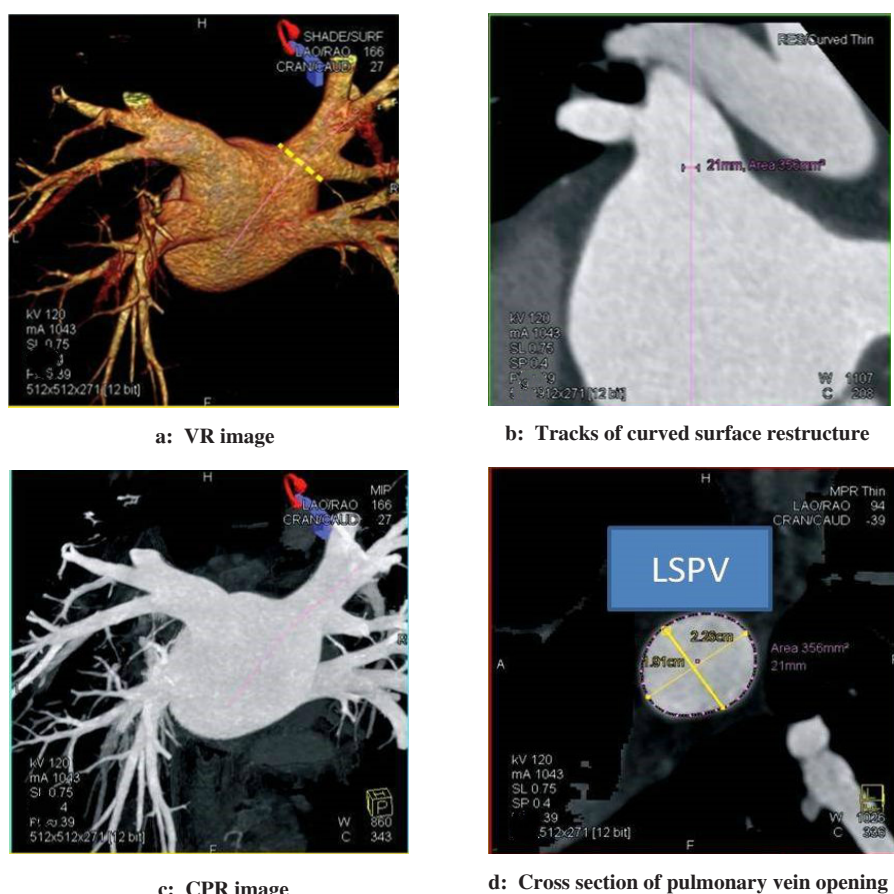


图1 肺静脉成像及各肺静脉开口大小

Fig.1 Pulmonary vein images and size of pulmonary vein opening

VR:Volume rendering; CPR: Conventional pulmonary venography

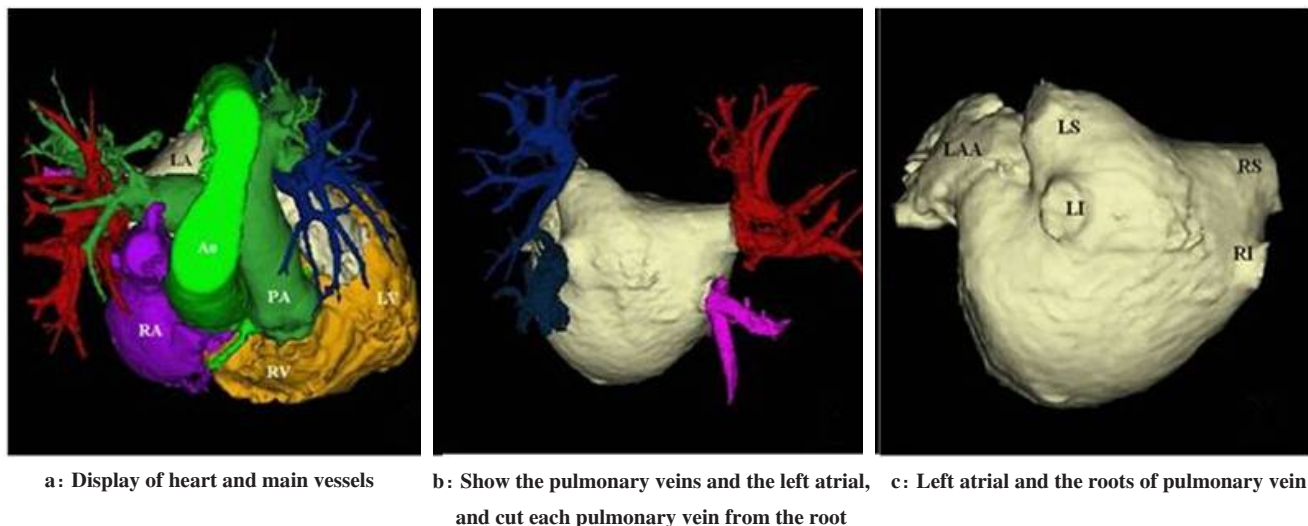


图2 CARTO-Merge指导下的肺静脉-左心房的解剖图像的重建过程

Fig.2 Reconstruction process of pulmonary veins and the left atrial under the guidance of CARTO-Merge

1.3 导管射频消融及术中行CPV

常规消毒铺巾,成功穿刺左锁骨下静脉及右股静脉,经锁骨下静脉放6F冠状静脉窦(CS)电极,经右股静脉按常规方法分两次穿刺房间隔成功并放入2根7.5F SL1长鞘至左心房,分别于左前斜位(LAO)45°及右前斜位(RAO)30°行CPV,放置Lasso电极定位肺静脉电位,经长鞘送入导航星冷盐水灌注大头,于肺静脉Carto三维建模下分别行两肺静脉电隔离,Lasso电极确定双侧肺静脉与心房电位是否完全电隔离。采用Leonardo图像后处理软件测量肺静脉开口的长、短径。

1.4 统计学处理

所有计量资料采用均数±标准差表示。应用SPSS 17.0软件进行分析。两组肺静脉成像方法测量肺静脉口长径的比较采用配对样本 t 检验,两组房颤射频消融方法手术时间的比较采用独立样本 t 检验, $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

34例患者中MSCT共识别肺静脉136根,其中22例为标准型肺静脉解剖(64.7%),5例为有单独开口的右副肺静脉(14.7%),6例为左肺静脉共同开口(17.6%),还有1例为左肺静脉短共干合并右中肺独立静脉混合变异(3.0%),见图3~5。CPV识别肺静脉共130根,其中3例患者行CPV遗漏右副肺静脉(4根,1例为右侧2根副肺静脉),2例患者肺静脉造影中无法识别右下肺静脉。34例患者环肺静脉线性消融术后肺静脉完全隔离率为100%,术后即刻达到窦性心律为85.3%,术后未追踪随访。除去肺静脉遗漏

或无法识别的6根肺静脉,两种方法测得的130根肺静脉开口长、短径结果见表1、表2,经配对样本 t 检验分析证实MSCT肺静脉成像与CPV所测得的肺静脉长径、短径之间差异无统计学意义, P 值均 >0.05 。

20例传统Carto系统标测下的环肺静脉消融术平均手术时间为 (190.46 ± 35.13) min,14例Carto-Merge技术指导下的环肺静脉消融术平均手术时间为 (162.63 ± 33.74) min,经独立样本 t 检验分析, $t=5.766$, $P<0.05$,即说明Carto-Merge技术指导下的房颤射频消融术明显缩短了手术时间,从而大大减少了患者X线曝光时间。

3 讨论

3.1 MSCT肺静脉解剖分型

通常人类4支肺静脉分别开口于左心房,少数情况下出现变异,肺静脉在左心房的开口多于或少于4个。多出的肺静脉称为副肺静脉,其开口位置可出现在左心房任何位置。少于4个开口说明有一侧可能出现了肺静脉共同开口,即同侧的2支肺静脉共同开口于左心房的同一位置。Jongbloed等^[1]对于肺静脉单独开口、共同开口进行了描述——首先画出左心房的轮廓即左心房与肺静脉的分界,当肺静脉开口于左心房轮廓0.5 cm之内时,称之为单独开口于左心房;如果左心房边界与肺静脉开口间距离 ≥ 0.5 cm时,称之为共同开口。

由于肺静脉解剖上的变异较多,国内外关于肺静脉解剖分型方法尚无统一意见。Marom^[2]将右肺静脉分为5型(R1、R2、R3、R4、R5),左肺静脉2型(L1、L2)。Kato等^[3]将肺静脉分为6种类型:①右

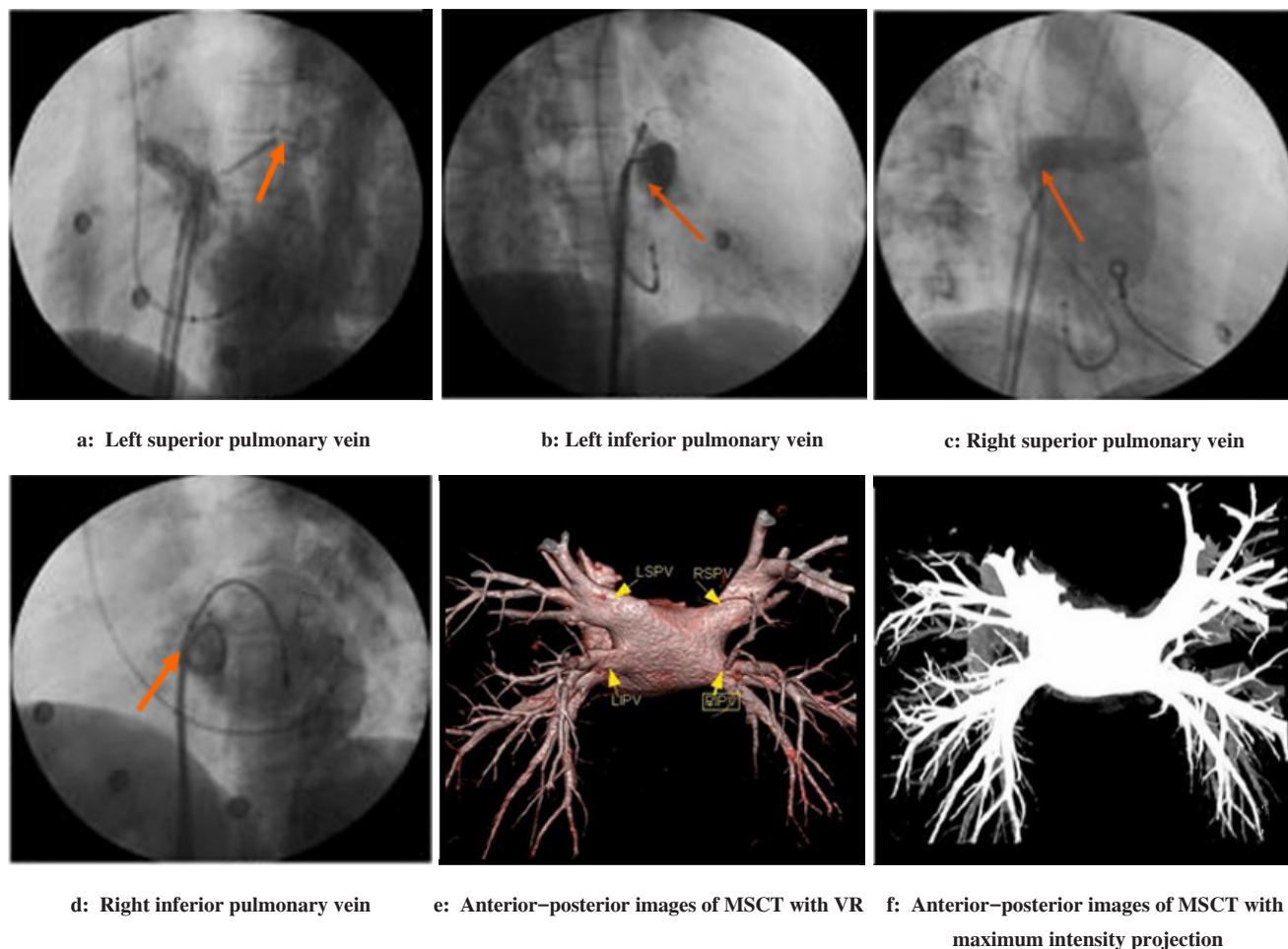
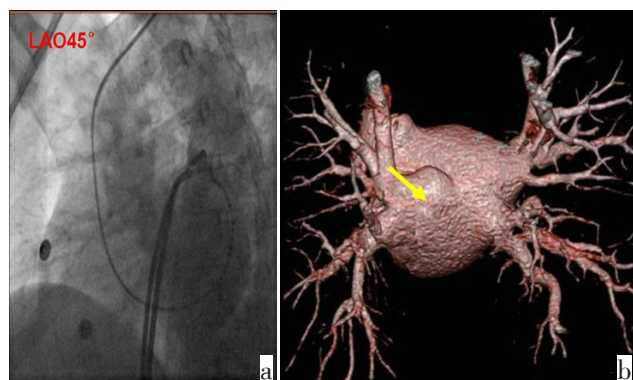


图3 标准型肺静脉对照

Fig.3 Contrast of pulmonary vein of standard type



a: Pulmonary vein angiography image in LAO 45°

b: Anterior-posterior image of MSCT pulmonary vein imaging with VR (yellow arrow)

图4 左侧肺静脉共干

Fig.4 Left pulmonary vein with common trunk

LAO 45°: Left anterior oblique position of 45°

上、右下、左上及左下4支肺静脉分别与左心房连接的典型类型；②左肺静脉短共干；③左肺静脉长共干；④单支右中肺静脉注入左心房；⑤两支右中肺静脉注入左心房；⑥单支右中肺静脉并右最上肺静

脉注入左心房。笔者认为在临床实践中,过于复杂的分型方法可能会造成理解困难,将左右上、下肺静脉的情况以及副肺静脉开口的位置描述清楚即可。鉴于肺静脉的变异主要发生在肺静脉开口和副肺静脉的出现,归纳肺静脉分型时应以此为主要依据。本研究按照肺静脉数目、共同开口位置及数目、副肺静脉位置及数目,将肺静脉分为4型,即标准型、肺静脉共同开口、副肺静脉型和混合变异型。34例房颤患者中,除了22例标准型肺静脉解剖外,肺静脉解剖变异占总样本数的35.3%(12/34),其中5例有单独开口的右副肺静脉(14.7%),6例为左肺静脉共同开口(17.6%),以及1例左肺静脉短共干合并右中肺独立静脉混合变异(3.0%)。MSCT左心房和肺静脉成像通过VR、MPR、MIP、CPR等多种后处理方式,能够提供详细准确的左心房与肺静脉连接方式及肺静脉解剖学变异^[4],对射频消融术前构建肺静脉与左心房模型有重要的指导作用。

3.2 MSCT测量肺静脉口径大小的临床意义

在房颤射频消融治疗中,无论是肺静脉节段性消融还是环肺静脉消融,除了要了解肺静脉解剖变



a: Pulmonary vein angiography image in LAO 45° b: Pulmonary vein angiography image in RAO 30° c: Anterior-posterior image of MSCT pulmonary vein imaging with VR (yellow arrow)

图5 右侧副肺静脉对照

Fig.5 Contrast images of right accessory pulmonary vein

RAO 30°: Right anterior oblique position of 30°; Pulmonary vein angiography failed to detect the tiny right middle pulmonary vein

表1 MSCT和CPV测量肺静脉长径的统计分析 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Statistical analysis of long diameter in every pulmonary vein measured by MSCT and CPV ($Mean \pm SD$)

Vein	Numbers	MSCT/ mm	CPV/ mm	t value	P value
LSPV	27	20.37±1.17	20.43±1.07	-1.632	0.115
LIPV	27	18.60±0.93	18.67±0.93	-1.765	0.089
RSPV	34	20.16±1.13	20.20±1.09	-1.406	0.169
RIPV	32	19.54±0.83	19.59±0.75	-1.831	0.077
CTLPV	7	30.40±3.46	19.59±0.75	-0.687	0.518
RMPV	3	10.37±0.74	10.40±0.40	-0.152	0.893

LSPV: Left superior pulmonary vein; LIPV: Left inferior pulmonary vein; RSPV: Right superior pulmonary vein; RIPV: Right inferior pulmonary vein; CTLPV: Common trunk of left pulmonary vein; RMPV: Right middle pulmonary vein

表2 MSCT和CPV测量肺静脉短径的统计分析 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Statistical analysis for short diameter in every pulmonary vein measured by MSCT and CPV ($Mean \pm SD$)

Vein	Numbers	MSCT/ mm	CPV/ mm	t value	P value
LSPV	27	14.94±1.25	20.43±1.07	-1.625	0.108
LIPV	27	13.11±0.80	18.67±0.93	-1.207	0.231
RSPV	34	15.80±1.25	20.20±1.09	-1.640	0.105
RIPV	32	15.60±0.78	19.59±0.75	-1.313	0.193
CTLPV	7	23.45±3.12	30.56±3.24	-0.345	0.731
RMPV	3	8.24±0.69	10.40±0.40	-0.246	0.806

异、肺静脉开口位置以及与左心房的关系,还要准确评估肺静脉口径大小和形状变化。目前应用较广泛的是Lasso电极法,Lasso电极是一种环状电极导

管。射频消融需要合适的Lasso导管,肺静脉口的大小与形状是选择最佳直径导管的重要决定因素^[5-6]。如果导管的形状、尺寸不合适,或是肺静脉口过扁就

会影响 Lasso 导管放置的稳定性,从而引起消融位置的偏差,导致消融手术失败或是引起肺静脉狭窄^[7]。肺静脉狭窄是电隔离肺静脉术后较常见的并发症。肺静脉开口部长径、短径及截面积范围的确定对于评估肺静脉狭窄有重要意义。因此对肺静脉孔的精确测量是非常必要的,也能为消融术后肺静脉狭窄评估提供依据。但由于心动周期中肺静脉孔的大小是变化的,因而 MSCT 对其测量采用心电门控技术对同一时相的肺静脉图像进行测量,以利于程度较轻的肺静脉狭窄与心动周期不同时相肺静脉孔大小变化的鉴别,从而指导临床治疗。

3.3 CPV 与 MSCT 肺静脉成像比较分析

目前,国内外文献关于 CPV 与肺静脉无创检查方法的相关性分析并不多,作为有创检查,CPV 最大的优点是能够在射频消融治疗的同时了解肺静脉及左心房的解剖信息,而不作为单独的肺静脉检查。CPV 虽可以直接对肺静脉造影但术中造影无法多角度成像,且肺静脉开口多呈椭圆形,所以 CPV 不能准确反映肺静脉的开口大小,术中无法准确选用 Lasso 导管。现代 MSCT 及 MRA (Magnetic Resonance Angiography) 肺静脉成像作为具有很高空间分辨率的无创性检查,其显示肺静脉-左心房区域解剖学细节的能力远优于 CPV,但扫描时间长、起搏器患者检查受限等因素制约了 MRA 在肺静脉成像检查中的应用,而西门子 DSCT 和飞利浦 256 iCT 作为新一代的 MSCT,扫描速度进一步加快,克服呼吸带来的运动伪影,提高图像的清晰性,具有高空间分辨率和时间分辨力;同时综合运用多种后处理技术提高对肺静脉定量研究的准确性,具有各项同性扫描性质^[8-11],可以清楚显示肺静脉及左心房的解剖结构关系,准确评估肺静脉口的大小、数目和走向,还可观察左心房、左心耳内是否有血栓。

本研究发现,由于导管较难进入右下肺静脉,CPV 可能无法清晰显示右下肺静脉;另外,由于独立的右中肺静脉直径明显较其他肺静脉孔小,术中透视及造影较难发现,以致遗漏可能的异位起搏点。本研究中 2 例患者行 CPV 中无法识别右下肺静脉,3 例患者行 CPV 遗漏右副肺静脉。本研究通过 MSCT 与 CPV 在同一投照角度测量肺静脉直径证实,两种方法所测肺静脉直径无统计学差异,MSCT 肺静脉成像完全可以替代 CPV 评估肺静脉。另外,由于肺静脉口部呈椭圆形,其口径测量应包括长径(上下径)和短径(前后径),MSCT 肺静脉成像后处理可调整角度较准地确测量肺静脉口部的长、短径,而 CPV 在单一投照角度所测得肺静脉直径不能真实反映肺静脉

的口径大小,故 MSCT 肺静脉成像明显优于 CPV。

3.4 Carto-Merge 技术在房颤射频消融手术中的应用

Carto 系统作为最早应用于房颤导管射频消融的三维标测系统,因其形象的导航、精确的标测、完善的功能以及简洁的操作,已成为临床电生理医师治疗房颤等复杂心律失常的必备辅助系统。但是,传统的 Carto 技术实际生成的图像分辨率极低,图像甚为粗糙,无法保证射频消融术中导管的精细操作。新的 Carto-Merge 技术在 Carto 电解剖标测图像的基础上引入肺静脉和左心房 CT 或 MRI 三维重建图像,两者整合产生新的电解剖图像兼具电学特征和解剖的真实性,帮助术者校正和弥补 Carto 电解剖图像的不足,有效增加了消融的准确性,减少并发症的发生^[12]。Carto-Merge 能提供多种影像图和三维导航系统相整合的手段,整个过程简单而迅速,与传统标测系统相比减少大量的标测心内膜结构的时间,而且比传统标测手段更精确^[13]。2003 年 Solomon^[14]等经动物实验研究首次提出可将 MSCT 左心房图像数据导入 Carto 系统,与电解剖标测数据进行配准整合以获得更为精细的左心房图像。2006 年 Kistler^[15]等首次进行了 MSCT 与 Carto 系统配准整合小样本临床研究。2007 年北京安贞医院喻荣辉等^[16]报道了 CEMRA 与 Carto 系统整合的临床研究,证实 CEMRA 与 Carto 系统精确配准的能力。

本研究中 14 例房颤患者的射频消融手术是采用 Carto-Merge 技术指导下的环肺静脉线性消融术,将 MSCT 的三维重建图像整合入 Carto 系统,不但缩短了左心房-肺静脉的重建时间,减少病人 X 线曝光时间,将手术时间由以前的 (190.46 ± 35.13) min 缩短至 (162.63 ± 33.74) min,而且术前进行 CT 检查所获得的各项数据对制订具体的手术方案、选择手术器械及确定术中肺静脉造影的投照角度等均具有重要的指导意义,确保了肺静脉射频消融电隔离的准确性,减少或避免手术并发症,具有良好的手术效果。

综上所述,MSCT 可作为房颤射频消融术前的常规检查,术前明确肺静脉是否存在解剖变异,测量各支肺静脉的口径大小,为制定正确的手术方案和选择合适的消融导管提供帮助;术中 Carto 电生理图像融合 MSCT 重建图像,有助于指导手术的顺利实施,减少手术时间和 X 线曝光量。

【参考文献】

- [1] JONGBLOED M R, DIKSEN M S, BAX J J, et al. Atrial fibrillation: multi-detector row CT of pulmonary vein anatomy prior to radiofrequency catheter ablation-initial experience [J]. Radiology, 2005, 234(3): 702-709.

- [2] MAROM E M, HERNDON J E, KIM Y H, et al. Variations in pulmonary venous drainage to the left atrium: implications for radiofrequency ablation[J]. Radiology, 2004, 230(3): 824-829.
- [3] KATO R, LICKFETT L, MEININGER G, et al. Pulmonary vein anatomy in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation: lessons learned by use of magnetic resonance imaging[J]. Circulation, 2003, 107(15): 2004-2010.
- [4] 曹成瑛, 边慧平, 杨良瑞, 等. 64排螺旋CT肺静脉-左心房连接解剖学分析[J]. 实用放射学杂志, 2012, 28(4): 530-532.
- CAO C Y, BIAN H P, YANG L R, et al. Anatomical analysis of pulmonary vein-left atrium connection by multislice spiral CT[J]. Journal of Practical Radiology, 2012, 28(4): 530-532.
- [5] LACOMIS J M, WIGGINTON W, FUHRMAN C, et al. Multi-detector row CT of the left atrium and pulmonary veins before radio-frequency catheter ablation for atrial fibrillation[J]. Radiographics, 2003, 23(Spec): S35-48.
- [6] 牛家成, 王昌华, 赵昕, 等. DSCT肺静脉成像在房颤射频消融术前的临床应用价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2015, 13(2): 148-151.
- NIU J C, WANG C H, ZHAO X, et al. Clinical application value of the pulmonary vein imaging by DSCT before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation[J]. Chinese Imaging Journal of Integrated Traditional and Western Medicine, 2015, 13(2): 148-151.
- [7] WITTKAMPF F H, VONKEN E J, DERKSEN R, et al. Pulmonary vein ostium geometry analysis magnetic resonance angiography[J]. Circulation, 2003, 107(1): 21-23.
- [8] TSE H F, REEK S, TIMMERMAN S C, et al. Pulmonary vein isolation using transvenous catheter cryoablation for treatment of atrial fibrillation without risk of pulmonary vein stenosis[J]. J Am Coll Cardiol, 2003, 42(4): 752-758.
- [9] 王锡明, 武振斌, 李振宇, 等. 64排螺旋CT在冠状动脉造影中的应用[J]. 中华放射学杂志, 2005, 39: 1201-1203.
- WANG X M, WU Z B, LI Z Y, et al. The clinical application of 64-slices spiral CT in angiography of coronary artery[J]. Chinese Journal of Radiology, 2005, 39: 1201-1203.
- [10] NIEMAN K, RENSING B J, VAN GEUNS R J, et al. Usefulness of multislice computed tomography for detecting obstructive coronary artery disease[J]. Am J Cardiol, 2002, 89(8): 913-918.
- [11] RENY-JARDIN M, REMY J. Spiral CT angiography of the pulmonary circulation[J]. Radiology, 1999, 212(3): 615-636.
- [12] 赵亮, 张家友, 赵学, 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(11): 1214-1218.
- ZHAO L, ZHANG J Y, ZHAO X, et al. Three-dimensional electroanatomic mapping with Carto-Merge to guide catheter ablation of atrial fibrillation: an initial experience[J]. Academic Journal of Second Military Medical University, 2007, 28(11): 1214-1218.
- [13] 刘旭, 董建增, 马长生. CARTO系统临床应用指南[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2008: 138.
- LIU X, DONG J Z, MA C S. 3D electroanatomical navigation system guide for clinical application [M]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2008: 138.
- [14] SOLOMON S B, DICKFELD T, CALKINS H. Real-time cardiac catheter navigation on three-dimensional CT images[J]. J Interv Card Electrophysiol, 2003, 8(1): 27-36.
- [15] PETER M, KISTLER M B, KIM R, et al. The impact of CT image integration into an electroanatomic mapping system on clinical outcomes of catheter ablation of atrial fibrillation[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2006, 10(17): 1093-1101.
- [16] 喻荣辉, 马长生, 董建增, 等. 电解剖标测和磁共振影像融合技术指导导管消融心房颤动的有效性研究[J]. 中华心血管病杂志, 2007, 35(1): 1029-1033.
- YU R H, MA C S, DONG J Z, et al. Efficacy of integrated three-dimensional electroanatomic mapping with preacquired magnetic resonance images guide catheter atrial fibrillation ablation[J]. Chinese Journal of Cardiology, 2007, 35(1): 1029-1033.

(编辑: 薛泽玲)