・**胸部影像学**・ 心房颤动 16 层螺旋 CT 肺静脉造影两种增强方案对比研究

单飞,张志勇,曾蒙苏,陈刚,缪熙,刘豪,张力军,曾良斌

【摘要】目的:探讨两种增强方案对心房颤动 16 层螺旋 CT 肺静脉造影强化效果的影响。方法:随机选择心房颤动 射频消融术前 16 层螺旋 CT 肺静脉造影患者共 61 例,分为两组,A 组 35 例,使用智能触发技术,总对比剂量 60 ml、注射 流率 4 ml/s、监测位置为左房中部、阈值 100 HU;B 组 26 例,使用固定延迟时间扫描,总对比剂量 90 ml、注射流率 3 ml/s、 延迟时间 25 s 或 28 s,其他扫描参数不变。扫描结束后,所有原始数据重组为 1 mm 层厚、0.5 mm 层距图像后,传至工作 站,采用容积成像及最大密度投影重组明确有无肺静脉变异后,在 1 mm 层厚图像,选择两侧肺门部肺动脉、左上及右下肺 静脉孔处肺静脉、左房中部任意三点,测量兴趣区 CT 值,计算平均值,并得出肺静脉动脉强化差值。对比两组肺动脉、肺 静脉、左房强化效果及肺静脉动脉强化差值。所有统计工作由 SPSS 软件完成。结果:A 组肺动脉强化平均值低于 B 组, 肺静脉、左房强化平均值高于 B 组。结论:房颤患者射频消融术前 16 层螺旋 CT 肺静脉造影,与固定延迟时间扫描相比, 采用智能触发技术可选择性显示肺静脉及左房,更有利容积成像重组。

【关键词】 肺静脉; 心房颤动; 体层摄影术, X 线计算机; 对比剂

【中图分类号】R814.42 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2007)12-1304-04

16-detector Row CT Pulmonary Venography of Atrial Fibrillation Patients Prior to RFCA: a Study on the Effects of Two Contrast Enhancement Protocols SHAN Fei, ZHANG Zhi-yong, ZENG Meng-su, et al. Department of Radiology, Zhongshan Hospital of Fudan University, Shanghai 200032, P. R. China

(Abstract) Objective: To evaluate the enhancing effects of two protocols in 16-detector row CT pulmonary venography of patients with a trial fibrillation prior to radio-frequency catheter ablation (RFCA). Methods: 61 patients underwent 16 detector row CT pulmonary venography before RFCA, which were randomly assigned to group A (n=35) or group B (n=26). Both groups were all given 300mgI/ml contrast agent. Bolus tracking was used with the monitoring location at middle left atrium and threshold 100HU, the contrast was injected at rate 4ml/s with total amount 60ml in group A. Fixed delay time was used with total amount 90ml, injection rate 3ml/s, delay time 25s or 28s (20 patients 25s, 6 patients 28s) in group B. Other scanning parameters were the same in both groups. After scanning, all raw data were reconstructed into images with effective thickness 1mm and interval 0, 5mm, and all images were transferred into the workstation. All patients were determined whether they have variations in pulmonary venous drainage by VR and MIP images, and CT values of ROI located at bihilar pulmonary arteries, left superior and right inferior pulmonary veins in ostium and middle left atrium were measured on 1mm images. A comparison of the average CT values and the difference between pulmonary veins and arteries between two groups was made. Statistic analysis was carried out with the software of SPSS. Results: The average CT value of pulmonary arteries of group A was lower than that of group B. The average CT values of pulmonary veins and left atrium of group A were higher than those of group B. Conclusion: Compared to fixed delay time, bolus tracking protocol could selectively enhance pulmonary veins and left atrium in atrial fibrillation patients who underwent 16 detector row CT pulmonary venography before RFCA, being more beneficial for volume imaging reconstruction.

[Key words] Pulmonary vein; Atrial fibrillation; Tomography, X-ray computed; Contrast media

近年来,对远端肺静脉及左房后壁行经导管射频 消融术(radio-frequency catheter ablation, RFCA)治 疗反复发作及难治性心房颤动(atrial fibrillation, AF) 越来越普遍^[1,2]。16 层螺旋 CT 肺静脉造影(16-detector row CT pulmonary venography, 16-CTPV)可 为其提供必要的左房及肺静脉解剖,有助于术中导航、 减少术中曝光时间,并降低并发症的发病率^[1],已成为 RFCA术前常规检查,但目前文献报道的 CT 增强方 案多为多层螺旋 CT (multislice computed tomography,MSCT)常规方法,且方法多样,而对比 16-CTPV 中不同造影方法的肺血管及左房强化效果研究 目前尚未见报道。

本研究旨在通过16-CTPV,比较智能触发(bolus tracking)及固定延迟时间两种方法在肺动脉、肺静脉及左房强化效果的差异,力图优化MSCT增强扫

作者单位:200032 上海,复旦大学附属中山医院放射科 作者简介:单飞(1978-),男,江苏江都人,博士研究生,主要从事 心胸放射诊断工作。

通讯作者:张志勇,E-mail:xinxinzhang@hotmail.com

描方案。

材料与方法

随机选择 2005 年 6 月~2006 年 5 月来我院行 RFCA 治疗的住院患者共 61 例,随机分为 A、B 两组, A 组 35 例,男 25 例,女 10 例,年龄 17~73 岁,平均 56.5 岁;B 组共 26 例,男 11 例,女 15 例,年龄 35~75 岁,平均 57.6 岁。主要入院原因为持续性或阵发性房 颤,主诉为胸闷心悸。

采用 Siemens 公司 Sensation 16 机型,配备 Leonardo 工作站(Siemens Medical Solutions),对比剂 300 mg I/ml (Utravist, Schering, Germany),用高压 注射器于肘前静脉内注射。A 组采用智能触发技术, 延迟时间(delay time) 10 s、每次曝光时间 0.5 s、监测 间隔时间(cycle time) 1.25 s、总剂量 60 ml、注射流率 4 ml/s、监测位置为左房中部(图 1)、阈值 100 HU,达 到阈值后扫描启动时间 4 s;B 组采用固定延迟时间扫 描,总剂量 90 ml、注射流率 3 ml/s、延迟时间 25 s 或 28 s(其中 25 s 20 例,28 s 6 例)。两组扫描条件:管电 压 120 kV、管电流 140 mA、准直器宽度 16×0.75 mm、 视野 300 mm、螺距 1.5、扫描架转速 0.5 s/r、床速 18 mm/s。扫描方向头至脚侧,扫描范围主动脉弓上 2 cm至心脏膈面或肺底。

测量方法:扫描结束将原始数据重组为层厚 1 mm、层距0.5 mm、Kernal值40后,传至工作站。由 一位对分组情况不知情,有丰富胸部CT血管成像 (computed tomography angiography,CTA)重组经验 的放射科医生行最大密度投影(maximum internitive projection,MIP)及容积再现(volume rendering,VR) 重组(图2),其中MIP厚度根据显示血管最佳的需要 设定,一般8~12 mm,明确肺静脉有无正常变异后,在 层厚1 mm图像上,选择两侧肺门部肺动脉、左上及右 下肺静脉孔(如果一侧肺静脉共干,则选择共干肺静脉)、左房中部任意三点,测量兴趣区(region of intrest,ROI)的 CT 值,ROI 面积为 0.03~0.10 mm² (图 3),计算其平均值,并得出肺静脉与肺动脉强化的 差值。选择肺门部肺动脉测量,是因其与上肺静脉交 错重叠,严重影响观察后者。选择左上及右下肺静脉 孔测量,是考虑两侧肺静脉强化可能并不一致,且右上 肺静脉 CT 值可能受其前方上腔静脉伪影影响,故选 择左上及右下肺静脉,同时 16-CTPV 观察重点是肺 静脉近端,所以选择肺静脉孔处位置。

统计学方法:使用 SPSS 11.0 for windows 统计 软件,采用完全随机 *t* 检验,比较 A、B 两组肺动脉、肺 静脉、左房强化平均值及肺静脉与动脉强化的差值。 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

A 组肺动脉强化平均值低于 B 组(表 1),经统计 学 t 检验,两组差异有统计学意义(P < 0.05);A 组肺 静脉、左房强化平均值高于 B 组,经 t 检验,两组有统 计学差异(P < 0.05);A 组平均肺静脉与肺动脉强化 差值高于 B 组,经 t 检验,两组差异有统计学意义 (P < 0.001)。

表1 A、B两组肺动脉、肺静脉、左心房强化对比

强化总位	A 组	B组	t 值	P检验
肺动脉	248.81 ± 77.00	318.92 ± 71.32	-3.63	< 0.05
肺静脉	302.56 ± 56.51	271.60 ± 49.83	2.23	<0.05
肺静脉- 肺动脉	53.74±60.67	-47.32 ± 52.87	6.79	<0.001
左心房	290.27 \pm 48.61	256.41 \pm 48.36	2.70	<0.05

讨论

AF 是一种最常见的心率失常,发病率随年龄增 大而增高,并有一定的致残率和致死率,在总体人群中 约 0.4%,在 65 岁以上人群中则达到 5%^[3,4]。远端肺



图 1 A组选择左房中部为监测部位(黑色小圆圈)。 图 2 后前位左房及肺静脉 VR 像。 图 3 A组测量两侧肺门部肺 动脉及左上肺静脉孔处肺静脉 CT 值。

静脉壁内肌袖是主要异位起博来源^[2,4]。RFCA已成 为治疗各种AF的有效方法,总有效率可达75.9%^[5], 但标准肺静脉解剖在总体人群中仅占70%^[2],一侧肺 静脉共干及独立肺静脉并不少见^[6-8]。RFCA术前常 用评价左房及肺静脉解剖方法包括MSCT、心脏超 声、传统肺静脉造影(conventional pulmonary venography,CPV),Maksimovic等^[9,10]对比这几种方法后 认为MSCT显示肺静脉数目最多,可发现更多独立肺 静脉,且肺静脉孔直径与CPV测值相关性高,而MR 血管成像(magnetic resonance angiography,MRA)虽 然也可显示主要的解剖结构,但不适用于换瓣术后、安 装有起博器或除颤器的患者,且检查时间较长。因此, 当前MSCT 肺静脉造影已成为RFCA术前常规检查。

16 层 MSCT 的问世,大大提高了无创性血管成 像能力,其扫描覆盖范围的增加,使扫描时间大大减 少,但是相同扫描机完成的血管成像质量有明显差异, 这就要求优化 16-CTPV 检查方案。目前,主要有固 定延迟时间法、智能触发及小剂量测试性团注技术 (test bolus)三种方法。以前两者应用最多。MSCT 肺静脉造影重建图像质量依赖于左房和近端肺静脉的 最佳强化。CT 值超过 200 HU 基本符合要求,达到 300 HU 以上,图像质量更佳。这就需要准确估算对 比剂到达峰值的时间和优化快速注射方案^[11]。

1. 智能触发增强方案参数设定

对比剂总量是在确保一定注射流率前提下充分注 射持续时间所需的对比剂剂量。一般认为,注射流率 慢,所需对比剂总量小,但靶血管与其周围结构之间的 阈值比难以保证;注射流率快,对比剂总量大,有助于 靶血管内对比剂浓度峰值增高,对图像分辨力和图像 质量有帮助^[12]。国外学者^[11,13]在注射流率 2.5 ml/s 或3.0 ml/s、ROI 设在升主动脉,阈值设定为 75 HU 或 100 HU时,使用 60 ml (300 mg I/ml 或 320 mg I/ml)。 本研究 A 组,注射流率 4 ml/s,监测位置设定在左房 中部,阈值 100 HU时,总量使用 60 ml。周建军等^[12] 认为颈部 CTA 对比剂剂量应由扫描延迟时间、扫描 持续时间及注射流率决定,可通过以下公式计算:

对比剂总量= 注射流率×(扫描延迟时间+扫描持续时间-5)

5 s 为对比剂从肘前静脉进入左心的最短时间。 然而 16-CTPV 图像质量依赖于左房和近端肺静脉的 最佳强化。VR 是 16-CTPV 主要重组方法,VR 心外 观须包括左房(有或无左心耳)、肺静脉三级分支,须去 除心脏其他部分、肺动脉、主动脉、上下腔静脉,以更好 显示原始图像上被这些结构遮挡的肺静脉解剖^[1],其

中最难去除的是肺门上下与肺静脉交错的肺动脉分 支,且肺动脉分支能否成功去除对判断两侧上肺静脉 有无变异有重要意义,可行的有效方法是通过设定 VR 阈值范围,使肺动脉不显示或显示较淡,亦即肺静 脉与肺动脉间存在明显强化差。Bae 等[14] 根据药代动 力学原理认为,大血管强化遵循单室模型(即中央室) 药代动力学规律-即主要与血管内每秒碘流量有关, 而与所含总碘量无关。肺循环的血流量很高,提高注 射流率可能保证对比剂团不易被血流稀释。颈部 CTA研究经验也说明,提高注射流率,可增加颈动脉 强化,且峰值时间明显减少^[12]。故在保证肺静脉及左 房良好强化前提下,为尽量减低肺动脉强化,本研究将 A 组注射流率提高到 4 ml/s,总量结合国外学者经验, 采用 60 ml。完成研究后,本组总延迟时间为 14.5~ 31.25 s,平均 18.86 s,完成扫描持续时间约 6~9 s 左 右,故笔者认为计算 16-CTPV 对比剂总量,在本研究 其他扫描参数相同条件下,可使用公式:

总量=注射流率×(扫描延迟时间+扫描持续时间-14.5)

14.5 s 为最少延迟时间,扫描延迟时间取 19 s,扫 描持续时间取最大值 9 s,即 4×(19+9-14.5) = 54 ml,且本研究肺静脉平均强化值高,为(298.30± 61.27) HU,因此本研究对比剂总量设为 60 ml 可足 够完成检查,且靶血管强化好。监测位置设定左房中 部,阈值 100 HU,是因为笔者认为其他位置如升主动 脉^[11,13],阈值 75/100 HU,因与左房/肺静脉间尚受到 二尖瓣、主动脉瓣活动影响,可能并不如设定在左房中 部更加直接地反应左房/肺静脉强化的变化。

2. 固定延迟时间增强方案设定

胸部 CTA 经验认为,在螺距 1~1.75 前提下,总 量90~100 ml,注射流率 2.5~3 ml/s 已完全能够满足 主动脉 CTA 成像需要,故本研究 B 组采用总量90 ml, 注射流率 3 ml/s。至于固定延迟时间的设定,根据 MSCT 肺动脉造影检查中采用注射流率 3~4 ml/s 时,一般采用 20 s 延时可取得高质量肺动脉图像^[15]。 一般认为,肺循环时间为 4~5 s,故本研究 B 组延时 25 s 或 28 s。从本组图像质量看,虽然肺静脉强化值 也较高,均值为(271.6±49.83) HU,但肺动脉强化较 肺静 脉 更 高,肺静 脉 动 脉 差 值 为 负 值,均 值 为 (-47.32 ± 52.87) HU,与 A 组相比,两组差异有统 计学意义(P<0.001),说明多数 AF 患者,因伴有基 础心脏或其他疾病,血液动力学已变化,以往经验并不 可靠,为选择性重建出仅包含左房及肺静脉三级分支 的 VR 图像,准确判断肺静脉有无变异,笔者推荐采用 智能触发方案。

3. 注射流率对肺静脉及左房强化影响

根据药代动力学原理^[14],本研究 A 组每秒碘流量 为 1.2 g I/s (300 mg I/ml×4 ml/s),相应的 B 组为 0.9g I/s,理论上A组肺静脉、左房强化均值应较B 组高。这已在本研究中得到证实。A组肺静脉、左房 强化均高于 B 组,且有统计学差异(P<0.05)。A 组与 B 组肺静脉强化均值分别为(302.56±56.51) HU 和 (271.6±49.83) HU, A 组与 B 组平均左房强化值分 别为(290.27±48.61) HU 和(256.41±48.36) HU, 说明 A 组在保证肺动脉强化值低于肺静脉同时,仍可 获得肺静脉良好强化,满足图像重组需要。需要注意 的是,虽然使用智能触发技术,肺静脉平均强化值高于 肺动脉,但仍在部分病例,两者之间的差值并不明显, 甚至后者高于前者。本研究 A 组 35 例中,肺静脉动 脉平均强化差值中有 9 例低于 50 HU,更有 6 例为负 值,说明 AF 病例的血液动力学发生了变化,因此,要 获得最佳强化效果,需要根据不同的心肾功能情况,选 择不同的阈值。有时,小剂量测试性团注技术可能更 有帮助。

总之,AF 患者 RFCA 术前 16-CTPV,相比固定延迟扫描,300 mg I/ml、总剂量 90 ml、注射流率3 ml/s、延迟时间 25 或 28 s,采用智能触发技术,300 mg I/ml、总剂量 60 ml、注射流率4 ml/s、监测位置左房中部、阈值 100 HU,在减少对比剂剂量的同时,可选择性强化肺静脉及左房,更有利肺静脉及左房 VR 重组、判断肺静脉有无正常变异。

参考文献:

- [1] Lacomis JM, 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]. Radio-Graphics, 2003, 23(Spec): S35-S48.
- [2] Ghaye B, Szapiro D, Dacher JN, et al. Percutaneous Ablation for Atrial Fibrillation: the Role of Cross-sectional Imaging[J]. Radio-Graphics, 2003, 23(Spec): S19-S33.
- [3] Falk R. Atrial Fibrillation[J]. N Engl J Med, 2001, 344(14): 1067-1077.
- [4] Haissaguerre M, Jais P, Shah DC, et al. Spontaneous Initiation of Atrial Fibrillation by Ectopic Beats Originating In the Pulmonary

Veins[J]. N Engl J Med, 1998, 339(10):659-666.

- [5] Cappato R, Calkins H, Chen SA, et al. Worldwide Survey on the Methods, Efficacy, and Safety of Catheter Ablation for Human Atrial Fibrillation[J]. Circulation, 2005, 111(9):1100-1105.
- [6] Jongbloed MR, Dirksen MS, Bax JJ, 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.
- [7] Schwartzman D, Bazaz R, Nosbisch J. Common Left Pulmonary Vein: A Consistent Source of Arrhythmogenic Atrial Ectopy[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2004, 15(5):560-566.
- [8] Cronin P, Sneider MB, Kazerooni EA, et al. MDCT of the Left Atrium and Pulmonary Veins in Planning Radiofrequency Ablation for Atrial Fibrillation: a How-to Guide[J]. AJR, 2004, 183 (3):767-778.
- [9] Maksimovic R.Cademartiri F.Scholten M.et al. Sixteen-row Multislice Computed Tomography in the Assessment of Pulmonary Veins Prior to Ablative Treatment: Validation vs Conventional Pulmonary Venography and Study of Reproducibility[J]. Eur Radiol,2004,14(3):369-374.
- [10] Jongbloed MR, Bax JJ, Lamb HJ, et al. Multislice Computed Tomography Versus Intracardiac Echocardiography to Evaluate the Pulmonary Veins before Radiofrequency Catheter Ablation of Atrial Fibrillation: a Head-to-head Comparison[J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 45(3): 343-350.
- [11] Cademartiri F, Luccichenti G, Der Lugt A, et al. Sixteen-row Multislice Computed Tomography: Basic Concept, Protocol, and Enhanced Clinical Applications[J]. Semin Ultrasound CT MR, 2004,25(1):2-16.
- [12] 周建军,周康荣,陈祖望,等. 多层螺旋 CT 颈动脉成像:不同注射 流率与成像方法的相关研究[J].临床放射学杂志,2002,21 (12):939-943.
- [13] Choi SI,Seo JB,Choi SH,et al. Variation of the Size of Pulmonary Venous Ostia During the Cardiac Cycle; Optimal Reconstruction Window at ECG-gated Multi-detector Row CT[J]. Eur Radiol,2005,15(7):1441-1445.
- [14] Bae KT, Heiken JP, Brink JA. Aortic and Hepatic Peak Enhancement at CT: Effect of Contrast Medium Injection Rate-Pharmacokinetic Analysis and Experimental Porcine Model[J]. Radiology, 1998, 206(2): 455-464.
- [15] Hartmann IJ, Lo RT, Bakker J, et al. Optimal Scan Delay in Spiral CT for the Diagnosis of Acute Pulmonary Embolism[J]. J Comput Assist Tomogr, 2002, 26(1):21-25.

(收稿日期:2006-12-26 修回日期:2007-05-22)