

多排螺旋 CT 肺静脉造影在房颤射频消融术的应用

单飞 综述 刘少稳, 张志勇 审核

【中图分类号】R814.42; R541.7 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2007)06-0641-03

1987 年 Borggreffe 等^[1]首先报道使用经皮穿刺消融(percutaneous ablation)治疗室性及室上性心动过速以来,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房颤(atrial fibrillation, AF)越来越普遍^[2,3]。多排螺旋 CT 肺静脉造影(MDCT pulmonary venography, MDCTPV)可为其提供左房及肺静脉二维(two-dimensional, 2D)、三维(three-dimensional, 3D)解剖,有助于消除异位起搏点、减少并发症,并用于术后随访^[2]。

AF 及 RFCA

AF 是一种最常见的心率失常,发病率高,并有一定的致残率和致死率,发病率随年龄增大而增高,在总体人群中约 0.4%,在 65 岁以上人群中则达到 5%^[4,5]。AF 多伴有基础心脏或其他疾病。AF 并发症主要是血液动力学失调、心房内栓子形成及栓塞。虽然 AF 初始形成原因较复杂,但远端肺静脉壁内肌袖是其主要异位起搏来源^[3,5]。

AF 的药物及心率复律法治疗,不是受到低有效率、不良反应大,就是受到复发率高影响而被限制^[2]。目前,治疗 AF 新途径为通过 RFCA 阻断异位起搏点的电传导途径。RFCA 技术已经由刚应用时消融点选择在肺静脉远端内,发展为在肺静脉孔(pulmonary veins ostia)周围的左房后壁^[6]。RF 时约距肺静脉孔 5 mm 以防止肺静脉狭窄^[7,8]。RFCA 已成为治疗各种 AF 的有效方法,总有效率可达 75.9%^[9]。

肺静脉正常解剖与变异

正常人体肺静脉有 4 根,右上、左上、右下及左下肺静脉。右上肺静脉引流右上叶和右中叶,左上肺静脉引流左上叶,包括舌段;两下肺静脉引流对应的两下叶。右上肺静脉是最粗大的一支。标准肺静脉解剖在总体人群中占 70%^[10]。肺静脉孔定义为肺静脉左房连接处。心外观时指的是左房到肺静脉移行处。Wittkamp 等认为肺静脉横断面形态为椭圆形^[11],其上下径一般比前后径长,右侧肺静脉孔一般比左侧圆,肺静脉孔指数(venous ostium index)指其前后径与上下径之比值,右侧约 0.91,左侧约 0.75。测量肺静脉直径要求在肺静脉孔的位置进行^[7]。

肺静脉正常变异常见的有:①一侧肺静脉共干,患病率为 2.4%~83%,以左侧多见,干部分明显较其他肺静脉粗大。左侧共干是 AF 异位起搏的重要来源^[11]。②独立肺静脉(acces-

sory veins)亦多见。以独立右中肺静脉最常见,引流右中叶,约占 1.6%~30%。右中肺静脉孔直径明显较其他肺静脉孔小,约 9.9mm,较难在术中透视时发现,以致遗漏可能的异位起搏点^[7]。独立右中肺静脉可能是 AF 的一个因素^[2,7,8,12]。③肺静脉提前分支(early branching veins),以右侧较左侧多见。临床工作中确定究竟何处为肺静脉孔,有时很困难。Jongbloed 等提出一种模型来明确肺静脉解剖有无变异。在横断位沿左房外缘划一个椭圆形虚线,为左房和肺静脉的边界,肺静脉单独入"虚拟"左房,或在此虚线 5 mm 内分叉,认为是正常解剖;如果在横断面或冠状位,此距离大于或等于 5mm,则认为是共干,矢状位可作为进一步确认的标准。提前分支定义为第二级分支距离此虚线 1 cm 内^[7]。

MDCTPV 扫描方案

虽然已有不同文献涉及 MDCTPV 的检查方案,但目前尚无一致意见^[2,7,8,13-21]。

1. MDCT 增强技术

MDCTPV 检查和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 以上质量更佳。这就需要估算对比剂峰值时间和优化快速注射模式。目前,一般采用 3 种方法:①固定延迟时间。主要用于循环时间相对固定的血管或左心功能变化较大的患者。Cronin 等^[8]采用 300 mg I/ml 对比剂 120~150 ml、注射速率 4 ml/s 时,延迟时间 30 s。杨延宗等采用 370 mg I/ml、50~60 ml、3.5 ml/s 时,延迟时间设定为 13~17 s。②智能触发技术(bolus tracking)。首先选兴趣区(region of interest, ROI),设定阈值,注射对比剂后动态监测,当 ROI 的 CT 值达到或超过阈值时自动启动扫描。Cademartiri 等使用 >300 mg I/ml、60 ml、2.5 ml/s 时,ROI 设定在升主动脉,阈值为 75 HU。Maksimovic 等^[19]采用 320 mg I/ml、60 ml、3 ml/s 时,ROI 为升主动脉、阈值 100 HU。在采用心电图控技术时,Choi 等^[16]采用 370 mg I/ml、100 ml、加 50 ml 生理盐水、4 ml/s,ROI 在升主动脉、阈值 100 HU。对于心率过速与过缓间交替的患者,可能采取智能触发技术更佳^[2]。③小剂量测试性团注技术(test bolus)。在开始正式扫描前先用小剂量对比剂(20 ml),以 4 ml/s 速率注射进行预扫描,监测对比剂到左房的时间,得到 ROI 的时间-密度曲线,计算峰值时间,再推算大剂量注射时达到峰值的时间^[2]。

2. 其他参数

一般设定为 120~140 kV,而毫安秒则需要根据患者体重或体积自动调整。至于扫描范围,因为 RFCA 术前 MDCTPV 的目的主要在于显示肺静脉远端及左房解剖,且肺静脉畸形引

作者单位:200032 上海,复旦大学附属中山医院放射科(单飞、张志勇),心内科(刘少稳)
作者简介:单飞(1978—),男,江苏江都人,住院医师,博士研究生,主要从事心胸放射学研究。

流(anomalous pulmonary venous connection, APVC)主要见于新生儿,且成人部分型 APVC 仅 0.2%,故大部分研究采用主动脉弓(或主肺动脉)至心脏膈面(或肺底)^[2,7,14-21]。准直器、有效层厚及重建间隔依据不同机器有所不同。Siemens Sensation 16 MDCT 机可采用 0.75 mm/1 mm/0.5 mm。重建算法采用纵隔模式。扫描方向为头至脚侧。

是否必须使用心电门控技术,目前尚没有统一意见。Lacomis 等认为对于阵发性 AF 而有正常窦性心率,或有 AF 但有正常室性反应,且心率在 93 次/分以下者,或者 CT 机认可任何心跳模式者,都应行心电门控 MDCT 以提高图像质量,有作者采用 70% R-R 间期重建^[2]。Choi 等^[14]发现肺静脉孔直径在心动周期中会发生变化,也提示需行心电门控,并在术后评价有无肺静脉狭窄时,选取心动周期中相同时相。

后处理技术

16 排 MDCT 的问世大大提高了无创性血管成像能力。扫描覆盖范围的增加、亚毫米级空间分辨力、各向同性能力使任何方向走行血管的 2D 及 3D 重组成为可能。16 排 MDCT 同样可应用于 RFCA 术前评价肺静脉及左房解剖和测量肺静脉孔直径^[19]。

容积再现(volume rendering, VR)可清晰地显示血管及器官三维解剖,更加直观、准确,是 MDCTPV 主要后处理方法。VR 包括心外观和心内观。①心外观必须包括左房(有或无左心耳)、肺静脉的 3 级分支^[2]。一般不在心外观 3D 图像上进行测量。最少需要 8 个方位显示肺静脉,以辨认有无变异,即前后观头侧 30°~45°斜位、1 个前后观头侧 45°斜位、1 个前后观足侧 45°斜位、两个左右侧位、两个后前观左右斜位、及一个足侧观^[2]。因为肺静脉和左房是后位结构,所以后方观察是显示肺静脉的最佳位置^[8]。②心内观通过心内观软件实现,可从左房内显示肺静脉孔周围结构。心内观图像须有左、右侧标准位,并进行必要测量。如果出现独立肺静脉孔,则须加额外方位。心内观图像可提供肺静脉孔和静脉间鞍的最佳显示。肺静脉孔直径、孔周长、静脉间鞍距离可在心内观测量。RFCA 术前了解静脉孔直径、孔的周长有重要意义,可为术中选择不尺寸消融电极提供依据,还有助于术后判断肺静脉有无狭窄^[2]。

最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)是 MDCTPV 重要后处理方法。一般重建时层块厚度不固定,但是需依所需重建血管管径进行调整^[14]。对肺静脉而言一般不宜超过 12 mm,尤其是右上肺静脉或右侧肺静脉共干时,层块太厚会受到上腔静脉内高浓度伪影影响,显示不清;下肺静脉则会因与主动脉距离太近而影响观察。除标准横断、冠、矢状位,沿肺静脉长轴的斜位 MIP 可更准确测量肺静脉孔直径^[8]。

表面遮盖成像(shaded surface display, SSD)仅需要保留左房体部,而不包括肺静脉,可测量左房径线,且与心脏超声相似^[22]。

MDCT 应用于诊断 RFCA 并发症

RFCA 术后最常见并发症是肺静脉狭窄。随着 RFCA 方

法学的成熟和经验增加,明显肺静脉狭窄的发生率已显著下降,约 1.3%^[9]。没有准确地在肺静脉开口的心房侧消融,可能是造成肺静脉狭窄的重要原因^[15]。

肺静脉狭窄的临床表现多样,包括胸痛、咳嗽、呼吸困难、咯血、反复发作的肺部感染和肺动脉高压,也可无症状,甚至腔内直径缩小 65% 时仍无症状^[23]。一般复查肺静脉的时间是术后 3 个月及 12 个月^[8]。

评价 RF 术后肺动脉狭窄的最佳影像学方法目前尚未公认,可有解剖学和功能评价两方面^[23]。肺静脉狭窄程度定义为狭窄区域最窄处/邻近区域正常的肺静脉直径:轻度狭窄 <50%、中度狭窄 50%~75%、重度狭窄 >75%、完全闭塞为 100%^[15]。MDCTPV 除可显示狭窄、闭塞的肺静脉外,肺实质内还可见局灶性小叶间隔增厚及毛玻璃样影,提示局部肺静脉高压。发生体循环栓塞时,出现楔形梗死灶^[8]。

除肺静脉狭窄外,MDCT 可显示的 RFCA 并发症包括术中出现肺静脉夹层形成、心房及肺静脉穿孔;术后少量心包或胸腔积液;潜在的严重并发症包括中风、心包积血或胸腔积血、肺静脉血栓形成。后者不仅可引起纤维性纵膈炎,还可导致肺静脉栓塞、完全性肺静脉闭塞及肺动脉栓塞、肺动脉高压^[2,3]。

MDCTPV 报告内容^[2,3,8]不仅需要观察肺静脉及左房,还需全面浏览肺窗及纵膈窗。回答是否是正常解剖类型;各个肺静脉孔直径和到第一级分支距离;有无独立肺静脉,例如右中肺静脉、大小、到第一级分支距离;有无肺静脉畸形引流;有无左房或左心耳内附壁血栓;有无明显的胸部其他疾病。

与其他影像学方法对比

RFCA 术前除了 MDCT 可评价左房及肺静脉解剖外,磁共振成像(MRI)、心脏超声、传统肺静脉造影(conventional pulmonary venography, CPV)也是常用方法。Wood 等^[17]对比术前 MDCT、经食道超声、术中心脏内超声、CPV 认为 MDCT 显示肺静脉数目最多,CPV 最少,且肺静脉孔直径与 CPV 测值相关性高^[8,24]。MR 血管造影虽然也可显示必要的解剖,但不适用于安装有起搏器或除颤器的患者,且检查时间较长。

肺静脉畸形引流

虽然 APVC 在 RFCA 术前 MDCTPV 中检出率 <1%,但影像学医生仍须对其有一定认识。APVC 指单支、多支或全部肺静脉未流入解剖学左房,而直接流入腔静脉-右房系统。依据畸形引流肺静脉支数的不同,APVC 可分为部分性或完全性。依据畸形引流部位不同,又可分为心上型(流入垂直静脉、无名静脉及上腔静脉)、心脏型(直接流入右心房或冠状静脉窦)、心下型(流入下腔静脉、门静脉或肝静脉)及混合型。APVC 既可为单发畸形,也可合并其他心血管畸形。

在尽量减少并发症的同时,RFCA 治疗 AF,依赖于术前掌握远端肺静脉及左房复杂解剖。MDCTPV 能为 RFCA 提供必要心外及心内解剖信息,应成为其术前检查及术后随访的常规方法。随着设备、后处理技术不断发展,了解其正常结构及变异、完善检查方案,需要放射学家们进一步研究。

参考文献:

- [1] Borggreffe M, Budde T, Podczeczek A, et al. High Frequency Alternating Current Ablation of an Accessory Pathway in Humans[J]. J Am Coll Cardiol, 1987, 10(3): 576-582.
- [2] 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]. Radiographics, 2003, 23(spec): S35-50.
- [3] Ghaye B, Szapiro D, Dacher JN, et al. Percutaneous Ablation for Atrial Fibrillation; the Role of Cross-sectional Imaging[J]. Radiographics, 2003, 23(spec): S19-33.
- [4] Falk R. Atrial Fibrillation[J]. N Engl J Med, 2001, 344(14): 1067-1077.
- [5] 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.
- [6] Pappone C, Rosanio S, Oreto G, et al. Circumferential Radiofrequency Ablation of Pulmonary Vein Ostia; a New Anatomic Approach for Curing Atrial Fibrillation[J]. Circulation, 2000, 102(21): 2619-2628.
- [7] 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.
- [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] 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.
- [10] Chung B, Yucel EK, Rolnick J, et al. Morphology and Variations of the Pulmonary Veins; Classification and Dimensions Using 3D-CTA Models[J]. Radiology, 2002, 225(P): 155.
- [11] 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.
- [12] Lin WS, Prakash, Tai CT, et al. Pulmonary Vein Morphology in Patients with Paroxysmal Atrial Fibrillation Initiated by Ectopic Beats Originating from the Pulmonary Veins; Implications for Catheter Ablation[J]. Circulation, 2000, 101(11): 1274-1281.
- [13] Wittkamp FH, Voncken EJ, Derksen R, et al. Pulmonary Vein Ostium Geometry; Analysis by Magnetic Resonance Angiography[J]. Circulation, 2003, 107(1): 21-23.
- [14] 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, MRI, 2004, 25(1): 2-16.
- [15] 杨延宗, 王照谦, 王鸣遒, 等. 多层螺旋 CT 在评价心房颤动导管射频消融电隔离术后肺静脉狭窄中的应用[J]. 中华心血管病杂志, 2004, 32(3): 217-220.
- [16] 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.
- [17] Wood MA, Wittkamp M, Henry D, et al. A Comparison of Pulmonary Vein Ostial Anatomy by Computerized Tomography, Echocardiography, and Venography in Patients with Atrial Fibrillation Having Radiofrequency Catheter Ablation[J]. Am J Cardiol, 2004, 93(1): 49-53.
- [18] Haramati LB, Moche IE, Rivera VT, et al. Computed Tomography of Partial Anomalous Pulmonary Venous Connection in Adults[J]. J Comput Assist Tomogr, 2003, 27(5): 743-749.
- [19] 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.
- [20] Kim YH, Marom EM, Herndon JE, et al. Pulmonary Vein Diameter, Cross-sectional Area, and Shape; CT Analysis[J]. Radiology, 2005, 235(1): 43-50.
- [21] 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.
- [22] Schwartzman D, Lacomis J, Wigginton W. Characterization of Left Atrium and Distal Pulmonary vein Morphology Using Multidimensional Computed Tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 2003, 41(8): 1349-1357.
- [23] Nanthakumar K, Mountz JM, Plumb VJ, et al. Functional Assessment of Pulmonary Vein Stenosis Using Radionuclide Ventilation/perfusion Imaging[J]. Chest, 2004, 126(2): 645-651.
- [24] 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.

(收稿日期: 2006-04-19 修回日期: 2006-07-20)