

心脏 CT 在左心耳封堵术中的应用价值

朱世杰 郑慕晗 张建武 何利伟 张升 谭振林 赵海玉 彭健

(南方医科大学南方医院心血管内科, 广东 广州 510000)

【摘要】相比经食管心脏超声和术中造影,心脏 CT 由于其高分辨率、多层面性和非侵入性,能更准确地评估左心耳封堵术的难度,减少术后并发症的发生率和改善患者预后。基于 CT 的 3D 打印模型可能在未来具有更广阔的应用前景。现就心脏 CT 在左心耳封堵术中的应用价值做一综述。

【关键词】心脏 CT;左心耳封堵术;3D 打印

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.01.004

Application of Cardiac CT in Left Atrial Appendage Closure

ZHU Shijie, ZHENG Muhan, ZHANG Jianwu, HE Liwei, ZHANG Sheng, TAN Zhenlin, ZHAO Haiyu, PENG Jian

(Department of Cardiology, Nanfang Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510000, Guangdong, China)

【Abstract】Because of its high resolution, multi-layer and non-invasiveness, cardiac CT can more accurately evaluate the difficulty of left atrial appendage closure, reduce the incidence of complications and improve the prognosis comparing with transesophageal echocardiography and intraoperative angiography. The 3D printing model based on CT may have a broader prospect. This article reviews the application value of cardiac CT in left atrial appendage closure.

【Key words】Cardiac CT; Left atrial appendage closure; 3D printing

1 引言

心房颤动(房颤)是最常见的心律失常之一,患病率为 1.5%~2%,且随着年龄增大而增加^[1-2]。房颤最大的风险是导致血栓栓塞事件,尤其是缺血性脑卒中,其发生率是正常人的 5 倍,占有缺血性卒中事件的 15%~20%^[2],故房颤患者需长期口服抗凝药物,但这会增加出血风险。左心耳(left atrial appendage, LAA)是沿左心房前侧壁向前下延伸的狭长弯曲的盲端结构。90% 非瓣膜性房颤患者的血栓起源于 LAA^[3],故具有口服抗凝药物禁忌或拒绝长期服药的患者,可行左心耳封堵术(left atrial appendage closure, LAAC)预防卒中。心脏 CT 是指导 LAAC 并评估术后并发症及预后的重要检查手段,现就 CT 在 LAAC 术中的应用价值做一综述。

2 封堵术前

2.1 评估左心耳形态

LAA 的形状和分叶数目是心耳内血栓形成的独立危险因素^[4]。

根据形态,CT 可将 LAA 分为“鸡翅型”“仙人掌

型”“风向标型”“菜花型”^[3,5]。Meta 分析^[6]提示:“鸡翅型”LAA 的房颤患者形成心房内血栓和出现短暂性脑缺血发作或卒中的风险低于非“鸡翅型”,“鸡翅型”LAA 的手术难度大于非“鸡翅型”^[7]。LAA 形态并不影响术后并发症的发生率^[8-9],但也有研究^[10]证实折角距离基底部近且角度大的“鸡翅型”LAA 术后更易出现并发症,这可能与在 LAA 内的相关操作(如封堵器的回收及旋转等)增加有关。Yamamoto 等^[4]证明:LAA 血栓易见于分叶数 ≥ 3 的非瓣膜性房颤患者,可能是由于分叶数目越多,血液淤滞的可能性越大。

其他的解剖学特征,如 LAA 的位置、梳妆肌以及远侧分叶的深度等,均是 LAAC 术中需考虑的因素。因此,术前行心脏 CT 评估 LAA 的形态有助于合理规划手术。

2.2 评估左心耳内有无血栓

LAAC 术的禁忌证之一是 LAA 内血栓形成,故术前行经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)排除血栓。TEE 的灵敏度和特异度分别为 93.3%

基金项目:南方医科大学临床研究重点启动项目(LC2016ZD002)

通讯作者:彭健, E-mail: jianpeng2003@126.com

和 100%, 阳性预测值和阴性预测值分别为 100% 和 98.9%^[11], 但由于超声探头的侵入性检查会导致患者不适, 且可能发生严重的并发症, 如食道穿孔和误吸等, 10%~20% 患者拒绝行 TEE^[12]。由于心脏 CT 属于无创检查, 且对于判断是否存在血栓具有较高的准确度, 故心脏 CT 已逐渐取代了 TEE。一项综合了 19 篇相关文献, 2 955 例房颤患者的 meta 分析^[13]显示: 心脏 CT 对 LAA 内血栓的灵敏度和特异度分别为 96% 和 92%, 准确度为 94%, 阳性和阴性预测值分别为 41% 和 99%。故术前行心脏 CT 未见 LAA 血栓者无需行 TEE 检查。

应用心脏 CT 判断 LAA 血栓需与血液瘀滞相鉴别, 主要通过以下三种方法: (1) 延迟扫描: 造影剂用量为 50~100 mL, 延迟时间为 30~180 s, 延迟成像能使心脏 CT 的阳性预测值从 26% 提升至 92%^[13]。缺点是辐射量大于单次扫描。(2) 分两次推注造影剂, 两次推注之间间隔 180 s, 扫描在推注完成后进行, 缺点是造影剂的用量增加了近一倍, 肾功能不全患者应慎用。上述两种方法的鉴别标准是: 成像早期血栓和血液瘀滞均可显像, 成像晚期血液瘀滞信号消失; 也可结合缺损的形状和造影剂衰减来判断, 血栓通常为圆形或卵圆形, 而血液淤滞常为三角形, 且均匀衰减。(3) 计算左心耳与升主动脉内 CT 值之比, 左心耳血栓者的比值低于血液淤滞者, 多项小样本研究^[14-16]得出的区分 LAA 血栓及血液淤滞或 TEE 中的自发性显影的阈值差别较大, 其中还有研究^[15]建议将 LAA 充盈缺损处的 CT 值作为鉴别依据, 但分界点尚无统一标准, 仍需大样本研究进一步论证。

2.3 测量左心耳基底部直径

选择合适的封堵器是 LAAC 术中重要的一步, 封堵器过小, 不能完全封堵 LAA, 可能导致装置周围残余漏, 甚至封堵器脱落引起栓塞; 封堵器过大, 会导致 LAA 损伤, 引起心包积液, 严重者可导致心包压塞。一般采用影像学方法测得的 LAA 基底部最大直径作为基础值, 若选用 Watchman 封堵器, 则在基础值上增加 8%~20%, 若选用 ACP/Amulet 封堵器, 则将基础值增加 3~5 mm, 但 Rajwani 等^[17]建议使用基底部周长计算得到的平均直径取代最大直径来计算封堵器的尺寸; LAA 尺寸与左心房内的压力和容量负荷密切相关, 且在心动周期中 LAA 体积是不断变化的。TEE 检查前需禁食禁水, 这可能导致容量负荷不足而使 LAA 尺寸偏小, 而 CT 可使患者处于正常容量状态, 并通过心电门控, 在 LAA 处于最大体积 (R-R 间期的 30%~40%) 时进行测量, 同时扫描图像便于从多个角度进行测量, 故多项研究^[17-20]均证明 CT 测得的 LAA 基底部的直径及深度大于 TEE 及术中造影, 且具有更高的准确性, 术后装置周围残余漏和装置移位的

发生率低于后两者。

近年来, 应用 CT 图像对 LAA 进行三维重建, 得到 3D 打印模型, 随后在模型上测量 LAA 基底部最大直径及深度, 或直接在模型上进行预手术。无论哪种类型的封堵器, 相较 TEE, 根据 3D 打印模型测得的数值来选择封堵器尺寸具有更高的准确性和更低的手术并发症发生率, 同时能有效缩短手术时间, 减少辐射剂量、封堵器的回收次数和数目^[21-23]。

3D 打印模型能直观地显示 LAA 远端的细节, 包括分叶数、分叶的走行、LAA 的弯曲部分及角度、梳状肌等, 有利于术前对 LAA 形态做出准确判断。对于非典型的 LAA 形态, 术前行 3D 打印有利于评估手术难度并做出策略调整^[24], 甚至判断现有的装置无法实现封堵而终止手术; 在 3D 打印模型上进行预手术, 可评估压缩比、残余漏及封堵器突出 LAA 部分的比例, 这对术后类似事件具有预测价值^[23-24], 同时模拟手术有利于积累经验, 使得 LAAC 术的学习曲线更加平滑。该方法的缺点是模型的建立需较长的时间, 且增大了经济负担 (3D 打印组 12 676.1 US \$ vs 对照组 12 088.6 US \$^[22])。

3 封堵术后

3.1 评估残余漏

CT 判断完全封堵的标准是动脉期 LAA 内 CT 值 <100 HU, 并小于左心房内 CT 值的 25%; 静脉期时 LAA 内 CT 值 <100 HU, 同时小于动脉期同部位 CT 值的 150%, Cochet 等^[25]建议应用静脉期 CT 图像来判断残余漏, 静脉期残余漏的阳性率 (69%) 显著大于动脉期 (44%)。CT 检查残余漏的发现率为 47%~69%, 多位于封堵器的后下方^[12, 25-26], 这可能与封堵器直径过小、锚定区直径过大、封堵器压缩比过小、LAA 容积扩张、左房射血分数下降、封堵器与 LAA 主轴不垂直均相关, 与封堵器类型是否相关暂无定论^[12, 25, 27-28]。对于 Watchman 型封堵器, 推荐选用比 TEE 测得的 LAA 基底部直径增加 8%~20% 的封堵器, 若增加量 >20%, 残余漏的发生率明显降低。

研究^[27-28]显示, CT 发现残余漏的敏感性优于 TEE, 可能是由于: (1) CT 的高分辨率, 在检测毫米级残余漏上存在优势; (2) TEE 检查常局限于 0°、45°、90°和 135°, 可能导致漏诊。通过 3D 打印模型对术后封堵器周围残余漏有准确的预测作用^[29]。

Lim 等^[28]对行 LAAC 术的患者进行了分阶段的 CT 随访, 结果提示残余漏处于动态变化中, 可能与封堵器植入引起 LAA 重构有关, 也可能是由于术后随访期间左房射血分数下降导致 LAA 容积扩大。

目前尚无研究证明残余漏与预后相关。故对于术后随访发现残余漏的患者: 若残余漏 ≥5 mm, 血栓可能进入血液循环诱发栓塞事件, 可通过血管塞等工

具进行封堵或继续口服抗凝药物治疗;若残余漏 < 5 mm,则判断为封堵成功,可仅口服抗血小板药物治疗。

3.2 评估封堵器相关血栓

封堵器相关血栓 (device-related thrombus, DRT) 是卒中的潜在危险因素,也是 LAAC 术后常见的并发症之一。常见于封堵器与输送导管连接处,因为此处具有螺纹结构。DRT 的产生受以下因素的影响:年龄、房颤持续时间、CHA₂DS₂-VASc 评分、术前血小板计数、射血分数、LAA 血流峰值排空速度和术后用药方案。

根据 CT 图像上充盈缺损的形状,可将血栓分为块状和扁平状,以后者多见,若扁平型血栓的厚度 < 1 mm,一般认为是封堵器表面内皮化的标志^[25]。

为了预防术后 DRT 的发生,术前应尽可能改善患者心功能,改良封堵器的设计;穿刺房间隔时加大肝素剂量,以更快的速度推注,监测活化凝血时间,减少导管在左心房内的停留时间;术后予抗凝治疗。复诊若未检测到 DRT,可更改用药方案;若检测到 DRT,予 2~8 周抗凝治疗后复查排除 DRT,再更改为单/双抗血小板治疗。

DRT 患者具有较高的脑卒中可能性^[29],但仍缺乏多中心、大样本的随机对照试验证实这一结论,这与 DRT 的低发生率有关。

3.3 评估封堵器内皮化程度

封堵器表面完全内皮化是指内皮细胞完全覆盖封堵器表面并与邻近的心内膜内皮细胞相移行。不完全内皮化会导致血液瘀滞于封堵器表面,进而形成 DRT。关于封堵器内皮化的研究尚较少。

Granier 等^[30]结合 TEE 和心脏 CT 来判断内皮化进程,TEE 排除周围残余漏,但 CT 示 LAA 内造影剂充盈者提示不完全内皮化;若左心房内造影剂信号与 LAA 内信号的差值在 50 HU 以内,说明内皮化尚不完善;若 LAA 内的造影剂信号与左心房内无差异,则说明封堵器表面还未实现内皮化或处于内皮化的早期阶段。该研究连续入选了 35 例行 LAAC 术的患者,术后随访 (10 ± 6) 个月,有 30% 的患者实现了内皮化。对于年老、糖尿病和封堵器尺寸过大的患者,完全内皮化所需的时间长,故建议延长术后抗凝的时间。由于样本量小,内皮化率可能存在较大的偏差,也未验证封堵器类型对内皮化的影响。因此,还需更大样本的临床研究来验证内皮化的临床意义。

4 结论

心脏 CT 因其高分辨率、多层次性和非侵入性,在 LAAC 术前和术后均具有极高的应用价值,基于心脏 CT 的 3D 打印模型,可直观地反映 LAA 的解剖结构,预手术效果和实际手术效果相当,使学习曲线更加平

滑,3D 打印模型在 LAAC 术后续的发展中,将起到重要的指导作用。

参考文献

- [1] Camm AJ, Lip GY, de Caterina R, et al. 2012 focused update of the ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation; an update of the 2010 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation—developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association [J]. *Europace*, 2012, 14 (10): 1385-1413.
- [2] Wang F, Zhu M, Wang X, et al. Predictive value of left atrial appendage lobes on left atrial thrombus or spontaneous echo contrast in patients with non-valvular atrial fibrillation [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2018, 18 (1): 153.
- [3] Beigel R, Wunderlich NC, Ho SY, et al. The left atrial appendage: anatomy, function, and noninvasive evaluation [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2014, 7 (12): 1251-1265.
- [4] 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.
- [5] di Biase L, Santangeli P, Anselmino M, et al. Does the left atrial appendage morphology correlate with the risk of stroke in patients with atrial fibrillation? Results from a multicenter study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 60 (6): 531-538.
- [6] Lupercio F, Carlos RJ, Briceno DF, et al. Left atrial appendage morphology assessment for risk stratification of embolic stroke in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis [J]. *Heart Rhythm*, 2016, 13 (7): 1402-1409.
- [7] Freixa X, Tzikas A, Basmadjian A, et al. The chicken-wing morphology: an anatomical challenge for left atrial appendage occlusion [J]. *J Interv Cardiol*, 2013, 26 (5): 509-514.
- [8] Fastner C, Nienaber CA, Park JW, et al. Procedural success and intra-hospital outcome related to left atrial appendage morphology in patients that receive an interventional left atrial appendage closure [J]. *Clin Cardiol*, 2017, 40 (8): 566-574.
- [9] Koskinas KC, Shakir S, Fankhauser M, et al. Predictors of early (1-week) outcomes following left atrial appendage closure with Amplatzer devices [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9 (13): 1374-1383.
- [10] Murarka S, Lazkani M, Moualla S, et al. Left atrial anatomy and patient-related factors associated with adverse outcomes with the Watchman device—a real world experience [J]. *J Interv Cardiol*, 2017, 30 (2): 163-169.
- [11] Hwang JJ, Chen JJ, Lin SC, et al. Diagnostic accuracy of transesophageal echocardiography for detecting left atrial thrombi in patients with rheumatic heart disease having undergone mitral valve operations [J]. *Am J Cardiol*, 1993, 72 (9): 677-681.
- [12] Jaguszewski M, Manes C, Puippe G, et al. Cardiac CT and echocardiographic evaluation of peri-device flow after percutaneous left atrial appendage closure using the AMPLATZER cardiac plug device [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015, 85 (2): 306-312.
- [13] Romero J, Husain SA, Kelesidis I, et al. Detection of left atrial appendage thrombus by cardiac computed tomography in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2013, 6 (2): 185-194.
- [14] Hur J, Kim YJ, Lee HJ, et al. Dual-enhanced cardiac CT for detection of left atrial appendage thrombus in patients with stroke: a prospective comparison study with transesophageal echocardiography [J]. *Stroke*, 2011, 42 (9): 2471-2477.
- [15] Budoff MJ, Shittu A, Hacıoglu Y, et al. Comparison of transesophageal echocardiography versus computed tomography for detection of left atrial appendage filling defect (thrombus) [J]. *Am J Cardiol*, 2014, 113 (1): 173-177.
- [16] Singh NK, Nallamothu N, Zuck VP, et al. Left atrial appendage filling defects on 64-slice multidetector computed tomography in patients undergoing pulmonary vein isolation: predictors and comparison to transesophageal echocardiography [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2009, 33 (6): 946-951.
- [17] Rajwani A, Nelson AJ, Shirazi MG, et al. CT sizing for left atrial appendage clo-

- sure is associated with favourable outcomes for procedural safety[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2017, 18(12):1361-1368.
- [18] Zhou Q, Song H, Zhang L, et al. Roles of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in peri-operation of transcatheter left atrial appendage closure[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(4):e5637.
- [19] Saw J, Fahmy P, Spencer R, et al. Comparing measurements of CT angiography, TEE, and fluoroscopy of the left atrial appendage for percutaneous closure[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2016, 27(4):414-422.
- [20] Clemente A, Avoglieri F, Berti S, et al. Multimodality imaging in preoperative assessment of left atrial appendage transcatheter occlusion with the Amplatzer Cardiac Plug[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(11):1276-1287.
- [21] Ciobotaru V, Combes N, Martin CA, et al. Left atrial appendage occlusion simulation based on three-dimensional printing: new insights into outcome and technique[J]. *EuroIntervention*, 2018, 14(2):176-184.
- [22] Li H, Qing Y, Bing S, et al. Application of 3D printing technology to left atrial appendage occlusion[J]. *Int J Cardiol*, 2017, 231:258-263.
- [23] Hell MM, Achenbach S, Yoo IS, et al. 3D printing for sizing left atrial appendage closure device; head-to-head comparison with computed tomography and transoesophageal echocardiography [J]. *EuroIntervention*, 2017, 13(10):1234-1241.
- [24] Song H, Zhou Q, Zhang L, et al. Evaluating the morphology of the left atrial appendage by a transesophageal echocardiographic 3-dimensional printed model [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(38):e7865.
- [25] Cochet H, Iriart X, Sridi S, et al. Left atrial appendage patency and device-related thrombus after percutaneous left atrial appendage occlusion: a computed tomography study [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018, 19(12):1351-1361.
- [26] Patti G, Scipione R, Ussia GP, et al. Intradevice misalignment predicts residual leak in patients undergoing left atrial appendage closure[J]. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*, 2017, 18(11):900-907.
- [27] Saw J, Fahmy P, DeJong P, et al. Cardiac CT angiography for device surveillance after endovascular left atrial appendage closure[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(11):1198-1206.
- [28] Lim YM, Kim JS, Kim TH, et al. Delayed left atrial appendage contrast filling in computed tomograms after percutaneous left atrial appendage occlusion[J]. *J Cardiol*, 2017, 70(6):571-577.
- [29] Reddy VY, Mobius-Winkler S, Miller MA, et al. Left atrial appendage closure with the Watchman device in patients with a contraindication for oral anticoagulation; the ASAP study (ASA Plavix Feasibility Study With Watchman Left Atrial Appendage Closure Technology) [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61(25):2551-2556.
- [30] Granier M, Laugaudin G, Massin F, et al. Occurrence of incomplete endothelialization causing residual permeability after left atrial appendage closure[J]. *J Invasive Cardiol*, 2018, 30(7):245-250.

收稿日期:2019-06-02

射频导管消融术阻滞二尖瓣峡部的研究进展

李烽^{1,2} 姜海² 章海燕² 朱永翔^{1,2} 龙明智²

(1. 南京医科大学, 江苏 南京 211166; 2. 南京医科大学第二附属医院心血管内科, 江苏 南京 210011)

【摘要】 目前, 射频导管消融术阻滞二尖瓣峡部已成为心脏电生理领域的研究热点。然而, 实现二尖瓣峡部双向传导阻滞仍存在巨大的挑战。现就二尖瓣峡部消融的一般介绍、应用难点、应对策略和展望四个方面做一综述。

【关键词】 二尖瓣峡部; 射频导管消融术; 研究进展

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.01.005

Radiofrequency Catheter Ablation for Mitral Isthmus

LI Feng^{1,2}, JIANG Hai², ZHANG Haiyan², ZHU Yongxiang^{1,2}, LONG Mingzhi²(1. *Nanjing Medical University, Nanjing 211166, Jiangsu, China*; 2. *Department of Cardiology, The Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210011, Jiangsu, China*)

【Abstract】 Radiofrequency catheter ablation of mitral isthmus, has become a research hotspot in the field of cardiac electrophysiology nowadays. However, achieving bidirectional conduction block of the mitral isthmus ablation line is still challenging. This article reviews the general introduction, application difficulties, coping strategies and prospective of mitral isthmus ablation.

【Key words】 Mitral isthmus; Radiofrequency catheter ablation; Research progress

基金项目: 南京市医学科技发展资金资助项目 (ZKX18051)

通讯作者: 龙明智, E-mail: longmzh@hotmail.com