

· 论著 ·

双源 CT 在左心耳封堵术前评估及指导选择 Watchman™ 封堵器型号的应用

吴阳^{1,2} 杨桂荣² 张波³ 陈各才⁴

(1. 大连医科大学研究生院, 辽宁 大连 116000; 2. 泰州市人民医院超声医学科, 江苏 泰州 225300; 3. 泰州市人民医院影像科, 江苏 泰州 225300; 4. 泰州市人民医院心血管内科, 江苏 泰州 225300)

【摘要】目的 比较双源 CT(DSCT)、经食管超声心动图检查(TEE)和左心耳造影在左心耳封堵术(LAAO)中的评估结果, 研究 DSCT 指导 LAAO 的应用价值。**方法** 回顾性分析接受 LAAO 的 78 例心房颤动患者, 比较术前 DSCT 及 TEE 对左心耳(LAA)血栓的检出率, 分析术前 DSCT、术中 TEE 及 LAA 造影三者评估 LAA 最大开口和长度, 预测 Watchman™ 封堵器型号的准确率以及它们之间的相关性。**结果** 当 DSCT 增加 60 s 延迟显像时, 与 TEE 的血栓检出率差异无统计学意义($P>0.05$), DSCT 诊断血栓的敏感性为 100%, 特异性为 98.6%, 阳性预测率为 80%, 阴性预测率为 100%, 与 TEE 诊断血栓一致性的 Kappa 值为 0.88 ($P<0.01$); DSCT、TEE 与 LAA 造影测量 LAA 最大开口的差异无统计学意义($P>0.05$), 其测量最大开口分别为 (23.07 ± 4.21) mm、 (22.87 ± 3.70) mm 和 (22.52 ± 3.76) mm, 并且 DSCT 与 TEE 和 LAA 造影测量结果之间都有显著的相关性及一致性 [$r_{\text{TEE}}=0.812$, $P<0.01$, 组内相关系数(ICC)=0.89(0.83~0.93); $r_{\text{LAA 造影}}=0.802$, $P<0.01$, $ICC=0.88$ (0.82~0.93)]; 三种方法所预测的封堵器大小分别为 DSCT: (26.92 ± 3.94) mm、TEE: (26.88 ± 3.73) mm 和 LAA 造影: (26.96 ± 3.73) mm, 与实际植入大小 (27.81 ± 3.69) mm 均具有显著的相关性及一致性 [$r_{\text{DSCT}}=0.886$, $P<0.01$, $ICC=0.94$ (0.90~0.96); $r_{\text{TEE}}=0.849$, $P<0.01$, $ICC=0.92$ (0.87~0.95); $r_{\text{LAA 造影}}=0.924$, $P<0.01$, $ICC=0.96$ (0.94~0.98)]; 在心耳最大长度测量方面[DSCT: (27.22 ± 4.72) mm、TEE: (25.76 ± 4.58) mm 和 LAA 造影: (24.12 ± 3.88) mm], 三种方法的结果具有统计学差异($P<0.05$), DSCT 对 LAA 长度测量结果大于 TEE 与 LAA 造影。**结论** 在 LAAO 治疗中, DSCT 可在术前检出患者的 LAA 血栓, 评估患者的手术适应证, 同时准确测量心耳开口大小及长度, 为预选封堵器型号提供重要的参考价值。

【关键词】 左心耳封堵术; 双源 CT; 经食管超声心动图; 左心耳造影

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.04.020

Application of Dual Source CT in Preoperative Evaluation of Left Atrial Appendage Occlusion and Size Selection of Watchman™ Occluder

WU Yang^{1,2}, YANG Guirong², ZHANG Bo³, CHEN Gecai⁴

(1. Dalian Medical University Graduate School, Dalian 116000, Liaoning, China; 2. Department of Medical Ultrasonics, Jiangsu Taizhou People's Hospital, Taizhou 225300, Jiangsu, China; 3. Department of Medical Image, Jiangsu Taizhou People's Hospital, Taizhou 225300, Jiangsu, China; 4. Department of Cardiovascular Medicine, Jiangsu Taizhou People's Hospital, Taizhou 225300, Jiangsu, China)

【Abstract】Objective To compare detection results of dual source computed tomography (DSCT), trans-esophageal echocardiography (TEE) and left atrial appendage angiography and investigate application value of DSCT in guiding left atrial appendage occlusion (LAAO). **Methods** A retrospective analysis was performed on 78 patients with atrial fibrillation who planned to undergo LAAO. LAA thrombosis detection rates from DSCT and TEE were compared before the operation. Accuracies of LAA maximal orifice diameter, length, size prediction of Watchman™ occluder detected by preoperative DSCT, intraoperative TEE and LAA angiography and their correlations were assessed. **Results** When image delay of DSCT was increased by 60 s, there was no significant difference in thrombus detection of DSCT and TEE ($P>0.05$). The sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of LAA thrombus diagnosed by DSCT were 100.0%, 98.6%, 80.0% and 100.0% respectively, and the Kappa value representative of diagnostic consistency with TEE was 0.88 ($P<0.01$). The difference of LAA maximal orifice diameter measured by DSCT, TEE and LAA angiography was insignificant ($P>0.05$), with parallel maximal orifice diameter of (23.07 ± 4.21) mm, (22.87 ± 3.70) mm and (22.52 ± 3.76) mm respectively. Results of DSCT were highly correlated and

consistent with TEE and LAA angiography [$r_{\text{TEE}}=0.812, P<0.01, ICC=0.89(0.83\sim0.93)$; $r_{\text{LAA angiography}}=0.802, P<0.01, ICC=0.88(0.82\sim0.93)$]. The predicted sizes of WatchmanTM occluders were (26.92 ± 3.94) mm for DSCT, (26.88 ± 3.73) mm for TEE and (26.96 ± 3.73) mm for LAA angiography respectively, which were markedly correlated and consistent with actual implant size of (27.81 ± 3.69) mm [$r_{\text{DSCT}}=0.886, P<0.01, ICC=0.94(0.90\sim0.96)$; $r_{\text{TEE}}=0.849, P<0.01, ICC=0.92(0.87\sim0.95)$; $r_{\text{LAA angiography}}=0.924, P<0.01, ICC=0.96(0.94\sim0.98)$]. There exist statistical difference in LAA maximal lengths detected by three imaging modalities [(27.22 ± 4.72) mm for DSCT, (25.76 ± 4.58) mm for TEE and (24.12 ± 3.88) mm for LAA angiography, $P<0.05$], of which LAA length detected by DSCT was larger than TEE and LAA angiography. **Conclusion** DSCT may help to detect LAA thrombus and assess indications before operation in LAAO treatment, as well as provide vital reference on size selection of WatchmanTM occluder by precisely measuring the size and length of auricular orifice.

【Key words】 Left atrial appendage occlusion; Dual source computed tomography; Trans-esophageal echocardiography; Left atrial appendage angiography

心房颤动(房颤)是导致系统性栓塞的主要原因,非瓣膜性房颤患者中,90%以上的栓子来自于左心耳(left atrial appendage, LAA)^[1]。目前抗凝药物是防止脑卒中的主要手段,左心耳封堵术(left atrial appendage occlusion, LAAO)是不能耐受抗凝药物的房颤患者预防栓塞性卒中的一种新的治疗选择^[2],且预防效果优于口服抗凝药物,越来越多的研究证明了其安全性及有效性,目前已被写入 ESC 房颤治疗指南^[3]。LAA 解剖结构复杂多变,因此,准确评估 LAA 对术前患者筛选、心耳大小形态评估、封堵器最佳放置位置的预估及型号大小的预测具有重要意义。

经食管超声心动图检查(trans-esophageal echocardiography, TEE)无辐射伤害,可提供实时的准确测量,被认为是 LAAO 首选的影像学方式。LAA 造影是介入医生术中常用的影像学方法。双源 CT(dual source computed tomography, DSCT)作为一种术前常用的影像手段,具有速度快、容积成像和图像分辨率高的特点,可客观地将 LAA 的三维立体结构显现出来,并进行可视化测量,但目前尚无统一规范化的标准^[4]。利用 DSCT、TEE 及 LAA 造影等影像学方法,均可对 LAA 开口大小及长度进行评估,并且可预测封堵器的大小。本研究对 78 例非瓣膜性房颤患者的 DSCT、TEE 及 LAA 造影结果进行比较,进而探讨 DSCT 在指导 LAAO 中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择 2019 年 6 月—2020 年 6 月在泰州市人民医院拟行 LAAO 的 78 例房颤患者进行回顾性分析,术中发现 LAA 内血栓而禁止手术的患者有 4 例。最终手术 74 例,其中男性 45 例(60.81%),年龄 44~84 岁 $[(68.34\pm9.97)$ 岁]。

1.2 仪器与方法

DSCT:Siemens,在术前 24~48 h 对患者行 CT 冠状动脉成像检查,使用前瞻性心电门控技术,单次呼气末屏气扫描,屏气时间 6~8 s,扫描范围约为胸骨上窝至心脏膈面下方 1 cm,增强扫描采用双筒高压注射器,以 4.5 mL/s 流率经肘前静脉注入 60~80 mL 非离子型造影剂(碘普罗胺:370 mgI/mL)。对一期 LAA 充盈缺损的患者,注射完 60 s 后再对同一范围进行延迟扫描。DSCT 在双期扫描中均未充盈,则为血栓;一期充盈或一期未充盈但 60 s 延迟期充盈,则认为无血栓。对于无 LAA 血栓的患者,在对应 LAA 最大舒张末期的心室收缩末期进行三维重建。利用容积再现技术,获取心脏三维图像,获得 LAA 形态以及周围的结构关系,并裁剪出 LAA 三维图像。重建后的三维图像以心耳开口下缘夹角的顶点及上缘连线为锚定位置,由经验丰富的心胸组 CT 医生测量 LAA 最大开口及长度(图 1)。

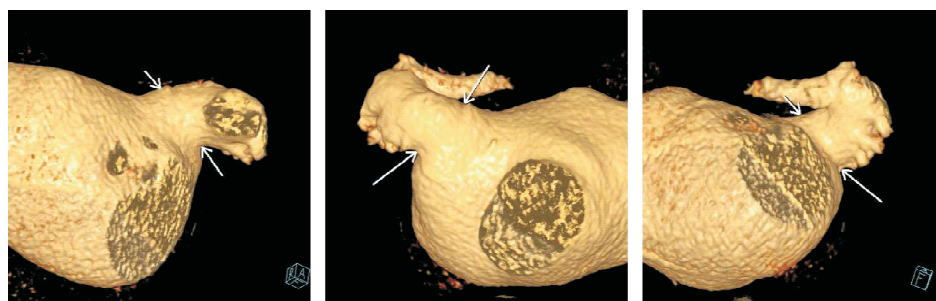
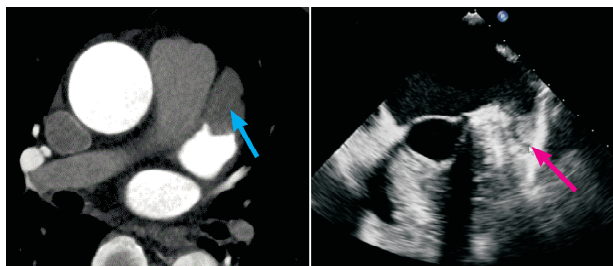


图 1 DSCT 容积再现技术

TEE: Philips EPIQ 7C, 术前口咽部局部麻醉或术中全身麻醉下, 将 X7-2T 探头轻轻插入患者的食管中上段, 在约 0° 、 45° 、 90° 和 135° 上, 获得稳定心率的连续 3 个心动周期的 LAA 二维动态图像。TEE 多角度平面下心耳内团块状回声, 边界清晰, 具有独立活动则为血栓 (图 2); 以回旋支为起点, 左上肺静脉嵴部下方约 2 cm 处为终点连线为锚定区, 结合经验丰富的心脏超声医生预测可能释放的位置, 于收缩期末期测量 LAA 最大开口和长度 (图 3)。



注: 蓝箭头, DSCT 血栓; 红箭头, TEE 血栓。

图 2 DSCT 及 TEE 下 LAA 内部血栓

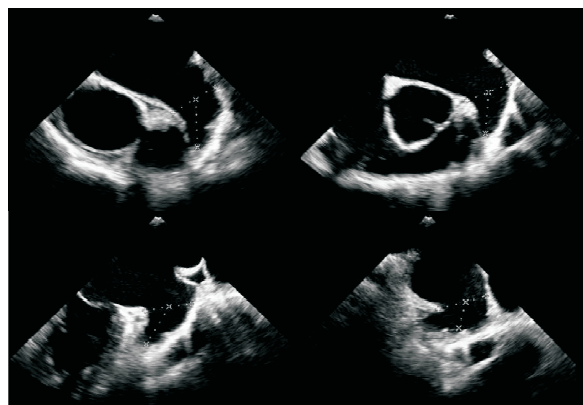


图 3 TEE 下 LAA 最大开口及长度测量

LAA 造影: 术中房间隔穿刺后, 将猪尾导管送至 LAA 顶部, 在经典体位——头/足位 (右前斜 30° + 足位 20°) 下, 结合 CT 重建后所推荐的角度行 LAA 造影, 由经验丰富的心脏介入医生预测锚定位置, 在收缩期末期测量心耳最大开口及长度 (图 4)。

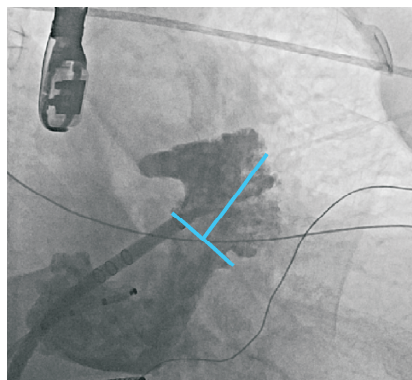


图 4 DSA 下 LAA 最大开口及长度测量

预测封堵器大小方法及成功封堵的评估标准: 三种检查方式均在左室收缩期末期, 以最大开口大小加 2~5 mm 作为其预选型号。成功封堵的评估标准为 LAA 造影和 TEE 评估封堵器与心耳壁之间均未见明显残余分流, 或残余分流束宽度 < 5 mm。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行统计学处理分析。计量资料采用平均数 \pm 标准差表示, 计数资料采用频率或百分比表示; 不同测量结果的比较采用 SNK-q 检验以及 Pearson 相关分析; 连续变量间的一致性采用组内相关系数 (intra-class correlation coefficient, ICC), 定类变量的一致性采用 Kappa 系数检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义, 相关系数 $|r| \geq 0.8$ 为高度相关, $|r| < 0.3$ 为不相关。

2 结果

2.1 一般情况

术前 78 例患者中有 4 例患者 LAA 存在血栓而禁止手术 (DSCT 诊断 LAA 血栓 5 例中, TEE 确诊 LAA 血栓 4 例, 血流淤滞状态 1 例), 以 TEE 为诊断血栓的金标准, DSCT 诊断血栓的敏感性为 100%, 特异性为 98.6%, 阳性预测率为 80%, 阴性预测率为 100%, DSCT 与 TEE 诊断血栓一致性的 Kappa 值为 0.88 ($P < 0.01$)。

最终 74 例患者进行了 LAAO 手术, 且术中均满足 PASS (封堵器位置佳、牵拉稳定、心耳封堵完全和压缩比大小合适) 原则, 成功植入了 WatchmanTM 封堵器, 其中 9 例 (12.16%) 存在 1~3 mm 的残余分流, 10 例 (13.51%) 植入后封堵器边缘存在露肩, 1 例 (1.35%) 术后检测出微量心包积液。

2.2 LAA 最大开口大小、长度与相关性

成功封堵的 74 例患者中, DSCT、TEE 及 LAA 造影所测得的 LAA 最大开口结果差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 测量最大开口分别为 (23.07 ± 4.21) mm、 (22.87 ± 3.70) mm 和 (22.52 ± 3.76) mm (图 5), 并且 DSCT 与 TEE 及 LAA 造影之间都有显著的相关性及一致性 [$r_{TEE} = 0.812$, $P < 0.01$, $ICC = 0.89$ ($0.83 \sim 0.93$); $r_{LAA造影} = 0.802$, $P < 0.01$, $ICC = 0.88$ ($0.82 \sim 0.93$)] (图 6)。而三种影像学方法所测得的 LAA 最大长度结果之间具有统计学差异 ($P < 0.05$), 测量最大长度分别为 DSCT: (27.22 ± 4.72) mm、TEE: (25.76 ± 4.58) mm 和 LAA 造影: (24.12 ± 3.88) mm, DSCT 长度测量结果大于 TEE 与 LAA 造影 (图 5)。

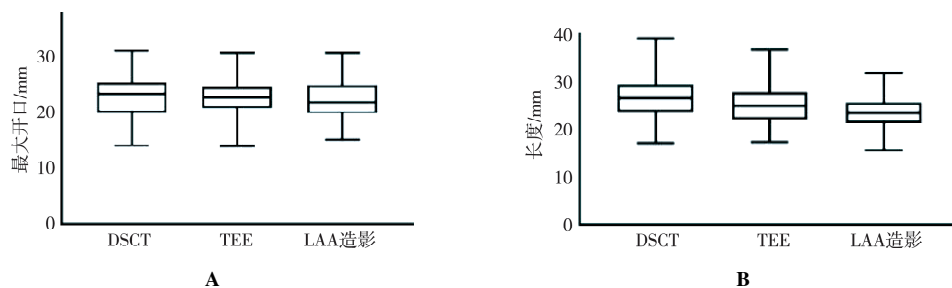


图 5 DSCT、TEE 及 LAA 造影最大开口 (A) 及长度 (B)

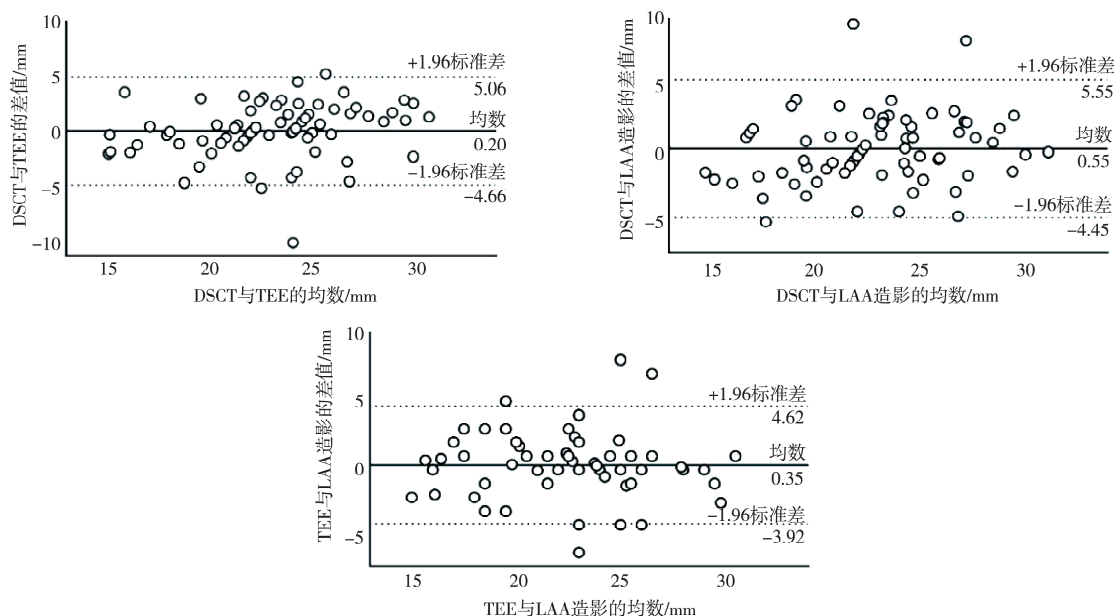


图 6 DSCT、TEE 和 LAA 造影测量 LAA 最大开口的相关性和一致性

2.3 预测封堵器大小及相关性

DSCT、TEE 及 LAA 造影预测 Watchman™ 封堵器大小分别为 (26.92 ± 3.94) mm、 (26.88 ± 3.73) mm 和 (26.96 ± 3.73) mm, 三种方法的预测结果无统计学差异, 且与实际植入大小 (27.81 ± 3.69) mm 均具

有显著的相关性及一致性 [$r_{\text{DSCT}} = 0.886, P < 0.01, ICC = 0.94 (0.90 \sim 0.96)$; $r_{\text{TEE}} = 0.849, P < 0.01, ICC = 0.92 (0.87 \sim 0.95)$; $r_{\text{LAA 造影}} = 0.924, P < 0.01, ICC = 0.96 (0.94 \sim 0.98)$] (图 7)。

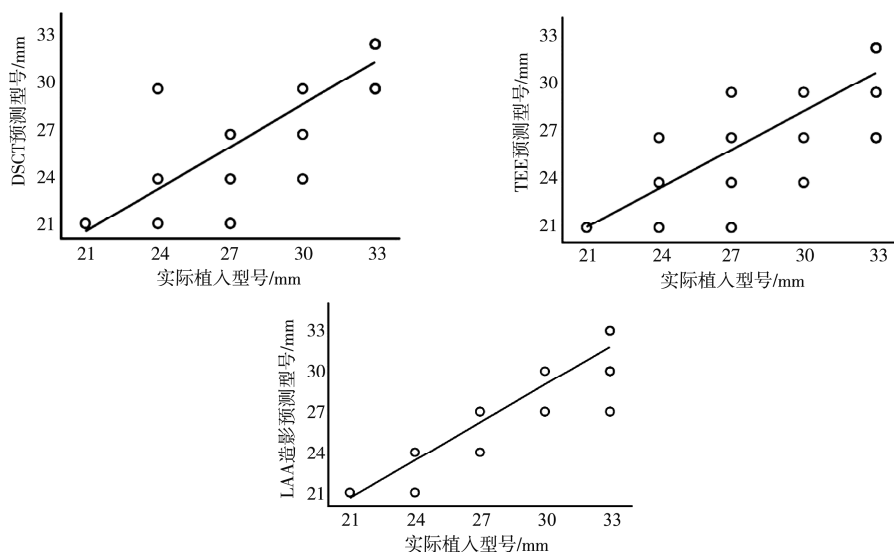


图 7 DSCT、TEE 及 LAA 造影预测型号与实际植入型号

3 讨论

房颤的发生率随着人们年龄的增长在逐年增加^[5]。房颤患者 LAA 易形成血栓,具有高卒中率、高致残率及一定的死亡率^[6],这使得预防系统性栓塞成为房颤治疗的重中之重,常用口服抗凝药物来降低房颤患者的栓塞风险,但因抗凝无效、出血风险高和依从性差等各种原因,预防效果并不理想,目前采用经皮 LAAO 来作为预防血栓及缺血性卒中的替代选择^[3]。各种影像学方法都可应用于 LAAO 术前的筛选,包括评估 LAAO 适应证,测量心耳大小与功能,术中的引导与监测,术后的随访,通过随访结果改变患者的用药策略^[7]。TEE 作为一种侵入性检查,一部分患者不能耐受,甚至存在检查的禁忌证,因此应用时可能会受到一定的限制。近年来,DSCT 也越来越多地应用于临床,通过造影剂增强显示 LAA,三维重建可清楚明确 LAA 解剖结构和毗邻关系,不仅分辨率高,而且患者无痛苦,更容易被患者接受^[8-9]。

TEE 为诊断 LAA 血栓的金标准^[10],DSCT 诊断血栓时,LAA 内的血流淤滞状态使造影剂弥散不均匀容易被误认为血栓,因此准确性在国内外不同文献中差异较大,其敏感性为 28.6%~100.0%,特异性为 85.0%~99.1%^[11-12]。本研究中 DSCT 在二期 60 s 延迟显像后,诊断血栓的敏感性为 100%,特异性为 98.6%,阳性预测率为 80%,阴性预测率为 100%,与 TEE 的诊断结果具有显著一致性(Kappa 值为 0.88, $P < 0.01$),当适当延长 LAA 的充盈时间,可减少因 LAA 充盈时间不足而导致造影剂弥散不均的情况,使诊断血栓的准确率大大增加,三维重建技术也可立体地显示心耳充盈情况,对小血栓和梳状肌进行清晰的鉴别。

在 LAAO 中,准确地显示 LAA 形态、确定锚定区、测量最大开口大小及长度是选择合适大小封堵器并成功放置的关键。部分研究表明,CT 测量 LAA 最大开口大小常比 TEE 及 LAA 造影结果更大^[13-15]。本研究表明,DSCT、TEE 和 LAA 造影对 LAA 最大开口测量结果差异无统计学意义,而在测量 LAA 长度时,DSCT 的测量结果明显较 TEE 和 LAA 造影大,分析可能原因为:(1) TEE 及 LAA 造影禁食禁饮以及全身麻醉导致 LAA 充盈度减低,使测量结果偏小^[16-17];(2) LAA 造影成像为穿透路径上各层投影相互叠加在一起的影像,与 TEE 一样也是一种二维图像,因而无法得到最大长度,并且 LAA 多变复杂的形态结构会进一步降低获取精确长度的信息,因此 DSCT 的长度测量结果较大且可能更加准确。由于

相对长宽比对 Watchman™ 封堵器植入的可行性和成功至关重要,具有高空间分辨率的 DSCT 成像方式就具有了极大优势^[18],当术中依据 LAA 最大开口大小选择封堵器型号,TEE 及 LAA 造影测量显示长度不足时,DSCT 所获得的额外长度的信息可为术者提供 LAA 额外的长度大小。

Watchman™ 封堵器在展开前,装置长度与伞面宽度比值接近 1;在完全展开时,装置长度与伞面直径比值为 0.7~0.8。选择 Watchman™ 封堵器型号时,封堵伞大小通常选择大于 LAA 锚定区最大开口大小的 10%~20%,太小的封堵器会增加脱落以及周围漏的风险,而太大的封堵器会增加 LAA 穿孔的风险,造成心包积液或心脏压塞。LAA 长度需大于封堵器的长度,防止心耳长度不足,造成封堵器植入过浅、露肩过多和稳定性降低,出现封堵器移位甚至脱落;同时也不应植入过深,封堵器植入过深会形成新的残留心耳,残腔会促进血栓的形成^[15,19-20]。常依据 TEE 及 LAA 造影预测封堵器大小的型号,Watchman™ 器械商在大小选择及计算压缩比方面也均以 TEE 测量为准^[14,21]。本团队研究对比了 DSCT、TEE 及 LAA 造影预测封堵器型号的评估结果,在行 LAAO 的 74 例患者中,三者所预测的封堵器大小与实际植入大小具有显著的相关性。其中,LAA 造影的相关性最高($r_{\text{LAA 造影}} = 0.924$, $P < 0.01$),可能原因为术者常依据术中 LAA 造影来选择封堵器型号。

LAA 形态以及解剖结构多变,除了风向标、鸡翅、仙人掌及菜花等常见的形态外,还存在更为复杂的结构。DSCT 三维重建可客观评价 LAA 的形态结构和解剖变异,对封堵效果和型号选择有一定的意义。在多分叶心耳中,术前通过 DSCT 重建的三维图像即可多角度帮助术者判断封堵的轴向,挑选合适的封堵主叶,选择最佳植入位置。在反鸡翅状心耳中,由于轴向的复杂性,手术的难度通常较大,DSCT 三维重建技术使房间隔及周围组织结构清晰易辨,为穿刺针导管最佳路线的选择和封堵器植入时最佳角度的判断提供了重要的价值。当心耳内的梳状肌粗大且发达时,需获取更多有效心耳长度,使封堵更加稳定,DSCT 三维重建后的图像可为临床提供额外的可用长度,为封堵伞的释放创造了条件。

近年来本中心术前均行 DSCT 检查,怀疑血栓时复查 TEE,通过 DSCT 三维重建来评估 LAA 形态大小,预测封堵器型号,术中行 TEE 及 LAA 造影进行指导监测,术后 DSCT 进行随访,对于不耐受 TEE 检查过程的患者,依从性更好。本研究 DSCT、TEE 及

LAA 造影检查之间仍存在一定的时间,可能会存在新生血栓及血容量波动情况,并且单中心回顾性研究的样本量仍较少,需多中心扩大研究,增加不同地域的研究。

4 结论

DSCT 可在术前检出 LAA 血栓,三维重建技术可准确测量 LAA 开口大小,并且可为术者提供准确的心耳长度。尽管目前未统一标准化,但其优势依然十分显著,具有广泛的临床应用价值。

参考文献

- [1] Eng MH, Wang DD. Computed tomography for left atrial appendage occlusion case planning[J]. *Interv Cardiol Clin*, 2018, 7(3):367-378.
- [2] 王学成, 杨兵. 心房颤动导管消融联合左心耳封堵的临床应用进展[J]. *心血管病学进展*, 2019, 40(4):493-497.
- [3] Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS[J]. *Europace*, 2016, 18(11):1609-1678.
- [4] Korsholm K, Berti S, Iriart X, et al. Expert recommendations on cardiac computed tomography for planning transcatheter left atrial appendage occlusion[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(3):277-292.
- [5] Ali M, Rigopoulos AG, Mammadov M, et al. Systematic review on left atrial appendage closure with the LAmbre device in patients with non-valvular atrial fibrillation[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1):78.
- [6] Lip GY, Fauchier L, Freedman SB, et al. Atrial fibrillation[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2016, 2:16016.
- [7] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国左心耳封堵预防心房颤动卒中专家共识(2019)[J]. *中华心血管病杂志*, 2019, 47(12):937-955.
- [8] 袁知东, 石桥, 冯飞, 等. 256 排 CT 冠状动脉成像延迟扫描诊断房颤患者左心耳血栓的价值[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2019, 17(8):42-44.
- [9] 朱世杰, 郑慕晗, 张建武, 等. 心脏 CT 在左心耳封堵术中的应用价值[J]. *心血管病学进展*, 2020, 41(1):11-14.
- [10] 苗雨桐, 何奔. 影像学在左心耳封堵中的意义[J]. *心血管病学进展*, 2019, 40(4):497-501.
- [11] 丛涛, 王珂, 孙颖慧, 等. 增强 CT 与经食管超声心动图诊断房颤患者左心房/左心耳内血栓的比较[J]. *临床和实验医学杂志*, 2010, 9(10):723-725.
- [12] 段利科, 张周龙. 多层螺旋 CT 与超声心动图诊断房颤患者左心耳血栓的临床价值比较[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2019, 17(4):59-61, 119.
- [13] Chow DH, Bieliauskas G, Sawaya FJ, et al. A comparative study of different imaging modalities for successful percutaneous left atrial appendage closure[J]. *Open Heart*, 2017, 4(2):e000627.
- [14] Xu B, Betancor J, Sato K, et al. Computed tomography measurement of the left atrial appendage for optimal sizing of the Watchman device[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2018, 12(1):50-55.
- [15] 张涛, 陈立斌, 储慧民, 等. 经食管超声心动图及 CT 左心耳造影在左心耳 Watchman 封堵术前的应用价值[J]. *中华超声影像学杂志*, 2017, 26(11):964-969.
- [16] Spencer RJ, DeJong P, Fahmy P, et al. Changes in left atrial appendage dimensions following volume loading during percutaneous left atrial appendage closure[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2015, 8(15):1935-1941.
- [17] 任继来, 王学成, 仲程豪, 等. 经食管超声心动图、双源 CT 及左心耳造影对左心耳封堵器型号选择的价值[J]. *中华心律失常学杂志*, 2019, 23(5):430-435.
- [18] Wang DD, Eng M, Kupsky D, et al. Application of 3-dimensional computed tomographic image guidance to WATCHMAN implantation and impact on early operator learning curve: single-center experience[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(22):2329-2340.
- [19] Pracon R, Bangalore S, Dzielinska Z, et al. Device thrombosis after percutaneous left atrial appendage occlusion is related to patient and procedural characteristics but not to duration of postimplantation dual antiplatelet therapy[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2018, 11(3):e005997.
- [20] Meier B. What lies beneath left atrial appendage occlusion: know your enemy[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2018, 11(3):e006360.
- [21] Toy D, Naeger DM. Pre and post procedure imaging of the Watchman® device with cardiac computed tomography angiography[J]. *Curr Treat Options Cardiovasc Med*, 2019, 21(10):61.

收稿日期:2020-08-09