

# 实时三维经食管超声心动图评估左心耳结构和功能的研究进展

侯玲丽 任建丽

**摘要** 左心耳是左房在胚胎发育过程中残留的肌性结构,具有特殊的组织结构和血流动力学等特点,其功能和解剖结构有较大的变异性,与心房颤动患者血栓形成、复发等关系密切。实时三维经食管超声心动图(RT-3D TEE)能够多角度显示左心耳的立体解剖结构,并对左心耳图像实施任意平面的切割,完整准确地评估左心耳各项参数。本文就RT-3D TEE评估左心耳结构和功能的研究进展进行综述。

**关键词** 超声心动描记术,经食管,三维,实时;左心耳;结构;功能

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]A

## Research progress of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in evaluating structure and function of left atrial appendage

HOU Lingli, REN Jianli

Department of Ultrasound, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Institute of Ultrasound Imaging, Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China

**ABSTRACT** Left atrial appendage (LAA) originated from the left atrial remnant in the embryonic period. It has unique tissue structure, physiological function and hemodynamic characteristics. Its anatomical morphology and structure have great variability and are closely related to thrombosis and recurrence in patients with atrial fibrillation. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography can display the three-dimensional anatomical structure of LAA from multiple angles, and has the function of arbitrary plane cutting of LAA images, and completely and accurately evaluate the parameters of LAA. This article reviews research progress of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in evaluating structure and function of LAA.

**KEY WORDS** Echocardiography, transesophageal, three-dimensional, real-time; Left atrial appendage; Structure; Function

左心耳紧邻左房前侧壁,是左房向前下延伸形成的弯曲狭窄、边缘有数个齿状切迹的立体肌性管型盲端结构,紧邻左室、肺静脉、二尖瓣等结构,受周围结构影响较大。实时三维经食管超声心动图(real-time three dimensional transesophageal echocardiography, RT-3D TEE)为实时三维超声心动图的扩展,可避开肺气等干扰,清晰显示左心耳内复杂的解剖结构并进行重建,从而更清楚地显示左心耳的空间方位及立体形态,与解剖结构高度统一。本文就RT-3D TEE在评估左心耳结构和功能中的研究现状及进展进行综述。

### 一、左心耳的结构和形态

左心耳深度和宽度均 $\geq 10$  mm的长管型结构被定义为分

叶,可分为单叶(13.4%)、双叶(43.3%)、三叶(32.8%)、四叶及以上(10.5%)<sup>[1]</sup>。RT-3D TEE通过切割左心耳内部结构及整体轮廓的三维图像对左心耳分叶进行判定,可多方位观察左心耳中不规则形态的解剖结构,能更精确地判断左心耳的分叶数。根据对三维实时重建图像的切割,将左心耳外形分成:①菜花型(8.4%):深度浅,开口多为不规则形状,由不占主导且不同数量的叶片构成复杂的内部结构;②仙人掌型(15.3%):1个明显的主叶片从上下两端的不同方向伸展发出副叶片;③风向袋型(33.6%):1个足够长度的主叶片作为一级结构,并从其不同位置发出2~3个叶片;④鸡翅型(42.7%):在主叶片的近端或中部出现明显的弯曲反折,也可有第2个叶片<sup>[2]</sup>。

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81873901);重庆市自然科学基金重点项目(cstc2019jcyj-zdxmX0020)

作者单位:400010 重庆市,重庆医科大学第二附属医院超声科 重庆医科大学超声影像学研究所

通讯作者:任建丽, Email: renjianli\_1977@163.com

Bai 等<sup>[3]</sup>应用 RT-3D TEE 评估 200 例心房颤动(以下简称房颤)患者的左心耳结构和形态,左心耳的重建平面从 3D 数据在心电图 R 波开始时集中获得,通过将 RT-3D TEE 与 CT 对左心耳各测量参数进行相关性分析,结果发现两者具有较好的相关性和一致性(均  $P < 0.001$ );与 CT 比较,RT-3D TEE 对左心耳口面积、宽度及左心耳深度的测值虽偏小,但因 RT-3D TEE 可以提供实时的左心耳三维视图,在左心耳封堵过程中发挥关键的监测和指导作用。Song 等<sup>[4]</sup>应用 RT-3D TEE 获取左心耳的横截切面及长轴切面,较 2D TEE  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $180^\circ$  的切面而言可以更准确地测量左心耳开口最大直径和最小直径、左心耳深度、左心耳开口面积(LAA-O)等参数。由此可见,应用 2D TEE、RT-3D TEE、CT 在评估左心耳结构中,对比 2D TEE 视角的局限性、CT 的辐射及操作的不便性,RT-3D TEE 是一种更好的测量方式。

## 二、左心耳的功能

左心耳是胚胎发育期间左房的残余物,具有主动收缩、舒张功能。其血流频谱呈规则的特征性波形:左心耳向上的排空频谱由左心耳主动收缩产生,以左心耳最大排空速度(LAAeV)表示,既代表了左心耳的排空功能,也反映了左心耳的收缩功能;左心耳向下的充盈频谱由肺静脉充盈左心耳形成,以左心耳最大充盈速度表示,其代表了左心耳弹性回缩或当房室间压力差消失时的充盈功能,也可反映左心耳的心肌顺应性<sup>[5]</sup>。在临床未应用 RT-3D TEE 之前,因左心耳解剖结构及运动方向的易变性,普遍应用 2D TEE 的频谱多普勒测定左心耳血流排空速度(PEV),间接评估其收缩及舒张功能。张娟等<sup>[6]</sup>应用 RT-3D TEE 证实左心耳排空分数与 PEV 呈显著正相关(三维面积法、三维容积法相关系数分别为 0.553、0.465,均  $P < 0.05$ ),且应用三维技术较二维技术测量的排空分数与 PEV 的相关性更高(三维面积法、三维容积法、二维面积法相关系数分别为 0.553、0.465、0.462,均  $P < 0.05$ ),这可能是由于三维技术显示左心耳整体的容积变化,更接近于真实的左心耳解剖结构,而二维面积法的测量仅代表某一平面上的变化,不能准确反映左心耳整体的机械功能,故 RT-3D TEE 测量的左心耳排空分数是体现左心耳收缩舒张功能的关键指标。

## 三、左心耳结构和功能的临床应用价值

### 1. 评估左心耳封堵器型号

房颤是最常见的室上性快速心律失常,血栓作为其常见并发症,是造成脑卒中的重要危险因素,而左心耳因其形态、肌小梁、梳状肌结构等因素是血栓形成的重要部位。近年来,经皮左心耳封堵术在口服抗凝药出血风险高的房颤患者中应用广泛,术前应用 RT-3D TEE 测量左心耳开口直径、封堵器锚定区直径、深度等参数以选择合适的封堵器型号,通过使用任意平面切割裁剪左心耳可了解其形态、分叶数、大小及走向等影响经皮左心耳封堵术成功的因素,以最大程度地降低封堵的失败率<sup>[7-8]</sup>。

Zhou 等<sup>[8]</sup>应用 RT-3D TEE、2D-TEE、CT、X 线透视下左心耳造影测量 28 例行左心耳封堵术的房颤患者的左心耳开口直径、左心耳深度,结果发现 RT-3D TEE 测值与最终选择封堵器型号的相关性较 2D-TEE 测值更高,且应用 RT-3D TEE 发现了

3 例残余漏,而 2D TEE 仅发现 1 例残余漏。因左心耳开口直径及形态存在个体差异,目前主要通过测量左心耳开口最大直径来确定封堵器尺寸,不同形状的左心耳开口最大直径与最小直径差异较大, Jia 等<sup>[9]</sup>根据左心耳开口形状将其分为圆形、椭圆形、足形、三角形、水滴形,并对行左心耳封堵术中更换过封堵器型号的 4 例患者进行分析,结果发现当左心耳开口最大直径与最小直径的比值  $> 1.4$  时,左心耳开口形状较扁,由于封堵器为圆形,因此仅通过左心耳开口最大直径确定封堵器型号可能产生较大误差。但左心耳周长和面积相对恒定,故 Schmidt-Salzman 等<sup>[10]</sup>应用 RT-3D TEE 测量 55 例使用 Watchman 封堵器行左心耳封堵术的房颤患者的左心耳开口面积、周长,发现通过周长计算出的左心耳直径(PDD)、通过面积计算出的左心耳直径(ADD)与实际选择的封堵器型号有较好的相关性,且较 2D TEE 测值的相关性好。金沁纯等<sup>[11]</sup>应用 RT-3D TEE、2D TEE、X 线透视下左心耳造影评估左心耳开口最大直径,对 PDD 预测封堵器尺寸与最终植入封堵器型号进行相关性分析,结果发现置入封堵器型号与 PDD、2D TEE、RT-3D TEE 测得的左心耳开口最大直径均呈正相关( $r = 0.859$ 、 $0.606$ 、 $0.634$ ,均  $P < 0.001$ ),而与 X 线透视下左心耳造影的测值相关性较差,且 PDD 预测的封堵器型号与最终使用的封堵器型号一致性最好( $K = 0.778$ ,  $P < 0.001$ )。Yosefy 等<sup>[12]</sup>应用 RT-3D TEE、2D TEE、CT 对 30 例行左心耳封堵术患者的左心耳开口最大直径进行测量,发现 RT-3D TEE 的测值与 CT 测值比较差异无统计学意义[( $24.5 \pm 4.7$ )mm vs. ( $24.6 \pm 5.0$ )mm],且 RT-3D TEE 无辐射、方便,故更适合于评估左心耳开口直径以选择合适的封堵器型号。

### 2. 评估左心耳血栓

左心耳内血栓形成是房颤最常见的并发症,局部血栓形成后脱落可随血液循环至各处动脉导致脑卒中与栓塞,故预防左心耳血栓形成是房颤患者抗凝治疗的主要目的。Squara 等<sup>[13]</sup>分别应用 2D TEE 和 RT-3D TEE 评估 104 例房颤患者左心耳内血栓情况,发现因左心耳梳状肌、多分叶及左心耳脊部混响效应形成伪像等原因导致 2D TEE 判断左心耳血栓有一定误差,其中有 12 例患者 2D TEE 不能明确血栓存在,应用 RT-3D TEE 通过分析多个连续心动周期包含整个左心耳可疑为血栓的图像,最终 1 例确诊为血栓,证实 RT-3D TEE 可有效鉴别血栓与左心耳解剖学变异(梳状肌、多分叶等)。同时 RT-3D TEE 对检出梳状肌内血栓的特异性较高<sup>[14]</sup>;若显示左心耳内回声越高且呈云雾状改变的自发显影,则形成血栓和发生脑卒中的可能性较大。RT-3D TEE 对左心耳内自发显影的检出率较高,可及早进行干预,减少和预防体循环栓塞的发生<sup>[15]</sup>。此外,RT-3D TEE 在评估栓子大小、活动性、类型、部位及与周围结构的毗邻关系方面均较 2D TEE 更具优势。

Chen 等<sup>[16]</sup>对 444 例非瓣膜性房颤患者在房颤射频消融术前进行评估,应用 RT-3D TEE 测量左心耳开口直径、面积、深度、收缩和舒张末期容积,以及通过左心耳容积推算左心耳射血分数等,利用三维重建观察左心耳形态,结果发现随着欧洲心脏病协会制定的房颤栓塞风险评估(CHA2DS2-VASc)的增

加,左心耳开口直径、面积和舒张末期容积均增加,而排空率降低;患有左心耳血栓的患者相对于无血栓者的舒张末期容积增加 $[(7.39\pm 3.47)\text{ml vs. } (5.21\pm 2.59)\text{ml}, P=0.003]$ ,多呈菜花样形态 $(64.3\% \text{ vs. } 25\%, P=0.004)$ ,提示舒张末期容积增加及菜花样形态的左心耳预测血栓风险独立于CHA2DS2-VASc评分,提高了预测房颤和脑卒中的准确率。

既往研究<sup>[17]</sup>表明PEV、左心耳二维下的面积变化率(2D-FAC)是预测血栓形成的独立因素,但心肌纤维螺旋化使2D TEE的扫查切面与左心耳长轴最大面不一致,故有学者<sup>[18]</sup>应用RT-3D TEE的三维容积法测量左心耳射血分数(3D-EF),结果发现其与2D-FAC相关性较好 $(r=0.88, P<0.05)$ ,能较好地反映左心耳的收缩功能。通过比较正常对照组与房颤有、无血栓组的PEV、左心耳间侧壁和外侧壁的心肌组织速度、左心耳间侧壁和外侧壁最大舒张期平均应变率、2D-FAC、3D-EF,发现房颤患者左心耳体积的改变是整体、弥漫性的,左心耳射血分数随着容积的增大而降低,进而形成血栓。有研究<sup>[19]</sup>表明左心耳舒张末期容积 $>18.45\text{ ml}$ 、左心耳收缩末期容积 $>9.69\text{ ml}$ 为形成血栓的临界值。

### 3. 评估房颤复发

肺静脉在房颤复发中占主导地位,左心耳在非肺静脉中所占比例较高,这可能是由于左心耳开口处环绕的少部分组织与左房形成的原始肺静脉组织相近<sup>[20]</sup>。张晨峰等<sup>[21]</sup>应用RT-3D TEE对76例经药物治疗的阵发性房颤患者的左心耳进行评估,发现左心耳分叶数与左心耳容积是预测房颤复发的独立危险因素。Teixeira等<sup>[22]</sup>研究表明左心耳容积 $>8.825\text{ ml}$ 预测房颤复发的敏感性为94%,特异性为66%,这可能与房颤复发和心房重构导致的自律性增强、折返机制有关,由于左心耳形态和大小较功能改变对心房重构的影响更大<sup>[23]</sup>,故对房颤复发也有较大的影响,但该研究未纳入行房颤射频消融术病例。He等<sup>[24]</sup>应用RT-3D TEE对房颤射频消融术患者的LAAeV、EF、容积、长径等指标进行评估,发现射频消融术中影响房颤复发的危险因素有LAAeV、EF,与袁迎芳<sup>[25]</sup>应用CT对左心耳进行评估的结论一致。

### 四、展望

RT-3D TEE可清晰显示左心耳复杂的内部解剖结构,从而更精确地评估左心耳的大小、形态、组织结构及功能,在监测血栓形成、预估房颤术后复发,以及左心耳封堵术前检查、术中监测、术后随访中均有重要作用,但RT-3D TEE在图像质量及成像速度上较2D TEE未见更大优势,相信随着技术的不断发展,RT-3D TEE能在更多领域及疾病中发挥不可替代的作用。

### 参考文献

- [1] 邱悦,杨军,马春燕,等.经食管实时三维超声心动图对房颤患者左心耳形态及功能的初步研究[J].中国超声医学杂志,2015,31(5):410-412.
- [2] Petersen M, Roehrich A, Balzer J, et al. Left atrial appendage morphology is closely associated with specific echocardiographic flow pattern in patients with atrial fibrillation [J].Europace, 2015, 17(4):539-545.
- [3] Bai W, Chen Z, Tang H, et al. Assessment of the left atrial appendage structure and morphology: comparison of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography and computed tomography [J].Int J Cardiovasc Imaging, 2017, 33(5):623-633.
- [4] Song H, Zhou Q, Deng Q, et al. Morphologic assessment of the left atrial appendage in patients with atrial fibrillation by gray values-inverted volume-rendered imaging of three-dimensional transesophageal echocardiography: a comparative study with computed tomography [J].J Am Soc Echocardiogr, 2016, 29(11):1100-1108.
- [5] Donal E, Yamada H, Leclercq C, et al. The left atrial appendage, a small, blind-ended structure: a review of its echocardiographic evaluation and its clinical role [J].Chest, 2005, 128(3):1853-1862.
- [6] 张娟,刘琳,崔存英,等.经食管实时三维超声心动图评价房颤患者左心耳机械功能及峰值速度的研究[J].中国超声医学杂志,2016,32(9):790-793.
- [7] 张娟,刘琳,张连仲.实时三维经食管超声心动图在左心耳封堵术中的应用[J].中华实用诊断与治疗杂志,2017,31(1):98-101.
- [8] 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, 2017, 96(4):5637.
- [9] Jia D, Zhou Q, Song H N, et al. The value of the left atrial appendage orifice perimeter of 3D model based on 3D TEE data in the choice of device size of LAmbre™ occluder [J].Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35(10):1841-1851.
- [10] Schmidt-Salzmann M, Meincke F, Kreidel F, et al. Improved algorithm for ostium size assessment in Watchman left atrial appendage occlusion using three-dimensional echocardiography [J].J Invasive Cardiol, 2017, 29(7):232-238.
- [11] 金沁纯,张晓春,孔德红,等.经三维食道超声心动图定量测量左心耳(LAA)周长在左心耳封堵术中的应用价值[J].复旦学报(医学版),2019,46(6):769-775.
- [12] Yosefy C, Laish-Farkash A, Azhibekov Y, et al. A new method for direct three-dimensional measurement of left atrial appendage dimensions during transesophageal echocardiography [J].Echocardiography, 2016, 33(1):69-76.
- [13] Squara F, Bres M, Baudouy D, et al. Transesophageal echocardiography for the assessment of left atrial appendage thrombus: Study of the additional value of systematic real time 3D imaging after regular 2D evaluation [J].Echocardiography, 2018, 35(4):474-480.
- [14] Marek D, Vindis D, Kocianova E. Real time 3-dimensional transesophageal echocardiography is more specific than 2-dimensional TEE in the assessment of left atrial appendage thrombosis [J].Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub, 2013, 157(1):22-26.
- [15] 李小丹,杨文双,王钊.经食道实时三维超声心动图对左心耳内自发显影诊断价值[J].影像研究与医学应用,2017,1(13):96-97.
- [16] Chen ZX, Bai WJ, Li C, et al. Left atrial appendage parameters assessed by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography predict thromboembolic risk in patients with nonvalvular atrial fibrillation [J].J Ultrasound Med, 2017, 36(6):1119-1128.
- [17] 袁伟,齐妙,隋仑,等.经食管超声对房颤患者左心耳功能及血栓

形成独立危险因素的探讨[J].中国超声医学杂志,2016,32(5):418-421.

[18] 郝晓一,张越,谢广平,等.实时三维经食管超声心动图检查对心房颤动患者左心耳功能的评价[J].中国超声医学杂志,2018,34(6):519-521.

[19] Gan L, Yu L, Xie M, et al. Analysis of real-time three dimensional transesophageal echocardiography in the assessment of left atrial appendage function in patients with atrial fibrillation [J]. Exp Ther Med, 2016, 12(5):3323-3327.

[20] Douglas YL, Jongbloed MR, Gittenberger-de Groot AC, et al. Histology of vascular myocardial wall of left atrial body after pulmonaryvenous incorporation [J]. Am J Cardiol, 2006, 97 (5) : 662-670.

[21] 张晨峰,李静,刘伟,等.左心耳超声心动图学指标与阵发性心房颤动

药物治疗后复发的关系[J].中国循环杂志,2018,33(8):777-780.

[22] Teixeira PP, Oliveira MM, Ramos R, et al. Left atrial appendage volume as a new predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation[J]. J Interv Card Electrophysiol, 2017, 49(3):1-7.

[23] Yu-ki I, Kunihiro N, Takeshi K, et al. Atrial fibrillation pathophysiology: implications for management [J]. Circulation, 2011, 124(20):2264-2274.

[24] He Y, Zhang B, Zhu F, et al. Transesophageal echocardiography measures left atrial appendage volume and function and predicts recurrence of paroxysmal atrial fibrillation after radiofrequency catheter ablation [J]. Echocardiography, 2018, 35(7):985-990.

[25] 袁迎芳.左心耳解剖结构及功能与房颤射频消融术后复发的关系[D].河北医科大学,2019.

(收稿日期:2020-03-05)

· 病例报道 ·

### Ultrasonic manifestations of snake bite: a case report 手腕部蛇咬伤超声表现 1 例

王佳佳 王金萍 李保启

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]B

患者男,82岁,因蛇咬伤右手小指4h肿痛不适入院,自述伤口剧烈疼痛并少量出血,无头晕、头痛,无恶心呕吐、腹痛、腹泻等全身症状。超声检查:右手小指蛇咬伤伤口周边皮肤浅筋膜层明显水肿,组织间隙增宽,呈“栅栏样”改变(图1),伤口部位的尺侧腕伸肌腱附着端回声减低,失去正常肌腱的纤维束状高回声(图2);彩色多普勒及能量多普勒于伤口周围组织均未探及明显血流信号,第五掌骨底骨皮质未见明显异常。超声提示:①右腕部皮下软组织水肿;②右腕部腕伸肌腱附着端回声减低,考虑蛇咬伤后改变。

讨论:对蛇咬伤伤口处进行超声检查,观察伤口处皮肤、皮下浅筋膜及伤口部位的肌腱、骨质有无受侵有利于临床早期确定患者病情。本例患者被咬伤部位皮肤层及皮下浅筋膜层出现组织间隙增宽,其内表现为无回声充填,可能是蛇咬伤后患者局部淋巴回流受阻引起的淋巴水肿。蛇咬伤患者早期病理上表现为急性毛细淋巴管炎<sup>[1]</sup>;临床表现为伤口处肿胀、疼痛、皮肤发红和体温升高;超声表现为特异性的浅筋膜淋巴水肿,呈“栅栏样”改变<sup>[2]</sup>。动态随访观察皮下有无脓肿形成对临床治疗有重要意义。本例患者出现腕伸肌腱附着端正常纤维束回声消失,肌腱回声减低,分析其原因可能与蛇咬伤后毒素分泌,入侵肌纤维有关<sup>[3]</sup>。临床上通过肉眼难以判断肌肉及肌腱的损伤程度,应用超声技

术评估咬伤部位的肌腱,以及是否出现深部肌肉组织坏死、脓肿形成,有助于指导临床采取合适的治疗手段。综上所述,对蛇咬伤的患者进行超声检查,可为临床医师评估患者皮肤、皮下组织、肌肉、肌腱的病变程度提供有价值的影像学信息。

#### 参考文献

[1] Hifumi T, Sakai A, Kondo Y, et al. Venomous snake bites: clinical diagnosis and treatment [J]. J Intensive Care, 2015, 3(1):16-25.

[2] 孙一红.毒蛇咬伤肢体的超声影像特征[J].现代实用医学,2007,19(10):830-831.

[3] 聂绍良,李晓葵,曾蕾莉,等.中华眼镜蛇咬伤致局部组织损伤的分期治疗[J].中国急救医学,2008,28(12):1144.

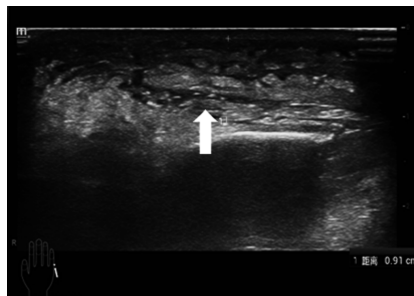


图1 蛇咬伤部位超声图像(箭头示皮下淋巴水肿)

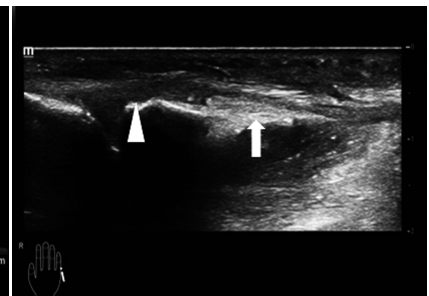


图2 右手尺侧腕伸肌腱超声图像(箭头示尺侧腕伸肌腱;▲示局部肌腱回声减低模糊)

(收稿日期:2019-10-16)