

经食管超声心动图评估左心耳形态结构和功能的研究进展

陈晓灿^{1,2}

¹山东大学研究生院, 山东 济南

²济南市中心医院心血管内科, 山东 济南

收稿日期: 2023年10月3日; 录用日期: 2023年10月27日; 发布日期: 2023年11月3日

摘要

左心耳是心房颤动患者血栓最常见的发生部位, 评估左心耳形态结构和功能可为心房颤动患者早期卒中风险评估提供重要参考依据, 使其成为研究热点。本文就经食管超声心动图评估左心耳结构、功能研究进展进行综述。

关键词

超声心动描记术, 左心耳

Research Progress of Transesophageal Echocardiography in Evaluating the Morphological Structure and Function of the Left Atrial Appendage

Xiaocan Chen^{1,2}

¹Graduate School of Shandong University, Jinan Shandong

²Department of Cardiovascular Medicine, Jinan Central Hospital, Jinan Shandong

Received: Oct. 3rd, 2023; accepted: Oct. 27th, 2023; published: Nov. 3rd, 2023

Abstract

The left atrial appendage is the most common site of thrombosis in patients with atrial fibrillation. Evaluating the morphological structure and function of the left atrial appendage can provide an

important reference for the risk assessment of early stroke in patients with atrial fibrillation, making it a research hotspot. This article reviews the progress of transesophageal echocardiography in evaluating the structure and function of the left atrial appendage.

Keywords

Echocardiography, Left Atrial Appendage

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自 1953 年世界首例经食管超声心动图(Transesophageal echocardiograph, TEE)成功以来, 此技术在心血管领域的应用取得长足发展。TEE 具有图像清晰, 可实时显示左心耳形态结构和血流动力学状态, 其中实时三维经食管超声心动图(real-time 3D transesophageal echocardiography, RT-3D-TEE)还可具有实时采集、快速成像和同步显示立体影像等优点, 且 3D zoom 图像可采用计算机后处理, 可任意切割旋转, 重复性好, 因而有利于精确定位和复杂病变的诊断。近年来 TEE 在左心耳形态结构和功能评价以及指导治疗中应用较广泛, 具有其他技术无可比拟的优点。

2. 左心耳的形态结构和功能

1) 左心耳心态结构左心耳起源于主心房左壁, 形成于胚胎发育的第四周, 主要由原始肺静脉及其分支的吸收形成[1]。它是从左心房主体伸出的一个类似手指状突起, 其内部具有丰富的梳状肌与肌小梁。外观是一个非常扁平的管状结构, 有锯齿, 通常有一个或多个末端终止于尖端[2]。左心耳形态分类主要有鸡翅型、风向带型、仙人掌型、菜花型四大类, 其中鸡翅型最常见。利用左心耳结构特征可预测血栓形成, 有助于改进心源性栓塞性卒中的风险评估[3]。研究指出左心耳开口平面与长径夹角是预测卒中的独立危险因素[4], 左心耳开口平面与长径夹角越大, 血流速度减慢越快, 远端越易形成涡流, 则更容易形成血栓, 关于心房颤动患者早期卒中风险评估改进还需进一步的研究。

2) 左心耳功能左心耳具有神经激素和机械功能。左心耳具有产生心钠肽和脑钠肽的内皮细胞, 且含有高浓度的心钠肽颗粒, 具有调整水钠潴留的作用。这些功能有助于左心房压力升高时起到减压的作用[5]。心耳的机械性质在于其收缩性, 较左心房的收缩功能更为强大。非瓣膜性房颤患者左心房血栓约 90%~100%来源于左心耳[6]。当房颤发生时, 左心耳需要扩大直径并增强主动收缩, 以缓解左心房的高压, 从而降低左心房的充盈和排空速度, 由于心耳壁的扩张和不规则的向内运动, 左心耳无法完全排空, 狭长的管状盲端结构加重血流缓慢或者淤滞, 最终易导致血栓形成。研究表明左心房开口直径随着房颤的进展而增加, 并与持续性房颤动的持续时间相关[7]。

3. 经食管超声心动图

1) 二维经食管超声心动图经食管超声心动图是评估和研究左心耳形态和解剖学的金标准[8]。当左心耳发生血栓时, TEE 可显示低回声团块, 当血流自发显影时可显示云雾状回声, 经食管超声心动图可避开胸壁、肋骨及肺组织, 更清晰地观察心内结构变化, 是检测血栓最常用的方法。经胸超声心动图不易发现左心耳内病变, 而超声心动图能很好的发现左心耳内病变, 诊断左心耳内病变的敏感性为 100%。经

食管超声心动图可以对左心耳进行实时形态学和功能评估，是左心耳封堵术前血栓检测、手术指导、设备周围泄漏和术后设备相关血栓评估的参考标准[9]。

2) 频谱多普勒左心耳排空分数是能够反映 LAA 机械状态的最有价值的指标，频谱多普勒测量左心耳排空速度是最常见的方法，在窦性心律受试者中，左心耳的脉冲多普勒速度图显示为四相或三相模式，在房颤患者中，LAA 的流速分布呈锯齿状，它的振幅在整个心脏周期中变化，在心室收缩期间趋于较低[10]。频谱多普勒测定左心耳排空速度小于 20 cm/s 可预测房颤患者栓塞。

3) 组织多普勒(tissue Doppler imaging, TDI)可反应心肌状态，从而测量左心耳的运动速度，可更直接地评估左心房收缩和舒张功能。应用该技术发现持续性房颤患者左心耳壁各节段的收缩期峰值速度、舒张期峰值速度均显著降低，持续性房颤患者的心房收缩舒张功能整体下降，研究表明 TEE 联合 TDI 技术诊断左心耳血栓形成的敏感度、特异性、准确性均更高，经食管超声心动图联合组织速度成像可以全面评估患者的左心耳功能[11]。一研究采用 TDI 技术评估左心耳区域壁速度似乎是识别阵发性房颤患者的一种很有前途的方法[12]。应变率成像(strain rate imaging, SRI)是从组织速度显像中衍生出来，分析组织速度阶差从而判断收缩情况，无角度依赖性，能更好地了解 and 定量局部心肌功能。研究表明经食管超声心动图联合组织多普勒应变率成像可对非瓣膜性房颤(non-valvular atrial fibrillation, NVAF)患者左心耳形态与整体功能进行定量评估，左心耳血栓形成与左心耳排空流速、收缩期运动速度和舒张期应变率降低有关[13]。

4) 二维斑点追踪技术通过逐帧追踪二维切面图像上心肌组织的声学斑点检测相邻斑点回声间距离变化的程度，反映了心肌组织的收缩和舒张能力。应用该技术研究显示心房颤动患左心应变峰值降低是 LAA 功能障碍的独立预测因子[14]。二维斑点追踪技术可以很好地评价左心耳机械功能[15]。Morais 等[16]研究发现 LAA 血栓患者较高的血栓流动性似乎与血栓溶解有关，经食管超声心动图二维斑点追踪技术跟踪血栓运动是可行的。

5) 实时三维经食管超声心动图实时三维经食管超声心动图(real-time 3D transesophageal echocardiography, RT-3D-TEE)能够立体直观地从任意角度观察左心耳，从任意平面对图像进行切割，可以将左心耳多样的形态及结构显示出来，并能对左心耳容积、面积、开口内径等精准测量[17]。RT-3D-TEE 具有更高空间分辨率，即使在质量图像刚刚足够的情况下，仍能精确测量左心耳的弯曲角、孔口面积等结构[18]。经食管超声心动图三维玻璃渲染模式具有透明度和光源操作等独特的编辑工具，能更容易地发现左心耳的副叶或弯曲[19]。相对于 2D-TEE，RT3D-TEE 更能准确评估 NVAF 患者的左心耳功能[20]。左心耳排空分数是能够反映左心耳机械状态的最有价值的指标，张恒等[21]采用 RT-3D-TEE 直观观察左心耳形态及体积变化，从而准确地评估左心耳的排空分数，表明左心耳分叶数增多、排空功能减低与左心耳血栓有关，左心耳排空功能减低是左心耳血栓形成的独立危险因素。Deng 等人[22]研究发现在所有的房颤患者中，2D-TEE 确定血栓诊断率略高于 3D-TEE，但 3D-TEE 的不确定性血栓诊断率与 2D-TEE 相比显著降低。RT-3D-TEE 模式的添加可以明确的区分 LAA 仅存在梳状肌和顶端血栓[23]。2D-TEE 无法很好地区分左心耳底部的梳状肌和小血栓，而 3D-TEE 由于其周围和内部结构高度可视化，可以很容易地区分它们。

在左心耳封堵术中，RT-3D-TEE 较 2D-TEE 在左心耳口的测量更为精准，并直观立体地显示左心耳叶的数量和主叶的大致方向[24] [25]。RT-3D-TEE 为选择适当的封堵器提供更加可靠的依据，在左心耳封堵术中有良好的封堵效果。

6) 三维斑点追踪成像(3D-speckle tracking imaging, 3D-STI)是在三维空间下的追踪心肌斑点回声的回声轨迹，刘俊兰等人[26]观察持续性房颤组、阵发性房颤组、未发生房颤组三组患者的左房、左室功能、

左心耳血流、形态与功能、左心耳各节段排空分数、左心耳各阶段舒张期与收缩期应变率之间的差异均显著,可见三维超声心动图斑点追踪技术对房颤患者左心耳功能评估有一定价值。

7) 经食管超声造影声学造影具有无创性、可床旁、实时显影、可重复性强等优势,可结合三维超声心动图等其他超声技术,更加准确地评估左心耳功能。声学造影包括心腔声学造影和心肌声学造影,在评估左心耳结构和功能方面,对于经食管超声心动图的可疑血栓,结合声学造影更具准确性,最大程度地排除血栓的可能。TEE 结合声学造影在直流转复(direct current cardioversion, DCCV)前排除左心耳血栓的研究中发现,声学造影的获益在不确定非增强图像上是否存在血栓以及存在自发超声显影(spontaneous echo-contrast, SEC)的情况下最为明显,且 TEE 和造影增强成像期间均未发生严重不良事件[27][28][29]。声学造影在内皮化监测进展方面优于彩色多普勒血流显像,声学造影用于监测左心耳封堵术后评估是可行的[30]。

4. 展望及局限性

TEE 具有图像清晰、无辐射损害,可实时显示心脏内结构和血流动力学状态,TR-3D-TEE 术前评估左心耳形态、测量左心耳大小以选择合适的封堵器,术中引导房间隔、监测封堵器的输送和释放,术后评价封堵效果并观察有无并发症,在左心耳封堵术的评估中具有不可替代的优势,但仍有一定的局限性。如果经胸三维超声心动图能够获得经食管实时三维超声心动图一样清晰、高分辨力的图像可拥有更加广阔的应用空间。

参考文献

- [1] Al-Saady, N.M., Obel, O.A. and Camm, A.J. (1999) Left Atrial Appendage: Structure, Function, and Role in Thromboembolism. *Heart*, **82**, 547-554. <https://doi.org/10.1136/hrt.82.5.547>
- [2] Beigel, R., Wunderlich, N.C., Ho, S.Y., et al. (2014) The Left Atrial Appendage: Anatomy, Function, and Noninvasive Evaluation. *JACC: Cardiovascular Imaging*, **7**, 1251-1265. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.08.009>
- [3] Castellani, C., Gao, Y., Kim, H., et al. (2023) Left Atrial Appendage Structural Characteristics Predict Thrombus Formation. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, **34**, 1683-1689. <https://doi.org/10.1111/jce.15994>
- [4] 王鑫焱, 陈韬, 卢旭, 等. 非瓣膜性心房颤动患者左心耳解剖形态及相关参数与卒中的关系[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31(7): 695-700.
- [5] Dudzińska-Szczerba, K., Kułakowski, P., Michałowska, I., et al. (2022) Association between Left Atrial Appendage Morphology and Function and the Risk of Ischaemic Stroke in Patients with Atrial Fibrillation. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*, **11**, e09. <https://doi.org/10.15420/aer.2022.08>
- [6] Developed with the Special Contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA), Endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), Authors/Task Force Members, et al. (2010) Guidelines for the Management of Atrial Fibrillation: The Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, **31**, 2369-2429.
- [7] Takaya, Y., Nakayama, R., Yokohama, F., et al. (2022) Left Atrial Appendage Morphology with the Progression of Atrial Fibrillation. *PLOS ONE*, **17**, e0278172. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278172>
- [8] 经食管超声心动图临床应用中国专家共识专家组. 经食管超声心动图临床应用中国专家共识[J]. 中国循环杂志, 2018, 33(1): 11-23.
- [9] Gilhofer, T.S. and Saw, J. (2020) Periprocedural Imaging for Left Atrial Appendage Closure. *Cardiac Electrophysiology Clinics*, **12**, 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2019.11.007>
- [10] Ito, T. and Suwa, M. (2023) Assessment of Left Atrial Appendage Function by Echocardiography. *Heart Failure Reviews*, **28**, 1177-1187. <https://doi.org/10.1007/s10741-023-10298-2>
- [11] 王金清, 朱悠悠, 张婕妤. 经食管超声心动图联合组织速度成像对持续性房颤患者左心耳血栓形成的预测价值[J]. 中国现代医生, 2023, 61(19): 63-66+105.
- [12] Farese, G.E., Tayal, B., Stöbe, S., et al. (2019) Regional Disparities of Left Atrial Appendage Wall Contraction in Patients with Sinus Rhythm and Atrial Fibrillation. *Journal of the American Society of Echocardiography*, **32**, 755-762. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2019.01.016>

- [13] 刘秋颖, 王璐璐, 薛海萍. 经食管超声心动图联合组织多普勒应变率成像对非瓣膜性心房颤动患者左心耳整体功能评估的研究[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2022, 29(4): 555-558.
- [14] Wang, Y., Li, M., Zhong, L., *et al.* (2020) Left Atrial Strain as Evaluated by Two-Dimensional Speckle Tracking Predicts Left Atrial Appendage Dysfunction in Chinese Patients with Atrial Fibrillation. *Cardiology Research and Practice*, 2020, Article ID: 5867617. <https://doi.org/10.1155/2020/5867617>
- [15] Wang, L., Fan, J., Wang, Z., *et al.* (2022) Evaluating Left Atrial Appendage Function in a Subtype of Non-Valvular Atrial Fibrillation Using Transesophageal Echocardiography Combined with Two-Dimensional Speckle Tracking. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 12, 2721-2731. <https://doi.org/10.21037/qims-21-942>
- [16] Morais, P., Nelles, D., Vij, V., *et al.* (2022) Assessment of LAA Strain and Thrombus Mobility and Its Impact on Thrombus Resolution—Added-Value of a Novel Echocardiographic Thrombus Tracking Method. *Cardiovascular Engineering and Technology*, 13, 950-960. <https://doi.org/10.1007/s13239-022-00629-z>
- [17] 伍明月. 经食管实时三维超声心动图评价左心耳形态结构及功能的研究进展[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(2): 9-11.
- [18] Wollborn, J., Schuler, A., Sheu, R.D., *et al.* (2023) Real-Time Multiplanar Reconstruction Imaging Using 3-Dimensional Transesophageal Echocardiography in Structural Heart Interventions. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 37, 570-581. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2022.11.011>
- [19] Fiore, G., Gasparone, C., Ingallina, G., *et al.* (2023) Accuracy and Reliability of Left Atrial Appendage Morphology Assessment by Three-Dimensional Transesophageal Echocardiographic Glass Rendering Modality: A Comparative Study with Computed Tomography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 36, 1083-1091. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2023.05.013>
- [20] 张又红, 伍伟科, 郑剑. 经食管实时三维超声心动图评估非瓣膜性房颤患者左心耳功能的价值观察[J]. 广州医科大学学报, 2022, 50(1): 46-50.
- [21] 张恒, 温赐祥, 朱文燕, 等. 经食管实时三维超声心动图评估心房颤动患者左心耳结构及其与血栓形成的相关性[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2018, 15(3): 191-197.
- [22] Deng, B., Nie, R., Qiu, Q., *et al.* (2021) 3D Transesophageal Echocardiography Assists in Evaluating the Morphology, Function, and Presence of Thrombi of Left Atrial Appendage in Patients with Atrial Fibrillation. *Annals of Translational Medicine*, 9, 876-876. <https://doi.org/10.21037/atm-21-1981>
- [23] Dentamaro, I., Vestito, D., Michelotto, E., *et al.* (2017) Evaluation of Left Atrial Appendage Function and Thrombi in Patients with Atrial Fibrillation: From Transthoracic to Real Time 3D Transesophageal Echocardiography. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, 33, 491-498. <https://doi.org/10.1007/s10554-016-1026-6>
- [24] 姚龙. 实时三维经食管超声心动图在左心耳封堵术中的应用价值[J]. 中国实用医刊, 2023, 50(7): 94-97.
- [25] Zhang, L., Cong, T. and Liu, A. (2019) Percutaneous Closure of the Left Atrial Appendage: The Value of Real Time 3D Transesophageal Echocardiography and the Intraoperative Change in the Size of the Left Atrial Appendage. *Echocardiography*, 36, 537-545. <https://doi.org/10.1111/echo.14262>
- [26] 刘俊兰, 李慧, 姜玉凤, 等. 经食道实时三维超声心动图斑点追踪技术评价房颤患者左心耳的功能[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2022, 25(2): 204-207.
- [27] Doukky, R., Donenberg, M.J., Parker, J., *et al.* (2019) Use of Ultrasound Enhancing Agents in Transesophageal Echocardiography to Improve Interpretive Confidence of Left Atrial Appendage Thrombus. *Echocardiography*, 36, 362-369. <https://doi.org/10.1111/echo.14228>
- [28] Jung, P.H., Mueller, M., Schuhmann, C., *et al.* (2013) Contrast Enhanced Transesophageal Echocardiography in Patients with Atrial Fibrillation Referred to Electrical Cardioversion Improves Atrial Thrombus Detection and May Reduce Associated Thromboembolic Events. *Cardiovascular Ultrasound*, 11, Article No. 1. <https://doi.org/10.1186/1476-7120-11-1>
- [29] Lozier, M.R., Sanchez, A.M. and Mihos, C.G. (2021) A Systematic Review on the Use of Ultrasound Enhancing Agents with Transesophageal Echocardiography to Assess the Left Atrial Appendage Prior to Cardioversion. *Echocardiography*, 38, 1414-1421. <https://doi.org/10.1111/echo.15150>
- [30] Wu, X., Fan, D., Huang, W., *et al.* (2022) Contrast-Enhanced Transesophageal Echocardiography Predicts Neo-Intimal Coverage of Device Post-Left Atrial Appendage Closure. *Cardiology Journal*, 29, 489-498. <https://doi.org/10.5603/CJ.a2020.0125>