

左心房厚度的研究进展

Research Progress of Left Atrial Thickness

程聪聪¹ 刘晓晨^{2*}

Congcong Cheng¹ Xiaochen Liu^{2*}

1. 承德医学院 中国·河北 承德 067000

2. 沧州市人民医院 中国·河北 沧州 061000

1. Chengde Medical University, Chengde, Hebei, 067000, China

2. Cangzhou People's Hospital, Cangzhou, Hebei, 061000, China

摘要: 基于现有的条件, 已有一些报道利用心脏标本、多层螺旋 CT、心脏磁共振成像技术对左心房的厚度进行测量。我们可以综合不同测量方式得出的结果了解左心房的厚度。

Abstract: Based on the existing conditions, some reports have used heart specimens, multi-slice spiral CT and cardiac magnetic resonance imaging to measure the thickness of the left atrium. We can integrate the results of different measurement methods to understand the thickness of the left atrium.

关键词: 左心房厚度; 心脏标本; 多层螺旋 CT; 心脏磁共振成像

Keywords: left atrial thickness; cardiac specimens; multi-slice spiral CT; cardiac magnetic resonance imaging

DOI: 10.12346/pmr.v4i3.6704

1 引言

目前左心房厚度的测量方法缺乏统一的标准, 如何更加准确地测量左心房的厚度已成为众多研究者关注的焦点。现拟针对左心房厚度的研究进展进行阐述。

心房颤动(简称“房颤”)是心律失常中最常见的一种形式。房颤给人们的生活带来较大的经济负担的同时, 也增加了患者的死亡风险。心房壁厚度的变化影响房颤发作期间的电激活模式, 在房颤发生机制中具有重要作用^[1]。关于房颤的治疗, 2019 年的美国心脏病学会/美国心脏协会/心律失常学会房颤指南中将射频消融术作为药物难以控制的阵发性房颤的首选治疗方式^[2], 有症状且药物无效的持续性房颤的 II a 类推荐。射频消融术的最新进展和技术进步极大地提高了肺静脉隔离治疗心房颤动的成功率和安全性。但术后复发问题一直是医生面临的难题。导管消融期间的低热量与无效的病灶形成相关, 而过高的热量可能导致蒸汽爆裂、血栓形成或心脏穿孔的风险增加, 特别是后壁中的心房食管瘘。而心房厚度也影响导管消融热量的选择。研究发现, 左心房壁

厚的增加与消融后复发的概率呈正相关^[3]。故探究心房壁厚度可以增加我们对心房结构驱动房颤的机制的理解, 提高对术后复发情况的预测准确度。现将左心房厚度的研究进展综述如下。

2 基于心脏标本测量左心房壁厚

多数基于心脏标本上的心房壁厚的研究利用卡尺在选定的几个位置进行测量。一项研究在 34 个心脏标本上测量了左心房内的五个部位的壁厚, 分别为: 前壁是 $1.86 \pm 0.59\text{mm}$, 峡部是 $1.6 \pm 0.48\text{mm}$, 后壁是 $1.4 \pm 0.46\text{mm}$, 心房顶部是 $1.06 \pm 0.49\text{mm}$, 房间隔是 $2.2 \pm 0.82\text{mm}$, 这些部位通常是房颤射频消融的目标部位。顶部是所测区域中厚度最薄的部位, 且男性在各部位平均值和最大值都较高^[4]。有报道^[5]在 298 例心脏标本上利用卡尺在上肺静脉之间 (SPV)、左心房后壁的中心 (CPV) 和下肺静脉之间 (IPV) 三个固定点测量了左心房厚度。发现左心房的后壁厚度从上到下依次增厚, (SPV、CPV 和 IPV 的厚度分别为 $2.3 \pm 0.9\text{mm}$ 、

【作者简介】程聪聪 (1996-), 女, 中国河北沧州人, 在读硕士, 从事内科学研究。

【通讯作者】刘晓晨 (1981-), 男, 中国河北沧州人, 硕士, 副主任医师, 从事心血管内科学研究。

2.5 ± 1.0mm、2.9 ± 1.3mm)。也在较大的标本数量上验证了 BurrHall 等人提及的最薄的部分位于较高的区域的想法。有人在 36 个心脏标本上于三个不同的平面对左心房壁厚进行测量^[6]，包括左、右肺静脉前庭平面和两者之间的平面，在每个平面上选取前后壁的上、中、下及顶部、底部共 8 个点进行测量，其中左、右肺静脉前庭平面之间的平面后壁上的测量点距肺静脉前庭平面开口 10mm 处，前壁上的测量点距肺静脉前庭平面开口 5mm 处，得出前壁组织最厚，而后壁组织最薄的结论。在三个测量平面中，前、后壁的厚度呈现由上、中、下平面递减的梯度变化，这与之前的研究结果相悖，可能是选取的点不同所致。左侧肺静脉前庭平面的顶部、后壁和底部的壁厚较中、右侧肺静脉前庭平面薄，右侧肺静脉前庭平面较中平面薄。而在前壁，左肺静脉前庭的壁厚较中、右肺静脉前庭壁厚。有研究^[7]在 200 例心脏标本上选择四个点测量左心耳孔周围的心肌厚度，认为左心耳孔前部的心肌组织最厚，其次上、下和后三个部位的心肌组织厚度依次递减。并发现上部的组织厚度还与左心耳的形状有关：鸡翅型的左心耳上部的厚度比花椰菜型和箭头型薄，椭圆形的左心耳孔的四个区域的厚度都比圆形的明显更厚。有项研究^[8]在 45 例非心脏原因死亡患者的样本上测得左心房与左、右肺静脉交汇处的厚度范围为 2.8~12mm。其研究报告的数据可以提示某些部位厚度的正常范围。

3 基于多层螺旋 CT 测量左心房厚度

目前，多层螺旋 CT 血管成像已经广泛应用于心血管疾病的诊断，可通过心血管系统的全时相显示评估心脏形态、结构及功能。众所周知，厚度随着年龄、疾病状况、测量点等变化，故对于不同的患者，心房壁的厚度会有所不同。

3.1 按年龄测量

将 180 例无心血管病史的患者^[9]按小于 40 岁、40~49 岁、50~59 岁、60~69 岁、70~79 岁、大于 80 岁分类，左心房后壁的厚度依次是 0.7 ± 0.2mm、1.1 ± 0.3mm、1.5 ± 0.3mm、1.8 ± 0.2mm、1.9 ± 0.2mm、2.4 ± 0.4mm。此研究证实随着年龄的增长，心房厚度也逐渐增加。

3.2 按疾病测量

有报道^[10]将 186 例患者分为阵发性房颤组、持续性房颤组和正常节律组，得出左心房壁厚：阵发性房颤组为 2.4 ± 0.2mm，持续性房颤组为 2.1 ± 0.2mm，正常节律组为 1.9 ± 0.2mm。阵发性房颤的左房壁厚度明显高于正常节律者，说明壁厚可能与房颤的发生有关。阵发性房颤患者的壁厚高于持续性房颤患者，进而说明房颤在发展过程中壁厚会减小。这就不难解释为何有研究^[5]认为房颤患者壁厚小于正常人了。同样的，有人^[11]在 25 例房颤患者和 50 例无房颤患者中测量壁厚，病变组左心房前壁厚度为 1.93 ± 0.44mm，对照组为 1.65 ± 0.44mm。病变组左心房后壁为 1.93 ± 0.40mm，对照组为 1.61 ± 0.31mm，得出房颤时

心房厚度增厚。

3.3 按是否复发测量

壁厚可能与房颤复发有关。有人在 128 例 PAF、85 例 CAF 患者中分别测量 35 个区域的壁厚，发现无论是 PAF 还是 CAF，复发组最大肺静脉窦区厚度、最大左房体区厚度均高于未复发组^[12]。还有人在 732 名患者中测量左心房后壁，270 名出现房颤复发，复发组与未复发左心房后壁分别为 1.61mm 和 1.39mm^[13]，表明厚度的增加对消融后复发有微小但显著的影响^[14]。

3.4 按指定测量点测量

壁厚随测量位置变化，故选择的测量点不同时，结果不同。有报道在^[15]在 64 例房颤患者上测量了 12 个位置（记录参考点 5mm 内可测量的最厚的心肌节段），得出平均左心房壁厚 1.89 ± 0.48mm。中后壁为 1.43 ± 0.44mm，二尖瓣峡部为 2.05 ± 0.47mm，左外侧嵴为 2.10 ± 0.63mm，中上后壁为 2.15 ± 0.74mm。Wi J 等人^[16]在 31 个指定的位置获得的左心房壁厚测量值为 2.4 ± 0.4mm。有人^[17]对 59 例患者测量了射频消融径线（定义为由肺静脉口和左心房之间 10mm 空间组成的区域）下的壁厚，左右两侧肺静脉都分成消融径线下的 8 个部位，发现最薄的心房壁是左后壁（左后上壁为 1.8 ± 0.3mm，左后中和左后下壁为 1.9 ± 0.3mm），后壁的壁厚小于 2mm，这与之前在心脏标本上报道的研究结果相符^[6]。

4 基于心脏磁共振成像技术测量左心房厚度

心血管核磁共振成像（CMR）技术无电离辐射，且对心脏结构的评估具有较高的准确性，从而被广泛应用于心血管疾病方面^[18]。我们普遍认为 CMR 是评估心肌组织活力的金标准，已经被应用于术前了解左心房纤维化情况^[19]。可以利用一种新型 MRI 序列提供的三维全心黑血容量，从中获取左心房壁厚测量值^[20]。该方法在 11 名健康者和 4 名计划射频消融的 CAF 患者中进行了评估，得出健康受试者左心房壁厚为 2.4 ± 0.7mm，CAF 患者左心房壁厚为 2.51 ± 0.61mm。环肺静脉隔离术后短时间内左心房顶部的厚度会有所增加，增加量可能预示着房颤的复发，且有不同部位增加的程度差异显著^[21]。之后，Hsing J 等人^[22]在 15 例房颤患者身上对射频消融前后的同一部位进行测量，发现消融前心房厚度为 7.0 ± 1.8mm，消融后为 10.7 ± 4.1mm，同样说明了消融后的心房壁厚会增加。此项研究中，射频消融之前测量的平均壁厚是 7mm，比大多数病理上的研究和其他影像学研究报告的值更大，这可能是由于 5mm 的切片厚度可能导致测量的 LA 壁增大。虽然 CMR 是心房组织表征的最佳方式，但目前，CMR 精确识别心房壁厚度的能力可能会受到当前可用的 CMR 系统的空间分辨率的限制^[23]。Varela M 等人^[24]在 10 名健康志愿者，2 名房颤患者中使用新颖的 MRI 扫描方式，得出健康者厚度图谱：左心房

2.4 ± 0.7mm。2 例房颤患者心房厚度分别为 3.1 ± 1.3mm 和 2.6 ± 0.7mm，基于此种新型核磁测量壁厚的方法无需药物，这在之前报道中是独一无二的，且研究结果与之前的 CT 报道结果基本一致。Zhao J 等人^[25]利用高分辨率对比增强 MRI 对一名患有慢性高血压，窦性心律的 63 岁女性分析了三维心房的壁厚，同时开发了一种人体心脏计算框架，可用于定量分析结构基质，如壁厚，有助于开发针对患者个体特异性的射频治疗方法。

5 基于计算框架及软件测量左心房厚度

先前报道的用于测量左心房壁厚的技术存在许多限制，且利用指定的测量值描述左心房复杂、不均匀整体壁厚并不可靠^[26]。Sun JY 等人^[27]开发了左心房壁映射程序，可以自动处理和分析左心房壁厚，进而显示出左心房壁厚的全局，实现了心房厚度的可视化。Wang Y 等人^[28]研究出一种可以自动计算双心房壁厚的方法，并在体外和体内人类心房数据上广泛验证了此方法。证实与心脏标本上的数据一致。此方法能够实现双房三维心房厚度的重建和可视化，相对误差为 8%，比现有算法高出 >7%。有可能会改善房颤患者的临床诊断、患者分层和消融治疗期间的临床指导。Karim R 等人^[29]根据既往一些心脏数据(10 例 CT 数据和 10 例心脏核磁数据)确定了计算壁厚的方法，并构建了一个壁厚平均图谱，来演示厚度的变化，还可以预测新发病例的厚度。Teres C 等人^[30]从多探测器计算机断层扫描中获得左心房壁厚三维图，并集成到 CARTO 导航系统中。根据心房壁厚图谱使用个性化的消融能量，实现以较低的射频能量、透视和手术时间进行肺静脉隔离的同时获得较高的隔离成功率。进行随访后发现房颤复发率与之前的消融方案几乎一样。还分析了重新连接点的左心房厚度^[31]。Oh-Seok Kwon 等人^[32]开发了一种利用心脏 CT 图像测量三维心房厚度的软件，且证实该软件测量出的厚度与真实值相符，并在之后的研究中得到应用^[33]。Whitaker John 等人^[34]对 193 名受试者的冠状动脉血管图像进行分析并计算出 LA 壁厚，形成了厚度的三维描述图。在左心房前壁的厚度上，女性比男性偏薄。左心房壁厚在左心房后壁下段最薄(1.14mm)。报告的左心房壁厚与之前研究报告的范围相似。

6 结语

综上所述，左心房的厚度以毫米计量，即使在最厚的部位，心房壁也非常薄。以上几类测量方法尚存在一些缺陷：使用卡尺测量固定的心脏标本可能掺杂纤维化的组织和脂肪，而图像质量的不稳定性和有限的空间分辨率可能会妨碍成像研究中的测量。但是其优点也显而易见，心脏 CT 扫描速度快，成像迅速，安全无创，空间分辨率较高，已广泛应用于左心房壁厚的评估。CMR 可以很好地识别软组织，清楚地观察到软组织的结构及毗邻情况，故利用 CMR 成像评

估心房壁厚度的报道也越来越多。如何更加合理准确地测量左心房壁厚，是我们需要进一步探索的方向。我们可以预期，获得准确的左心房厚度将为临床医生带来更多的信息和价值。

参考文献

- [1] Song J S, Jin W, Hye-Jeong L, et al. Role of atrial wall thickness in wave-dynamics of atrial fibrillation[J]. Plos One, 2017,12(8):182174.
- [2] January C T, Wann L S, Calkins H, et al. 2019 AHA/ACC/HRS Focused Update of the 2014 AHA/ACC/HRS Guideline for the Management of Patients With Atrial Fibrillation[J]. Circulation, 2019.
- [3] Inoue, Jiro, Skanes, et al. Effect of Left Atrial Wall Thickness on Radiofrequency Ablation Success[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2016,27(11):1298-1303.
- [4] Hall B, Jeevanantham V, Simon R, et al. Variation in left atrial transmural wall thickness at sites commonly targeted for ablation of atrial fibrillation[J]. J Interv Card Electrophysiol, 2006,17(2):127-132.
- [5] Platonov P G, Ivanov V, Yen H S, et al. Left atrial posterior wall thickness in patients with and without atrial fibrillation: data from 298 consecutive autopsies[J]. Journal of Cardiovascular Electrophysiology, 2010,19(7).
- [6] Tan H W, Wang X H, Shi H F, et al. Left atrial wall thickness: anatomic aspects relevant to catheter ablation of atrial fibrillation[J]. Chin Med J, 2012,125(1):12-15.
- [7] Słodowska, et al. Thickness of the left atrial wall surrounding the left atrial appendage orifice[J]. Cardiovasc Electrophysiol, 2021,32(8):2262-2268.
- [8] Damian. Anatomic relations between the esophagus and left atrium and relevance for ablation of atrial fibrillation[J]. Circulation, 2005,112(10):1400-1405.
- [9] Pan. Aging dilates atrium and pulmonary veins: implications for the genesis of atrial fibrillation[J]. Chest, 2008,133(1):190-196.
- [10] Nakamura K, Funabashi N, Uehara M, et al. Left atrial wall thickness in paroxysmal atrial fibrillation by multislice-CT is initial marker of structural remodeling and predictor of transition from paroxysmal to chronic form[J]. International Journal of Cardiology, 2011,148(2):139-147.
- [11] Takahashi K, Okumura Y, Watanabe I, et al. Relation Between Left Atrial Wall Thickness in Patients with Atrial Fibrillation and Intracardiac Electrogram Characteristics and ATP-Provoked Dormant Pulmonary Vein Conduction[J]. Journal of Cardiovascular Electrophysiology, 2015,26(6):597-605.
- [12] Yosuke N, Tamotsu S, Yoshiaki Y, et al. Heterogeneity in the left atrial wall thickness contributes to atrial fibrillation recurrence after catheter ablation[J]. Heart and Vessels, 2018,33(12):1549-1558.

- [13] Beyer C, Tokarska L, M Stühlinger, et al. Structural Cardiac Remodeling in Atrial Fibrillation[J]. JACC Cardiovascular Imaging, 2021,14(11):2199-2208.
- [14] Inoue, Jiro, Skanes, et al.Effect of Left Atrial Wall Thickness on Radiofrequency Ablation Success[J]. Cardiovasc Electrophysiol, 2016,27(11):1298-1303.
- [15] Beinart R, Abbara S, Blum A, et al. Left Atrial Wall Thickness Variability Measured by CT Scans in Patients Undergoing Pulmonary Vein Isolation[J]. Journal of Cardiovascular Electrophysiology, 2011,22(11):1232-1236.
- [16] Wi J, Mun H S, Uhm J S, et al. COMPLEX FRACTIONATED ATRIAL ELECTROGRAMS RELATED TO LEFT ATRIAL THICKNESS[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2013,61(10):E307.
- [17] Chikata A, Kato T, Sakagami S, et al. Optimal Force–Time Integral for Pulmonary Vein Isolation According to Anatomical Wall Thickness Under the Ablation Line[J]. Journal of the American Heart Association Cardiovascular & Cerebrovascular Disease, 2016,5(3):003155.
- [18] Daccarett. MRI of the left atrium:predicting clinical outcomes in patients with atrial fibrillation[J]. Expert review of cardiovascular therapyvol, 2011,9(1):105-110.
- [19] Chelu M G, King J B, Kholmovski E G, et al. Atrial Fibrosis by Late Gadolinium Enhancement Magnetic Resonance Imaging and Catheter Ablation of Atrial Fibrillation: 5 - Year Follow - Up Data[J]. Journal of the American Heart Association: Cardiovascular and Cerebrovascular Disease, 2018,7(23):6313.
- [20] Ginami G, K López, Mukherjee R K, et al. Non-contrast enhanced simultaneous 3D whole—heart bright - blood pulmonary veins visualization and black - blood quantification of atrial wall thickness[J]. Magnetic Resonance in Medicine, 2018,81(2).
- [21] Yokokawa M, Tada H, Koyama K, et al. Thickening of the left atrial wall shortly after radiofrequency ablation predicts early recurrence of atrial fibrillation[J]. Circulation Journal Official Journal of the Japanese Circulation Society, 2010,74(8):1538.
- [22] Hsing J, Peters D C, Knowles B R, et al. Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging of Scar Development Following Pulmonary Vein Isolation: A Prospective Study[J]. Plos One, 2014,9(9):104844.
- [23] John W, Ronak R, Henry C, et al. The role of myocardial wall thickness in atrial arrhythmogenesis[J]. Europace, 2016(12): 1758-1772.
- [24] Varela, Marta. Novel MRI Technique Enables Non-Invasive Measurement of Atrial Wall Thickness[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2017,36(8):1607-1614.
- [25] Zhao J, Hansen B J, Wang Y, et al. Three - dimensional Integrated Functional, Structural, and Computational Mapping to Define the Structural “Fingerprints” of Heart - Specific Atrial Fibrillation Drivers in Human Heart Ex Vivo[J]. Journal of the American Heart Association Cardiovascular & Cerebrovascular Disease, 2017,6(8):5922.
- [26] Martin B, Ronak R, Gernot P, et al. Three-dimensional atrial wall thickness maps to inform catheter ablation procedures for atrial fibrillation[J]. 2016,18(3):376-383.
- [27] Sun, Jing-Yi, et al. Left Atrium Wall-mapping Application for Wall Thickness Visualisation[J]. Sci Rep, 2018,8(1):4169.
- [28] Wang Y, Xiong Z, Nalar A, et al. A robust computational framework for estimating 3D Bi-Atrial chamber wall thickness[J]. Computers in Biology and Medicine, 2019:103444.
- [29] Algorithms for left atrial wall segmentation and thickness - Evaluation on an open-source CT and MRI image database[J]. Medical Image Analysis, 2018(50):36-53.
- [30] Cheryl T, David S I, Diego P, et al. Personalized paroxysmal atrial fibrillation ablation by tailoring ablation index to the left atrial wall thickness: the 'Ablate by-LAW' single-centre study—a pilot study[J]. EP Europace, 2021(3):3.
- [31] Left atrial wall thickness of the pulmonary vein reconnection sites during atrial fibrillation redo procedures[J]. Pacing and Clinical Electrophysiology, 2021,44(5):824-834.
- [32] Kwon O S, Lee J, Lim S, et al. Accuracy and clinical feasibility of 3D-myocardial thickness map measured by cardiac computed tomogram[J]. International Journal of Arrhythmia, 2020,21(1).
- [33] Lee J H, Kwon O S, Shim J, et al. Left Atrial Wall Stress and the Long-Term Outcome of Catheter Ablation of Atrial Fibrillation: An Artificial Intelligence-Based Prediction of Atrial Wall Stress[J]. Frontiers Research Foundation, 2021(12):686507.
- [34] Jw A, Jk B, Rk A, et al. Standardised computed tomographic assessment of left atrial morphology and tissue thickness in humans[J].Int J Cardiol Heart Vasc, 2020,24(32):100694.