

◆综述

Progresses of echocardiographic technology in evaluation of interatrial dyssynchrony

YANG Xin^{1,2}, AO Meng^{1,2,3*}, RAN Haitao^{1,2,3}

(1. Institute of Ultrasound Imaging, Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China; 2. Department of Ultrasonography, the Second Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China; 3. Chongqing Key Laboratory of Ultrasound Molecular Imaging, Chongqing 400010, China)

[Abstract] Intra-atrial and inter-atrial conduction dysfunction is very common in old ages, structural and ischemic heart disease, which is help to predict atrial fibrillation, assessment cardiac function and estimate the effect for surgical treatment. Echocardiography, used as a major clinical mean to evaluate structure and function of cardiac, is widely used to study cardiac synchronization in recent years. The progresses of echocardiographic technology in evaluation of interatrial dyssynchrony were reviewed in this article.

[Key words] Echocardiography; Interatrial dyssynchrony; Interatrial electroconduction delay

DOI:10.13929/j.1003-3289.2016.10.035

超声心动图技术评价心房间不同步的研究进展

杨 欣^{1,2}, 敖 梦^{1,2,3*}, 冉海涛^{1,2,3}

(1. 重庆医科大学超声影像学研究所, 重庆 400010; 2. 重庆医科大学附属第二医院超声科, 重庆 400010; 3. 超声分子影像重庆重点实验室, 重庆 400010)

[摘 要] 心房间传导不同步在老年人、结构性及缺血性心脏病中非常常见,发现心房间不同步现象有助于预测心房颤动、评估心功能及判定术后疗效。超声心动图技术作为评价心脏结构及功能的主要临床手段,近年来广泛用于研究心脏传导的同步性。本文对超声心动图技术评价心房间同步性的研究进展进行综述。

[关键词] 超声心动图技术;心房间不同步;心房间电机械延迟

[中图分类号] R540.45; R541 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2016)10-1613-04

心房间不同步是指心房间电-机械耦联不同步或心房间电-机械耦联时间差延长。随着超声技术的不断发展及对心房研究的逐渐深入,心房间电机械同步性成为近年的研究热点,尤其是对心脏本身疾病及系

统代谢性疾病心脏受累的特征、诊断及评估预后,研究^[1]证实心房间不同步是房性心律失常的独立危险因素。本文对超声心动图技术评价心房间同步性的研究进展进行综述。

1 心房电生理基础及心房间不同步形成的病理机制

1.1 心房电生理基础 位于右心房界沟的窦房结发出窦性冲动后通过结间束(前、中、后结间束)及房间束(上房间束、下房间束)分别激动左、右心房,且先后顺序为右心房、房间隔、左心房,因此心房中存在生理性左、右心房间传导延迟。

1.2 心房间不同步形成的病理机制 心房间传导阻滞是导致心房间不同步的主要原因,尤其是上房间束及前结间束传导阻滞。其次,左心房压力增加、左心房

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81471713)、国家自然科学基金青年基金(81501484、81501482)、重庆市基础与前沿研究计划项目(cstc2015jcyjA10045)。

[第一作者] 杨欣(1991—),女,四川南充人,在读硕士。研究方向:影像医学与核医学。E-mail: 490887175@qq.com

[通信作者] 敖梦,重庆医科大学超声影像学研究所,400010;重庆医科大学附属第二医院超声科,400010;超声分子影像重庆重点实验室,400010。E-mail: aomeng735@163.com

[收稿日期] 2016-03-08 **[修回日期]** 2016-08-09

扩大也是心房间电机械传导延迟的重要因素。国内外大量研究^[2-5]证实高血压、冠心病、心力衰竭等患者存在明显的心房间不同步。主要机制可能为左心房压力负荷增加、左心房扩大,发生了左心房结构重构及电重构,最终导致心房间电机械延迟。

2 评价心房间不同步的超声技术

心内电生理检查是观察心脏电活动的金标准,但其为有创操作,难以在临床普遍推广。而超声心动图技术具有实时快速、无创安全、便捷经济等优势,成为评价心脏同步性的重要技术。目前可用于评价心房间同步性的超声技术主要包括 M 型超声、频谱多普勒、斑点追踪技术(speckle tracking imaging, STI)、组织多普勒成像(tissue Doppler imaging, TDI)及相关衍生技术。

2.1 频谱多普勒超声心动图 频谱多普勒超声心动图应用多普勒原理,通过接收红细胞的频移信号,并用快速傅立叶转换技术,获取血流速度(频移)-时间图谱。Fuenmayor 等^[6]通过测量同步心电图 P 波起始至二尖瓣口血流频谱舒张晚期 A 峰开始的时间评估心房间传导时间,发现其与实验室电生理检查具有良好的相关性,可以间接反应心房电传导时间。Kundermann 等^[7]通过计算窦性 P 波或心房起搏信号到二、三尖瓣口舒张晚期 A 峰起始或峰值时间差,分析不同心房起搏位点对心房间传导延迟时间,结果发现传统心房起搏点明显延长心房间传导时间 $[(24 \pm 21) \text{ms}$ vs $(42 \pm 26) \text{ms}]$,而房间隔起搏虽保持了心房间的同步性,却颠倒了正常右心房至左心房的先后收缩顺序,表明评价心房间同步性对心房起搏位点的选取具有一定的指导作用。然而因频谱多普勒超声心动图是基于血流动力间接反映心房活动,仅能反映心房的整体收缩功能;且血流频谱形态易受取样容积位置的影响,可重复性较差,因而在心脏同步性研究中的应用较少。

2.2 M 型超声 M 型超声将沿声束传播的心脏各层组织界面回声显示为随时间变化的活动曲线,可用于直接观察心肌运动。Wang 等^[8]利用 M 型超声技术,以 P 波到左、右心房侧壁开始收缩的时间差作为心房间同步性指标,评价植入双腔起搏器后患者的心房间同步性,结果显示植入双腔起搏器患者的心房间同步性指标为 $(52 \pm 18) \text{ms}$,而正常对照组为 $(25 \pm 6) \text{ms}$ 。结果表明双腔起搏器患者存在明显心房间不同步。M 型超声观察心肌的运动状态更加直观,且具有较好的时间分辨率,能无创评价心房间同步性。然而由于 M 型超声仅能获取与声束平行的心肌运动状态,虽然解

剖 M 型超声解决了取样受限的问题,但其时间分辨率较低、图像清晰度差,临床应用价值受限。

2.3 TDI TDI 采用血流滤波器滤去低幅高频的血流信息而保留高幅低频的组织运动信息,可以选择性显示心肌运动速度及方向,量化评估心脏的运动状态。

2.3.1 脉冲 TDI 脉冲 TDI 能够准确描记心肌不同节段的时间-速度曲线,对于观察心肌的运动方向及速度更加直观,且具有较高的时间分辨率。目前已广泛应用于心功能的评价。Sakabe 等^[1]通过计算同步心电图 P 波至二、三尖瓣侧壁舒张晚期心房收缩波开始的时间差,评价 37 例阵发性心房颤动患者的心房间同步性。经过平均 28 个月的随访,8 例发展成为慢性心房颤动。与未进展为慢性心房颤动者相比,该 8 例患者具有更明显的心房间不同步 $[(47 \pm 13) \text{ms}$ vs $(24 \pm 10) \text{ms}]$,通过描记 ROC 曲线发现,心房间同步性指标超过 34 ms 的患者更易发展成为慢性心房颤动。Deniz 等^[9]采用脉冲 TDI 评价非心房颤动患者经快速心房刺激诱发心房颤动的心房电机械特征,发现诱导性心房颤动患者的心房间传导时间较无心房颤动患者延长 $[(47 \pm 11) \text{ms}$ vs $(36 \pm 13) \text{ms}]$,与心内电生理检查结果一致 $[(67 \pm 15) \text{ms}$ vs $(55 \pm 14) \text{ms}]$ 。上述研究结果均表明具有较长的心房间传导时间的患者更易发生心房颤动,TDI 可以无创、准确评价心房间同步性。近期有学者^[10]利用 TDI 技术观察二尖瓣中重度狭窄患者行经皮球囊二尖瓣成型术的治疗效果,结果显示术后心房间不同步较术前明显改善。然而 TDI 技术存在角度依赖,且心肌运动速度易受邻近组织牵拉影响,不能准确反应心肌自主活动;另外,测量时的操作复杂,且不能在同一心动周期完成,使实验结果的准确性受到影响,因而不能成为评价心房间同步性的理想方法。

2.3.2 定量组织多普勒速度成像(quantitative tissue doppler imaging, QTVI) QTVI 是在彩色二维速度显像基础上,提高时间及空间分辨率,然后把多个 ROI 的速度曲线显示在时间轴上,定量分析各时期心肌运动。近年来广泛运用于评价心肌运动及心力衰竭患者心室同步性研究^[11-12]。Eicher 等^[13]运用 QTVI 直接获取二、三尖瓣游离壁舒张晚期峰值速度时间差,研究系统性硬化患者心房间电机械活动,发现 40% 患者存在心房间不同步 $(\geq 35 \text{ms})$,且较不伴有心房间不同步患者具有更明显的临床症状,其 6 min 步行距离更短、NT-proBNP(N-terminal pronatriuretic peptide)更高,心房间不同步可以作为评价早期心脏受累的指标之

一。QTVI 技术虽然存在角度依赖性、亦受心脏在胸腔内的位移及呼吸时胸廓运动的影响,但与脉冲 TDI 相比,其可以在同一心动周期内显示多个部位心肌运动时间-速度曲线,使分析过程更加直观、结果更加客观可信。

2.3.3 组织多普勒应变 组织多普勒应变是基于组织多普勒发展而来的测定心肌应变的方法,可计算某节段心肌在声束方向上的形变,评价心肌应变及应变率,反应局部心肌特征。Yasuoka 等^[14]采用组织多普勒应变评价阵发性心房颤动患者分别植入右心房右心耳、房间隔起搏器术后的心房间同步性及对心房颤动复发的预测价值;通过在心尖四腔心同时获取左、右心房侧壁中段应变率曲线,测量左心房、右心房侧壁舒张晚期峰值应变率的时间差,并用同步心电图 RR 间期进行标准化,观察各节段的运动顺序及心房间同步性,发现与窦性心律时相比,右心耳起搏时出现明显心房间不同步 $[(36.3 \pm 35.7) \text{ ms vs } (61.6 \pm 36.3) \text{ ms}]$;而房间隔起搏时未表现出明显的心房间不同步 $[(25.4 \pm 12.1) \text{ ms vs } (27.7 \pm 14.7) \text{ ms}]$ 。局部心肌的应变及应变率可直接反应心肌自主活动能力,受心脏位移及局部组织牵拉影响相对较小,评价心肌的运动特征较为客观、准确,但仍受声束与室壁运动方向的夹角的影响。

2.3.4 STI STI 是通过图像后处理,对超声图像中的声学斑点进行逐帧追踪,根据斑点的位移随时间的变化,获取心肌应变及应变率曲线,反映心肌的形变及运动。因不受声束角度的影响,目前不仅广泛用于评价心室的整体及局部功能^[15],也有学者^[16]用于评估心力衰竭患者的预后。近年来 STI 逐渐在心脏同步性研究中凸显优势^[17]。Sanchis 等^[18]采用 STI 评价射血分数保留性心力衰竭(heart failure with preserved ejection fraction, HFPEF)患者心房间不同步,将同步心电图 P 波起点至左、右心房整体收缩的峰值应变的时间差作为心房间不同步指标,发现 HFPEF 组较对照组存在明显心房间不同步 $[(72 \pm 27) \text{ ms vs } (28 \pm 7) \text{ ms}, P < 0.001]$ 。STI 不依赖于声束与心室壁运动方向夹角的影响,且不受心脏搏动、胸廓位移及邻近组织牵拉的影响,结果更客观、更准确,可重复性更高,但该技术是基于原始图像的计算机后处理软件,可能因厂商不同而有所差异,且目前在测量方法方面亦无统一标准,可能影响实验结果的准确性。

2.3.5 其他超声技术 V-plane 技术可用以显示呈 V 行排列的两个平面,结合 M 型超声可以同时显示两个

水平不同节段的室壁运动情况。实时三维超声心动图可根据时间容积曲线计算室壁运动同步性。以上两种超声技术均克服了多次采集图像来自不同心动周期的影响,但由于技术受限,目前暂未应用于心房间同步性的评价。

3 心房间不同步的临床应用价值

3.1 预测心房颤动的发生及复律后复发 心房颤动是临床常见的心律失常,是增加充血性心力衰竭患者心血管事件入院率及死亡率的重要危险因素。早期发现、及早干预是降低风险的关键措施。目前已经有大量研究^[1,19-20]证明心房颤动患者心房间电机械耦联时间差较正常对照组明显延长,心房间不同步是预测心房颤动发生的独立危险因素。

3.2 心脏再同步化治疗中的应用 目前心脏再同步化治疗仅用于治疗收缩功能减低伴有明显心室不同步患者。然而有研究^[18]显示,HFPEF 患者存在明显心房间不同步,且 Eicher 等^[21]认为心房间不同步可能是导致 HFPEF 的原因。虽然 Menet 等^[22]对心脏再同步化治疗在 HFPEF 中的应用价值产生质疑。然而 Gabriel 等^[23]纳入 6 例伴有明显心房间不同步的 HFPEF 患者,植入双腔起搏器进行研究,结果证明,永久性心房起搏可以纠正心房间不同步,降低左心充盈压,改善患者的临床症状,降低入院率。

3.3 其他临床应用 心房间不同步不仅可以用于评估心力衰竭患者的心功能^[2],长期随访观察系统性硬化心脏受累情况^[12],还可用于术后评估化学消融术对肥厚梗阻性心肌病^[24]、二尖瓣狭窄患者经皮球囊二尖瓣成型术的疗效^[10]。

综上所述,心房间不同步不仅可以在心房颤动的早期预测、部分疾病的长期随访及术后疗效的评估方面提供有价值的信息,且可能成为 HFPEF 的治疗靶点。目前虽有多种技术能够评价心房间不同步,但均存在一定的局限性。近年来临床研究主要集中于 TDI 技术,虽然其相对成熟,但在心房间同步性评价方面仍然缺乏统一的评判方法及标准。STI 技术作为评价心肌运动的新技术,在该领域的研究报道亦较少,目前缺乏可靠的横向研究证实其临床应用价值。因此迫切需要大量临床研究来统一规范、确立标准。

[参考文献]

- [1] Sakabe K, Fukuda N, Fukuda Y, et al. Interatrial dyssynchrony on tissue Doppler imaging predicts progression to chronic atrial fi-

- brillation in patients with non-valvular paroxysmal atrial fibrillation. *Heart*, 2009, 95(12):988-993.
- [2] Van Beeumen K, Duytschaever M, Tavernier R, et al. Intra-and interatrial asynchrony in patients with heart failure. *Am J Cardiol*, 2007, 99(1):79-83.
 - [3] Esmailzadeh M, Nikparvar M, Maleki M, et al. Assessment of inter and intra-atrial asynchrony in patients with systolic heart failure using velocity vector imaging. *Research in cardiovascular medicine*, 2013, 2(3):114-120.
 - [4] 陈艳, 岳文胜, 罗勇, 等. 评价冠心病合并代谢综合征患者心房和心房间的同步性. *中国医学影像技术*, 2012, 28(4):700-704.
 - [5] Bakal RB, Hatipoglu S, Kahveci G, et al. Extent of left ventricular hypertrophy is related to interatrial conduction delay in hypertensive patients. *Clin Exp Hypertens*, 2013, 35(6):454-458.
 - [6] Fuenmayor AJ, Ramirez L, Fuenmayor AM. Validation of interatrial conduction time measurement by means of echo-Doppler. *Arch Cardiol Mex*, 2002, 72(2):125-128.
 - [7] Kindermann M, Schwaab B, Berg M, et al. The influence of right atrial septal pacing on the interatrial contraction sequence. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2000, 23(11 Pt 2):1752-1757.
 - [8] Wang K, Xiao HB, Fujimoto S, et al. Atrial electromechanical sequence in normal subjects and patients with DDD pacemakers. *Br Heart J*, 1995, 74(4):403-407.
 - [9] Deniz A, Sahin DY, Kanadasi M, et al. Conduction characteristics in atrial fibrillation. *Herz*, 2014, 39(1):137-141.
 - [10] Saad A, El-Salam KMA, Elzaki MM, et al. Assessment of interatrial dyssynchrony by tissue doppler imaging in mitral stenosis: Effect of afterload reduction after balloon mitral valvuloplasty. *Egyptian Heart J*, 2015, 68(2):75-81.
 - [11] Rinaldi CA, Kranig W, Leclercq CA, et al. Acute effects of multisite left ventricular pacing on mechanical dyssynchrony in patients receiving cardiac resynchronization therapy. *J Card Fail*, 2013, 19(11):731-738.
 - [12] Sakamaki F, Seo Y, Ishizu T, et al. Tissue doppler imaging dyssynchrony parameter derived from the myocardial active wall motion improves prediction of responders for cardiac resynchronization therapy. *Circ J*, 2012, 76(3):689-697.
 - [13] Eicher JC, Berthier S, Aho LS, et al. Measurement of interatrial dyssynchrony using tissue Doppler imaging predicts functional capacity and cardiac involvement in systemic sclerosis. *Clin Exp Rheumatol*, 2014, 32(6 Suppl 86):S171.
 - [14] Yasuoka Y, Abe H, Umekawa S, et al. Interatrial septum pacing decreases atrial dyssynchrony on strain rate imaging compared with right atrial appendage pacing. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2011, 34(3):370-376.
 - [15] 张贺彬, 郑哲岚, 林胜文, 等. 二维超声斑点追踪及组织多普勒技术评价系统性红斑狼疮患者心室纵向收缩功能. *中国医学影像技术*, 2015, 31(3):385-388.
 - [16] Stampehl MR, Mann DL, Nguyen JS, et al. Speckle strain echocardiography predicts outcome in patients with heart failure with both depressed and preserved left ventricular ejection fraction. *Echocardiography*, 2015, 32(1):71-78.
 - [17] Sade LE, Saba S, Marek JJ, et al. The association of left ventricular Lead position related to regional scar by speckle-tracking echocardiography with clinical outcomes in patients receiving cardiac resynchronization therapy. *J Am Soc Echocardiogr*, 2014, 27(6):648-656.
 - [18] Sanchis L, Vannini L, Gabrielli L, et al. Interatrial dyssynchrony may contribute to heart failure symptoms in patients with preserved ejection fraction. *Echocardiography*, 2015, 32(11):1655-1661.
 - [19] Dabrowska-Kugacka A, Lewicka-Nowak E, Ruciński P, et al. Atrial electromechanical sequence and contraction synchrony during single-and multisite atrial pacing in patients with bradycardia syndrome. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2009, 32(5):591-603.
 - [20] Bertini M, Borleffs CJ, Delgado V, et al. Prediction of atrial fibrillation in patients with an implantable cardioverter-defibrillator and heart failure. *Eur J Heart Fail*, 2010, 12(10):1101-1110.
 - [21] Eicher JC, Laurent G, Mathé A, et al. Atrial dyssynchrony syndrome: An overlooked phenomenon and a potential cause of diastolic heart failure. *Eur J Heart Fail*, 2012, 14(3):248-258.
 - [22] Menet A, Greffe L, Ennezat PV, et al. Is mechanical dyssynchrony a therapeutic target in heart failure with preserved ejection fraction? *Am Heart J*, 2014, 168(6):909-916.e1.
 - [23] Gabriel L, Christophe EJ, Anaëlle M, et al. Permanent left atrial pacing therapy may improve symptoms in heart failure patients with preserved ejection fraction and atrial dyssynchrony: A pilot study prior to a national clinical research programme. *Eur J Heart Fail*, 2013, 15(1):85-93.
 - [24] 王淑珍, 熊峰, 张丽娟, 等. 组织多普勒评价化学消融术对肥厚型梗阻性心肌病心房电机械传导参数变化的价值. *医学影像学杂志*, 2015, (2):218-221.