

心房颤动患者左室舒张功能的超声研究

张必磊 吴小庆

【摘要】 心房颤动(房颤)是心力衰竭的重要危险因素之一,与收缩功能相比,左室舒张功能与心力衰竭患者的症状、运动耐量、预后更密切。因此,及时发现房颤患者潜在的舒张功能障碍非常重要。超声心动图是目前常用的评价心室舒张功能的非侵入性方法。随着心脏超声技术的不断发展,应用独立于心房收缩的超声参数评估房颤患者左室舒张功能已成为可能。

【关键词】 心房颤动;左室舒张功能;超声心动图;肺毛细血管楔压;左室充盈压

DOI:10.3969/j.issn.1673-6583.2012.02.010

心房颤动(房颤)是成人最常见的心律失常之一,据统计 60 岁以上人群中,房颤发生率为 1%,随着老龄化社会的加剧,房颤的发病率逐年增加^[1]。房颤是心力衰竭的一个重要危险因素^[2]。与收缩功能相比,左室舒张功能与心力衰竭患者的症状、运动耐量、预后更密切^[3]。因此,及时发现房颤患者潜在的舒张功能障碍非常重要。超声心动图是目前临床上最常用的评价心室舒张功能的方法,它具有准确、安全等优点。本文就目前常用的评价房颤患者左室舒张功能的超声参数作一介绍。

1 舒张早期二尖瓣口血流减速度时间

舒张早期二尖瓣口血流减速度时间(DT)是舒张早期二尖瓣向左房方向运动形成的血流减速度时间,反映了在快速充盈期左房室压差变化。多数研究显示,DT 能对房颤患者左室充盈压进行精确评价^[4]。Matsukida 等^[5]研究发现 $DT \leq 100$ ms 提示肺毛细血管楔压(PCWP) ≥ 18 mmHg(敏感性 80%、特异性 85%),并且在预测左室充盈压方面优于 B 型利钠肽(BNP)。Mishra 等^[6]研究发现,左室顺应性降低时,左室充盈压增加,DT 减小。Nagueh 等^[4]研究发现,DT 与 PCWP 的相关性依赖于左室收缩功能,且在射血分数较低时相关性更好。该研究还发现在左室充盈压较高的房颤患者,二尖瓣口血流峰速度的变异率较低,且常出现在低射血分数的患者。

记录 DT 时,患者一般取左侧卧位,平稳呼吸,选择标准心尖四腔切面,将脉冲多普勒取样容积置于二

尖瓣开放时的瓣尖之间,即在瓣叶左室侧,取样容积的位置以血流的多普勒频谱不受瓣膜运动回声的干扰而又能检测到最大的血流速度为准^[7]。在患者呼气末屏气状态下进行采集记录,记录时扫描速度约为 100 mm/s。房颤患者记录 DT 时应记录 5~10 个心动周期后取平均值,心动周期的选择应根据多普勒信号的质量,不一定是连续^[4-5]。

2 二尖瓣口舒张早期血流速度

二尖瓣口舒张早期血流速度(E)为舒张早期左室快速充盈期通过二尖瓣口的最大血流速度。Kozan 等^[8]研究发现,当存在左室舒张功能障碍时,E 自心底部至左室心尖逐渐减小。在房颤患者,E 与左室充盈压有一定的相关性。E 依赖于左室弛缓和左心房压,在正常左室弛缓及低左室充盈压的年轻患者 E 较高^[4]。但 E 直接受左房压和心率等因素的影响,当左房压升高时,常常掩盖了受损的左室松弛功能。房颤患者心室律绝对不整、心动周期长短不一,静脉血液回流量不同,从而使心脏容量负荷状态在每个心动周期都有所不同,则 E 不稳定。近年来的研究发现,将 E 分别与其他多普勒技术测量值如彩色 M 型多普勒左室舒张早期血流传播速度(V_p)或组织多普勒舒张早期二尖瓣环运动速度(E')等相结合可更好的评价左室舒张功能,且可鉴别左室舒张功能障碍的程度^[9]。

3 组织多普勒舒张早期二尖瓣环运动速度

由于二尖瓣在收缩期朝向心尖部运动,舒张期背离心尖运动,心尖四腔心切面代表心肌纤维在这个平面上由心底部向心尖部的运动,因此组织多普勒测量二尖瓣环运动速度可以评价左室整体舒张功能。在正常人,左室不同部位的舒张早期二尖瓣环运动速度之间存在差异,从左室基底段、中间段

至心尖舒张早期二尖瓣环运动速度逐渐减小,同一水平不同心肌节段的舒张早期二尖瓣环运动速度也有差别,即后壁、侧壁和下壁较大,前间隔、后间隔和前壁较小。

许多研究发现, E' 可以准确评价左室舒张功能,预测左室充盈压^[10-11]。Nagueh 等^[12]研究发现, E' 与左室等容舒张期时间 (IVRT) 常数呈负相关,其受心脏前负荷变化的影响较小。随着心室舒张功能异常程度的加重, E' 逐渐减小。左室舒张功能障碍时, $E' < 8$ cm/s, 有助于左室充盈假性正常化形式的判定。

记录 E' 时患者一般取左侧卧位,平稳呼吸,选择标准心尖四腔切面,启动组织多普勒成像技术,获取相应部位二尖瓣环长轴运动速度频谱,在患者呼气末屏气状态下进行采集记录,通常选择后间隔或侧壁。在房颤患者应记录 5~10 个心动周期后取平均值,心动周期的选择应根据多普勒信号的质量,不一定要是连续^[13]。当存在左室壁节段性运动异常时,应该取二尖瓣环的后间隔、侧壁、前壁、下壁、前间隔和后壁等 6 个部位 E' 的平均值来评价左室的整体舒张功能^[10]。

4 E 与组织多普勒二尖瓣环运动速度比 (E/E')

E/E' 是目前临床上最常用的一种源于组织多普勒的定量评价心室舒张和左室充盈压的新指标,不受性别、心率、心房收缩等因素影响,已被证明在评价左室整体舒张功能及非侵入性评估左室舒张末压方面有用。Nagueh 等^[14]研究发现, E/E' 与 PCWP 之间存在良好的相关性,可应用 E/E' 比值来估测左室充盈压。Okura 等^[15]研究发现,在非瓣膜性房颤患者 E/E' 与左室充盈压有较高的相关性。Sohn 等^[13]研究发现,在慢性房颤患者 E/E' 评估左室充盈压有较高的特异性, $E/E' \geq 11$ 提示左室充盈压 ≥ 15 mmHg (敏感性 75%、特异性 93%)。Sénéchal 等^[16]将 E/E' 评估房颤患者的 PCWP 与肺动脉漂浮导管所测压比较,发现 $E/E' \geq 16$ 时估测 PCWP > 15 mmHg, (敏感性 91%、特异性 85%)。

但是,在这些研究中, E 及 E' 均在不同心动周期、不同负荷状态测得,房颤患者 E 值与 E' 值不断变化,很难准确观察到 E 值相应的 E' 值来计算精确的 E/E' 值,因此这种测量方法并不准确。临床上用反复测量的平均值可以一定程度上消除随机误配的影响,但仍然无法计算出较为精确的 E/E' 值。

近年出现的双多普勒方法可以消除这种随机误配, E 及 E' 在同一心动周期获得,以计算出更精确的 E/E' 值,改善了 E/E' 诊断左室充盈压增高的敏感性和特异性。Kusunose 等^[17]研究发现,同步 E/E' 与房颤患者血浆 BNP 及 PCWP 相关,但这个研究没有比较同步 E/E' 与传统 E/E' 在评价左室充盈压方面的优缺点。Kasner 等^[18]研究发现,同步 E/E' 与 BNP ($r = 0.87, P < 0.001$) 及 PCWP ($r = 0.74, P < 0.001$) 有很好的相关性,同步 $E/E' \geq 9.2$ 提示血浆 BNP ≥ 200 pg/ml (敏感性 88%、特异性 84%),同步 $E/E' \geq 11$ 提示 PCWP ≥ 15 mmHg (敏感性 90%、特异性 90%)。Li 等^[19]研究发现,同步 E/E' 值在评价房颤患者左室舒张功能方面明显优于常规方法测得的 E/E' 值。

5 左室舒张早期血流传播速度

彩色 M 型多普勒测定舒张早期左室内血流传播速度是新近发展起来的一种评价左室舒张功能的技术方法。彩色 M 型多普勒超声心动图记录的是一整条扫描线上的血流在空间上和时间上的速度特征,它具有较高的时间和空间分辨力,可以记录左室内从二尖瓣口至心尖各个水平的血流的速度和时间信息, V_p 是速度波传播的波速,等于任一波阵中各个速度波最大速度点连线即等速线的斜率。

V_p 的产生机制有两种,即心室内压差和心室内涡流的产生。研究表明, V_p 与左室等容弛缓时间常数之间存在负相关, V_p 主要取决于左室心肌的松弛速率,而不依赖于前负荷的变化^[20]。左室心肌弛缓性减退时,心室充盈的“抽吸”作用及弹性回缩性能减低,舒张早期血流传播速度减小,而在左室充盈假性正常化时,左房压升高,左室顺应性减低。舒张早期少量血液进入左室内,左室内压迅速升高,心室内血流传播速度减小,因此, V_p 无假性正常化现象^[21]。

V_p 已经被用来评价房颤患者左室舒张功能, Khouri 等^[22]研究发现,在房颤患者 $V_p < 45$ cm/s 提示左室舒张功能障碍,而且随着舒张功能障碍严重程度的增加更明显。

记录 V_p 时患者一般取左侧卧位,平稳呼吸,选择标准心尖四腔切面, M 型取样线应与舒张早期左室充盈血流束平行并通过血流束中心,彩色取样窗要包括左室、二尖瓣和二分之二的左房,扫描速度一般为 100 mm/s。 V_p 的测量方法有多种^[20-23]。Garcia 法是目前常用的一种方法,临床实践中具有

高度一致性。

6 E 与左室舒张早期血流传播速度比 (E/Vp)

E/Vp 评价房颤患者左室舒张功能已有一些研究。Nagueh 等^[4]证实房颤患者 E/Vp 与左室充盈压有一定的关系, $E/Vp > 1.4$ 预测 PCWP ≥ 15 mmHg (敏感性 72%、特异性 100%)。Oyama 等^[9]研究发现, 在房颤患者 $E/Vp \geq 1.7$ 提示血浆 BNP ≥ 200 pg/ml。由于房颤患者 RR 间期绝对不齐, 该研究还发现, 应在同一心动周期同时记录 E 和 Vp。目前出现的双多普勒方法可在同一心动周期同时记录 E 和 Vp。同步 $E/Vp \geq 1.7$ 提示 PCWP > 16 mmHg, 同步 $E/Vp \geq 1.7$ 提示 BNP ≥ 200 pg/ml (敏感性 80%、特异性 84%)。然而, 在评价左室舒张功能方面 E/E' 明显优于 E/Vp^[24]。

7 IVRT

IVRT 是主动脉瓣关闭至二尖瓣开放的间隔时间, 受左室舒张速率和左房压影响, 是反映心肌舒张功能的一个重要指标。当左室舒张功能轻度减低(弛张缓慢)时, 左室压下降缓慢, 房室压差相对减小, 二尖瓣开放延迟, IVRT 延长。当心肌进一步受损时, 左室弛缓性减低伴顺应性下降, 左房压上升, 功能低下, 容积增大, 二尖瓣提前开放, 左房对左室充盈作用下降, IVRT 在正常范围, 出现假性正常化。当左室心肌严重受损时, 左室顺应性明显下降, 充盈压显著上升, 左房增大并衰竭, 二尖瓣提前开放, IVRT 缩短。

Traversi 等^[25]研究发现, 房颤患者 IVRT 与 PCWP 呈负相关。在窦性心律时 IVRT 延长提示左室松弛能力减退, IVRT 缩短暗示左室僵硬度增加^[26]。

记录 IVRT 时患者一般取左侧卧位, 平稳呼吸, 选择标准心尖四腔切面, 将脉冲多普勒取样容积置于左室流入道与流出道之间, 相当于二尖瓣开放时前叶瓣尖所处位置, 左室流出道血流频谱终点至二尖瓣口血流频谱起点的时间间隔, 即为 IVRT。与房颤患者 IVRT 也要取 5~10 个心动周期的平均值, 脉冲多普勒扫描速度 100 mm/s^[25]。脉冲多普勒方法测量 IVRT 易受心脏大小和位置、取样线角度、取样容积的位置和大小、主动脉瓣反流、其他组织结构运动形成杂波伪像等多种因素影响。IVRT 测量方法仍需进一步研究。

8 应变率显像技术

应变率成像技术 (SRI) 是近年来新出现的建立

在组织多普勒成像基础上一种评价局部心肌功能的方法。该技术可从时间和空间两个方面反映心肌本身的组织特性, 可用心肌速度的空间梯度来评估心脏功能, 其测量结果不受心脏整体运动、心脏旋转及相邻心肌节段运动或限制效应的影响。该技术较少的受心脏整体运动的影响, 也不受周围组织的牵拉, 故能较准确地反映心肌本身的舒张特性。

Weidemann 等^[27]研究发现, 正常人舒张早期和舒张晚期心肌变形呈波浪样由心底向心尖推进, 且具有空间和时间的不均匀性。Wang 等^[28]研究发现, PCWP 与等容舒张时左室总体应变率相关, E 与应变率比 (E/SR) 等于 236 提示 PCWP > 15 mmHg (敏感性 96%、特异性 82%), 尤其在 E/E' 为 8~15 的患者。

患者取左侧卧位, 在心尖四腔心切面和胸骨旁短轴心切面, 声束尽可能与心肌运动的传播方向相一致, 连续采集 3~5 个心动周期彩色多普勒心肌图像后脱机分析, 计算左室各节段的舒张早期应变率 (SRe) 及舒张晚期峰值应变率 (SRa), 评价左室各节段舒张早期和晚期的心肌舒张特征。

应变率显像技术有一定的局限性, 如角度依赖性、重复性差等。目前, 应变率或应变率显像技术提供的仅是纵向和横向局部应变率的一维测量, 随着超声技术的发展, 将出现二维或三维实时应变率显像技术。随着心脏超声新技术的不断发展, 定量分析软件和显像技术必将不断完善, 上述局限性必将不断改善。由于应变率显像技术是从心肌形变角度来定量心肌的运动, 并在一定程度上提供了心脏生理和病理生理学信息, 将会广泛应用于临床。

参 考 文 献

- [1] Gersh BJ, Tsang TS, Seward JB, et al. The changing epidemiology and natural history of nonvalvular atrial fibrillation: clinical implications[J]. Trans Am Clin Climatol Assoc, 2004, 115: 149-160.
- [2] Zile MR, Lewinter MM. Left ventricular end-diastolic volume is normal in patients with heart failure and a normal ejection fraction: a renewed consensus in diastolic heart failure[J]. J Am Coll Cardiol, 2007, 49(9): 982-985.
- [3] Verma A, Marrouche NF, Yamada H, et al. Usefulness of intracardiac Doppler assessment of left atrial function immediately post-pulmonary vein antrum isolation to predict short-term recurrence of atrial fibrillation[J]. Am J Cardiol, 2004, 94(7): 951-954.
- [4] Nagueh SF, Kopelen HA, Quinones MA. Assessment of left ventricular filling pressures by Doppler in the presence of

- atrial fibrillation[J]. *Circulation*, 1996, 94(9): 2138-2145.
- [5] Matsukida K, Kisanuki A, Toyonaga K, et al. Comparison of transthoracic Doppler echocardiography and natriuretic peptides in predicting mean pulmonary capillary wedge pressure in patients with chronic atrial fibrillation[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2001, 14(11): 1080-1087.
- [6] Mishra RK, Galloway JM, Lee ET, et al. The ratio of mitral deceleration time to E-wave velocity and mitral deceleration slope outperform deceleration time alone in predicting cardiovascular outcomes; the Strong Heart Study[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(11): 1300-1306.
- [7] Gilman G, Nelson TA, Hansen WH, et al. Diastolic function; a sonographer's approach to the essential echocardiographic measurements of left ventricular diastolic function[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(2): 199-209.
- [8] Kozan O, Nazli C, Kinay O, et al. Use of intraventricular dispersion of the peak diastolic flow velocity as a marker of left ventricular diastolic dysfunction in patients with atrial fibrillation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1998, 11 (11): 1036-1043.
- [9] Oyama R, Murata K, Tanaka N, et al. Is the ratio of transmitral peak E-wave velocity to color flow propagation velocity useful for evaluating the severity of heart failure in atrial fibrillation? [J]. *Circ J*, 2004, 68(12): 1132-1138.
- [10] Park HS, Naik SD, Aronow WS, et al. Differences of lateral and septal mitral annulus by tissue Doppler imaging in evaluation of left ventricular diastolic function [J]. *Am J Cardiol*, 2006, 98(7): 970-972.
- [11] Hadano Y, Murata K, Tanaka N, et al. Ratio of early transmitral velocity to lateral mitral annular early diastolic velocity has the best correlation with wedge pressure following cardiac surgery[J]. *Circ J*, 2007, 71(8): 1274-1278.
- [12] Nagueh SF, Sun H, Kopelen HA, et al. Hemodynamic determinants of the mitral annulus diastolic velocities by tissue Doppler[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2001, 37 (1): 278-285.
- [13] Sohn DW, Song JM, Zo JH, et al. Mitral annulus velocity in the evaluation of left ventricular diastolic function in atrial fibrillation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1999, 12 (11): 927-931.
- [14] Nagueh SF, Mikati I, Kopelen HA, et al. Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia. A new application of tissue Doppler imaging[J]. *Circulation*, 1998, 98(16): 1644-1650.
- [15] Okura H, Takada Y, Kubo T, et al. Tissue Doppler-derived index of left ventricular filling pressure, E/E', predicts survival of patients with nonvalvular atrial fibrillation[J]. *Heart*, 2006, 92(9): 1248-1252.
- [16] Sénéchal M, O'Connor K, Deblois J, et al. A simple Doppler echocardiography method to evaluate pulmonary capillary wedge pressure in patients with atrial fibrillation [J]. *Echocardiography*, 2008, 25(1): 57-63.
- [17] Kusunose K, Yamada H, Nishio S, et al. Clinical utility of single-beat E/e' obtained by simultaneous recording of flow and tissue Doppler velocities in atrial fibrillation with preserved systolic function [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2009, 2(10): 1147-1156.
- [18] Kasner M, Westermann D, Steendijk P, et al. Clinical utility of simultaneous E/e' in the assessment diastolic function in atrial fibrillation with preserved systolic function [J]. *Circulation*, 2011, 2(6): 637-647.
- [19] Li C, Zhang J, Zhou C, et al. Will simultaneous measurement of E/e' index facilitate the non-invasive assessment of left ventricular filling pressure in patients with non-valvular atrial fibrillation? [J] *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(3): 296-301.
- [20] Møller JE, Poulsen SH, Søndergaard E, et al. Preload dependence of color M-mode Doppler flow propagation velocity in controls and in patients with left ventricular dysfunction[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2000, 13(10): 902-909.
- [21] Parthenakis FI, Patrianakos AP, Tzerakis PG, et al. Late left ventricular diastolic flow propagation velocity determined by color M-mode Doppler in the assessment of diastolic dysfunction [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2004, 17 (2): 139-145.
- [22] Khouri SJ, Maly GT, Suh DD, et al. A practical approach to the echocardiographic evaluation of diastolic function [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2004, 17(3): 290-297.
- [23] Gunes Y, Tuncer M, Guntekin U, et al. The relation between the color M-mode propagation velocity of the descending aorta and coronary and carotid atherosclerosis and flow-mediated dilatation [J]. *Echocardiography*, 2010, 27 (3): 300-305.
- [24] Kidawa M, Coignard L, Drobinski G, et al. Comparative value of tissue Doppler imaging and M-mode color Doppler mitral flow propagation velocity for the evaluation of left ventricular filling pressure [J]. *Chest*, 2005, 128 (4): 2544-2550.
- [25] Traversi E, Cobelli F, Pozzoli M, et al. Doppler echocardiography reliably predicts pulmonary artery wedge pressure in patients with chronic heart failure even when atrial fibrillation is present[J]. *Eur J Heart Fail*, 2001, 3(2): 173-181.
- [26] Diwan A, McCulloch M, Lawrie GM, et al. Doppler estimation of left ventricular filling pressures in patients with mitral valve disease[J]. *Circulation*, 2005, 111(24): 3281-3289.
- [27] Weidemann F, Eyskens B, Jamal F, et al. Quantification of regional left and right ventricular radial and longitudinal function in healthy children using ultrasound-based strain rate and strain imaging[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2002, 15(1): 20-28.
- [28] Wang J, Khoury DS, Thohan V, et al. Global diastolic strain rate for the assessment of left ventricular relaxation and filling pressures[J]. *Circulation*, 2007, 115(11): 1376-1383.

(收稿: 2011-08-30 修回: 2012-02-06)

(本文编辑: 朱 映)