

组织多普勒超声心动图的临床应用新进展

阮 雯综述 沈卫峰审校

【摘要】 组织多普勒超声心动图(TDI)和应变/应变率显像是目前评价心脏节段和整体功能最敏感的工具。TDI 和负荷试验结合能提高诊断冠心病的准确性,与血流多普勒指标结合能鉴别收缩功能保存的心力衰竭。此外,TDI 能早期诊断亚临床的肥厚型心肌病、糖尿病心肌病、重度二尖瓣反流、儿童心血管疾病等;对判断如代谢综合征、心力衰竭等疾病的预后,评估心肌存活性,以及心脏再同步化治疗、心房颤动消融术、心脏移植术等的疗效均有一定价值。近年来,斑点追踪成像的出现为超声心动图定量评价心功能又提供了新方法。

【关键词】 超声心动描记术;多普勒;应变;斑点追踪

近年来,组织多普勒超声心动图(TDI)的发展使超声心动图技术快速进步,日益成为评价心脏收缩、舒张功能以及左心室充盈血流动力学的主要定量手段。研究已证实 TDI 可以早期识别各种病因引起的心功能异常、评价存活心肌、检测心脏移植后急性排异反应;对疑似冠心病患者,TDI 结合负荷试验可预测死亡和心肌梗死发生率;评价收缩同步性,预测心脏再同步化治疗后近期和远期预后,以及各种心脏疾病的终点事件发生率。

随着 TDI 技术的普及,其临床应用的领域不断扩展。许多衍生指标如:应变、应变率的临床应用正在深入研究之中,新的更稳定、非角度依赖的斑点追踪成像(speckle tracking echocardiography, SPE)日益成为新的热点。

1 左心室功能评价

1.1 二尖瓣环运动速度与心脏整体功能

TDI 评价二尖瓣环或左心室基底段的速度反映了左心室长轴的整体功能。已经证实平均二尖瓣环收缩期速度峰值(Sm) >7.5 cm/s,预测左室射血分数(LVEF)的敏感性为 79%、特异性 88%^[1]。舒张功能减退使左心室充盈压力升高,二尖瓣跨瓣血流速度(E)随之升高,而二尖瓣环舒张早期速度(E')不受影响保持降低,因此 E/E'

与左心室充盈压力及肺毛细血管楔压(PCWP)高度相关,能早期反映舒张功能减退:当 $E/E' \geq 8$ 时,PCWP ≥ 20 mmHg; $E/E' < 8$, PCWP 正常^[2]。在各种心脏疾病中, Sm 和 E' 均 <3 cm/s,提示患者两年心源性死亡率明显升高^[3]。

1.2 应变/应变率与心脏节段功能

对于局部心肌缺血的检测,传统肉眼评价室壁运动存在依赖观测者经验和重复性差的缺点,新的组织多普勒速度虽与冠状动脉造影和室壁运动评分高度相关,其结果容易受心脏平移、旋转和周围组织牵拉的影响,因而不能区分心肌的主动运动和被动牵拉。应变/应变率反映心肌局部变形,已经证实节段心肌的应变与应变率在缺血与梗死心肌中明显减低,它不仅能识别梗死节段,还与梗死面积大小密切相关^[4],具有更好的定位特异性,是目前定量评价心脏节段功能异常的最敏感工具。

1.3 TDI 与负荷试验

研究证实,负荷试验阴性的患者每年发生重大心血管事件可能 $\leq 10\%$,阳性患者 2~3 年的事件发生率约 20%。研究发现,室壁运动评分和应变率相结合可提高负荷试验对再灌注治疗后心脏节段和整体功能恢复的预测能力,敏感性从 73% 提高到 83%,而特异性不受影响^[5]。完全性左束支传导阻滞患者的冠状动脉病变往往不易识别,有研究对 62 例疑似冠心病的完全性左束支传导

作者单位:200025 上海交通大学医学院附属瑞金医院心脏科

阻滞患者行多巴酚丁胺试验联合 TDI 显像,与冠状动脉造影结果对照,以峰值负荷剂量下心肌收缩后收缩速度 >4 cm 为分界点,诊断冠心病的准确性约 82%;以收缩速度与舒张速度增加 <2.5 cm/s 为分界点,诊断冠心病的敏感性 88%,特异性分别为 90%和 77%^[6]。

2 各种疾病的诊断

2.1 收缩功能尚存的心力衰竭(heart failure with preserved ejection fraction, HFPEF)

近年来, HFPEF 越来越受到重视,然而 HFPEF 不易从患者的病史、体检、心电图、胸片中被检出,其临床诊断仍具挑战性。研究显示二尖瓣舒张早期血流(E)诊断 HFPEF 特异性仅 40%~70%。Kasner 等^[7]以心导管测的压力-容积曲线作为金标准,发现二尖瓣舒张早期(E)和晚期(A)血流速度、TDI 二尖瓣环舒张早期速度(E')及其比值诊断 HFPEF 的准确性分别为:E(70%)、E/A(81%)、E/E'(86%)。因此,综合 TDI 与血流多普勒指标(E/E')可能是目前排除 HFPEF 最具重复性和可操作性的方法^[2]。

2.2 二尖瓣反流(MR)

单纯 MR 患者若出现临床症状或 LVEF 下降,瓣膜修补或置换手术后远期死亡风险仍较高。对于无临床症状的患者, AHA/ACC 指南推荐将舒张末期容积(EDV) >4.5 mm 且 LVEF $\leq 60\%$ 作为手术指征,而此时多数患者已出现心功能受损。传统超声评价左室收缩功能指标如 LVEF、EDV 等存在容量依赖性,在 MR 量增加、心室压力升高等情况下,其准确性下降。Marciniak 等^[8]发现重度 MR 患者收缩期短轴和长轴应变率明显低于其他各组,左室收缩期应变率与舒张及收缩末期内径负相关,可能是检测无症状重度 MR 患者亚临床心功能异常的敏感工具。

2.3 儿童心脏病

TDI 指标异常可协助对儿童心血管疾病进行早期诊断和干预,从而有利于早期逆转和延缓疾病进展。一项研究发现肥胖和正常儿童的收缩和舒张期血压、心脏整体功能无明显差异,但肥胖儿童的左右心室收缩期应变和应变率均明显下降,平均应变率峰值与血清胰岛素浓度、胰岛素抵

抗指标显著相关^[9]。此外, Friedberg 等^[10]报道了 24 例特发性扩张型心肌病(DCM)患儿的左室节段心肌短轴收缩期应变及收缩同步性较正常下降。

2.4 肥厚型心肌病(HCM)

早期 HCM 即使心脏已发生重构,由于收缩功能正常,传统的心脏功能指标如 LVEF、左室内径缩短率(FS)等不能敏感识别。一项对划桨运动员、轻度 HCM 和正常人的研究表明,用二尖瓣环舒张早期达峰与二尖瓣开放幅度达峰时间的差,可以鉴别运动员的生理性心肌肥厚与轻度 HCM^[11]。Ganame 等^[12]发现非对称性 HCM 的儿童,室间隔基底段应变明显低于室间隔中段与侧壁基底段,且其收缩后收缩峰值明显升高、达峰时间明显延长,节段收缩期应变与室间隔厚度及运动耐量显著负相关。因此,TDI 可以被用于早期诊断亚临床及非对称性 HCM。

2.5 扩张型心肌病

同样,TDI 可以早期诊断具有 DCM 基因的亚临床患者,有研究发现无症状、收缩功能正常而左心室扩大的家族性 DCM 患者的亲属,室间隔和侧壁二尖瓣环收缩速度、室间隔二尖瓣环舒张速度均低于正常但高于 DCM 患者。此外,对于 DCM 患者,即使整体收缩功能相似,其临床表现、血流动力学指标(舒张期充盈模式、肺动脉收缩压、MR 程度等)具有显著性差异。一些患者可能没有症状,而另一些表现慢性心力衰竭。多普勒及彩色血流显像提供了重要的血流动力学信息,对于评价左室充盈压力、制定治疗方案、评估预后有一定帮助。

2.6 糖尿病与代谢综合征(MS)

据报道,在无症状、血压正常的糖尿病患者中,63%存在舒张功能异常^[13]。然而,以往对于糖尿病舒张功能异常的重视,部分是由于传统评价手段不够敏感,无法检测出早期收缩功能异常所致。TDI 技术出现后,研究者发现糖尿病患者舒张功能不全的同时也存在亚临床收缩功能减退, Fang 等^[14]报道了糖尿病患者左室长轴收缩功能减弱而短轴收缩功能仍保留,提示即使 LVEF 维持正常,心内膜下心肌已发生重构。

MS 在发达国家成人总发生率约 22%，其中 >50 岁者发病率约 40%。研究表明，患有 MS 而 LVEF 正常、或仅满足 1、2 条诊断标准的 MS 临床前期患者，无论心室重量是否增加，均出现左室舒张功能异常，多变量分析中，舒张期血压、腰围、三酰甘油是二尖瓣环舒张早期整体运动速度 (Ve global) 减退的独立预测因子^[15]。TDI 有助于解释 MS 患者心源性死亡率的升高。

3 疗效评估及预后价值

3.1 心脏再同步化治疗 (CRT)

近年来，大多数研究采用 TDI 指标筛选 CRT 适应者，比较常用的方法是选择 2~12 个左室节段的收缩速度达峰时间差 (Ts-diff) 及标准差 (Ts-SD)，治疗后可获得近、中期的超声治疗改善，其敏感性较高 (87%~97%)，但特异性报道不一 (55%~100%)。Suffoletto 等^[16]证实短轴的同步性指标 (室间隔-后壁达峰时间差) 可以预测 CRT 治疗近期心搏出量的提高 (敏感性 91%，特异性 75%) 和远期 LVEF 的改善 (敏感性 89%，特异性 83%)。此外，研究还证实运用 TDI 技术对 CRT 治疗后患者进行心室间同步性参数的优化，可提高近、中期预后^[17]。当然，应变和应变率在 CRT 治疗和预后评估方面的价值仍有待探索^[18, 19]。

3.2 心肌梗死后存活心肌的评价

对存活心肌的评价是应变和应变率显像目前最主要的临床应用领域之一。研究者将狗的左前降支和回旋支阻断，发现负荷试验下舒张期应变率可以检测心肌梗死面积 >20% 的心肌节段，其与组织纤维化的关系最密切 ($r = 0.86, P < 0.01$)^[20]。此外，研究者发现缺血心肌在射血期内应变降低而其峰值出现在舒张早期，即收缩后收缩，其出现提示心肌存活与可逆性心肌缺血，然而关于收缩后收缩是主动或被动运动仍存在争议^[21]。

3.3 B 型利钠肽原 (pro-BNP) 与心力衰竭患者预后评估

Dokainish 等^[22]发现心力衰竭患者出院前二尖瓣血流 E 峰与二尖瓣环组织多普勒 E' 峰的比值 (E/E') ≥ 15 或 pro-BNP ≥ 250 pg/ml 是出院

后发生心源性死亡或心力衰竭再入院的独立预测因子。一项研究入选了 137 例不同病因的可疑充血性心力衰竭患者，同样显示平均左室长轴应变与 BNP 水平高度相关，无论收缩或舒张性心力衰竭均如此^[23]。

3.4 心房颤动消融手术后评估

近年来，导管消融治疗心房颤动被证明是治疗阵发性与持续性心房颤动的有效和最具研究潜力的手段。Schneider 等^[24]证实，心房颤动消融术后维持窦性心律与心房颤动复发患者，其左室收缩期应变率有显著性差异，室间隔收缩期应变率 $>2.25/s$ 与下壁收缩期应变 $>19.5\%$ 是预测消融术后维持窦性心律的分界点。提示心房颤动消融术前，收缩期应变和应变率高的患者从手术中获益更多，从而为下一步抗凝治疗和栓塞风险评估提供指导。

3.5 心脏移植后急性排异反应

经心肌活检证实，心脏移植术后患者急性排异反应严重者，其左室长轴和短轴应变/应变率较低^[25]，急性排异反应高于 3 级、或细胞排异反应 ≤ 2 级伴临床症状和 (或) 血管的免疫组织特征表现的患者，其短轴、长轴和环向收缩和舒张期应变/应变率明显低于移植前。其中，整体收缩和舒张应变率较应变更早期发现急性排异反应，当短轴整体应变率突然下降 $\geq 15\%$ 高度提示心脏发生急性排异^[26]。Eroglu 等^[27]还发现应变/应变率显像与多巴酚丁胺试验结合有助于在冠脉造影出现异常前早期检出移植血管狭窄。

4 斑点追踪 (SPE)

SPE 是一种新的超声心动图技术，它将心肌组织看作许多声学斑点，通过区域配对的计算机原理，连续追踪一个影像区域的声学斑点在相邻两帧图像间的位移，从而描记心肌的变形运动，具有非角度依赖、测量重复性好、可同时分析心肌长轴、短轴、环向运动等特点，日益成为研究的热点。SPE 定量和检测心肌缺血方面的能力最近在猪和小鼠的左前降支阻断试验中得到证实^[28, 29]。Chan 等^[30]证实透壁心肌梗死患者环向及短轴向二维应变与应变率明显低于非透壁心肌梗死患者，而长轴向二维应变与应变率不能区分透壁与

非透壁心肌梗死。Hanekom 等^[31]报道了 TDI 与 SPE 在 150 例多巴酚丁胺试验患者中,对冠状动脉前循环病变的评价结果相似。

5 结语

目前,组织多普勒技术面临的主要问题仍然是重复性不够理想、角度依赖性,当分析曲线出现多个峰值,哪一个才是真正的收缩/舒张主峰尚存在争议。此外,TDI 从采图、测量到分析结果都需要较长时间的学习和培训。目前尚缺乏有关 TDI 的随机、双盲的大规模临床研究来证实其应用价值。

参考文献

- [1] Alam M, Wardell J, Andersson E, et al. Effects of first myocardial infarction on left ventricular systolic and diastolic function with the use of mitral annular velocity determined by pulsed wave doppler tissue imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2000, 13(5): 343-352.
- [2] Oh JK, Hatle L, Tajik AJ, et al. Diastolic heart failure can be diagnosed by comprehensive two-dimensional and Doppler echocardiography[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47(3): 500-506.
- [3] Wang M, Yip GW, Wang AY, et al. Peak early diastolic mitral annulus velocity by tissue Doppler imaging adds independent and incremental prognostic value[J]. J Am Coll Cardiol, 2003, 41(5): 820-826.
- [4] Weidemann F, Wacker C, Rauch A, et al. Sequential changes of myocardial function during acute myocardial infarction, in the early and chronic phase after coronary intervention described by ultrasonic strain rate imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2006, 19(7): 839-847.
- [5] Hanekom L, Jenkins C, Jeffries L, et al. Incremental value of strain rate analysis as an adjunct to wall-motion scoring for assessment of myocardial viability by dobutamine echocardiography: a follow-up study after revascularization[J]. Circulation, 2005, 112(25): 3892-3900.
- [6] Badran HM, Elnoamany MF, Seteha M. Tissue velocity imaging with dobutamine stress echocardiography—a quantitative technique for identification of coronary artery disease in patients with left bundle branch block[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2007, 20(7): 820-831.
- [7] Kasner M, Westermann D, Steendijk P, et al. Utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of diastolic function in heart failure with normal ejection fraction: a comparative Doppler-conductance catheterization study[J]. Circulation, 2007, 116(6): 637-647.
- [8] Marciniak A, Claus P, Sutherland GR, et al. Changes in systolic left ventricular function in isolated mitral regurgitation. A strain rate imaging study[J]. Eur Heart J, 2007, 28(21): 2627-2636.
- [9] Di Salvo G, Pacileo G, Del Giudice EM, et al. Abnormal myocardial deformation properties in obese, non-hypertensive children: an ambulatory blood pressure monitoring, standard echocardiographic, and strain rate imaging study[J]. Eur Heart J, 2006, 27(22): 2689-2695.
- [10] Friedberg MK, Slorach C. Relation between left ventricular regional radial function and radial wall motion abnormalities using two-dimensional speckle tracking in children with idiopathic dilated cardiomyopathy[J]. Am J Cardiol, 2008, 102(3): 335-339.
- [11] King G, Foley JB, Royse CF, et al. Myocardial stiffness and the timing difference between tissue Doppler imaging Ea and peak mitral valve opening can distinguish physiological hypertrophy in athletes from hypertrophic cardiomyopathy[J]. Eur J Echocardiogr, 2006, 7(6): 423-429.
- [12] Ganame J, Mertens L, Eidem BW, et al. Regional myocardial deformation in children with hypertrophic cardiomyopathy: morphological and clinical correlations[J]. Eur Heart J, 2007, 28(23): 2886-2894.
- [13] Boyer JK, Thanigaraj S, Schechtman KB, et al. Prevalence of ventricular diastolic dysfunction in asymptomatic, normotensive patients with diabetes mellitus[J]. Am J Cardiol, 2004, 93(7): 870-875.
- [14] Fang ZY, Leano R, Marwick TH. Relationship between longitudinal and radial contractility in subclinical diabetic heart disease[J]. Clin Sci (Lond), 2004, 106(1): 53-60.
- [15] de las Fuentes L, Brown AL, Mathews SJ, et al. Metabolic syndrome is associated with abnormal left ventricular diastolic function independent of left ventricular mass[J]. Eur Heart J, 2007, 28(5): 553-559.
- [16] Suffoletto MS, Dohi K, Cannesson M, et al. Novel speckle-tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy[J]. Circulation, 2006, 113(7): 960-968.
- [17] Vidal B, Sitges M, Marigliano A, et al. Optimizing the programming of cardiac resynchronization therapy devices in patients with heart failure and left bundle branch block[J]. Am J Cardiol, 2007, 100(6): 1002-1006.
- [18] Yu CM, Goresan J 3rd, Bleeker GB, et al. Usefulness of tissue Doppler velocity and strain dyssynchrony for predicting left ventricular reverse remodeling response after cardiac resynchronization therapy[J]. Am J Cardiol, 2007, 100(8): 1263-1270.
- [19] Goresan J 3rd, Abraham T, Agler DA, et al. Echocardiography for cardiac resynchronization therapy: recommen-

- dations for performance and reporting—a report from the American Society of Echocardiography Dyssynchrony Writing Group endorsed by the Heart Rhythm Society[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2008, 21(3): 191-213.
- [20] Park TH, Nagueh SF, Khoury DS, et al. Impact of myocardial structure and function postinfarction on diastolic strain measurements; implications for assessment of myocardial viability[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2006, 290(2): H724-H731.
- [21] Ryf S, Rutz AK, Boesiger P, et al. Is post-systolic shortening a reliable indicator of myocardial viability? An MR tagging and late-enhancement study [J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2006, 8(3): 445-451.
- [22] Dokainish H, Zoghbi WA, Lakkis NM, et al. Incremental predictive power of B-type natriuretic peptide and tissue Doppler echocardiography in the prognosis of patients with congestive heart failure[J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 45(8): 1223-1226.
- [23] Yoneyama A, Koyama J, Tomita T, et al. Relationship of plasma brain-type natriuretic peptide levels to left ventricular longitudinal function in patients with congestive heart failure assessed by strain Doppler imaging [J]. Int J Cardiol, 2008, 130(1): 56-63.
- [24] Schneider C, Malisius R, Krause K, et al. Strain rate imaging for functional quantification of the left atrium; atrial deformation predicts the maintenance of sinus rhythm after catheter ablation of atrial fibrillation[J]. Eur Heart J, 2008, 29(11): 1397-1409.
- [25] Marciniak A, Eroglu E, Marciniak M, et al. The potential clinical role of ultrasonic strain and strain rate imaging in diagnosing acute rejection after heart transplantation [J]. Eur J Echocardiogr, 2007, 8(3): 213-221.
- [26] Dandel M, Knosalla C, Lehmkühl H, et al. Non-Doppler two-dimensional strain imaging-clinical applications[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2007, 20(8): 1019.
- [27] Eroglu E, D'Hooge J, Sutherland GR, et al. Quantitative dobutamine stress echocardiography for the early detection of cardiac allograft vasculopathy in heart transplant recipients[J]. Heart, 2008, 94(2): e3.
- [28] Sun JP, Niu J, Chou D, et al. Alterations of regional myocardial function in a swine model of myocardial infarction assessed by echocardiographic 2-dimensional strain imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2007, 20(5): 498-504.
- [29] Migrino RQ, Zhu X, Pajewski N, et al. Assessment of segmental myocardial viability using regional 2-dimensional strain echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2007, 20(4): 342-351.
- [30] Chan J, Hanekom L, Wong C, et al. Differentiation of subendocardial and transmural infarction using two-dimensional strain rate imaging to assess short-axis and long-axis myocardial function [J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 48(10): 2026-2033.
- [31] Hanekom L, Cho GY, Leano R, et al. Comparison of two-dimensional speckle and tissue Doppler strain measurement during dobutamine stress echocardiography; an angiographic correlation [J]. Eur Heart J, 2007, 28(14): 1765-1772.

(收稿:2008-12-08 修回:2009-02-24)

(本文编辑:金谷英)

(上接第 138 页)

- [25] Sidhu JS, Rajawat YS, Rami TG, et al. Transgenic mouse model of ventricular preexcitation and atrioventricular reentrant tachycardia induced by an AMP-activated protein kinase loss-of-function mutation responsible for Wolff-Parkinson-White syndrome[J]. Circulation, 2005, 111(1): 21-29.
- [26] Gollob MH. Glycogen storage disease as a unifying mechanism of disease in the PRKAG2 cardiac syndrome[J]. Biochem Soc Trans, 2003, 31(1): 228-231.
- [27] Patel VV, Arad M, Moskowitz IP, et al. Electrophysiologic characterization and postnatal development of ventricular pre-excitation in a mouse model of cardiac hypertrophy and Wolff-Parkinson-White syndrome[J]. J Am Coll Cardiol, 2003, 42(5): 942-951.
- [28] Light PE, Wallace CH, Dyck JR. Constitutively active adenosine monophosphate-activated protein kinase regulates voltage-gated sodium channels in ventricular myocytes[J]. Circulation, 2003, 107(15): 1962-1965.
- [29] Hallows KR, McCane JE, Kemp BE, et al. Regulation of channel gating by AMP-activated protein kinase modulates cystic fibrosis transmembrane conductance regulator activity in lung submucosal cells[J]. J Biol Chem, 2003, 278(2): 998-1004.
- [30] Wolf CM, Arad M, Ahmad F, et al. Reversibility of PRKAG2 glycogen-storage cardiomyopathy and electrophysiological manifestations[J]. Circulation, 2008, 117(2): 144-154.

(收稿:2008-12-12 修回:2009-03-12)

(本文编辑:丁媛媛)