

实时三维超声心动图评价冠状动脉粥样硬化性心脏病的应用进展

吴妮懋 任建丽

摘 要 实时三维超声心动图(RT-3DE)能全方位立体观察心脏结构和功能,可准确、快速量化左心容积和射血分数,在心血管疾病的早期诊断、疗效评价及预后监测方面均有重要价值,本文就 RT-3DE 定量评估冠状动脉粥样硬化性心脏病的应用进展进行综述。

关键词 超声心动描记术,实时,三维;冠状动脉粥样硬化性心脏病

[中图法分类号]R540.45;R541.4

[文献标识码]A

Application progress of real-time three-dimensional echocardiography in evaluation of coronary heart atherosclerotic disease

WU Nimao, REN Jianli

Institute of Ultrasound Imaging, Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China

ABSTRACT Real-time three-dimensional echocardiography (RT-3DE), which is able to evaluate left chamber volumes and ejection fraction accurately as well as quickly, made it possible to observe the cardiac structure and function stereoscopically. RT-3DE makes significant progress in early diagnosis, therapeutic evaluation and prognosis monitoring of cardiovascular diseases. This article reviews its application progress in the assessment of coronary heart atherosclerotic disease.

KEY WORDS Echocardiography, real-time, three-dimensional; Coronary heart atherosclerotic disease

准确评估冠状动脉粥样硬化性心脏病(coronary heart atherosclerotic disease, CAD)患者的心脏容积、运动及功能情况有助于早期诊断疾病,预防急性心血管事件的发生。MRI、CT、核素左室造影因放射性、价格贵、耗时长等缺点临床应用受限,超声心动图具有无创、便捷、实时等优点,已成为临床常用的定量评估CAD的影像学技术。目前,临床广泛使用的二维超声心动图(two-dimensional echocardiography, 2DE)具有几何假设、心尖短缩、平面单一等不足,对于准确评估CAD有一定困难。近年来,三维超声已实现静态到动态的突破,随着全容积矩阵传感器的引入,实时三维超声心动图(real-time three-dimensional echocardiography, RT-3DE)已成为研究热点。RT-3DE 分别通过经胸和经食管探头在采集多切面二维图像的同时即刻合成心脏立体结构,可准确、快速地对心腔、瓣膜进行定量分析,为量化CAD患者心腔容积和功能提供了更可靠的依据,同时为准确评估心肌运动及心室、瓣膜重构提供了新方法,能敏感地发现心肌梗死并发症。本文就 RT-3DE 定量评估CAD的应用进展进行综述。

一、RT-3DE 评价心腔容积和功能

1. 左室:左室容积和功能不仅是CAD早期的重要观察指标,也是反映患者预后的关键参数。RT-3DE 无需几何形态的假设,可实时、立体地显示心脏图像,通过心内膜边界追踪技术快速获得左室舒张末期容积(LVEDV)、左室收缩末期容积(LVESV)及左室射血分数(LVEF),其结果与MRI比较一致性较好,准确性和重复性均优于2DE,且RT-3DE不受左室形态、大小及室壁厚度的影响^[1-2]。Meng等^[3]研究发现,冠状动脉介入治疗(PCI)术后3个月和9个月CAD患者LVEDV、LVESV均较术前减小,LVEF较术前增加(均 $P < 0.05$),说明RT-3DE可评估CAD患者PCI术后疗效,其潜在价值是可对心肌梗死或心力衰竭后左室功能不全患者进行危险分层评估,从而指导心肌梗死后LVEF $< 40\%$ 的患者进行心肌再同步化治疗。Gopal等^[4]应用2DE和RT-3DE对心肌梗死或充血性心力衰竭患者进行危险分层,结果与MRI比较,发现RT-3DE分类错误率最低,其中LVEF $< 40\%$ 的患者2DE和RT-3DE分类错误率分别为11%、5%;LVEF $< 30\%$ 的患者2DE和RT-3DE分类错误率分别为

基金项目:国家自然科学基金项目(81873901)

作者单位:400010 重庆市,重庆医科大学超声影像学研究所

通讯作者:任建丽,Email:renjianli_1977@163.com

24%、15%，说明RT-3DE对心肌梗死后LVEF的危险分层效果较好，但该结论仍需更多大样本研究证实。另有研究^[5]证明，RT-3DE的峰值充盈率、平均充盈率及1/3充盈分数均可定性、定量反映稳定性CAD患者左室舒张功能变化，其中1/3充盈分数可在一定程度上检测CAD患者早期以舒张早期心肌弛缓异常为主的轻度舒张功能受损。亦有研究^[6]指出，峰值充盈率可作为评估左室舒张功能的首选参数。

2. 左房：CAD患者的左房功能反映了左室舒张压的长期改变，可提示潜在的左室舒张功能障碍。RT-3DE主要通过测量左房容积评价其功能，结果与MRI相关性高^[7]。Russo等^[8]研究证明RT-3DE测量的左房容积是未来心脏事件的有力预测因子，且左房最小容积较左房最大容积预测价值更高。另有研究^[9]指出，左房扩张指数(LAEI)是预测左室舒张末压的最佳独立预测因子。Yang等^[10]发现左房管道功能随病变血管数量增加而降低，且左房被动排空分数(LAVpEF)是鉴别重度CAD与非重度CAD患者的重要指标，受试者工作特征(ROC)曲线下面积为0.864。值得注意的是，临床上部分CAD患者左房容积早期改变并不明显，此时需联合三维斑点追踪(3D-STE)技术检测左房应变参数以更全面地评估左房功能。

3. 右室：由于右室形态、空间构型较复杂，且在不同负荷状态下右室形态可发生改变，因此准确评估CAD患者右室功能一直是临床面临的难题。常规右室功能评价参数如右室Tei指数、三尖瓣环收缩期位移、三尖瓣环侧壁收缩速度等因受声束角度、前后负荷及年龄等影响无法客观、准确地评价右室功能。RT-3DE从三维角度对右室进行旋转、切割，全面显示右室流入道、流出道和顶部，在准确评估右室容积成像和功能方面已得到临床认可。但由于右室流出道与胸壁非常接近，偶尔会出现回声脱落，因此RT-3DE在评估心室异常扩大或胸壁薄弱患者右室容积时仍有局限。Kidawa等^[11]使用RT-3DE测得右室射血分数(RVEF) $<51\%$ 诊断右室心肌梗死(RVMI)的敏感性为91%，特异性为80%。罗娜等^[12]使用RT-3DE观察到心肌梗死后心力衰竭的老年患者右室容积在LVEF $<30\%$ 时明显增大，其中RVEF、右室每搏输出量与LVEF均呈正相关($r=0.638, 0.385$ ，均 $P<0.05$)。另有学者^[13]发现右冠状动脉狭窄组患者右室容积和功能测值与正常对照组比较差异均无统计学意义，原因可能为右室代偿能力强于左室，早期轻微病变未见明显右室功能改变。目前，右室三维应变参数较常规右室容积、功能参数在评价CAD患者右室功能方面具有更好的价值，但RT-3DE针对右室容积定量分析的软件较少，未来需开发更多先进的软件包以提高评估右室功能的准确性。

4. 右房：冠状动脉缺血极少独立损害右房功能，因此临床上单独针对CAD患者右房功能的研究较少。CAD患者右房功能受损通常是由于下壁心肌梗死(IMI)导致右室急性收缩和舒张功能改变，从而使右房压力增加。Kanar等^[14]发现急性IMI患者右室受累可能导致右房体积增加和导管功能恶化，RT-3DE测得的右室最大体积指数 $>27.9\text{ ml/m}^2$ 是急性IMI患者右室受累的独立预测因子。肺动脉压力改变与右室功能密切相关，未来可应用RT-3DE测量右房、右室功能以反映CAD患者肺动脉压力的变化，为其预后评估提供新的思路。

二、RT-3DE评价室壁运动及同步性

节段性室壁运动异常(RWMA)是冠状动脉缺血、梗塞时的特征性改变。CAD患者常表现为缺血室壁运动减低、消失甚至反向，邻近正常心肌的收缩力可出现代偿性增强。RT-3DE的17节段容积时间曲线(VTC)图可直接观察运动异常节段心肌，正常人左室VTC呈规则的抛物线形，曲线波幅大，波谷趋近；而CAD患者VTC形态不规则、杂乱，正常节段波幅大，缺血节段波幅小，发生心肌梗死时梗死节段甚至可呈反向运动。另外，17节段心肌的划分与冠状动脉分布区域相关，可通过运动异常节段推断罪犯血管。Youssef等^[15]发现RT-3DE能准确评估缺血性心肌病患者RWMA，且2DE的局部室壁运动评分与3DE的节段射血分数显著相关。研究^[16]证实RT-3DE牛眼图显示的节段心肌运动偏移可较准确地地区分冠状动脉搭桥术中患者短暂性与持续性的RWMA。

由于CAD患者心肌供血不足，左室由迅速、整体、同步的收缩转变成缓慢、节段性、不同步的收缩。左室的17节段VTC图和牛眼图均可直观显示心肌运动不协调，通过测量VTC离散度、16节段最小收缩容积时间标准差(Tmsv 16-SD)、最大时间差(Tmsv 16-Dif)，以及左室收缩不同步指数(Tmsv 16-SD%，SDI)可定量分析心肌运动的不同步。田雨等^[17]研究显示CAD患者的Tmsv 16-SD、Tmsv 16-Dif、R-R间期校正后的Tmsv 16-SD%、Tmsv 16-Dif%均高于正常成人(均 $P<0.05$)，且多支病变患者均高于单支病变患者(均 $P<0.05$)。Aggarwal等^[16]使用RT-3DE准确检出CAD患者心肌运动的不同步。然而，CAD患者可因轻度心肌缺血或侧支循环建立使其室壁运动异常改变在RT-3DE上表现不明显。3D-STE是目前评估室壁运动同步性的新技术，该技术在长轴、径向及圆周运动上的时间应变参数均可早期发现受损心肌，与RT-3DE联合应用可提高对缺血心肌的诊断准确性。

三、RT-3DE评价心室及瓣膜重构

CAD患者发生心室重构主要包括心室形态、大小及功能的改变。既往评价左室重构的超声指标主要包括左室容积和质量参数，近来有学者^[18]提出左室重构指数(LVRI)可作为评价CAD患者左室重构的新指标。国外学者^[19]发现RT-3DE测得的三维球形指数(3D-LVSI)不仅能准确地反映左室形态，还能预测急性心肌梗死后左室重构的发生。Karuzas等^[20]认为3D-LVSI较3D-STE能更准确地预测急性心肌梗死后左室重构的发生，其敏感性和特异性分别为90%、91%。心肌持续缺血、梗死亦可导致二尖瓣装置重构，研究^[21]证明经食管RT-3DE可量化分析二尖瓣及瓣下解剖结构、瓣叶-瓣环复合体构型的解剖学参数，能准确评估二尖瓣复合体构型特点。有学者^[22]使用RT-3DE观察器质性和缺血性二尖瓣反流患者瓣环及瓣叶的三维几何构型变化，发现缺血性组二尖瓣瓣环扩张较器质性组更明显，且瓣环整体形态更趋于扁平化，但无明显的瓣叶面积增大，说明RT-3DE能够区分不同病因致二尖瓣反流时瓣环和瓣叶的形态变化。

四、RT-3DE评价CAD心肌梗死并发症

张明珠等^[23]应用RT-3DE清晰显示心肌梗死患者左室心尖部室壁瘤(LVA)的形态和大小，准确识别室壁瘤伴血栓形

成,通过定量分析 LVEF 和左室球形指数监测功能性 LVA、解剖性 LVA 及血栓性 LVA 患者 PCI 术后短期疗效。Arisha 等^[24]应用经食管 RT-3DE 直观显示心肌梗死后患者室间隔穿孔的大小、位置及邻近结构,为外科手术提供了可靠依据。Havins 等^[25]应用经食管 RT-3DE 成功识别 1 例非 ST 段抬高型心肌梗死患者后内侧面乳头肌破裂,并清晰显示 P2、P3 脱垂的二尖瓣图像。RT-3DE 能多角度全面观察心腔内部结构,可以早期诊断和评价心肌梗死并发症,指导临床治疗,最大程度地减少不良预后因素的影响,提高患者生活质量。但目前 RT-3DE 多用于慢性期患者的检查,对部分急性期 CAD 患者或心肌梗死急性并发症患者,RT-3DE 的应用价值有限,今后需进一步研究。

五、总结与展望

总之,RT-3DE 可以从任意角度透视心脏,能快速、准确地评估 CAD 患者的心脏结构和功能,丰富了临床诊疗信息。但其在一定程度上受呼吸和心率的影响,可能造成拼接伪像,最新的单心动周期模式可以克服此不足。另外,窄角成像模式尚不能完全显示心室明显扩大或胸壁较薄患者的近场图像,且传统的 RT-3DE 需要人工勾勒心内膜边界,操作过程繁杂、耗时长。今后,开发商应致力于发展 RT-3DE 传感器,提高三维图像质量,开发更准确、高效的全自动定量软件,以提高心内膜边界量化的清晰度和分析速度。此外,多模态无创影像学技术融合评估已成为研究趋势,RT-3DE 结合其他影像学技术综合评估 CAD 患者的心脏功能,建立冠状动脉血管分支立体图,精准判断冠状动脉狭窄位置,亦具有良好的发展前景。

参考文献

- [1] Velasco O, Beckett MQ, James AW, et al. Real-time three-dimensional echocardiography: characterization of cardiac anatomy and function—current clinical applications and literature review update[J]. *Biores Open Access*, 2017, 6(1): 15-18.
- [2] Angelo S, Stefano C, Claudio R, et al. Three-dimensional echocardiography in various types of heart disease: a comparison study of magnetic resonance imaging and 64-slice computed tomography in a real-world population[J]. *J Echocardiogr*, 2016, 15(1): 18-26.
- [3] Meng Y, Zong L, Zhang Z, et al. Evaluation of changes in left ventricular structure and function in hypertensive patients with coronary artery disease after PCI using real-time three-dimensional echocardiography[J]. *Exp Ther Med*, 2018, 15(2): 1493-1499.
- [4] Gopal AS, Chukwu EO, Mihalatos DG, et al. Left ventricular structure and function for postmyocardial infarction and heart failure risk stratification by three-dimensional echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(8): 949-958.
- [5] 林琼雯, 王吴刚, 吴伟春, 等. 实时三维超声参数在评价稳定性冠心病患者左心室舒张功能中的作用[J]. *中国分子心脏病学杂志*, 2013, 40(5): 20-24.
- [6] Nakanishi K, Fukuda S, Watanabe H, et al. The utility of fully automated real-time three-dimensional echocardiography in the evaluation of left ventricular diastolic function[J]. *J Cardiol*, 2015, 66(1): 50-56.
- [7] Victor MA, Chattanong Y, Carly C, et al. Real-time 3D echocardiographic quantification of left atrial volume: multicenter study for validation with CMR[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2012, 5(8): 769-777.
- [8] Russo C, Jin Z, Homma S, et al. LA phasic volumes and reservoir function in the elderly by real-time 3D echocardiography: normal values, prognostic significance, and clinical correlates[J]. *J Am Coll Cardiol Imaging*, 2017, 10(9): 976-985.
- [9] Hatipoglu S, Ozdemir N, Guler GB, et al. Left atrial expansion index is an independent predictor of diastolic dysfunction in patients with preserved left ventricular systolic function: a three dimensional echocardiography study[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2014, 30(7): 1315-1323.
- [10] Yang L, Ma L, Li Y, et al. Real-time three-dimensional echocardiography of left atrial volume and function in patients with severe multi-vessel coronary artery disease[J]. *J Med Ultrason*, 2017, 44(1): 71-78.
- [11] Kidawa M, Chizyński K, Zielińska M, et al. Real-time 3D echocardiography and tissue Doppler echocardiography in the assessment of right ventricle systolic function in patients with right ventricular myocardial infarction[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013, 14(10): 1002-1009.
- [12] 罗娜, 辛明志, 王淑英, 等. 实时三维超声心动图评估老年心肌梗死后心力衰竭患者右心功能的价值[J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(12): 27-29.
- [13] 林瑜芬, 李金国, 钟玲, 等. 实时三维超声心动图评价右冠状动脉病变患者右心室局部与整体容积及收缩功能变化[J]. *中华超声影像学杂志*, 2015, 24(10): 829-833.
- [14] Kanar BG, Sunbul M, Sahin AA, et al. Evaluation of right atrial volumes and functions by real-time three-dimensional echocardiography in patients after acute inferior myocardial infarction[J]. *Echocardiography*, 2018, 35(11): 1806-1811.
- [15] Youssef G, Saad Z, Ammar W, et al. Assessment of left ventricular regional wall motion abnormalities using regional time-volume curves obtained by real time three-dimensional echocardiography[J]. *Egypt Heart J*, 2018, 70(3): 129-232.
- [16] Aggarwal N, Unnikrishnan KP, Biswas I, et al. Intraoperative assessment of transient and persistent regional left ventricular wall motion abnormalities in patients undergoing coronary revascularization surgery using real time three-dimensional transesophageal echocardiography: a prospective observational study[J]. *Echocardiography*, 2017, 34(11): 1649-1659.
- [17] 田雨, 王小凡, 吕启凤, 等. 实时三维超声评价冠状动脉性心脏病患者左室收缩功能及同步性研究[J]. *临床超声医学杂志*, 2015, 17(3): 155-158.
- [18] Bochenek T, Wita K, Tabor Z, et al. Value of speckle-tracking echocardiography for prediction of left ventricular remodeling in patients with ST-elevation myocardial infarction treated by primary percutaneous intervention[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2011, 24(12): 1342-1348.
- [19] Ola RK, Meena CB, Ramakrishnan S, et al. Detection of left ventricular remodeling in acute ST elevation myocardial infarction after primary percutaneous coronary intervention by two dimensional and three dimensional echocardiography[J]. *J Cardiovasc Echogr*,

- 2018, 28(1): 39-44.
- [20] Karuzas A, Rumbinaite E, Verikas D, et al. Accuracy of three-dimensional systolic dyssynchrony and sphericity indexes for identifying early left ventricular remodeling after acute myocardial infarction [J]. *Anatol J Cardiol*, 2019, 22(1): 13-20.
- [21] Lee A, Fang F, Jin C, et al. Quantification of mitral valve morphology with three-dimensional echocardiography—can measurement lead to better management? [J]. *Circulation J*, 2014, 78(5): 1029-1037.
- [22] 王芳, 王婷, 王婷婷, 等. 经食管三维超声定量评价器质性与缺血性二尖瓣反流时二尖瓣叶及瓣环形态变化[J]. *宁夏医学杂志*, 2019, 41(6): 514-516.
- [23] 张明珠, 张璐, 任凤霞, 等. 实时三维超声心动图对行急诊PCI的左心室室壁瘤患者短期疗效的评估[J]. *重庆医学*, 2018, 47(5): 650-653.
- [24] Arisha MJ, Hsiung MC, Nanda NC, et al. Incremental value of live/real time three-dimensional transesophageal echocardiography in the assessment of ventricular septal rupture following acute myocardial infarction [J]. *Echocardiography*, 2017, 34(11): 1680-1686.
- [25] Havins J, Lick S, Boor P, et al. Real time three-dimensional transesophageal echocardiography in partial posteromedial papillary muscle rupture [J]. *Echocardiography*, 2013, 30(6): 179-181.

(收稿日期: 2020-06-20)

· 病例报道 ·

Ultrasonic manifestations of nodular fasciitis with bone destruction: a case report

结节性筋膜炎伴骨破坏超声表现 1 例

王萍萍 李 奥 许 迪

[中图分类号] R445.1

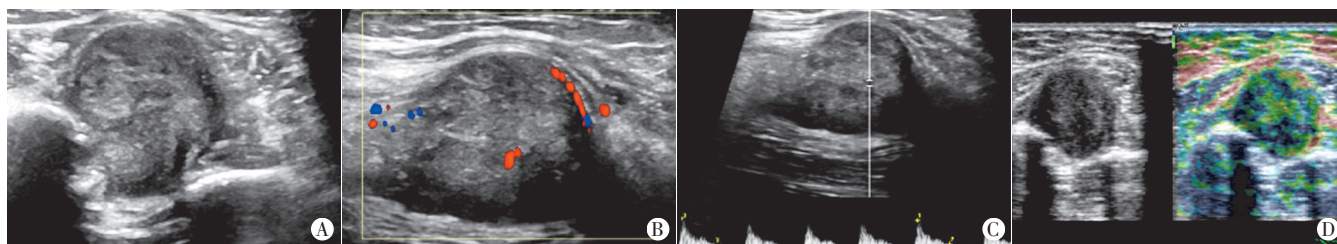
[文献标识码] B

患儿男, 11岁, 因偶然发现左前臂近端肿块5个月余就诊。体格检查: 左桡骨近端触及一质韧肿块, 大小约2 cm×2 cm, 轻度叩压痛, 皮温正常, 四肢末梢血运未见明显异常; 腋窝和颈部均未见明显肿大淋巴结。肿瘤标志物检查正常。患者既往体健, 无手术、外伤、局部感染和肿瘤史。常规超声检查: 左侧桡骨近端肌间隙见一低回声肿块, 大小约3 cm×2 cm×2 cm, 形态欠规则, 局部边界不清, 内部回声均匀, 未见明显液化及钙化, 后方回声无衰减, 邻近桡骨骨质破坏(图1A); CDFI于肿块内部及周边均可探及点条状血流信号, 脉冲多普勒探及动脉频谱, 阻力指数0.81(图1B、C); 弹性成像示应变弹性评分3分(图1D)。超声提示: 左侧桡骨近端软组织占位伴桡骨骨质破坏, 建议行超声引导下穿刺活检。X线示左侧桡骨近中段局部骨质密度减低, 骨皮质变薄(图2A); CT及增强MRI均显示左侧桡骨近端肌间隙内占位伴邻近骨质破坏(图2B、C、D), 考虑恶性肿瘤。术前行超声引导下粗针穿刺活检(图3), 穿刺病理考虑结节性筋膜炎(图4A)。后行左前臂肿瘤切除术, 术中于尺桡骨近端

间隙内见一淡白色肿瘤, 大小约2 cm×2 cm×1 cm, 边界尚清, 挤压周围神经, 桡骨近端部分皮质被肿瘤侵袭, 肿块完整切除送病理学检查。组织病理学检查及免疫组化检查提示结节性筋膜炎(图4B)。荧光原位杂交技术检测提示USP6基因断裂重组(图4C)。综合上述检查结果确诊为结节性筋膜炎。

讨论: 结节性筋膜炎是一种良性成纤维细胞/肌成纤维细胞分化的软组织肿瘤, 占有软组织肿瘤的7%^[1]。临床上患者常因短期内出现迅速增大的单发肿块就诊, 肿块处多伴有轻度疼痛或感觉异常。目前临床常用的结节性筋膜炎影像学检查方法包括超声、CT及MR。随着超声检查技术(高频超声、多普勒成像、弹性成像、超声造影及介入超声等)的快速发展, 其在软组织肿块的诊疗中显示出重要价值^[2]。本例患者经超声观察到肿块位置、大小、形态、边界、回声、血流、硬度, 以及肿块对骨质的破坏, 并于超声引导下粗针穿刺活检。

结节性筋膜炎伴骨破坏罕见, 目前仅有2例报道^[3-4]证实结节性筋膜炎伴骨侵袭性和复发与PPP6R3-USP6融合相关, 且



A: 常规超声示肿块邻近桡骨骨质破坏; B、C: 彩色多普勒超声探及血流信号及频谱; D: 弹性成像示应变弹性评分3分

图1 结节性筋膜炎伴骨破坏超声图像

(下转第225页)

作者单位: 210029 南京市, 江苏省人民医院超声诊断科

通讯作者: 许迪, Email: di_hsn@126.com