

◆ 综述

Progresses of three-dimensional echocardiography quantitative evaluation in valve structure and function and degree of regurgitation for patients with mitral regurgitation

ZHAO Miao, LUO Zhiling*

(Department of Ultrasound Imaging, Fuwai Cardiovascular Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650000, China)

[Abstract] Mitral regurgitation (MR) is one of the most common valve lesions. Echocardiography can effectively evaluate the valve structure and reflux, and provide a basis for clinical diagnosis and treatment. Compared with conventional echocardiography, the quantitative technique of three-dimensional echocardiography can better describe the valve structure and function, and more accurately assess the degree of reflux, which is of great significance for clinical treatment, decisions and disease risk stratification. The research progresses of quantitative evaluation of valve structure and reflux in patients with mitral regurgitation by three-dimensional echocardiography were reviewed in this article.

[Keywords] echocardiography; imaging, three-dimensional; quantitative evaluation; mitral regurgitation

DOI:10.13929/j.1003-3289.201905006

三维超声心动图定量评价二尖瓣反流患者瓣膜结构功能和反流程度研究进展

赵 苗, 骆志玲*

(昆明医科大学附属阜外心血管病医院, 云南 昆明 650000)

[摘 要] 二尖瓣反流(MR)是最常见的瓣膜病变之一。利用超声心动图能够对瓣膜结构功能和反流程度进行评估,为临床诊疗提供依据。三维超声心动图定量技术较常规超声心动图可更好地描述瓣膜结构功能、更准确地评估反流程度,对临床治疗决策和疾病风险分层均具有重要意义。本文就三维超声心动图定量评估 MR 患者瓣膜结构和反流程度的研究进展做一综述。

[关键词] 超声心动图;成像,三维;定量评估;二尖瓣反流

[中图分类号] R445.1; R542.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2019)12-1904-04

二尖瓣反流(mitral regurgitation, MR)是临床常见的瓣膜病变。超声心动图是诊断 MR 的主要方法,且为判定 MR 病因和严重程度的关键。虽然目前临床常将二维超声心动图作为一线诊断工具,但随着三维超声(three-dimensional echocardiography, 3DE)的普及应用,因其可对二尖瓣(mitral valve, MV)解剖

结构特点、MV 功能以及反流量进行深入研究并定量分析,3DE 在描述 MV 的解剖和病理方面不断显示出优越性。本文主要对 3DE 技术在 MR 患者瓣膜功能结构及反流程度评估方面的研究进展做一综述。

1 MV 反流疾病概况

根据 MR 病因和 MV 病理改变,MR 可分为退行

[第一作者] 赵苗(1997—),女,云南曲靖人,在读硕士。研究方向:二尖瓣结构功能。E-mail: 1129010884@qq.com

[通信作者] 骆志玲,昆明医科大学附属阜外心血管病医院,650000。E-mail: luozhl2@126.com

[收稿日期] 2019-05-02 **[修回日期]** 2019-09-16

性二尖瓣反流 (degenerative mitral regurgitation, DMR) 和功能性二尖瓣反流 (functional mitral regurgitation, FMR)。DMR 也称为原发性二尖瓣反流, 由 MV 自身病变 (如风湿性疾病、心内膜炎等) 引起, 为最常见的瓣膜异常, 人群中发病率约 1.7%。DMR 与 FMR 的主要区别在于前者通常会存在一个或多个 MV 装置结构破坏。黏液变性 [也称为巴洛病 (Barlow's disease, BD)] 和纤维弹性变性 (fiber elastic degeneration, FED) 是 DMR 的主要原因。FMR 又称为继发性二尖瓣反流, 是左心室重构和瓣环功能障碍的结果。左心室重构导致二尖瓣瓣环 (mitral annulus, MA) 扩张和乳头肌 (papillary muscle, PM) 移位, 改变了 PM 施加在 MV 上的正常垂直张力, 导致一个或两个小叶收缩、偏移, 进而引起瓣叶闭合不全和反流^[1]。FMR 常发生于缺血性心肌病或特发性扩张型心肌病患者。

2 定量评估瓣膜结构和功能

2.1 DMR 通过 3DE 后处理软件可定量评估 MV, 获得 MV 的一系列参数, 对分析 DMR 的具体病因具有重要意义。其中瓣环非平面角、直径、周长及面积等是目前常用的瓣环定量参数, 对合指数、对合面积、穹窿容积高度、脱垂容积高度等是常见的瓣叶定量参数。Chandra 等^[2]利用 3DE 定量分析小叶面积、穹窿容积及瓣环非平面度等参数, 发现不仅能有效区分正常瓣膜与 DMR, 通过瓣叶穹窿容积还可进一步区分 DMR 的病因 (BD 与 FED)。

正常 MA 呈“马鞍形”结构, 其形状和大小在整个心动周期会有特征性的动态变化, 这种结构及其动态变化对维持正常瓣膜功能非常重要^[3]。有学者^[4]采用 3DE 进行定量评估, 发现在 DMR 患者中, 不同疾病表型之间 MA 结构和动力存在明显差异, FED 患者瓣环动力与正常人群相似, BD 患者则出现收缩期瓣环动力异常表现。Moustafa 等^[5]研究证实 BD 患者的 MA 结构和动力存在异常, 并进一步发现 MA 异常程度与反流程度有关。另有研究^[3]报道, 在 DMR 患者中, 瓣环“马鞍形”的扁平化与瓣叶的进行性卷曲及腱索断裂有关。除瓣环之外, 瓣膜与邻近结构之间的相互关系也与瓣膜功能密切相关。一项关于 DMR 的 3DE 研究^[6]通过定量描述重度 MR 患者早期、晚期不同阶段的 MV 和主动脉瓣功能解剖的三维参数及其耦合机制, 发现在严重 MR 晚期阶段存在心室-瓣环解耦联 (即收缩期瓣环鞍状程度无法增加或舒张期鞍状程度低平或消失), 而在早期阶段则不存在。Looi 等^[7]关

于 MR 患者的 3DE 研究也显示 MR 患者存在二尖瓣主动脉瓣耦联异常, 且异常耦联的形式与 MR 的 carpentier 分型有关。总体来说, 与 FMR 相比, DMR 对二尖瓣与主动脉瓣之间的耦合影响较小。

2.2 FMR FMR 的病变机制涉及瓣环扩张、乳头肌移位及瓣叶栓系等。3DE 可定量评估瓣环的几何形态及动力, 通过 3DE 定量评估还可深入了解 FMR 涉及到的解剖细节以相互关系。如利用 3DE 观察乳头肌与 MV 的空间关系, 定量测量乳头肌和腱索的长度、乳头肌间距离和角度^[8], 有利于揭示 FMR 的病因机制。

多项研究^[9-10]通过 3DE 定量测量证实 FMR 患者中存在 MV 瓣叶代偿性增大及重构现象, 即所谓的 MV 适应, 并发现瓣叶代偿不足与 FMR 严重程度独立相关。有学者^[11]采用 3DE 对 FMR 患者整个心动周期中 MA 的大小、形状和动力进行分析, 发现 FMR 收缩早期瓣环异常收缩和“马鞍形”程度加深是导致早期 MV 功能障碍的原因之一。2016 年 Obase 等^[12]定量测量 FMR 患者各级腱索的长度和乳头肌之间的距离, 发现 FMR 可通过延长腱索而减小反流量, 提示其代偿机制可能包含 MV 后叶腱索延长重构。但也有研究^[13]在轻度 FMR 患者中并未发现相关腱索长度改变。不对称乳头肌移位是收缩中后期 FMR 的主要决定因素。Lang 等^[14]对 FMR 患者进行 3DE 定量分析, 发现在 FMR 合并瓣叶对称性栓系患者中, MV 小叶的对合随双侧乳头状肌位移成比例减少, 且对合指数大小与返流严重程度有关。此外, 缺血性二尖瓣反流和扩张性心肌病这两种不同病因所致的 MV 形态改变有所不同^[15]。

除对心室性 FMR 的研究^[8-15]之外, 另有研究^[16]应用 3DE 探索心房性 MR 的机制, 通过 3DE 定量分析, 发现持续性心房颤动 (以下简称房颤) 所致 FMR 患者的 MV 结构及动力改变不仅是 MA 扩张, 而且包含多种因素, 如 MA 收缩功能障碍、瓣环鞍状结构破坏和房源性乳头肌瓣叶栓系。

3 定量评估反流程度

严重 MR 会导致房室增大, 肺动脉高压, 甚至心力衰竭等一系列继发性改变, 其严重程度与预后有关, 因此, 定量评估 MR 严重程度至关重要。传统二维彩色多普勒定量评估反流的方法主要包括二尖瓣反流束最小截面面积 (vena contracta area, VCA) 和采用近等速表面积法 (proximal isovelocity surface area, PISA) 得到的有效反流孔面积 (effective regurgitant

orifice area, EROA),均基于一定的几何假设。传统二维超声对反流的几何假设并不准确^[17-18]。利用三维 VCA 方法可描绘反流束彩色多普勒血流信号轮廓,并直接进行计算,消除了几何和流量假设,适用于任何病因和各种形状的反流,尤其在中重度 MR 以及多反流束情况下,二维超声方法易低估反流,而三维 VCA 方法相对更为精准^[19-20]。Goebel 等^[21]采用经食管三维彩色多普勒超声心动图分别对 FMR 和 DMR 患者进行三维 VCA 评估,并确定量化 MR 严重程度的截止值。此外,有学者^[22]应用 3DE PISA 法评估 MR 严重程度,发现在圆形、中心性及单反流束等情况下,三维 PISA 与二维 PISA 评估反流程度均具有较高准确性,且二者相关性好;而对于偏心性 MR,二维 PISA 法始终会低估 EROA,三维 PISA 法相对更好。

鉴于 3DE 对 PISA 的重建过程耗时、费力,有学者^[23-24]提出了新的自动量化方法,采用实时三维彩色多普勒超声心动图直接自动测量 PISA 区域进行 EROA 计算,并已初步通过动物实验证明其准确性略高于二维 PISA,且对复杂情况(狭缝孔口或严重 MR)具有优势。Sotaquirá 等^[25]提出的二尖瓣反流半自动定量方法则通过自动切割计算三维图像,进而定量描绘解剖反流口的三维几何形状。

总体而言,对于非圆形、复杂偏心性、多反流束等情况,3DE 的 MR 量化方法优于二维分析,且随着自动量化技术的发展,有望简化 3DE 量化 MR 的繁琐流程,促进其临床应用。

4 小结

综上所述,利用 3DE 可定量分析二尖瓣反流患者的瓣膜结构功能,深入了解 MV 复杂的解剖结构,并进一步区分反流的具体病因,同时有利于分析二尖瓣反流疾病的病理机制及特点。与传统二维分析方法相比,3DE 二尖瓣反流定量方法可更准确地评估反流程度和风险分层,但图像处理流程繁琐使其临床应用受到一定限制,一些新的自动量化技术有待进一步研究。

[参考文献]

- [1] Quien MM, Vainrib AF, Freedberg RS, et al. Advanced imaging techniques for mitral regurgitation. *Prog Cardiovasc Dis*, 2018, 61 (5-6):390-396.
- [2] Chandra S, Salgo IS, Sugeng L, et al. Characterization of degenerative mitral valve disease using morphologic analysis of real-time three-dimensional echocardiographic images: Objective insight into complexity and planning of mitral valve repair. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2011, 4(1):24-32.
- [3] Lee AP, Hsiung MC, Salgo IS, et al. Quantitative analysis of mitral valve morphology in mitral valve prolapse with real-time 3-dimensional echocardiography: Importance of annular saddle shape in the pathogenesis of mitral regurgitation. *Circulation*, 2013, 127(7):832-841.
- [4] Clavel MA, Mantovani F, Malouf J, et al. Dynamic phenotypes of degenerative myxomatous mitral valve disease: Quantitative 3-dimensional echocardiographic study. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2015, 8(5):e002989.
- [5] Moustafa SE, Mookadam F, Alharthi M, et al. Mitral annular geometry in normal and myxomatous mitral valves: Three-dimensional transesophageal echocardiographic quantification. *J Heart Valve Dis*, 2012, 21(3):299-310.
- [6] Chen TE, Ong K, Suri RM, et al. Three-dimensional echocardiographic assessment of mitral annular physiology in patients with degenerative mitral valve regurgitation undergoing surgical repair: Comparison between early-and late-stage severe mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr*, 2018, 31(11):1178-1189.
- [7] Looi J, Lee AP, Fang F, et al. Abnormal mitral - aortic intervalvular coupling in mitral valve diseases: A study using real-time three-dimensional transesophageal echocardiography. *Clin Res Cardiol*, 2015, 104(10):831-842.
- [8] Watanabe N, Maltais S, Nishino S, et al. Functional mitral regurgitation: Imaging insights, clinical outcomes and surgical principles. *Prog Cardiovasc Dis*, 2017, 60(3):351-360.
- [9] Debonnaire P, Al Amri I, Leong DP, et al. Leaflet remodelling in functional mitral valve regurgitation: Characteristics, determinants, and relation to regurgitation severity. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(3):290-299.
- [10] Beaudoin J, Handschumacher MD, Zeng X, et al. Mitral valve enlargement in chronic aortic regurgitation as a compensatory mechanism to prevent functional mitral regurgitation in the dilated left ventricle. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61 (17): 1809-1816.
- [11] Topilsky Y, Vaturi O, Watanabe N, et al. Real-time 3-dimensional dynamics of functional mitral regurgitation: A prospective quantitative and mechanistic study. *J Am Heart Assoc*, 2013, 2(3):e000039.
- [12] Obase K, Weinert L, Hollatz A, et al. Elongation of chordae tendineae as an adaptive process to reduce mitral regurgitation in functional mitral regurgitation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2016, 17(5):500-509.
- [13] Obase K, Weinert L, Hollatz A, et al. Leaflet-chordal relations in patients with primary and secondary mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(11):1302-1308.
- [14] Lang RM. 3D echocardiographic quantification in functional mitral regurgitation[J]. *JACC. Cardiovascular Imaging*, 2012, 5 (4):346-347.
- [15] 董娟,康春松,王欢,等.经胸实时三维超声心动图在功能性二尖

- 瓣反流中的应用. 中国医学影像技术, 2017, 33(3): 330-334.
- [16] Machino-Ohtsuka T, Seo Y, Ishizu T, et al. Novel mechanistic insights into atrial functional mitral regurgitation-3-dimensional echocardiographic study. *Circ J*, 2016, 80(10): 2240-2248.
- [17] Yosefy C, Hung J, Chua S, et al. Direct measurement of vena contracta area by real-time 3-dimensional echocardiography for assessing severity of mitral regurgitation. *Am J Cardiol*, 2009, 104(7): 978-983.
- [18] Matsumura Y, Fukuda S, Tran H, et al. Geometry of the proximal isovelocity surface area in mitral regurgitation by 3-dimensional color Doppler echocardiography: Difference between functional mitral regurgitation and prolapse regurgitation. *Am Heart J*, 2008, 155(2): 231-238.
- [19] Abudiab MM, Chao C, Liu S, et al. Quantitation of valve regurgitation severity by three-dimensional vena contracta area is superior to flow convergence method of quantitation on transesophageal echocardiography. *Echocardiography*, 2017, 34(7): 992-1001.
- [20] Heo R, Son J, Ó Hartaigh B, et al. Clinical implications of three-dimensional real-time color Doppler transthoracic echocardiography in quantifying mitral regurgitation: A comparison with conventional two-dimensional methods. *J Am Soc Echocardiogr*, 2017, 30(4): 393-403.
- [21] Goebel B, Heck R, Hamadanchi A, et al. Vena contracta area for severity grading in functional and degenerative mitral regurgitation: A transoesophageal 3D colour Doppler analysis in 500 patients. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018, 19(6): 639-646.
- [22] Ashikhmina E, Shook D, Cobey F, et al. Three-dimensional versus two-dimensional echocardiographic assessment of functional mitral regurgitation proximal isovelocity surface area. *Anesthesia & Analgesia*, 2015, 120(3): 534-542.
- [23] Tan TC, Zeng X, Jiao Y, et al. Three-dimensional field optimization method: Clinical validation of a novel color Doppler method for quantifying mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr*, 2016, 29(10): 926-934.
- [24] Pierce EL, Rabbah JPM, Thiele K, et al. Three-dimensional field optimization method: Gold-standard validation of a novel color Doppler method for quantifying mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr*, 2016, 29(10): 917-925.
- [25] Sotaquirá M, Pepi M, Tamborini G, et al. Anatomical regurgitant orifice detection and quantification from 3-D echocardiographic images. *Ultrasound Med Biol*, 2017, 43(5): 1048-1057.

《中国医学影像技术》2020 年增刊征稿启事

《中国医学影像技术》杂志于 1985 年创刊,是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊。本刊是中国科技核心期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、中国科学引文数据库核心期刊,刊号 ISSN 1003-3289, CN 11-1881/R。2020 年度《中国医学影像技术》增刊拟定于 2020 年 5 月出版,现将有关事项通知如下:

1. 增刊稿件内容 放射、超声、核医学、内镜、介入治疗、医学物理与工程学等方面的论文。
 2. 投稿截止时间 2020 年 4 月 20 日。
 3. 出刊时间 2020 年 5 月 20 日。
- 详情请登录网站(<http://www.cjmit.com>)查看