

经食管实时三维超声心动图二尖瓣的定量研究

刘古月, 魏 薪, 李 茜, 梁玉佳, 蔡宇燕, 王 芳, 唐 红[△]

四川大学华西医院 心内科(成都 610041)

【摘要】 目的 采用经食管实时三维超声心动图(RT 3D-TEE)重建二尖瓣解剖结构,探讨二尖瓣环、瓣叶各参数随心动周期的变化规律。方法 18例阵发性房颤患者行 RT 3D-TEE 检查,于左室长轴观采集3个心动周期包含完整二尖瓣环及瓣叶的三维超声图像。运用 eSie Valves 分析软件获得二尖瓣环及瓣叶各参数的动态值。结果 二尖瓣环面积、周长、前后径、连合间径、非平面角度、主动脉瓣环与二尖瓣环间夹角测值收缩期<舒张期($P<0.05$),而瓣环高度、瓣环高度/连合间径测值收缩期>舒张期($P<0.05$);前瓣叶总面积及 A1、A2、A3 区面积和长度收缩期<舒张期($P<0.05$),后瓣叶总面积及 P1、P2、P3 区面积和长度在收缩期和舒张期间的差异无统计学意义($P>0.05$)。二尖瓣各参数组内及组间测值的一致性分析显示一致性好。结论 RT 3D-TEE 能快速定量分析二尖瓣环及瓣叶各参数随心动周期的变化规律,且一致性好,可为二尖瓣的修复、置换手术提供参考。

【关键词】 实时三维 经食管超声心动图描记术 二尖瓣

超声心动图是确诊心瓣膜病、评估其严重程度及疾病进程的主要工具^[1],尤其是代表心脏超声里程碑式的革新——经食管实时三维超声心动图(RT 3D-TEE)的高质量、高帧频率全心动周期成像,让我们能够更精确地观察二尖瓣的解剖形态,评估瓣叶损害程度、复杂性以及是否需要手术治疗^[2-3]。通过三维重建,还能获得二尖瓣的一系列参数,这给予需要手术治疗的患者在术前拟定手术方案,进而进行个性化治疗的机会^[4-5]。

正常的二尖瓣形态及大小对于维持二尖瓣的功能具有重要作用,任何二尖瓣的异常改变均可能导致二尖瓣反流^[6]。二尖瓣环成形术是治疗二尖瓣反流的主要手段,而成形环尺寸的选择以及是否保留瓣叶是其中的两大关键^[7-8]。因此,术前提供二尖瓣瓣环及瓣叶的相关参数,对二尖瓣进行准确的评估,拟定手术方案,RT 3D-TEE 无疑是最恰当的工具。本研究旨在运用 RT 3D-TEE 技术进行二尖瓣定量研究,探讨正常二尖瓣环、瓣叶各参数随心动周期的变化规律。

1 对象及方法

1.1 研究对象

2016年1~3月于四川大学华西医院心内科行 RT 3D-TEE 检查的阵发性房颤患者23例,因经食管超声心动图(TEE)检查并非完全无创,选择正常志愿者较为困难,因此选择阵发性房颤患者作为研究对象,通过筛选,所有研究对象的二尖瓣均为正常瓣膜,排除图像质量较差者,共纳入18例,检查时均为窦性心律,伴随高血压者血压控制良好。排除标准:心脏增大;二尖瓣存在器质性病变;轻度以上二尖瓣反流;左室收缩功能减低。所有研究对象均签署知情同意书。

1.2 仪器

应用 SIEMENS SC2000 超声心动图仪,RT 3D-TEE 探头 Z6MS(频率 1~6 MHz),使用 Acuson-4.0 eSie Valves 分

析软件进行在机或脱机分析。

1.3 超声检查方法

患者取左侧卧位,连接同步心电图,行 RT 3D-TEE 检查。于左室长轴观连续采集3个心动周期,包括完整二尖瓣环及瓣叶的清晰图像,存储 DICOM 格式图像。应用 eSie Valves 软件,自动追踪一个心动周期内每一帧图像于总体观、横切面观、纵切面观的二尖瓣环及瓣叶,适当手动微调每一帧图像瓣膜的追踪准确度。软件自动重建二尖瓣三维图像(图1),并测量选定的心动周期内每一帧图像二尖瓣的相关参数(图2),二尖瓣环相关参数包括:瓣环面积、周长、前后径(前瓣环到后瓣环的最短距离)、连合间径(瓣连合间距离)、瓣环高度(瓣环最高点到最低点的距离)、瓣环高度与连合间径比值(annuli height to commissural width ratio, AHCWR);二尖瓣叶相关参数包括:前、后瓣叶总面积及各分区(A1、A2、A3、P1、P2、P3)面积和长度;其他参数还包括非平面角度(瓣环最高点和瓣环最低点分别与瓣环中心连线形成的夹角)(nonplanarity angle, NPA)、主动脉瓣环与二尖瓣环间夹角(两瓣环所在平面间夹角)(aortic-mitral angle, AMA)。最后绘制该参数整个心动周期的变化趋势图(图3)。分别选取收缩及舒张期最大测值进行统计学分析。随机选取10例患者,由同一位超声医师进行组内重复性分析,由另一位同资历超声医师进行组间重复性分析。

1.4 统计学方法

数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。先经正态性检验和方差齐性检验,若数据呈正态分布且方差齐,采用配对 t 检验;二尖瓣环面积变化与前后径、连合间径变化间的关系采用双变量线性相关分析; $P<0.05$ 为差异有统计学意义。组内与组间测值结果的一致性评价采用 Bland-Altman 法。

2 结果

2.1 患者一般临床资料和超声基线资料

18例患者均成功接受 RT 3D-TEE 检查(其中男10例,

[△] 通信作者, E-mail: hxyyth@gmail.com

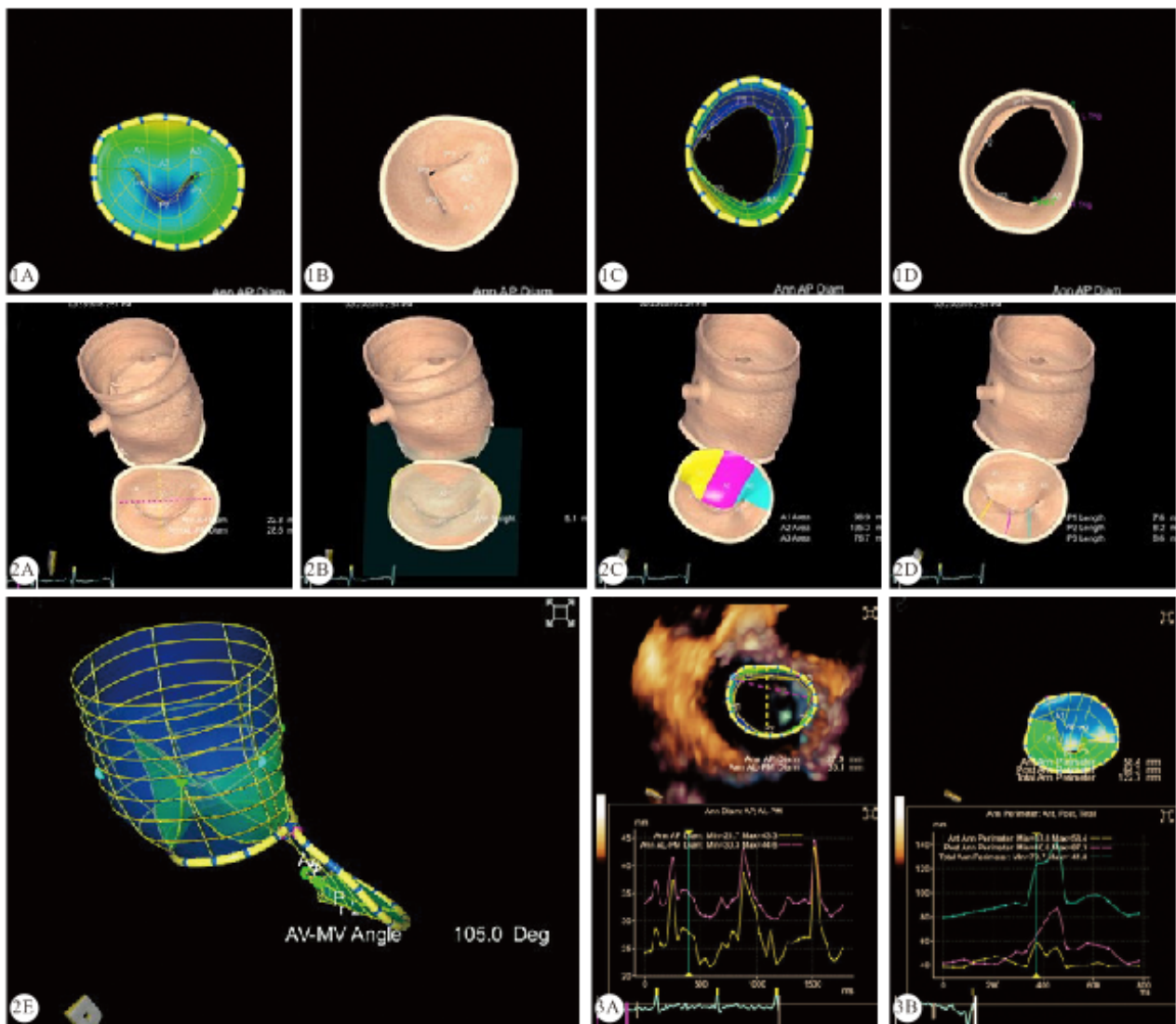


图 1 重建完成二尖瓣 3D 图像 图 2 Acuson-4.0 eSie Valves 软件自动测量二尖瓣各参数 图 3 Acuson-4.0 eSie Valves 软件自动绘制二尖瓣某参数整个心动周期变化趋势图

1A、1C：网格模式；1B、1D：仿真模式；2A：瓣环前后径；2B：非平面角度；2C：前瓣叶 A1、A2、A3 区面积；2D：后瓣叶 P1、P2、P3 区长度；2E：主动脉瓣环与二尖瓣环间夹角（两瓣环所在平面间夹角）；3A：瓣环前后径变化趋势图（黄色曲线）；3B：瓣环周长变化趋势图（绿色曲线）

女 8 例），平均年龄（53.22 ± 15.28）岁，体表面积（1.73 ± 0.13）m²。超声基线资料如下：心率（71.34 ± 19.96）min⁻¹，收缩压/舒张压（98.22 ± 5.41）mmHg/（66.39 ± 5.62）mmHg（1 mmHg = 0.133 kPa），左心大小（左室/左房）（47.67 ± 3.49）mm/（32.33 ± 1.94）mm，左室射血分数（62.11 ± 5.94）%。

2.2 二尖瓣各参数测值及随心动周期的变化结果

二尖瓣环相关参数及 NPA、AMA 在收缩期和舒张期间的差异均有统计学意义（ $P < 0.0001$ ），具体表现为二尖瓣环面积、周长、前后径、连合间径、NPA、AMA 测值收缩期 < 舒张期，且收缩期二尖瓣环面积减小与前后径、连合间径收缩期减小具有相关性（ r 分别为 0.903 和 0.831， $P < 0.0001$ ）（图 4）；瓣环高度、AHCWR 收缩期 > 舒张期；瓣叶相关指标仅前瓣叶总面积及 A1、A2、A3 区面积和长度收缩期 < 舒张

期（ $P < 0.05$ ），而后瓣叶相关指标在收缩期和舒张期间的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）（附表）。

2.3 重复性检测

组内与组间测值的一致性评价显示 RT3D-TEE 二尖

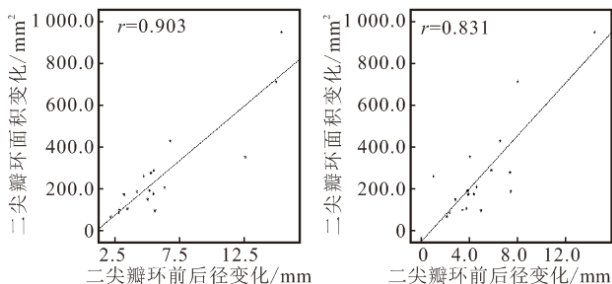


图 4 二尖瓣环面积变化与前后径、连合间径变化的关联性分析

附表 二尖瓣各参数测值及随心动周期变化

变量	测值		P
	收缩期	舒张期	
瓣环			
面积/mm ²	668.61±171.28	933.10±237.04	<0.000 1
周长/mm	94.09±12.09	111.48±16.23	<0.000 1
前后径/mm	4.54±3.47	30.79±3.81	<0.000 1
连合间径/mm	30.93±4.25	36.05±4.42	<0.000 1
高度/mm	5.80±1.18	3.05±1.10	<0.000 1
AHCWR	0.17±0.37	0.09±0.31	<0.000 1
NPA/°	141.24±17.58	165.63±9.26	<0.000 1
AMA/°	111.35±10.68	118.14±10.89	<0.000 1
瓣叶面积/mm²			
A1	121.59±43.43	142.50±40.75	0.004
A2	211.15±66.69	293.37±92.52	<0.000 1
A3	125.47±36.46	138.97±36.88	0.014
前瓣叶	435.24±120.48	555.64±129.45	<0.000 1
P1	157.49±44.42	156.77±33.61	0.936
P2	141.16±48.70	151.00±40.01	0.310
P3	149.05±43.61	149.50±42.31	0.968
后瓣叶	423.09±164.31	480.91±100.63	0.093
瓣叶长度/mm			
A1	13.30±2.43	14.76±1.63	0.005
A2	19.54±3.12	21.98±3.64	0.007
A3	13.11±2.97	14.28±2.56	0.002
P1	11.37±3.27	10.69±3.07	0.398
P2	11.47±2.95	11.29±2.62	0.782
P3	11.78±2.02	11.25±3.34	0.541

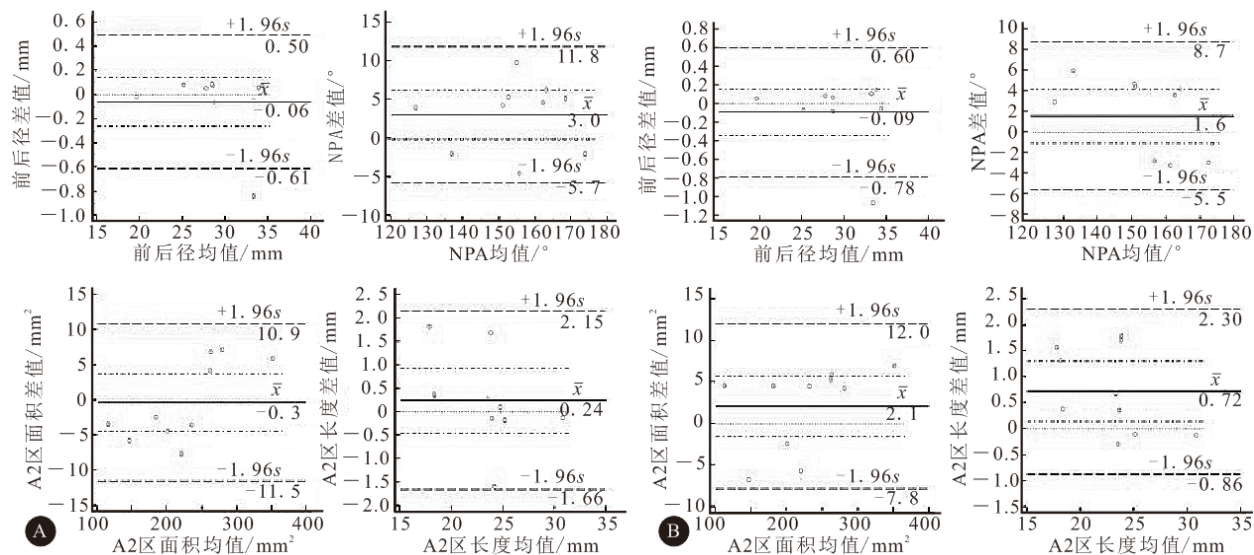


图 5 组内(A)和组间(B)测值结果的一致性评价

瓣前叶卷曲产生的这种改变有助于减小收缩期瓣叶的机械应力,而且对于瓣膜的正常功能的维持具有重要意义^[14]。瓣叶的滚动是瓣叶发生卷曲的主要原因,但是扁平的瓣环形态将使瓣叶产生更大的峰值应力,因而正常的马鞍形态也是维持瓣叶卷曲的因素^[13]。同时,我们还发现前瓣叶总面积及 A1、A2、A3 区长度均大于后瓣叶总面积及 P1、P2、P3 区长度,这与既往研究结果——后瓣叶相较前瓣叶更短、更小^[15]的观点相符合,但是后瓣叶面积及长度变化在收缩期和舒张期间的差异无统计学意义,究竟是其本身无统计学意义,还是因为瓣叶更纤细导致追踪精确度限制亦或是小样本

瓣测值可重复性好,组内与组间测值结果位于一致性界限范围内的点均超过 95%(图 5)。

3 讨论

正常二尖瓣环的形态及大小随心动周期改变^[9]。经三维重建后发现二尖瓣环呈“马鞍形”,即二尖瓣环并非处在同一个平面上^[10-11]。既往研究表明,收缩期瓣环高度增大,连合间径没有明显变化,AHCWR 增大,二尖瓣环的马鞍形态更加明显^[3]。但是,本研究发现收缩期连合间径减小,这更有助于解释 AHCWR 的增大。相较 AHCWR,NPA 是一个更加直接的参数,用于评价二尖瓣环的马鞍形态,结合 NPA 及 AHCWR 的变化,表明二尖瓣环的马鞍形态于收缩期更加明显。同时,瓣环面积收缩期小于舒张期,这种减小和前后径、连合间径于收缩期减小具有相关性(r 分别为 0.903 和 0.831, P 均 $<0.000 1$),且前后径的减小对于瓣环面积的减小影响更大^[1,8],从前者更大的 r 值可以看出本研究 and 既往研究相符。功能性二尖瓣反流(functional mitral regurgitation, FMR)的机制尚不清楚,但是存在 FMR 的患者瓣环面积、周长相较正常人更大^[12]。因此,收缩期瓣环面积、周长的减小及马鞍形态的加深都有助于收缩期瓣膜的关闭^[12-13]。

本研究发现,收缩期二尖瓣前叶面积及长度减小,二尖

研究的影响,值得我们进一步探索。

二尖瓣与主动脉瓣通过瓣环间纤维组织相连接^[16],然而,两瓣环并非存在于一个平面^[17],合适的 AMA 有助于维持左室血流动力学稳定。收缩期 AMA 减小使两瓣环靠得更近,关闭的二尖瓣将血流“扫入”左室流出道,这更有利于左室射血^[18]。严重二尖瓣反流患者,相较正常人 AMA 在收缩期减小更明显^[17],在出现明显症状及左室心功能减低之前,进行二尖瓣修复优于二尖瓣置换^[19]。而且对于患者的耐受及长期生存来说,二尖瓣修复也较二尖瓣置换更佳^[20]。而马鞍形的成形环较扁平形的成形环更有利于维持

瓣膜的正常功能^[21]。当瓣叶 P2 区长度超过 20 mm,面积超过 3.4 cm² 时,瓣叶切除对于重建瓣膜的功能有重要作用^[3]。因此,术前准确评估二尖瓣环和瓣叶形态及大小,对于瓣膜的修复具有重要意义。研究证实,二维超声心动图易低估瓣膜的尺寸^[22],而磁共振依赖于准确的平面校准及解剖定位^[23],所以对于二尖瓣复杂的非平面结构,RT 3D-TEE 无疑是最佳的选择。

本研究的不足之处在于样本量小。在后期的研究中将包括对瓣膜疾病患者二尖瓣各参数术前及术后的变化,以及其对血流动力学影响的观察,以期为临床医生及患者提供更多的帮助。

综上,RT 3D-TEE 能快速定量分析二尖瓣环及瓣叶各参数随心动周期的变化规律,且一致性好,可为二尖瓣的修复、置换手术提供参考。

参 考 文 献

- [1] VAHANIAN A, ALFIERI O, ANDREOTTI F, *et al.* Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). The joint task force on the management of valvular heart disease of the european society of cardiology (ESC) and the european association for cardio-thoracic surgery (EACTS). *G Ital Cardiol (Rome)*, 2013, 14(3):167-214.
- [2] LANG RM, BADANO LP, TSANG W, *et al.* EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*, 2012, 25(1):3-46.
- [3] GREWAL J, SURI R, MANKAD S, *et al.* Mitral annular dynamics in myxomatous valve disease: new insights with real-time 3-dimensional echocardiography. *Circulation*, 2010, 121(12):1423-1431.
- [4] CALLEJA A, POULIN F, WOO A, *et al.* Quantitative modeling of the mitral valve by three-dimensional transesophageal echocardiography in patients undergoing mitral valve repair: correlation with intraoperative surgical technique. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(9):1083-1092.
- [5] KOVALOVA S, NECAS J. RT-3D TEE: characteristics of mitral annulus using mitral valve quantification (MVQ) program. *Echocardiography*, 2011, 28(4):461-467.
- [6] 唐 红. 超声心动图在功能性二尖瓣反流介入治疗中的应用. *临床超声医学杂志*, 2011, 13(10):649-652.
- [7] 黄丹青, 张连仲. 经食管实时三维超声心动图在二尖瓣疾病中应用研究进展. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2015, 29(9):835-836.
- [8] MIHAILA S, MURARU D, PIASENTINI E, *et al.* Quantitative analysis of mitral annular geometry and function in healthy volunteers using transthoracic three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*, 2014, 27(8):846-857.
- [9] TIMEK TA, LAI DT, TIBAYAN F, *et al.* Atrial contraction and mitral annular dynamics during acute left atrial and ventricular ischemia in sheep. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2002, 283(5):H1929-H1935.
- [10] WATANABE N, OGASAWARA Y, SAITO K, *et al.* Quantitation of the degree of mitral valve prolapse by novel software system: new insights from transthoracic real-time three-dimensional echocardiography. *J Echocardiogr*, 2007, 5(4):112-117.
- [11] RYAN LP, JACKSON BM, ENOMOTO Y, *et al.* Description of regional mitral annular nonplanarity in healthy human subjects: a novel methodology. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2007, 134(3):644-648.
- [12] KAPLAN SR, BASHEIN G, SHEEHAN FH, *et al.* Three dimensional echocardiographic assessment of annular shape changes in the normal and regurgitant mitral valve. *Am Heart J*, 2000, 139(3):378-387.
- [13] SALGO IS, RD GJ, GORMAN RC, *et al.* Effect of annular shape on leaflet curvature in reducing mitral leaflet stress. *Circulation*, 2002, 106(6):711-717.
- [14] TIBAYAN FA, RODRIGUEZ F, LANGER F, *et al.* Increases in mitral leaflet radii of curvature with chronic ischemic mitral regurgitation. *J Heart Valve Dis*, 2004, 13(5):772-778.
- [15] DAL-BIANCO JP, LEVINE RA. Anatomy of the mitral valve apparatus: role of 2D and 3D echocardiography. *Cardiol Clin*, 2013, 31(2):151-164.
- [16] VERONESI F, CORSI C, SUGENG L, *et al.* A study of functional anatomy of aortic-mitral valve coupling using 3D matrix transesophageal echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2009, 2(1):24-31.
- [17] SUGENG L, SHERMAN SK, SALGO IS, *et al.* Live 3-dimensional transe-sophageal echocardiography: initial experience using the fully-sampled matrix array probe. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 52(6):446-449.
- [18] TIMEK TA, GREEN GR, TIBAYAN FA, *et al.* Aorto-mitral annular dynamics. *Ann Thorac Surg*, 2003, 76(6):1944-1950.
- [19] QUADER N, RIGOLIN VH. Two and three dimensional echocardiography for pre-operative assessment of mitral valve regurgitation. *Cardiovasc Ultrasound*, 2014, 12:42[2016-07-23]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4219041/>. doi: 10.1186/1476-7120-12-42.
- [20] SURI RM, SCHAFF HV, DEARANI JA, *et al.* Survival advantage and improved durability of mitral repair for leaflet prolapse subsets in the current era. *Ann Thorac Surg*, 2006, 82(3):819-827.
- [21] MAHMOOD F, SUBRAMANIAM B, GORMAN RC, *et al.* Changes in mitral valve annular geometry after repair: saddle-shaped versus flat annuloplasty rings—the annals of thoracic surgery. *Ann Thorac Surg*, 2010, 90(4):1212-1220.
- [22] ANWAR AM, SOLIMAN OI, TEN CATE FJ, *et al.* True mitral annulus diameter is underestimated by two-dimensional echocardiography as evidenced by real-time three-dimensional echocardiography and magnetic resonance imaging. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2007, 23(5):541-547.
- [23] FOSTER GP, DUNN AK, ABRAHAM S, *et al.* Accurate measurement of mitral annular dimensions by echocardiography: importance of correctly aligned imaging planes and anatomic landmarks. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009, 22(22):458-463.

(2017-01-25 收稿, 2017-05-20 修回)

编辑 余琳