



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

实时三维超声心动图在三尖瓣反流中的应用

陈蓓绮, 孔德红, 董丽莉

引用本文:

陈蓓绮, 孔德红, 董丽莉. 实时三维超声心动图在三尖瓣反流中的应用[J]. 中国临床医学, 2021, 28(1): 116–120.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20200100>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

超声心动图评价心肌做功的研究进展

Research progress of echocardiography in evaluating myocardial work

中国临床医学. 2021, 28(1): 111–115 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202091>

实时三维经食管超声心动图测定房间隔缺损最大径的价值评估

Evaluation of real time three-dimensional transesophageal echocardiography in detecting maximum diameter of atrial septal defect

中国临床医学. 2016, 23(6): 749–753 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2016.20160898>

先天二叶式主动脉瓣畸形临床及超声心动图特征分析

Analysis of congenital bicuspid aortic valve malformation clinical and echocardiographic features

中国临床医学. 2021, 28(1): 60–64 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202546>

应用实时三维超声心动图评价房间隔缺损介入封堵术前后左心室收缩同步性

Real-time three-dimensional echocardiography in evaluating left ventricular systolic synchrony in patients with atrial septal defect before and after interventional occlusion

中国临床医学. 2017, 24(5): 690–695 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20170494>

频率适应性房室延迟单左心室起搏实现心脏再同步化疗效分析及对右心室收缩功能的影响

Clinical effect of rate-adaptive atrioventricular delay single left ventricular pacing for cardiac resynchronization and evaluation of right ventricular systolic function

中国临床医学. 2018, 25(5): 704–709 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20180224>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20200100

实时三维超声心动图在三尖瓣反流中的应用

陈蓓琦, 孔德红, 董丽莉*

复旦大学附属中山医院心超室, 上海 200032

引用本文 陈蓓琦, 孔德红, 董丽莉. 实时三维超声心动图在三尖瓣反流中的应用[J]. 中国临床医学, 2021, 28(1): 116-120.
CHEN B Q, KONG D H, DONG L L. Application of real-time three-dimensional echocardiography in patients with tricuspid regurgitation[J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2021, 28(1): 116-120.

【摘要】 超声心动图对诊断病理性三尖瓣反流发挥着重要作用。实时三维超声心动图可完整显示三尖瓣及其周围结构, 其彩色多普勒技术衍生出缩流颈面积这一新指标, 可准确测量收缩期中各个时刻的瞬时反流流量, 在诊断重度三尖瓣反流及确定其截断值方面更有价值。尤其是在经导管三尖瓣手术中, 实时三维超声心动图占据重要地位。本文总结实时三维超声心动图在三尖瓣反流中的应用和不足, 为优化其临床评估提供参考。

【关键词】 三尖瓣反流; 定量; 实时三维超声心动图; 缩流颈面积

【中图分类号】 R 542.5⁺3 **【文献标志码】** A

Application of real-time three-dimensional echocardiography in patients with tricuspid regurgitation

CHEN Bei-qi, KONG De-hong, DONG Li-li*

Department of Echocardiography, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

【Abstract】 Echocardiography plays an important role in the diagnosis of pathological tricuspid regurgitation (TR). Real-time three-dimensional echocardiography can fully display the tricuspid valve and its surrounding structures, the new index of vena contracta area derived from its color Doppler technology can accurately measure the instantaneous regurgitant flow, which is more valuable in diagnosing severe TR and determining its cutoff value. Especially, in transcatheter tricuspid surgery, real-time three-dimensional echocardiography plays an important role. This review summarizes the application and shortcomings of real-time three-dimensional echocardiography in patients with TR, and provides a reference for optimizing the clinical evaluation of TR.

【Key Words】 tricuspid regurgitation; quantify; real-time three-dimensional echocardiography; vena contracta area

65%~85%正常人群会发生轻微至轻度的三尖瓣反流(tricuspid regurgitation, TR)^[1], 称为生理性 TR。而病理性 TR 的反流程度通常较严重, 一般为中度以上, 与瓣叶异常和/或瓣环扩张有关, 可分为原发性和继发性。原发性 TR 是由三尖瓣本身的先天性或获得性病变引起的, 包括先天性畸形、外伤、放射治疗、药物、起搏器放置、感染性心内膜炎、风湿热和黏液性变性等, 占有 TR 的 8%~10%^[2]。继发性 TR 也称功能性 TR, 比原发性 TR 更为常见, 主要继发于右心压力和/或容量超负荷, 进而引起右心室和/或右心房扩张, 导致三尖瓣变形, 包括左心病变和慢性心房颤动。一些病因未明

的孤立性病变也被归入功能性 TR 的范畴。

中度以上的病理性 TR 可引起患者死亡。其中重度且孤立的原发性 TR 预后较差, 继发性 TR 的预后则与原发病相关。但不管是原发或继发病变, 其病死率均与 TR 的严重程度正相关^[3], 以往研究^[4]认为, 原因是 TR 可引起右心功能障碍和肺高压。但最近研究^[5]发现新结论: 重度 TR 患者, 无论是否患有严重肺高压, 其病死率相似且均处于较高水平; 在合并 TR 的右心功能障碍患者中, 右心容量超负荷可引起进行性右房右室扩张, 进一步导致心房颤动, 出现快速性心律失常、腹水、肝功能障碍和心输出量降低等一系列临床症状, 这些症状均可引

【收稿日期】 2020-01-13 **【接受日期】** 2020-03-20

【基金项目】 国家自然科学基金(81771873), 上海市医学引导类项目(17411962400). Supported by the National Natural Science Foundation of China(81771837) and Shanghai Committee of Science and Technology(17411962400).

【作者简介】 陈蓓琦, 硕士生. E-mail: 18211210004@fudan.edu.cn

* 通信作者(Corresponding author). Tel: 13918069867, E-mail: dong.lili@zs-hospital.sh.cn

起患者病死率升高。而在单纯右心功能障碍患者中,上述并发症则较少见。这都说明 TR 与病死率升高相关,是一种独立的预后判断指标,与心功能不全、是否存在肺高压、心房颤动或窦性心律等无关,而在心功能不全、肺高压、心房颤动的患者中,TR 的存在可提高病死率^[6]。

因此,及早诊断 TR 并进行定量分析,在早期阶段获得有效治疗十分重要。右心导管历来被认为是定量反流程度的最可靠手段^[7],但它是有创的,且在右心瓣膜上放置导管还可能会导致人为的医源性 TR,一般不作为首选检查方法。超声心动图作为一项无创且简便的检查方法,不仅能显示三尖瓣的结构,观察瓣叶是否异常,瓣环是否扩张,还能借助彩色多普勒技术定性定量评价反流严重程度,是临床上诊断 TR 的首选方法。本文主要综述实时三维(three-dimensional, 3D)超声心动图在诊断 TR 中的应用。

1 实时 3D 超声心动图在评估瓣膜形态中的应用

三尖瓣的解剖结构分为 4 个部分:瓣环、瓣叶(前叶、隔叶和后叶)、乳头肌和腱索。正常的瓣环是三角形、卵圆形或鞍形,且可随血流动力学变化而变化。三尖瓣的面积可达 $7\sim 9\text{ cm}^2$,是 4 个心脏瓣膜中最大的。通常前叶是 3 个瓣叶中最长、面积最大且运动幅度最大,隔叶是最短且运动范围最小的瓣叶^[8]。当出现先天性畸形如 Ebstein 畸形或瓣叶脱垂、腱索断裂等异常时,二维(2D)超声心动图可清楚地显示病变情况。但由于角度和探头的限制,它无法在一个切面中同时完整地显示瓣环及 3 个瓣叶。实时 3D 超声心动图则能克服这一缺陷,更清楚地显示三尖瓣的结构,有助于 TR 的诊断^[9]。

原发性 TR 可引起单纯的右心室容量负荷过重,因此在经胸实时 3D 超声心动图上通常表现为瓣环的环形扩张。继发性 TR 在右心室和/或右心房扩张过程中,三尖瓣环最初仅在其游离壁扩张。随着右心室和右心房的进一步扩大,瓣环开始向室间隔和房间隔方向扩张,三尖瓣逐渐变得越来越平坦^[2,10]。经食管实时 3D 超声心动图进一步证实,TR 患者的瓣环大小、形状和方向均发生改变。尤其是在心房颤动引起的继发性 TR 患者中,后叶瓣环扩张极为常见,且扩张程度与反流严重程度呈正比^[11]。有些情况下,实时 3D 超声心动图对三尖瓣形态的立体成像能帮助鉴别诊断病因^[12],例如在伴

随左心风湿性病变的 TR 反流患者中,如果观察到三尖瓣的风湿样改变,那么 TR 很可能是原发性风湿性病变累及三尖瓣造成的;如果观察到瓣环扩张,而三尖瓣形态正常,那么 TR 更有可能是继发于风湿性心脏病导致的心房颤动。

2 2D 超声心动图在诊断 TR 中的应用

超声心动图除能直接显示三尖瓣的结构,帮助诊断 TR 外,彩色多普勒的应用还有助于定性定量评价 TR。大多数用于二尖瓣反流的多普勒方法,如射流面积、缩流颈宽度(vena contracta width, VCW)、近端等速表面积(proximal isovelocity surface area, PISA)等在评估 TR 严重程度时都可直接应用。但除了在极端肺高压的情况下,如肺动脉压力等于全身压力时,通常情况下右心室收缩压都小于全身动脉压,使得 TR 的射流比二尖瓣反流的压力和流速低^[13]。

如果只用射流大小评估 TR,需要综合多个切面进行分析,包括心尖四腔心切面、胸骨旁长轴切面、短轴切面和肋下切面^[14]。一般来说,反流束到达右心房远端,和反流束仅出现在三尖瓣小叶周围相比,到达右心房远端的反流束反流更严重。但实际上,这只适用于中心型 TR 的评估,在偏心重度的 TR 评估上仍然不够准确。严重的偏心型 TR 血流会撞击右房侧壁,而彩色多普勒只能显示和探头方向一致的血流,使得尽管右心房中央的血流只占反流束的少部分,但在成像上,比大部分两侧偏心的血流成像更明显,再加上其产生的涡旋会使血流粘附在右房壁上,因此往往会低估 TR 的严重程度^[15]。此外,设备的设置会影响成像,如彩色增益、组织优先级及速度范围等^[16]。

2D 超声对 TR 进行定量或半定量的指标包括 VCW、PISA 半径、使用 PISA 量化的有效瓣口反流面积(effective regurgitant orifice, EROA)和反流量(R Vol)及使用脉冲多普勒的肝静脉血流图^[15]。 $\geq 7\text{ mm}$ 的 VCW、 $> 9\text{ mm}$ 的 PISA 半径、 $\text{EROA} \geq 40\text{ mm}^2$ 、 $\text{R Vol} \geq 45\text{ mL}$ 和 PW 测得肝静脉收缩期血流逆转均支持重度 TR 的诊断。在没有三尖瓣狭窄的情况下,三尖瓣早期充盈峰值(E 速度)与 TR 的程度成正比。E 峰峰值速度 $\geq 1\text{ m/s}$,也表示 TR 较严重^[17]。

但这些方法都具有各自的局限性。三尖瓣由 3 个瓣叶组成,任意 2 个瓣叶间出现脱垂或对合不

良,都会导致 TR。因此 TR 可以是瓣环扩张导致的单个中心型 TR,也可以是瓣叶损坏引起的多个偏心型 TR。对于 VCW 而言,当 TR 的反流口不止 1 个时,测量会出现较大误差。以往研究^[18]也表明,体外实验中不同设备所测得的 VCW 值之间存在统计学差异。PISA 半径的测量及 PISA 法所得到的 EROA 和 R Vol 则可用于偏心型 TR 的测量,测量不受原发性或继发性因素的影响,也不受血流动力学因素的影响。这些方法要求血流基线的速度调整为 20~30 cm,可使血流汇聚的成像更加明显。但 PISA 法受反流口形状的影响,帧频数不足时,难以通过反流流量得到相应图像。且 PISA 法与测量者的关系较大,在基于 PISA 半径测量的 EROA 和 R Vol 中 PISA 半径的平方计算会放大该误差。肝静脉的收缩期血流逆转测量极为方便,但缺乏特异性,在右心房和/或右心室顺应性异常、心房颤动及任何引起的右房压升高的情况下,该方法受限^[19]。三尖瓣早期充盈峰值(E 速度)也与肝静脉血流逆转相似,测量简便但不宜应用于右房压升高和心房颤动患者。

3 实时 3D 超声心动图在诊断 TR 中的应用

随着技术的发展,实时 3D 超声心动图弥补了 2D 超声的部分缺陷。2D PISA 法是建立在几何模型假设的基础上,假设反流束近端速度呈半球对称性分布。而实时 3D 超声心动图能对血流会聚流动区进行完整的 3D 可视化成像,避免了几何模型假设,以此测量实际确定的 PISA。

与传统的 2D PISA 相比,3D PISA 更准确,尤其在偏心型 TR 中^[20],实时 3D 超声心动图的出现还使得测量缩流颈面积(vena contracta area,VCA)来定量 TR 成为可能。三尖瓣的 3 个瓣叶使反流束的缩流颈形成复杂几何形状,导致 VCW 随切面角度变化而变化,而 VCA 则受角度的影响较小。既往研究^[21]发现,3D VCA 与 EROA 之间具有良好的相关性,其中中心型 TR 的 3D VCA 和 2D EROA 的相关性较偏心型 TR 更高,在原发性 TR 患者中的相关性又比功能性 TR 患者高。与传统 2D 超声的定量和半定量参数相比,实时 3D 超声心动图所测定的 VCA 在诊断重度 TR 及确定其截断值方面更有价值^[21]。目前,VCA 被公认为定量分析三尖瓣反流最新且最有发展意义的参数。而且,其他方法中,容量负荷对彩色血流成像产生的影响可导致

最终结果不准确,但对 VCA 影响较小,更适合临床随访^[22-23]。当患者经过常规 2D 超声检查后,被诊断为临界重度 TR 时,可根据 3D VCA 量化 TR 严重程度,对患者及早进行干预。

时间分辨率有时会影响 VCA 帧频选择的精度。通常根据 2D 连续多普勒推算的 TR 速度峰值,在收缩期至收缩期末期之间选择最大的 VCA。实时 3D 超声心动图的彩色多普勒技术要求平均帧速率约为 10 帧/s,这种速度下在收缩期只能评估约 4 帧的图像,这种情况下不一定能准确得到最大的 VCA。呼吸频率也会导致偏心型 TR 患者难以获得完整图像。此外,VCA 在很大程度上取决于实时 3D 超声心动图彩色多普勒中色彩增益的设置,不同设备的设置会造成 VCA 测量值的系统性误差^[20]。目前还不明确不同设备设置上的不一致性会多大程度地影响 VCA 的测量。因此,VCA 若要广泛地应用于临床和科研来指导 TR 的定量分析,还需要解决如何调整参数才能达到不同设备之间 VCA 测量一致性这一目标。

4 实时 3D 超声心动图在治疗 TR 中的应用

TR 的治疗有多种方式,病因不同,选择也不同,可药物保守治疗,也可手术治疗。手术治疗包括三尖瓣修复、三尖瓣置换及经导管三尖瓣治疗等。药物治疗对功能性 TR 有效,因此功能性 TR 往往选择药物治疗。但近年来研究^[24]发现,在左心瓣膜病变引起的 TR 中,手术只处理二尖瓣或主动脉瓣而不处理三尖瓣,会有相当一部分患者出现 TR 的进展,进而导致右心衰。此时若单独进行三尖瓣手术,患者病死率会显著升高^[25]。因此功能性 TR 更倾向于三尖瓣修复,药物治疗仅作为术前的辅助治疗。美国和欧洲的指南^[26-27]均建议在进行左心手术患者中同时处理三尖瓣。对于原发性 TR,一般选择手术治疗,但根据不同病因选择不同的治疗方式很重要。例如:当 TR 是由起搏器植入导线本身干扰瓣叶闭合引起时,重新放置导线就可改善 TR 症状;当 TR 是由瓣叶穿孔引起时,则需进行三尖瓣修复或置换。在大部分原发性 TR 患者中,瓣膜损伤的程度决定了瓣膜是否可以修复,对于复杂病变,瓣膜置换的治疗效果可能优于修复。实时 3D 超声心动图可评估三尖瓣的形态和功能,分析 TR 的反流程度,早期、准确地发现病变,并指导治疗。

随着越来越多的左心瓣膜疾病采用经导管疗法,TR 的经导管治疗也逐渐受到关注。指南^[26-27]没有明确建议对功能性 TR 进行单独的三尖瓣手术,因此经导管的三尖瓣治疗成为一种新的治疗手段。其不仅能有效处理病变,还能降低手术风险。与开胸治疗相比,实时 3D 超声心动图在操作方面的实时指导更必要,其在术前能评估可能出现的定位障碍,如乳头肌、肌小梁或腱索,可通过确定 TR 的位置和严重程度来帮助选择最佳定位点。而且术中的连续成像,能够帮助术者不中断地确认导管位置,将导管引导至理想位置,最大化地降低 TR。

综上所述,实时 3D 超声心动图在 TR 的诊断和治疗中的作用都至关重要。实时 3D 超声心动图的出现弥补了 2D 超声成像技术上的不足,并随着技术的发展和更新,在临床上的应用范围不断扩大。现有技术仍有许多不足,也仍有许多新方法未得到充分实践,实时 3D 超声心动图作为一种无创且简便的检查手段,在 TR 的诊断和治疗中仍有较大发展空间。

参考文献

- [1] SINGH J P, EVANS J C, LEVY D, et al. Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation (the Framingham Heart Study) [J]. *Am J Cardiol*, 1999, 83(6): 897-902.
- [2] MURARU D, BADANO L P, SARAIS C, et al. Evaluation of tricuspid valve morphology and function by transthoracic three-dimensional echocardiography [J]. *Curr Cardiol Rep*, 2011, 13(3): 242-249.
- [3] TOPILSKY Y, NKOMO V T, VATURY O, et al. Clinical outcome of isolated tricuspid regurgitation [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2014, 7(12):1185-1194.
- [4] ZORNOFF L A, SKALI H, PFEFFER M A, et al. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2002, 39(9):1450-1455.
- [5] WANG N, FULCHER J, ABEYSURIYA N, et al. Tricuspid regurgitation is associated with increased mortality independent of pulmonary pressures and right heart failure; a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(5):476-484.
- [6] COHEN S R, SELL J E, MCINTOSH C L, et al. Tricuspid regurgitation in patients with acquired, chronic, pure mitral regurgitation. II. Nonoperative management, tricuspid valve annuloplasty, and tricuspid valve replacement [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1987, 94(4):488-497.
- [7] LINGAMNENI R, CHA S D, MARANHÃO V, et al. Tricuspid regurgitation: clinical and angiographic assessment [J]. *Cathet Cardiovasc Diagn*, 1979, 5(1):7-17.
- [8] STANKOVIC I, DARABAN A M, JASAITYTE R, et al. Incremental value of the en face view of the tricuspid valve by two-dimensional and three-dimensional echocardiography for accurate identification of tricuspid valve leaflets [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2014, 27(4):376-384.
- [9] ANWAR A M, GELEIJNSE M L, SOLIMAN O I, et al. Assessment of normal tricuspid valve anatomy in adults by real-time three-dimensional echocardiography [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2007, 23(6):717-724.
- [10] BADANO L P, AGRICOLA E, PEREZ DE ISLA L, et al. Evaluation of the tricuspid valve morphology and function by transthoracic real-time three-dimensional echocardiography [J]. *Eur J Echocardiogr*, 2009, 10(4):477-484.
- [11] UTSUNOMIYA H, ITABASHI Y, KOBAYASHI S, et al. Clinical impact of size, shape, and orientation of the tricuspid annulus in tricuspid regurgitation as assessed by three-dimensional echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2020, 33(2):191-200.
- [12] DREYFUS G D, MARTIN R P, CHAN K M, et al. Functional tricuspid regurgitation: a need to revise our understanding [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 65(21):2331-2336.
- [13] HAHN R T, THOMAS J D, KHALIQUE O K, et al. Imaging assessment of tricuspid regurgitation severity [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(3):469-490.
- [14] GONZALEZ-VILCHEZ F, ZARAUZA J, VAZQUEZ DE PRADA J A, et al. Assessment of tricuspid regurgitation by Doppler color flow imaging: angiographic correlation [J]. *Int J Cardiol*, 1994, 44(3):275-283.
- [15] LANCELOTTO P, MOURA L, PIERARD L A, et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease) [J]. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(4):307-332.
- [16] STEVENSON J G. Two-dimensional color Doppler estimation of the severity of atrioventricular valve regurgitation: important effects of instrument gain setting, pulse repetition frequency, and carrier frequency [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1989, 2(1):1-10.
- [17] ZOGHBI W A, ADAMS D, BONOW R O, et al. Recommendations for noninvasive evaluation of native valvular regurgitation: a report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2017, 30(4):303-371.
- [18] MASCHERBAUER J, ROSENHEK R, BITTNER B, et al. Doppler echocardiographic assessment of valvular regurgitation severity by measurement of the vena contracta: an in vitro validation study [J]. *J Am Soc Echocardiogr*,

- 2005, 18(10):999-1006.
- [19] NAGUEH S F, KOPELEN H A, ZOGHBI W A. Relation of mean right atrial pressure to echocardiographic and Doppler parameters of right atrial and right ventricular function[J]. *Circulation*, 1996, 93(6):1160-1169.
- [20] DE AGUSTIN J A, VILIANI D, VIEIRA C, et al. Proximal isovelocity surface area by single-beat three-dimensional color Doppler echocardiography applied for tricuspid regurgitation quantification[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(9): 1063-1072.
- [21] CHEN T E, KWON S H, ENRIQUEZ-SARANO M, et al. Three-dimensional color Doppler echocardiographic quantification of tricuspid regurgitation orifice area: comparison with conventional two-dimensional measures[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(10):1143-1152.
- [22] ZOGHBI W A, ASCH F M, BRUCE C, et al. Guidelines for the evaluation of valvular regurgitation after percutaneous valve repair or replacement: a report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Japanese Society of Echocardiography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(4):431-475.
- [23] SONG J M, JANG M K, CHOI Y S, et al. The vena contracta in functional tricuspid regurgitation: a real-time three-dimensional color Doppler echocardiography study[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2011, 24(6):663-670.
- [24] PAROLARI A, BARILI F, PILOZZI A, et al. Ring or suture annuloplasty for tricuspid regurgitation? A meta-analysis review [J]. *Ann Thorac Surg*, 2014, 98(6): 2255-2263.
- [25] KILIC A, SAHA-CHAUDHURI P, RANKIN J S, et al. Trends and outcomes of tricuspid valve surgery in North America: an analysis of more than 50,000 patients from the Society of Thoracic Surgeons database[J]. *Ann Thorac Surg*, 2013, 96(5):1546-1552.
- [26] NISHIMURA R A, OTTO C M, BONOW R O, et al. 2017 AHA/ACC focused update of the 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 135(25):e1159-e1195.
- [27] 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)[J]. *G Ital Cardiol (Rome)*, 2013, 14(3): 167-214.

[本文编辑] 翟铨铨,贾泽军

