

· 综述 ·

经导管主动脉瓣置换术时代慢性主动脉瓣反流诊治进展

陈阳 赵庆豪 赵杰 吴永健

(北京协和医学院 国家心血管病中心 中国医学科学院阜外医院心内科, 北京 100037)

【摘要】慢性主动脉瓣反流无症状期长,晚期预后差,最佳干预时机尚不明确。目前干预指征主要依据于症状和超声心动图的左室功能和扩张程度,而新影像学评估(磁共振、超声心动图新参数和计算机断层扫描评估等)及生物标志物可优化治疗决策。主动脉瓣反流患者药物治疗效果有限,不能替代或延迟手术治疗。目前大多数主动脉瓣反流患者仍首选外科主动脉瓣置换术,而经导管主动脉瓣置换术可用于外科高危患者。

【关键词】主动脉瓣反流;多维度评估;外科主动脉瓣置换术;经导管主动脉瓣置换术

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2022.01.001

Diagnosis and Treatment of Chronic Aortic Regurgitation in Transcatheter Aortic Valve Replacement Era

CHEN Yang, ZHAO Qinghao, ZHAO Jie, WU Yongjian

(Department of Cardiology, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Disease, Chinese Academy of Medical Science and Peking Union Medical College, Beijing 100037, China)

【Abstract】Chronic aortic regurgitation (AR) has a long asymptomatic period and poor prognosis in the late stage, and the best time for intervention is not clear. At present, the intervention indications are mainly based on the symptoms and the left ventricular function and expansion degree of echocardiography, and new imaging evaluation (magnetic resonance, new echocardiographic parameters and computed tomography evaluation) and biomarkers can optimize treatment decision-making. The effect of drug treatment in AR patients is limited and cannot replace or delay the surgical treatment. At present, surgical aortic valve replacement is still the first choice for most AR patients, and transcatheter aortic valve replacement can be used for high-risk surgical patients.

【Key words】Aortic regurgitation; Multidimensional evaluation; Surgical aortic valve replacement; Transcatheter aortic valve replacement

随着人口老龄化时代的到来,中国慢性主动脉瓣反流(aortic regurgitation, AR)患者越来越多,这些患者多为老年主动脉瓣退行性病变,无症状期长,然而晚期高危因素多,并且预后差,最佳干预时机尚不明确。目前干预指征主要依据于症状和超声心动图的左室功能和扩张程度^[1-2]。近年来,新影像学评估[磁共振、超声心动图新参数和计算机断层扫描(CT)等]以及生物标志物评估 AR 发展迅速,通过多维度综合评估能优化 AR 的治疗策略。目前大多数有干预指征的 AR 患者仍首选外科主动脉瓣置换术(surgical aortic valve replacement, SAVR)^[1-2]。然而用于主动脉瓣狭窄微创治疗的经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)近 20 年飞速发展,并

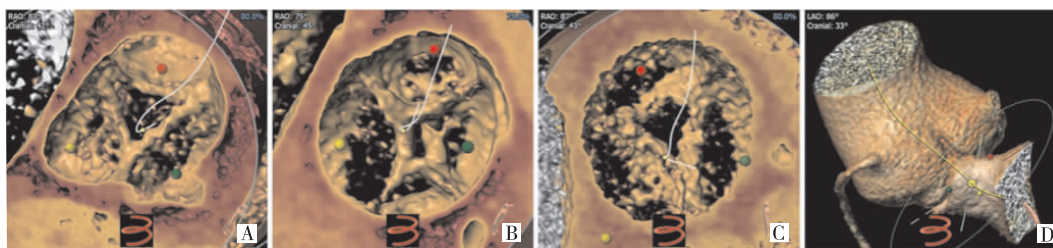
且技术上 TAVR 治疗外科高危 AR 患者有所突破^[3],因此 TAVR 是今后 AR 患者微创治疗的发展方向。

1 病因和病理生理机制

AR 是由主动脉瓣叶穿孔、挛缩、脱垂或窦部及升主动脉扩张导致,前者病因主要包括退行性三叶瓣、二叶瓣^[4]、四叶瓣(图 1)和单叶瓣^[5],感染性心内膜炎以及风湿性心脏病,后者病因主要包括马方综合征、长期高血压控制不佳、主动脉夹层和大动脉炎^[6]。退行性三叶瓣和二叶瓣为西方国家 AR 最常见病因^[7]。AR 患病率随年龄增长而增加,年龄 > 70 岁人群患病率 > 2%^[8]。国内研究显示老年 AR 患者比例显著高于主动脉瓣狭窄患者^[9]。近年 SAVR 或 TAVR 后瓣膜衰败相关 AR 发病率增加^[10]。

基金项目:中国医学科学院医学与健康科技创新工程 2021 年临床与转化医学研究专项(2021-I2M-C&T-A-010);首都卫生发展科研专项(首发 2020-1-4031)

通信作者:吴永健, E-mail: wuyongjian@fuwai.com



注:CT 显示 AR 患者舒张期三种瓣叶对合不良的虚拟形态,瓣叶分型分别为退行性三叶瓣(A)、先天性四叶瓣(B)和左右瓣叶融合 1 型二叶瓣(C)。CT 显示主动脉根部重建形态,窦部及升主动脉严重扩张(D)。红、绿和黄点分别表示左、右和无冠瓣窦底。

图 1 AR 患者的常见瓣叶分型及主动脉根部扩张

AR 患者左室容量负荷增加导致左室离心性肥厚和增大^[11],心脏每搏量增加而左室舒张末压维持正常,外周血管阻力降低而循环呈高动力状态,故左室射血分数(LVEF)呈容量性增加^[12]。心输出量增大使收缩压升高,导致左室向心性肥大;舒张压降低而左室压力升高导致冠状动脉血压梯度和血流储备降低^[13]。长期心肌缺血而左室功能恶化,最终左室失代偿导致心输出量下

降和左室舒张末压升高。此外,反流束直接损伤心肌及二尖瓣,而左室扩大可致功能性二尖瓣反流^[14]。

2 多维度评估

临床检查包括评估症状、血压、心率、心脏和血管征(表 1)。慢性 AR 患者早期往往无症状,后期常见症状为左心衰竭,可伴心绞痛。无症状或症状不明确患者可行运动试验。

表 1 慢性 AR 患者的典型体征

心脏体征	表现
触诊	心尖搏动向左下移位呈抬举性搏动
听诊	
正常心音	心音 S ₁ 和 S ₂ 通常正常 常有 S ₃ (左室舒张早期血液快速充盈所致)
舒张期杂音	S ₂ 后可闻及,端坐位胸骨左缘听诊时最为明显;杂音时间长度和响度与 AR 严重程度成正比;重度 AR 时杂音较长,为全舒张期,粗糙而响亮
乐音	瓣叶脱垂、撕裂或穿孔
收缩期喷射性杂音	高心输出量,血液快速通过瓣膜造成,并非主动脉瓣存在器质性狭窄
Austin Flint 杂音	心尖部可听及舒张中晚期隆隆样杂音;左室舒张压快速升高导致二尖瓣前叶未能充分开放引起相对狭窄,主动脉瓣反流血液和左房回流至左室血液在左室相互冲击而形成湍流
周围血管征	
水冲脉	颈动脉脉搏骤起骤落
DeMusset 体征	随心脏搏动点头征
Muller 征	悬雍垂搏动
Duroziez 征	股动脉枪击音,听诊器轻压股动脉,闻及收缩期和舒张期双期杂音
Quincke 征	手指轻压指尖末端,心室收缩时发红,舒张时发白,即毛细血管搏动征
Hill 征	股动脉收缩压与肱动脉收缩压的差值 > 60 mm Hg,同步四肢血压测量踝臂指数 > 1.4 ^[6]

注:1 mm Hg = 0.133 3 kPa。

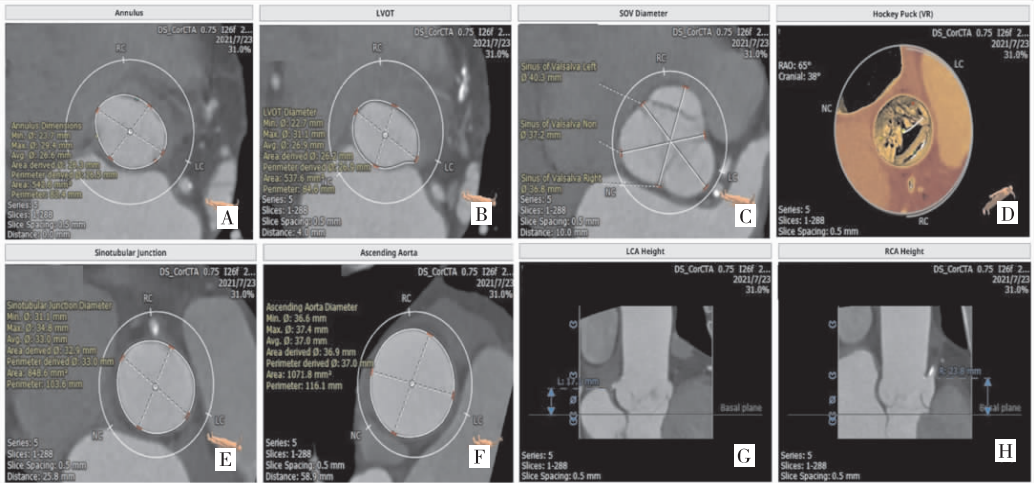
影像学检查评估反流严重程度及机制、升主动脉形态、冠状动脉病变、心肌损伤和左室功能。X 射线检查可明确肺淤血和肺间质水肿征;心电图可显示左室肥厚、房性和室性心律失常;超声心动图可描述瓣膜解剖和主动脉形态,量化反流严重程度,评估反流机制,测量左室形态及功能^[15](表 2);心脏磁共振也可判断严重程度^[16],评估反流容积^[17],早期识别心肌损害如心肌纤维化、淀粉样变和瘢痕^[18]。主动脉根部 CT 判断瓣叶类型和形态更具优势^[19](图 1),还能评估反流机制^[20]和明确主动脉根部解剖^[21](图 2),同

时判断升主动脉和冠状动脉病变。主动脉根部造影明确冠状动脉病变、反流严重程度和左室形态及功能,压力测量明确舒张压和左室舒张末压,压力曲线计算反流指数 = [(根部舒张压 - 左室舒张末压)/根部收缩压] × 100^[22]。AR 患者需整合所有影像学检查综合评估(表 3)。

生物标志物如脑钠肽^[23]、N 末端脑钠肽前体^[9]、红细胞分布宽度和高敏肌钙蛋白 T^[24]也能对 AR 患者的预后进行危险分层。

表 2 超声心动图测量 AR 的指标^[2]

指标	表现
瓣叶形态	三叶瓣、二叶瓣、单叶瓣或四叶瓣
长轴和短轴视图	反流方向和起源
反流分型	1 型:瓣叶正常而主动脉根部扩张 2 型:瓣叶脱垂 3 型:瓣叶挛缩伴瓣尖对合不良
量化反流程度	见表 3
左室功能和形态	(1) LVEF (2) 左室舒张末期内径及指数、收缩末期内径及指数 (3) 左室收缩末期容积及指数 (4) 左室整体纵向峰值应变
主动脉根部 4 个层面	瓣环、瓦氏窦、窦管交接和升主动脉
升主动脉 3 种形态	(1) 主动脉根部瘤(瓦氏窦 > 45 mm) (2) 管状升主动脉瘤(瓦氏窦 40 ~ 45 mm) (3) 升主动脉正常(所有直径 < 40 mm)



注:CT 测量的 A 为瓣环,B 为流出道,C 为瓦氏窦,D 为虚拟三叶瓣形态,E 为窦管交接,F 为升主动脉,G 为左冠状动脉高度,H 为右冠状动脉高度。瓣环和流出道、窦管交接和升主动脉直径符合目前国产自展式瓣膜尺寸,解剖结构具备双锚定区。

图 2 适合行 TAVR 的 AR 患者的 CT 根部评估

表 3 多维度影像评估 AR 的严重程度

项目	轻度	中度	重度
超声心动图 ^[15]			
结构			
瓣叶	多正常	正常或异常	异常、连枷或脱垂
左室尺寸	通常正常	正常或扩大	通常扩大
多普勒定性			
血流汇聚	无或很小	介于中间	明显
反流束多普勒频谱密度	淡或不完全	密集	密集
压力减半时间/ms	缓慢, > 500	居中, 200 ~ 500	陡直, < 200
降主动脉舒张期逆流	短暂、舒张早期	介于中间	显著全舒张期逆流
半定量参数			
反流宽度	小且中心性	介于中间	大且中心性, 偏心性
反流颈宽度/mm	< 3	3 ~ 6	> 6
反流束与左室流出道宽度之比/%	< 25	25 ~ 64	≥ 65

续表

项目	轻度	中度	重度
反流束与左室流出道横截面积之比/%	<50	50 ~ 59	≥60
定量参数			
反流量/mL	<30	30 ~ 59	≥60
反流分数/%	<30	30 ~ 49	≥50
反流口面积/cm ²	<0.10	0.10 ~ 0.29	≥0.30
磁共振 ^[22]			
反流分数/%	<20	20 ~ 29	≥30
反流口面积/cm ²	—	0.3 ~ 0.5	≥0.5
主动脉根部造影 ^[22] 半定量(对比剂反流)	仅限于瓣膜下或呈线状反流	介于中间	左室密度较主动脉更明显
主动脉根部测压 反流指数/%	>25	10 ~ 25	<10

3 综合治疗

3.1 药物治疗

基于上述病理生理机制,药物治疗可减少 AR 患者反流量和后负荷以及减缓心脏重构。降低心率的药物(β 受体阻滞剂)导致心脏每搏量增加而收缩压可能升高。抗高血压药不影响心率而降低收缩压且不会显著降低舒张压^[25]。故药物治疗不能替代有症状 AR 患者的瓣膜置换,但可解决并存心血管问题(高血压、心力衰竭和升主动脉扩张),在一定程度上改善患者预后^[25]。2020 年 AHA 指南^[1]建议无症状 AR 患者若并存高血压[收缩压 > 140 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 3 kPa)]^[26]可用抗高血压药治疗;血管紧张素转化酶抑制剂、血管紧张素 II 受体阻滞剂或沙库巴曲缬沙坦治疗有症状或左室收缩功能障碍但手术风险较高的严重 AR 患者^[27]。AR 患者应定期随访^[28],轻度者应每 3 ~ 5 年复查超声心动图,中度者应每 1 ~ 2 年复查,严重者应半年或 1 年复查。

3.2 外科治疗

未经手术治疗的 AR 患者 10 年死亡率为 34%,并且 50% 患者会出现严重心力衰竭^[29]。早期前瞻性研究 110 例严重 AR 患者根据当时指南建议选择选择性 SAVR,分为早期治疗组(NYHA I ~ II 级, LVEF 45% ~ 50%, 左室收缩末期内径 50 ~ 55 mm)和晚期治疗组(NYHA III ~ IV 级, LVEF < 45%, 左室收缩末期内径 > 55 mm),结果早期治疗组长期死亡率显著降低^[30]。SAVR 为症状性严重 AR 患者的首选治疗,根据 AR 性质及升主动脉病变情况确定是否需要同期行升主动脉手术^[31]。2020 年 AHA 指南^[1]推荐外科换瓣手术:(1)有症状的严重 AR 患者,不论 LVEF 范围^[32];(2)无症状伴左室收缩功能受损严重(LVEF ≤ 55%)的 AR 患者^[33];(3)接受其他心脏手术(冠状动脉旁路移植术、其他瓣膜或升主动脉手术)的中至重度 AR 患者;

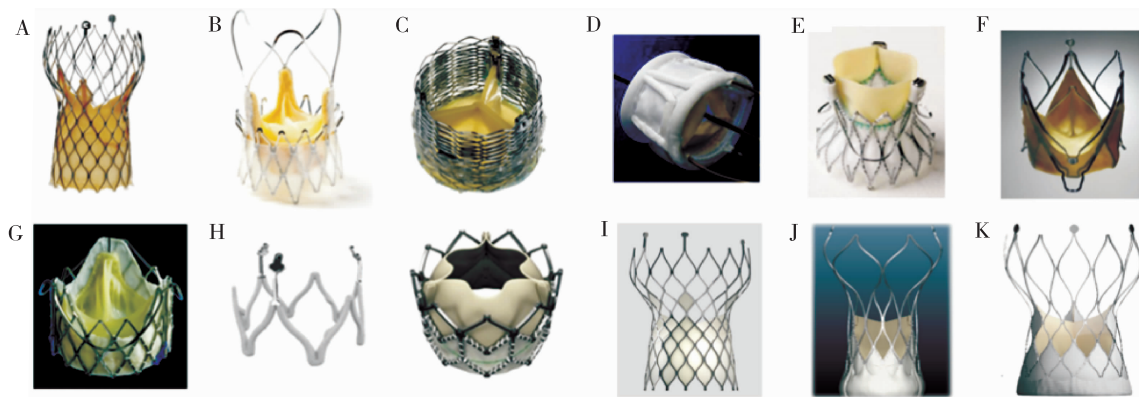
(4)无症状严重 AR 患者且左室收缩功能良好(LVEF > 55%)伴左室进行性扩大,即左室舒张末期内径 > 65 mm 或左室收缩末期内径 > 50 mm(小体重患者左室收缩末期内径指数 > 25 mm/m²)^[29];(5)主动脉根部瘤(不论 AR 严重程度)患者需行主动脉根部带瓣人工血管移植术^[31]。而 ESC 2021 指南^[2]去掉以往指南推荐左室舒张末期内径 > 70 mm 而新增左室收缩末期内径指数 > 20 mm/m²(小体重患者)或 LVEF ≤ 55% 且外科手术低风险的无症状患者^[34]。瓣叶穿孔、脱垂或钙化不严重而病变较轻患者可行瓣膜修复^[5]。

3.3 TAVR

严重 AR 且 LVEF 为 30% ~ 50% 患者有 20% 接受 SAVR,而 LVEF < 30% 患者有 3% 接受 SAVR,若不经治疗死亡率为 10% ~ 20%^[7]。外科有高危因素(高龄、合并症及左室功能严重低下)的 AR 患者可选择 TAVR^[35],但成功率低于主动脉瓣狭窄行 TAVR 治疗的患者。AR 解剖独特^[36],如瓣叶无钙化、瓣环偏大和升主动脉严重扩张,故 TAVR 瓣膜锚定困难且释放后容易移位,且瓣膜植入往往需更大尺寸而瓣环破裂风险更高,因此需 CT 评估主动脉根部解剖合适后才能行 TAVR(图 2),目前不推荐瓣环直径 > 28 mm 的患者行 TAVR。国内外已报道 10 余款 TAVR 瓣膜用于 AR 治疗^[3](图 3),根据升主动脉锚定设计的国外自展式 CoreValve 瓣膜和中国 3 个自展式 Venus A 瓣膜^[37]、VitaFlow 瓣膜(图 4)和 TaurusOne 瓣膜;中国经心尖入路且有定位键结构 J-Valve 瓣膜;可回收 Silara® 瓣膜^[38]和 Lotus 瓣膜、自定位 ACURATE TA 瓣膜、定位键 Engager 瓣膜和 Jena-Valve 瓣膜;可重新定位、自定位和特定固定机制 Helio 框架配合球囊扩张式 Sapien XT 瓣膜。荟萃分析显示,TAVR 治疗 AR 患者的第一代和第二代器械相比,成功率分别为 67.2% 和 90.2%,中至重度瓣周反流分别为 17.3% 和 3.4%,

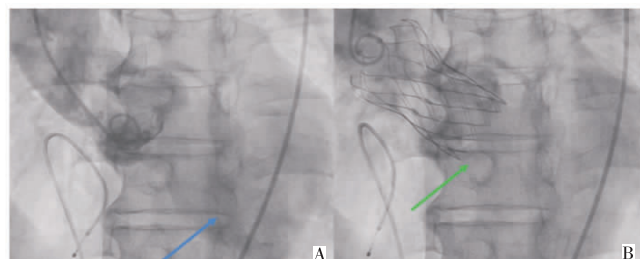
30 d全因死亡率分别为 14.7% 和 6.1%, 中期全因死亡率分别为 32.2% 和 11.8%, 危及生命及主要出血并发症分别为 12.4% 和 3.5%, 主要血管并发症分别为 6.2% 和 3.0%^[36]。未来 TAVR 治疗 AR 设计理念包括:微创、主动定位、可回收再定位、封闭性强、适合大

瓣环、瓣膜耐久性和瓣环固定机制^[3]。瓣膜置换术后心力衰竭或溶血性贫血需再次干预,而重复外科手术会增加死亡风险。TAVR 已用于生物瓣膜衰败 AR 患者,且围手术期死亡率和血流动力学结果与再次 SAVR 相似^[39]。



注:A 为 CoreValve 瓣膜(美敦力),B 为 ACURATE TA 瓣膜(Symetis),C 为 Lotus 瓣膜(波科),D 为 Silara® 瓣膜(赛拉诺),E 为 Engager 瓣膜(美敦力),F 为 Jena-Valve 瓣膜(JenaValve),G 为 J-Valve 瓣膜(杰成),H 为 Helio dock(左)和 Sapien XT 瓣膜(右)(爱德华),I 为 Venus A 瓣膜(启明),J 为 VitaFlow 瓣膜(微创),K 为 TaurusOne 瓣膜(沛嘉)。

图 3 国内外 TAVR 治疗 AR 的瓣膜器械^[3]



注:A 为根部造影舒张期中心反流至心尖(蓝箭头),B 为 VitaFlow 瓣膜成功植入后造影无任何瓣周反流(绿箭头)。

图 4 TAVR 成功治疗重度 AR

4 总结

慢性 AR 患者需仔细临床评估和多维度影像学检查以寻找最佳干预时机。磁共振、超声心动图新参数、主动脉根部 CT 和生物标志物等综合评估有助于治疗决策及风险分层。AR 患者药物治疗效果有限,SAVR 仍是目前 AR 患者的治疗首选,TAVR 可用于解剖合适的外科高危患者(图 5)。

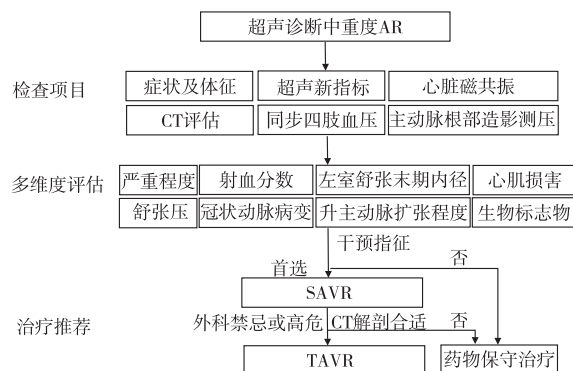


图 5 AR 多维度评估与治疗策略

参考文献

- [1] Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines [J]. Circulation, 2021, 143(5): e72-e227.
- [2] Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease [J]. Eur Heart J, 2021, Aug 28; ehab395. DOI: 10. 1093/eurheartj/ehab395. Online ahead of print.
- [3] Webb JG, Htun N. Transcatheter options for the treatment of noncalcified aortic regurgitation [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(14): 1850-1853.
- [4] Yang LT, Benfari G, Eleid M, et al. Contemporary differences between bicuspid and tricuspid aortic valve in chronic aortic regurgitation [J]. Heart, 2021, 107(11): 916-924.
- [5] Yang LT, Michelena HI, Maleszewski JJ, et al. Contemporary etiologies, mechanisms, and surgical approaches in pure native aortic regurgitation [J]. Mayo Clin Proc, 2019, 94(7): 1158-1170.
- [6] 陈阳, 董徽, 邓宇, 等. 大动脉炎患者同步四肢血压及踝臂脉搏波速度特征 [J]. 中国循环杂志, 2020, 35(5): 481-486.
- [7] Iung B, Baron G, Butchart EG, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease [J]. Eur Heart J, 2003, 24(13): 1231-1243.
- [8] Singh JP, Evans JC, 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.
- [9] Zhang B, Xu H, Zhang H, et al. Prognostic value of N-terminal pro-B-type natriuretic peptide in elderly patients with valvular heart disease [J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 75(14): 1659-1672.
- [10] Kodali SK, Williams MR, Smith CR, et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic-valve replacement [J]. N Engl J Med, 2012, 366(18): 1686-1695.
- [11] Bonow RO, Lakatos E, Maron BJ, et al. Serial long-term assessment of the natural history of asymptomatic patients with chronic aortic regurgitation and normal left ventricular systolic function [J]. Circulation, 1991, 84(4):

- 1625-1635.
- [12] Yang LT, Anand V, Zambito EI, et al. Association of echocardiographic left ventricular end-systolic volume and volume-derived ejection fraction with outcome in asymptomatic chronic aortic regurgitation[J]. *JAMA Cardiol*, 2021, 6(2):189-198.
- [13] Nitenberg A, Foulst JM, Antony I, et al. Coronary flow and resistance reserve in patients with chronic aortic regurgitation, angina pectoris and normal coronary arteries[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1988, 11(3):478-486.
- [14] Yang LT, Enriquez-Sarano M, Scott CG, et al. Concomitant mitral regurgitation in patients with chronic aortic regurgitation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76(3):233-246.
- [15] 中华医学会心血管病学分会心血管影像学组, 北京医学会心血管病学分会影像学组. 中国成人心脏病膜病超声心动图规范化检查专家共识[J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(2):109-125.
- [16] Postigo A, Pérez-David E, Revilla A, et al. A comparison of the clinical efficacy of echocardiography and magnetic resonance for chronic aortic regurgitation[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, Dec 17:jeaa338. DOI: 10.1093/ehjci/jeaa338. Epub ahead of print.
- [17] Lee JC, Branch KR, Hamilton-Craig C, et al. Evaluation of aortic regurgitation with cardiac magnetic resonance imaging: a systematic review[J]. *Heart*, 2018, 104(2):103-110.
- [18] Kockova R, Linkova H, Hlubocka Z, et al. New imaging markers of clinical outcome in asymptomatic patients with severe aortic regurgitation[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(10):1654.
- [19] Jilalawi H, Chen M, Webb J, et al. A bicuspid aortic valve imaging classification for the TAVR era[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2016, 9(10):1145-1158.
- [20] Song I, Park JA, Choi BH, et al. Morphological and functional evaluation of quadricuspid aortic valves using cardiac computed tomography[J]. *Korean J Radiol*, 2016, 17(4):463-471.
- [21] Koo HJ, Kang JW, Kim JA, et al. Functional classification of aortic regurgitation using cardiac computed tomography: comparison with surgical inspection[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2018, 34(8):1295-1303.
- [22] Pibarot P, Hahn RT, Weissman NJ, et al. Assessment of paravalvular regurgitation following TAVR: a proposal of unifying grading scheme[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2015, 8(3):340-360.
- [23] Pizarro R, Bazzino OO, Oberti PF, et al. Prospective validation of the prognostic usefulness of B-type natriuretic peptide in asymptomatic patients with chronic severe aortic regurgitation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58(16):1705-1714.
- [24] Duchnowski P, Hryniewicz T, Kusmierczyk M, et al. The usefulness of selected biomarkers in aortic regurgitation[J]. *Cardiol J*, 2019, 26(5):477-482.
- [25] Elder DH, Wei L, Szejewski BR, et al. The impact of renin-angiotensin-aldosterone system blockade on heart failure outcomes and mortality in patients identified to have aortic regurgitation: a large population cohort study[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58(20):2084-2091.
- [26] Evangelista A, Tornos P, Sambola A, et al. Long-term vasodilator therapy in patients with severe aortic regurgitation[J]. *N Engl J Med*, 2005, 353(13):1342-1349.
- [27] Sampat U, Varadarajan P, Turk R, et al. Effect of beta-blocker therapy on survival in patients with severe aortic regurgitation results from a cohort of 756 patients[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 54(5):452-457.
- [28] Yang LT, Enriquez-Sarano M, Michelena HI, et al. Predictors of progression in patients with stage B aortic regurgitation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74(20):2480-2492.
- [29] Dujardin KS, Enriquez-Sarano M, Schaff HV, et al. Mortality and morbidity of aortic regurgitation in clinical practice. A long-term follow-up study[J]. *Circulation*, 1999, 99(14):1851-1857.
- [30] Tornos P, Sambola A, Permanyer-Miralda G, et al. Long-term outcome of surgically treated aortic regurgitation: influence of guideline adherence toward early surgery[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47(5):1012-1017.
- [31] Baumgartner H, Iung B, Otto CM. Timing of intervention in asymptomatic patients with valvular heart disease[J]. *Eur Heart J*, 2020, 41(45):4349-4356.
- [32] Chaliki HP, Mohty D, Avierinos JF, et al. Outcomes after aortic valve replacement in patients with severe aortic regurgitation and markedly reduced left ventricular function[J]. *Circulation*, 2002, 106(21):2687-2693.
- [33] Tornos MP, Olona M, Permanyer-Miralda G, et al. Clinical outcome of severe asymptomatic chronic aortic regurgitation: a long-term prospective follow-up study[J]. *Am Heart J*, 1995, 130(2):333-339.
- [34] Yang LT, Michelena HI, Scott CG, et al. Outcomes in chronic hemodynamically significant aortic regurgitation and limitations of current guidelines[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(14):1741-1752.
- [35] Arora S, Lahewala S, Zuzek Z, et al. Transcatheter aortic valve replacement in aortic regurgitation: the U. S. experience[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 98(1):E153-E162.
- [36] Takagi H, Hari Y, Kawai N, et al. Meta-analysis and meta-regression of transcatheter aortic valve implantation for pure native aortic regurgitation[J]. *Heart Lung Circ*, 2020, 29(5):729-741.
- [37] 陈阳, 王墨扬, 牛冠男, 等. 中国首例完全局部麻醉且无镇静下极筒式经导管主动脉瓣置换术[J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(10):1027-1030.
- [38] 陈阳, 宋光远, 牛冠男, 等. 中国首例 Silara®-Valve 经导管主动脉瓣置换术[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2021, 29(2):98-100.
- [39] Phan K, Zhao DF, Wang N, et al. Transcatheter valve-in-valve implantation versus reoperative conventional aortic valve replacement: a systematic review[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(1):E83-E93.

收稿日期: 2021-09-08

欢迎投稿 · 欢迎订阅