

缺血性二尖瓣反流的治疗

陈飏 李赵龙 李海清 赵强

【摘要】 缺血性二尖瓣反流 (IMR) 是冠状动脉粥样硬化性心脏病的常见并发症。左室重构是 IMR 的主要发生机制。心肌梗死后发生 IMR 是预后不良的危险因素。对于重度 IMR 患者, 在冠状动脉旁路移植术 (CABG) 同期处理二尖瓣已形成共识, 但对于中度 IMR 患者, CABG 同期是否行二尖瓣成形术尚存争议。该文介绍 IMR 的发生机制、反流程度的评估及治疗措施。

【关键词】 缺血性二尖瓣反流; 冠状动脉粥样硬化性心脏病; 冠状动脉旁路移植术; 二尖瓣修复; 二尖瓣置换

doi: 10.3969/j.issn.1673-6583.2022.02.004

缺血性二尖瓣反流 (IMR) 是急性心肌梗死或心肌缺血引起心室重构, 导致心室局部或整体扩大、乳头肌功能或结构异常, 进而引起的功能性二尖瓣反流, 而二尖瓣瓣叶本身无病变。IMR 是冠状动脉粥样硬化性心脏病 (冠心病) 的常见并发症, 有 40% 心肌梗死的患者发生 IMR, 严重影响预后^[1]。

1 IMR 发病机制

IMR 发病不涉及二尖瓣瓣膜本身^[2]。IMR 分为急性 IMR 及慢性 IMR。急性 IMR 定义为急性心肌梗死发生 16 d 内出现的二尖瓣反流^[3]。在急性 IMR 中, 急性心肌梗死引起的乳头肌断裂可导致急性二尖瓣脱垂。后内侧乳头肌由单支动脉 (右冠状动脉, 左优势时为回旋支) 供血, 因此, 约 2/3 乳头肌断裂的急性 IMR 病例涉及后内侧乳头肌。急性 IMR 中最常见的是急性心肌缺血引起的二尖瓣附件细微变化, 但无瓣叶脱垂^[4]。慢性 IMR 主要是由于心肌缺血引起心室重构, 心室收缩力减弱、收缩不协调, 导致乳头肌移位、断裂、变性延长和功能异常, 二尖瓣环变形扩大, 进而引起二尖瓣关闭不全。心室重构后, 心室形态从椭圆形变成圆形, 乳头肌向心尖及侧方移动、重排, 导致心室收缩期二尖瓣瓣叶活动受限, 瓣叶对合不全^[5]。二尖瓣反流引起的左室前负荷的变化, 进一步加重左室重构^[6]。

2 IMR 患者的评估

2.1 心脏超声

目前主要通过经胸或经食管心脏超声来评估 IMR, 心脏超声方便、无创, 可反映二尖瓣反流程度, 明确二尖瓣的反流机制。在麻醉状态下, 心脏前后负荷减轻, 可能低估二尖瓣的反流程度。因此, 推荐在术前静息状态下行心脏超声检查^[7]。若冠心病患者存在二尖瓣反流、下壁心肌梗死或左室扩张, 则提示二尖瓣反流的病因是心肌缺血。二维超声心动图可发现二尖瓣瓣叶受牵拉, 导致瓣叶关闭时不能回到二尖瓣瓣环水平, 引起二尖瓣反流。运动负荷超声 (ESE) 用于评估瓣膜疾病症状与瓣膜病变程度不符的患者。ESE 可以识别无症状和亚临床型缺血性心功能障碍患者。ESE 对于有症状的患者, 可以客观地量化症状, 确认或排除缺血性病因, 评估心肌活力, 指导治疗。

心脏超声主要通过有效反流瓣口面积 (EROA)、反流束宽度 (VC)、近端等流速面面积 (PISA)、反流量 (R vol)、反流比 (RF) 等指标判断二尖瓣反流的严重程度, 见表 1^[8]。ESE 可用于预后判断, 运动负荷时 EROA $\geq 13 \text{ mm}^2$ 与患者二尖瓣反流发病率、死亡率和主要不良心血管事件的增加有关^[9]。

表1 心脏超声指导IMR分级

指标	轻度	中度	重度
EROA/ mm^2	<20	20~40	≥ 40
VC/mm	<3	3~7	≥ 7
PISA/cm	<20	20~39	≥ 40
R vol/mL	<30	30~60	≥ 60

2.2 冠状动脉及存活心肌的评估

冠状动脉造影可评估患者血管情况,条件允许时行放射性核素心肌灌注显像联合正电子发射断层显像(PET)或行心血管磁共振成像评估患者心肌缺血情况以及患者是否存在冬眠心肌。钆造影可观察心脏形态、运动情况及心肌灌注,从而识别心肌节段性瘢痕,评价左室重构^[10]。

2.3 利钠肽水平

利钠肽升高程度与患者预后不良呈正相关。N 末端脑钠肽前体(NT-proBNP)水平随二尖瓣反流程度的加重而升高,是心因性死亡的独立预测因素,也是因心力衰竭入院的预测指标^[11]。

3 IMR 分类

超声心动图可有效评估左室整体或局部的形态功能,二尖瓣装置(瓣叶、瓣环、腱索、乳头肌、左心室肌、左心房肌)的形态结构。超声心动图可根据反流束方向分为偏心性反流和中心性反流。偏心性反流在超声心动图上显示为“曲棍球杆”或者海鸥型,这是由于后内侧乳头肌向侧后方移位,牵拉后叶所致,是典型的下壁或侧壁心肌梗死的表现;中心性反流在超声心动图上显示为二尖瓣叶合拢欠佳,瓣口收缩期可见中心性反流束,主要是由于左心室整体重构呈球状,双侧乳头肌向心尖方向移位,前后瓣叶均受牵拉所致,多见于前壁心肌梗死或多发心肌梗死^[3]。

4 IMR 的治疗

IMR 患者的治疗目标是改善患者症状和生活质量,减少患者心力衰竭入院率并提高患者生存率。目前主要是针对左室功能不全的治疗,包括针对射血分数降低的心力衰竭(HFrEF)的最佳药物治疗和适当的心脏同步化治疗(CRT)^[8]。对心肌缺血并存在存活心肌的患者应进行冠状动脉血运重建。外科二尖瓣修复或置换可中断左室容量超负荷的恶性循环,改善心力衰竭症状,延缓心室重构。

4.1 药物治疗

药物治疗是 IMR 治疗的基石,主要包括阿司匹林、P2Y₁₂ 抑制剂(用于心脏再血管化治疗后)、 β 受体阻滞剂、他汀类药物、血管紧张素转换酶抑制剂(ACEI)、血管紧张素 II 受体阻滞剂(ARB)、血管紧张素受体-脑啡肽酶抑制剂(ARNI)、盐皮质激素受体拮抗剂,必要时可使用利尿剂减轻患者容量负荷。存在左室收缩障碍的 IMR 患者,建议

使用 β 受体阻滞剂和 ACEI^[12-13],通过防止或减轻左室重构减轻二尖瓣的反流程度。对于 HFrEF 患者,推荐使用 ARNI 沙库巴曲缬沙坦钠^[14]。PRIME 研究^[15]显示,与缬沙坦相比,ARNI 在用药 1 年时可使患者 EROA、R vol 及左室收缩末期内径指数(LVESDI)等明显改善。仅接受药物治疗的 IMR 患者病死率仍较高,临床预后较差^[16]。

4.2 CRT

CRT 可改善心室收缩不同步患者的二尖瓣反流程度,而二尖瓣反流的改善是 IMR 患者预后良好的独立预测因素。CRT 不能对瘢痕区域进行起搏,应对患者进行仔细评估。CRT 主要针对存在心室收缩不同步及宽 QRS 波的心力衰竭患者。对于左室射血分数(LVEF) $\leq 35\%$ 、左束支传导阻滞(LBBB)和 QRS 间期 ≥ 150 ms 且在药物治疗基础上心功能为 II ~ IV 级的窦性心律患者,建议进行 CRT (I 类推荐);对于窦性心律和 QRS 间期 ≥ 150 ms 的非左束支传导阻滞患者以及左束支传导阻滞但 QRS 持续时间为 120 ~ 149 ms 的患者行 CRT 有益(II a 类推荐)^[17]。RCT 研究^[18]表明,无论是否具有除颤功能,接受 CRT 的患者生存率和因心力衰竭事件再入院率均有所改善,同时左室舒张末期内径(LVEDD)和左室收缩末期内径(LVESD)均减小,LVEF 有所改善。尽管多数研究表明二尖瓣反流程度随着左室收缩障碍和重构的改善而降低,但接受 CRT 的患者二尖瓣反流程度并未随着左室收缩障碍和重构的改善而降低^[19]。在接受 CRT 的重度 IMR 患者中, $< 1/2$ 的患者二尖瓣反流程度得到改善^[19]。2008 年,美国心脏病学会(ACC)/美国心脏协会(AHA)/美国心律协会(HRS)指南中推荐使用植入式心脏除颤器(ICD),以预防心肌梗死和左室收缩功能障碍患者心脏骤停引起的死亡^[20]。

4.3 外科治疗

IMR 的外科治疗主要包括再血管化治疗、二尖瓣修复或置换、机械性左室辅助设备植入和原位心脏移植。尽管 IMR 可以通过二尖瓣手术进行纠正,但是没有明确的证据证明二尖瓣手术可以改善 IMR 患者的预后^[21-23]。因此,IMR 患者手术方案的选择比原发性和退行性二尖瓣反流患者更为保守。CTSN 进行的 2 项里程碑式随机对照试验评估了重度和中度 IMR 的手术结果。对于重度 IMR 患者,根据临床症状、非侵入性检查和和血

管造影结果,决定是否同期行冠状动脉旁路移植术(CABG)。术后1年时,二尖瓣修复组与保留瓣下结构的二尖瓣置换组的左室收缩末期容积指数(LVESVI)、病死率和主要不良心脑血管事件(MACCE)的发生率均无明显差异,而在二尖瓣修复组中,中度和重度二尖瓣反流的复发率高于置换组(32.6%对2.3%, $P<0.001$)^[24]。术后2年时,二尖瓣修复组仍然存在较高的中度和重度二尖瓣反流复发率,并且与术后心力衰竭事件、心血管原因再入院相关^[24-25]。CABG+二尖瓣修复减轻或消除中度IMR的疗效较单独行CABG显著,但术后1年时,2组的LVESVI和MACCE并无差异,CABG+二尖瓣修复组因为术中对二尖瓣的操作增多,增加了早期神经系统事件($P=0.03$)和室上性心律失常($P=0.03$)^[26]。术后2年时,虽然2组间LVESVI和MACCE并无明显差异,但CABG+二尖瓣修复组Duke体力活动指数(DASI)较高,表明二尖瓣修复组术后活动耐力更好^[26-27]。在2012年欧洲心脏病学会(ESC)/欧洲心胸外科协会(EACT)指南中,对孤立、重度IMR行二尖瓣修复为II b类推荐,但仅适用于LVEF $\geq 30\%$ 的低手术风险患者^[28]。

4.3.1 中度以下IMR处理指征及策略 针对中度以下IMR患者,只需行单纯CABG改善梗死区心肌血供,即可改善心肌舒缩功能和二尖瓣关闭不全^[29-30]。因此针对心肌缺血引起的轻度及轻中度IMR,通常行CABG改善缺血区的心肌血供。

4.3.2 中度IMR处理指征及策略 2014年,AHA/美国心脏病学院基金会(ACCF)指南针对中度IMR是否行二尖瓣手术的建议相对保守^[31]。CABG+二尖瓣修复在减少或消除中度IMR方面比单行CABG更有效,但二尖瓣反流程度的减轻并未降低中度IMR患者的左室重构、提高中度IMR患者的生存率以及降低中度IMR患者的MACCE发生率。增加二尖瓣操作与早期严重神经系统事件和室上性心律失常有关^[26]。2项样本量较小的随机试验发现,CABG+二尖瓣修复可使冠心病和中度IMR患者显著受益,包括更好地降低二尖瓣反流程度,改善LVEF、LVESD和心功能分级^[32-33]。有学者认为术前超声心动图提示有较小瓣环平面角(非平面角 $<158.1^\circ$)和较小瓣叶牵拉角度($P3$ 牵拉角度 $<28.8^\circ$)的患者,单纯行CABG后二尖瓣反流程度可得以减轻^[34]。

对于中度IMR,选择单独的CABG还是

CABG+二尖瓣手术一直存在争议。2016年,美国胸外科协会(AATS)指南建议根据患者的主要症状决定手术方式:当患者以呼吸困难、胸闷等心力衰竭症状为主时,应该考虑在CABG的基础上行二尖瓣修复术;当患者以不伴有胸闷、呼吸困难的心绞痛症状为主时,应考虑行单纯性CABG改善患者心肌缺血症状;当患者年老体弱且存在严重的合并症(慢性阻塞性肺疾病、周围血管疾病、脑血管意外、肾衰竭等)时,除非患者有明显的心力衰竭症状,单独行CABG可能更合适^[35]。

体外循环时低体温、心肌缺血以及转机对血细胞的破坏等因素可使机体产生强烈炎症反应^[36],释放凝血和纤溶因子、趋化因子、血管活性物质、细胞毒素、活性氧及蛋白酶,导致器官功能障碍^[37]。体外循环和主动脉阻断时间越长,炎症反应程度越重^[38]。因此,术中心肌保护以及尽量缩短主动脉阻断时间是减轻体外循环对机体损伤的关键。Raja等^[39]研究发现,先在非体外循环下完成冠状动脉的远端吻合,再阻断升主动脉行心脏瓣膜手术以缩短主动脉阻断时间,可提高对心肌的保护水平,缩短住院时间,降低病死率。

4.3.3 重度IMR处理策略 对于重度IMR患者,在冠状动脉血运重建基础上选择二尖瓣修复或者二尖瓣置换一直存在争议。一般认为二尖瓣修复可减少术后早、中期的不良事件发生,避免长期抗凝,但术后中、重度二尖瓣反流的复发率也更高。

存在室壁瘤或者室壁运动障碍是进行二尖瓣成形术后二尖瓣反流复发的最强预测因素^[40]。其他预测术后反流复发的因素包括超声心动图测量的瓣叶束缚程度和左室重构程度。其中前叶角度 $>25^\circ$ 是二尖瓣反流的独立预测因素。

2016年AATS指南中推荐,对于经过最佳药物治疗和心室辅助装置治疗后,仍有明显症状并且存在基底部室壁瘤、室壁运动障碍、明显瓣叶牵拉或严重左室扩张的患者(LVEDD >65 mm),行二尖瓣置换(II a类推荐,B级证据);对于经过最佳药物治疗和心室辅助装置治疗后,仍有明显症状但不存在基底部室壁瘤、室壁运动障碍、明显瓣叶牵拉或者严重左室扩张的患者(LVEDD >65 mm),行二尖瓣修复(II b类推荐,B级证据)^[35]。

4.4 介入治疗

对于存在体外循环高风险(如高龄、心功能差、慢性阻塞性肺疾病、周围血管疾病、脑血管意外史、

肾衰竭等),有心力衰竭症状的中度以上 IMR 患者,推荐行介入治疗。二尖瓣反流介入治疗技术可以分为经导管二尖瓣修复术(TMVR)和经导管二尖瓣置入术(TMVI)。

TMVR 按技术原理可以分为以下几类:(1)经导管缘对缘二尖瓣修复术(以 MitraClip 为代表);(2)经导管二尖瓣环成形术,包括直接瓣环成形术(如 Cardioband)及间接瓣环成形术;(3)经导管二尖瓣人工腱索植入术(如 NeoChord);(4)心室瓣环重构术(如 iCoapsys)。

经导管二尖瓣技术产品繁多,目前获得美国食品药品监督管理局(FDA)认证的只有 MitraClip。2 项随机对照试验(COAPT 试验、MITRA-FR 试验)在 IMR 患者中比较使用 MitraClip 装置行 TMVR 与继续单纯药物治疗的效果,得出的结论略有差异。MITRA-FR 试验显示在随访 1 年和 2 年时,全因死亡和因心力衰竭再入院的主要复合终点在组间无明显差异,但 COAPT 试验显示 MitraClip 组 2 年时因心力衰竭再入院率(主要终点)和全因死亡率(次要终点)更低。与 MITRA-FR 试验相比,COAPT 试验规模更大,随访时间更长,患者脑钠肽(BNP)水平更高,二尖瓣反流程度更严重,这些术前患者的基线数据可能导致了试验结果的差异。综合 2 项试验结果, TMVR 可能降低某些在最佳循证治疗(最佳药物治疗+心室辅助治疗)后仍有心力衰竭症状的中度及以上 IMR 患者因心力衰竭再入院和死亡的风险,但在重度继发性二尖瓣反流患者中无此效果^[41-42]。

基于 COAPT 试验^[41]的研究结果, FDA 批准 MitraClip 用于治疗在使用最佳药物治疗或心脏辅助治疗后, LVEF 在 20%~50%、LVESD≤70 mm 的中重度或重度 IMR 患者。

5 小结

IMR 是缺血性心肌病病理改变的一部分,由于心肌缺血引起左室功能障碍,应整体考虑缺血性心肌病的病理生理及发病机制,包括冠状动脉病变、二尖瓣反流程度、室壁瘤、存活心肌等。IMR 治疗采取药物治疗、CRT、经皮冠状动脉介入术、CABG、二尖瓣修复、二尖瓣置换、TMVR、TMVI 及心脏移植等的综合治疗,治疗前需评估处理二尖瓣反流能否使患者获益。

参 考 文 献

[1] Petris AO, Iliescu D, Alexandrescu DM, et al. Ischemic mitral

regurgitation in patients with acute myocardial infarction[J]. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi, 2014, 118(3):618-623.

[2] Varma PK, Krishna N, Jose RL, et al. Ischemic mitral regurgitation[J]. Ann Card Anaesth, 2017, 20(4):432-439.

[3] Báez-Ferrer N, Izquierdo-Gómez MM, Mari-López B, et al. Clinical manifestations, diagnosis, and treatment of ischemic mitral regurgitation: a review[J]. J Thorac Dis, 2018, 10(12):6969-6986.

[4] Piérard LA, Carabello B. Ischaemic mitral regurgitation: pathophysiology, outcomes and the conundrum of treatment[J]. Eur Heart J, 2010, 31(24):2996-3005.

[5] Dal-Bianco JP, Levine RA. Anatomy of the mitral valve apparatus: role of 2D and 3D echocardiography[J]. Cardiol Clin, 2013, 31(2):151-164.

[6] Bursi F, Enriquez-Sarano M, Nkomo VT, et al. Heart failure and death after myocardial infarction in the community: the emerging role of mitral regurgitation[J]. Circulation, 2005, 111(3):295-301.

[7] Bach DS, Deeb GM, Bolling SF. Accuracy of intraoperative transesophageal echocardiography for estimating the severity of functional mitral regurgitation[J]. Am J Cardiol, 1995, 76(7):508-512.

[8] American Association for Thoracic Surgery Ischemic Mitral Regurgitation Consensus Guidelines Writing Committee, Kron IL, Acker MA, et al. 2015 The American Association for Thoracic Surgery Consensus Guidelines: ischemic mitral valve regurgitation[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2016, 151(4):940-956.

[9] Lancellotti P, Troisfontaines P, Toussaint AC, et al. Prognostic importance of exercise-induced changes in mitral regurgitation in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction[J]. Circulation, 2003, 108(14):1713-1717.

[10] Ko SM, Song MG, Hwang HK. Evaluation of the aortic and mitral valves with cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2012:109-127.

[11] Lam CSP, Li YH, Bayes-Genis A, et al. The role of N-terminal pro-B-type natriuretic peptide in prognostic evaluation of heart failure[J]. J Chin Med Assoc, 2019, 82(6):447-451.

[12] Capomolla S, Febo O, Gnemmi M, et al. Beta-blockade therapy in chronic heart failure: diastolic function and mitral regurgitation improvement by carvedilol[J]. Am Heart J, 2000, 139(4):596-608.

[13] Comin-Colet J, Sánchez-Corral MA, Manito N, et al. Effect of carvedilol therapy on functional mitral regurgitation, ventricular remodeling, and contractility in patients with heart failure due to left ventricular systolic dysfunction[J]. Transplant Proc, 2002, 34(1):177-178.

[14] McMurray JJ, Packer M, Desai AS, et al. Dual angiotensin receptor and neprilysin inhibition as an alternative to angiotensin-converting enzyme inhibition in patients with chronic systolic heart failure: rationale for and design of the

- Prospective comparison of ARNI with ACEI to Determine Impact on Global Mortality and morbidity in Heart Failure trial (PARADIGM-HF)[J]. *Eur J Heart Fail*, 2013, 15(9):1062-1073.
- [15] Kang DH, Park SJ, Shin SH, et al. Angiotensin receptor neprilysin inhibitor for functional mitral regurgitation[J]. *Circulation*, 2019, 139(11):1354-1365.
- [16] Nappi F, Avtaar SS, Padala M, et al. The choice of treatment in ischemic mitral regurgitation with reduced left ventricular function[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 108(6):1901-1912.
- [17] Writing Committee Members, Yancy CW, Jessup M, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines[J]. *Circulation*, 2013, 128(16):e240-e327.
- [18] Ojo A, Tariq S, Harikrishnan P, et al. Cardiac resynchronization therapy for heart failure[J]. *Interv Cardiol Clin*, 2017, 6(3):417-426.
- [19] Van Bommel RJ, Marsan N, Delgado V, et al. Cardiac resynchronization therapy as a therapeutic option in patients with moderate-severe functional mitral regurgitation and high operative risk[J]. *Circulation*, 2011, 124(8):912-919.
- [20] Epstein AE, Dimarco JP, Ellenbogen KA, et al. ACC/AHA/HRS 2008 guidelines for device-based therapy of cardiac rhythm abnormalities: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (writing committee to revise the ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices) developed in collaboration with the American Association for Thoracic Surgery and Society of Thoracic Surgeons[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 51(21):e1-e62.
- [21] Calafiore AM, Iacò AL, Gallina S, et al. Surgical treatment of functional mitral regurgitation[J]. *Int J Cardiol*, 2013, 166(3):559-571.
- [22] Bouchard D, Jensen H, Carrier M, et al. Effect of systematic downsizing rigid ring annuloplasty in patients with moderate ischemic mitral regurgitation[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(5):1471-1477.
- [23] Maltais S, Schaff HV, Daly RC, et al. Mitral regurgitation surgery in patients with ischemic cardiomyopathy and ischemic mitral regurgitation: factors that influence survival[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 142(5):995-1001.
- [24] Acker MA, Parides MK, Perrault LP, et al. Mitral-valve repair versus replacement for severe ischemic mitral regurgitation[J]. *N Engl J Med*, 2014, 370(1):23-32.
- [25] Goldstein D, Moskowitz AJ, Gelijns AC, et al. Two-year outcomes of surgical treatment of severe ischemic mitral regurgitation[J]. *N Engl J Med*, 2016, 374(4):344-353.
- [26] Smith PK, Hung JW, Michler RE. Surgical treatment of moderate ischemic mitral regurgitation[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(18):1773-1774.
- [27] Michler RE, Smith PK, Parides MK, et al. Two-year outcomes of surgical treatment of moderate ischemic mitral regurgitation[J]. *N Engl J Med*, 2016, 374(20):1932-1941.
- [28] 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). *Eur J Cardiothorac Surg*, 2012, 42(4):S1-S44.
- [29] Christenson JT, Simonet F, Bloch A, et al. Should a mild to moderate ischemic mitral valve regurgitation in patients with poor left ventricular function be repaired or not?[J]. *J Heart Valve Dis*, 1995, 4(5):484-488.
- [30] Altarabsheh SE, Deo SV, Rababa'h A, et al. Chronic ischemic mitral valve regurgitation and surgical perspectives[J]. *World J Cardiol*, 2018, 10(10):141-144.
- [31] Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines[J]. *Circulation*, 2013, 128(16):1810-1852.
- [32] Kopjar T, Gasparovic H, Mestres CA, et al. Meta-analysis of concomitant mitral valve repair and coronary artery bypass surgery versus isolated coronary artery bypass surgery in patients with moderate ischaemic mitral regurgitation[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2016, 50(2):212-222.
- [33] Chan KM, Punjabi PP, Flather M, et al. Coronary artery bypass surgery with or without mitral valve annuloplasty in moderate functional ischemic mitral regurgitation: final results of the Randomized Ischemic Mitral Evaluation (RIME) trial[J]. *Circulation*, 2012, 126(21):2502-2510.
- [34] Sun X, Jiang Y, Huang G, et al. Three-dimensional mitral valve structure in predicting moderate ischemic mitral regurgitation improvement after coronary artery bypass grafting[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 157(5):1795-1803.
- [35] AATS Ischemic Mitral Regurgitation Consensus Guidelines Writing Committee, Kron IL, LaPar DJ, et al. 2016 update to the American Association for Thoracic Surgery (AATS) consensus guidelines: ischemic mitral valve regurgitation[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 153(5):e97-e114.
- [36] Passaroni AC, Felicio ML, Campos N, et al. Hemolysis and inflammatory response to extracorporeal circulation during on-pump CABG: comparison between roller and centrifugal pump systems[J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2018, 33(1):64-71.
- [37] Lewis C, Parulkar SD, Bebawy J, et al. Cerebral neuromonitoring during cardiac surgery: a critical appraisal with an emphasis on near-infrared spectroscopy[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32(5):2313-2322.
- [38] Boehne M, Sasse M, Karch A, et al. Systemic inflammatory response syndrome after pediatric congenital heart surgery: incidence, risk factors, and clinical outcome[J]. *J Card Surg*, 2017, 32(2):116-125.

- (收稿:2021-08-19 修回:2022-01-04)
(本文编辑:王雨婷)

(上接第 79 页)

- (收稿:2021-03-28 修回:2021-12-12)
(本文编辑:胡晓静)