

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2022.02.07

主动脉瓣修复手术早中期结果及术后 关闭不全的风险因素评估

张玉玺,冯乐乐,陈 城,丁文元,师 雷,崔 君,宋宇杰,张 苗,刘英英,易 蔚

[摘要]:目的 研究主动脉瓣修复(AVr)手术早中期结果及术后主动脉瓣关闭不全(AR)的风险因素。方法 回顾性分析 2018 年 8 月至 2020 年 9 月在本院经主动脉瓣 CT 评估,单纯进行 AVr 与根部重建手术的 127 名患者数据。使用 Kaplan-Meier 方法对结局事件(死亡、二次手术、中度 AR 和重度 AR)进行分析,采用 Cox 回归分析评估 AR 的风险因素。结果 住院期间 30 d 死亡率为 1.6%,1 年生存率 99.1%,3 年生存率 97.7%;1 年免二次手术率 98.1%,3 年免二次手术率 96.8%;2 年免重度 AR 率 96.2%;2 年免中度及以上 AR 率 90.0%。通过多因素分析,术后中度 AR 的危险因素是左室收缩末期内径指数(LVESDi)和术后残留轻度 AR。结论 AVr 手术早中期具有较好的安全性和有效性,LVESDi、术后残留轻度 AR 是术后中度 AR 的独立危险因素。

[关键词]: 主动脉瓣修复;主动脉瓣关闭不全;二瓣化主动脉瓣;三瓣化主动脉瓣

Short and medium term outcomes and predictors of recurrent aortic regurgitation after aortic valve repair

Zhang Yuxi, Feng Lele, Chen Cheng, Ding Wenyuan, Shi Lei, Cui Jun, Song Yujie, Zhang Miao, Liu Yingying, Yi Wei

Department of Cardiovascular Surgery, Xijing Hospital, Fourth Military Medical University, Shaanxi Xi'an 710032, China

Corresponding author: Yi Wei, Email: yiwei@fmmu.edu.cn

[Abstract]: Objective To investigate the short and medium results of aortic valve repair (AVr) and the risk factors of postoperative recurrent aortic regurgitation (AR). **Methods** The data of 127 patients underwent AVr and root reconstruction surgery in our hospital from August 2018 to September 2020 were analyzed retrospectively. Time to event analysis (death, reoperation, recurrence of moderate AR and recurrence of severe AR) was performed with the Kaplan-Meier method. Cox regression risk analysis was used to analyze risk factors of recurrent AR. **Results** During the stay in hospital, 30-day mortality rate was 1.6%. The overall survival rates were 99.1% and 97.7% at 1 and 3 years. Freedom from reoperation were 98.1% and 96.8% at 1 and 3 years. Freedom from recurrent severe AR is 96.2% in 2 years. Freedom from recurrent moderate AR is 90.0% in 2 years. By multivariate analysis, independent predictors of recurrent moderate AR were preoperative LVESDi ($P=0.03$) and postoperative residual mild AR ($P=0.03$). **Conclusion**

AVr can be performed with good safety and effectiveness in early and middle stage. Preoperative LVESDi and postoperative residual mild AR are independent risk factors for recurrent moderate AR.

[Key words]: Aortic valve repair; Aortic regurgitation; Bicuspid aortic valve; Tricuspid aortic valve

基金项目:第三批国家高层次人才特殊支持计划(“万人计划”)青年拔尖人才

作者单位:710032 西安,空军军医大学第一附属医院心血管外科(张玉玺、冯乐乐、丁文元、师 雷、崔 君、宋宇杰、易蔚),全科医学科(陈 城);712046 咸阳市,陕西中医药大学(张 苗);710032 西安市,西北大学(刘英英)

通信作者:易 蔚,Email:yiwei@fmmu.edu.cn

近年来,主动脉瓣修复(aortic valve repair, AVr)与主动脉根部重建手术经过逐步探索,已经相对成熟,成为重复性好、可靠性高的外科手术方法^[1],在最新的欧洲瓣膜病管理指南中,对于主动脉根部扩大与主动脉瓣关闭不全(aortic regurgitation, AR)患者,瓣叶质量较好的年轻患者,推荐在有经验的瓣膜修复中心进行 AVr 与根部重建手术^[2]。然而在瓣膜修复后,仍存在复发中重度 AR 与再手术的风险。

针对这一问题,国外已经有多个中心进行了 AVr 与根部重建术后复发 AR 的研究,并据此提出了一些风险因素^[3-5]。但是国内开展 AVr 与主动脉瓣根部重建手术的中心仍较少,缺乏相关的术后 AR 风险因素的研究。

本文回顾了在本中心进行 AVr 手术的经验,主要重点在手术早中期的有效性和安全性,并探索术后 AR 的风险因素。

1 材料与方法

1.1 研究对象 本研究获得空军军医大学第一附属医院医学伦理委员会批准(KY20212030-C-1),由于是回顾性分析方法,已免除患者知情同意。

研究纳入了 2018 年 8 月至 2020 年 9 月由于 AR 在西京医院心血管外科进行 AVr 手术的 127 位患者。年龄小于 18 岁、合并主动脉夹层、术前未做全心动周期主动脉瓣 CT 精准评估,以及术后 1 月失访的患者被剔除。

1.2 超声评估及随访 所有入选患者均完成详细的术前经胸及术中经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)检查,主动脉瓣 CT 精准评估。患者在出院前和随访期间(3、6、12 个月和之后每年)行经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)检查。超声心动图检查内容包括主动脉瓣解剖(瓣叶数、融合数)、主动脉瓣功能(AR 分级)、主动脉根部(窦部、升主动脉)大小、左室舒张末直径(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD)、左室收缩末直径(left ventricular end-systolic diameter, LVESD)、左室舒张末容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左室收缩末容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)以及射血分数(ejection fraction, EF)。采用半定量彩色多普勒超声心动图评估 AR 的严重程度,分级如下:无、轻度、中度或重度。为了更加全面地评估 AR 的严重程度,其他测量指标(如缩流颈宽度)也被检测。

临床随访数据通过患者直接电话联系获得或者通过查阅门诊随访数据。住院和门诊的数据均来自医院电子病历系统。临床随访时间为 22(10~30)个月,超声随访时间为 12(3~21)个月。

早期不良事件定义为所有在住院期间或者是在术后 30 d 内发生的不良事件(死亡、出血、二次手术等),任何其他的不良事件都定义为晚期不

良事件。结局事件包括死亡、二次手术及术后 AR(中度/重度)。

1.3 手术方法 所有患者行正中开胸或经胸骨上半段小切口,全麻下体外循环术,阻断上下腔静脉及升主动脉,切开升主动脉,经左右冠状动脉直接灌注停搏液使心脏无颤停搏,主动脉瓣交界悬吊暴露术野,探查主动脉瓣的瓣膜质量、数量、活动度,测量主动脉瓣有效高度、几何高度、游离缘长度等,并将其与术前 TEE 或 CT 的评估相对比。对于瓣叶脱垂、增厚或穿孔等瓣膜病变患者,分别采用瓣叶折叠、瓣叶削薄或心包补片修复瓣膜。对于主动脉根部(窦部/升主动脉)扩张的患者,根据情况采用瓣膜保留根部置换手术,采用改良重塑技术或再植入技术,用 CV-0 GoreTex 线连续缝合基底环。

1.4 统计方法 对于连续性变量,首先检验正态性,符合正态性的连续性变量采用均数 $\pm$ 标准差表示,不符合正态性的用中位数(四分位数间距)表示,分类变量采用百分率表示。用 Kaplan-Meier 方法对事件发生时间(晚期生存、免二次手术、免中度及以上 AR、免重度 AR)进行分析。

单因素 Cox 分析用于确定与术后 AR 相关的潜在术前和围术期的风险因素。对于有意义的预测因子($P < 0.1$)进行多因素 Cox 分析。所有 $P < 0.05$ 的概率值被认为有统计学意义。使用 SPSS 软件 21.0 版本进行上述统计分析。

2 结果

2.1 患者特征 本研究 127 例患者平均年龄为(46.0 $\pm$ 13.3)岁,93 名(73.2%)患者是男性,欧洲心脏手术风险评估系统 II(EuroSCORE II)评分为 1.45(0.92, 1.96)。在术前超声检查中,59 名(46.5%)患者是中度 AR,68 名(53.5%)患者是重度 AR,48 名(37.8%)患者是二瓣化主动脉瓣(bicuspid aortic valve, BAV)。对患者的籍贯进行统计分析,大部分患者来自陕西、甘肃、山西、河南等省份。其他的术前人口学特征(既往史纽约心脏协会心功能分级、并存病、其他超声结果等)见表 1。

2.2 术中数据 术中体外循环时间、主动脉阻闭时间、瓣膜状况、手术方式,以及术后 ICU 等详细数据信息见表 2。有 10 名(7.1%)患者由于术中食道超声显示有残留的 AR 而进行了二次主动脉阻闭。23 名(18.1%)患者由于主动脉根部扩张进行了升主动脉置换。

表 1 患者基线资料(n=127)	
指标	数值
年龄(岁)	46.0±13.3
男性[n(%)]	93(73.2)
体重(kg)	66.8±11.1
身高(m)	1.70(1.64,1.72)
体表面积(m ²)	1.87(1.73,1.95)
体质量指数(kg/m ²)	24.0(21.8,25.5)
EuroSCORE II(分)	1.45(0.92,1.96)
NYHA 分级>Ⅱ[n(%)]	71(55.9)
糖尿病[n(%)]	9(7.1)
高血压[n(%)]	26(20.5)
房颤[n(%)]	24(18.9)
吸烟[n(%)]	23(18.1)
既往心脏手术[n(%)]	7(5.5)
冠心病[n(%)]	12(9.4)
肺动脉高压[n(%)]	13(10.2)
脑血管疾病[n(%)]	2(1.6)
三瓣化主动脉瓣[n(%)]	79(62.2)
二瓣化主动脉瓣[n(%)]	48(37.8)
肌酐(μmol/L)	73.5(62.8,84.9)
中度 AR[n(%)]	59(46.5)
重度 AR[n(%)]	68(53.5)
左室射血分数	54.8±5.5
>55%[n(%)]	61(48.0)
≤55%[n(%)]	66(52.0)
左室收缩末直径(mm)	40(36,46)
左室舒张末直径(mm)	57(51,65)
左室收缩末容积(ml)	63(46,85)
左室舒张末容积(ml)	137(108,187)
升主动脉(mm)	37(32,43)
窦部(mm)	36(33,41)

注:EuroSCORE II:欧洲心脏手术风险评估系统 II;NYHA:纽约心脏协会

2.3 术后早期结果 2 名(1.6%)患者在住院 30 d 内死亡,其中一名 59 岁女性患者(EuroSCORE II 1.94)由于存在严重结缔组织病,在行主动脉瓣+二尖瓣置换术后 11 d 因多器官功能衰竭死亡;另一名男性 55 岁患者(EuroSCORE II 2.24)由于心梗,在行主动脉瓣+升主动脉置换术后当天由于心功能衰竭死亡。在出院时,所有患者的超声结果均可获得,有 4 名(3.1%)患者在术后 3~7 d 的 TTE 显示残留

有轻度 AR。1 名患者由于术后持续Ⅲ度房室传导阻滞进行了永久性起搏器植入术,1 名患者术后突发脑梗,1 名患者术后由于出血进行了二次开胸手术。见表 2。

表 2 患者围术期资料(n=127)	
指标	数值
升主动脉置换[n(%)]	23(18.1)
体外循环时间(min)	136(107,166)
主动脉阻闭时间(min)	76(62,107)
二次主动脉阻闭[n(%)]	10(7.9)
ICU 时间(d)	2(2,3)
住院时间(d)	17(14,20)
30 d 院内死亡[n(%)]	2(1.6)
瓣膜病变	
脱垂[n(%)]	115(90.6)
钙化[n(%)]	38(29.9)
穿孔[n(%)]	4(3.1)
瓣膜修复方法	
Gore-Tex 缝合成形[n(%)]	77(60.6)
瓣膜折叠[n(%)]	40(31.5)
心包补片修补[n(%)]	4(3.1)
瓣膜削薄[n(%)]	68(53.5)
永久性心脏起搏器植入[n(%)]	1(0.8)
中风[n(%)]	1(0.8)
因出血行二次手术[n(%)]	1(0.8)
术后残留轻度 AR[n(%)]	4(3.1)

注:AR:主动脉瓣关闭不全

2.4 随访结果 在 1 年、2 年和 3 年,整个队列的总生存率分别为 99.1%、97.7%和 97.7%。晚期死亡患者 2 名,其中 1 名是 64 岁男性(EuroSCORE II 1.07)在 AVr+三尖瓣修复术后 19 个月因白血病去世;另 1 名 59 岁男性(EuroSCORE II 2.81)在 AVr+二尖瓣修复+三尖瓣修复术后在术后 5 个月死亡,死亡原因不详。1 年、2 年和 3 年免二次手术率分别为 98.1%、96.8%和 96.8%。3 名男性患者在出院后分别在术后 3、12 和 16 个月均因重度 AR 再次进行瓣膜相关手术,手术过程顺利,目前均生存(表 3)。2 年免重度 AR 率和中度 AR 率分别为 96.2%和 90.0%,患者生存曲线、免二次主动脉瓣手术等随访见图 1。在出院随访的患者中,未出现出血、血栓栓塞、感染等不良心血管事件的发生。

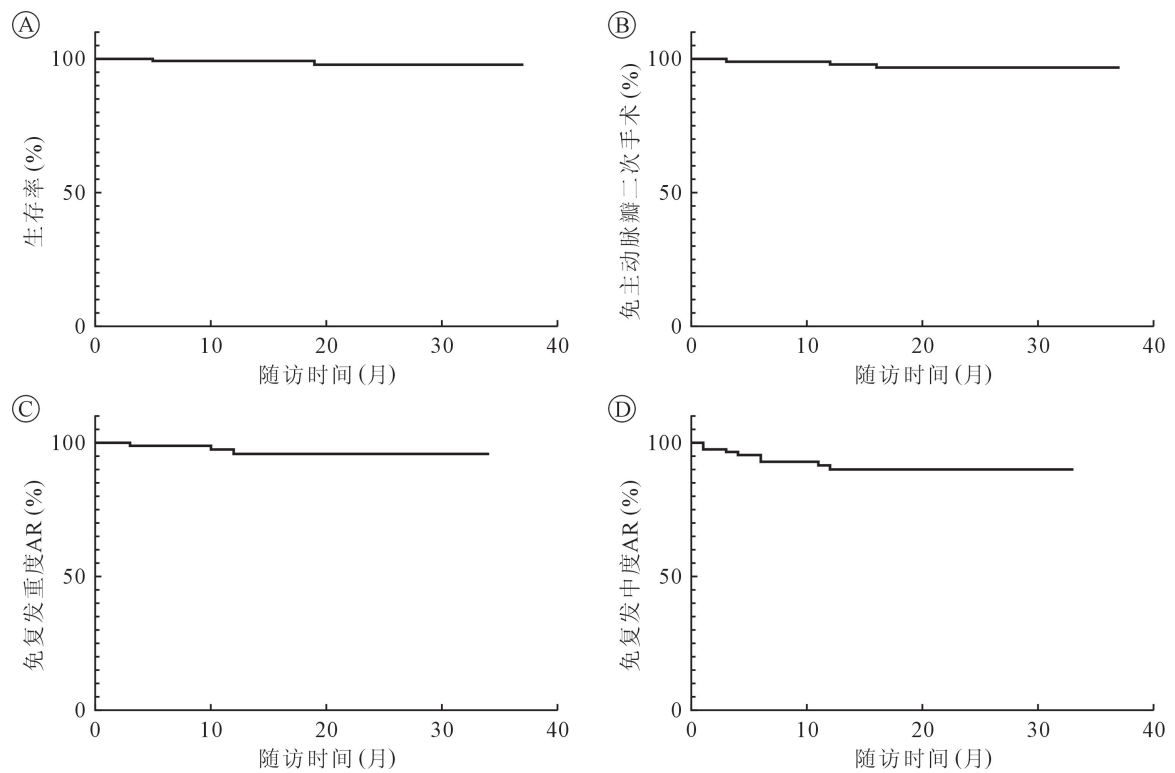


图 1 主动脉瓣修复患者的 Kaplan-Meier 曲线

表 3 3 名患者二次手术信息		
年龄(岁)	第一次手术	二次手术
20	AVr	AVR
56	AVr+二尖瓣修复术	AVR
44	AVr+卵圆孔未闭修补术	AVR

注:AVr 主动脉瓣修复术;AVR:主动脉瓣置换(机械瓣)

由于术后出现重度 AR 的患者数量较低(仅有 3 例),故仅对术后出现中度 AR 的 9 例患者进行单因素 Cox 回归分析,探索围术期的危险因素。发现术前 LVESDi(左室舒张末径指数)、LVEDDi(左室舒张末径指数)、重度及以上 AR 和术后残留轻度 AR 是术后中度 AR 的危险因素。对以上 4 个变量进行多因素 Cox 回归分析,发现术前 LVESDi 和术后残留轻度 AR 是术后中度 AR 的危险因素(见表 4 和表 5)。

表 4 术后中度 AR 的多因素 Cox 回归分析		
变量	P 值	HR [95%CI]
LVESDi	0.025	1.18 [1.02~1.36]
术后残留轻度 AR	0.029	6.20 [1.20~31.96]

注:LVESDi,左室收缩末径指数;AR:主动脉瓣关闭不全

表 5 术后中度 AR 的单因素 Cox 回归分析		
变量	P 值	HR [95%CI]
年龄>60 岁	0.76	0.99 [0.94~1.04]
女性	0.89	0.89 [0.19~4.30]
体表面积	0.83	0.63 [0.01~37.43]
体质量指数	0.25	0.88 [0.71~1.09]
NYHA> II	0.66	0.74 [0.20~2.77]
吸烟	0.46	1.81 [0.37~8.87]
高血压	0.50	0.49 [0.06~3.89]
糖尿病	0.72	1.46 [0.18~11.70]
房颤	0.77	0.73 [0.09~5.90]
冠心病	0.89	1.15 [0.14~9.24]
EuroSCORE II	0.10	0.33 [0.09~1.23]
BAV	0.40	0.57 [0.15~2.12]
前 50 例	0.12	0.29 [0.06~1.41]
肌酐	0.37	0.25 [0.01~5.19]
LVESDi	0.006	1.21 [1.06~1.37]
LVEDDi	0.004	1.17 [1.05~1.30]
左室射血分数	0.84	0.99 [0.88~1.12]
升主动脉	0.29	0.95 [0.87~1.04]
窦部	0.71	1.01 [0.94~1.09]
术前重度 AR	0.015	5.58 [1.39~22.34]
术后残留轻度 AR	0.002	12.47 [2.54~61.11]

注:EuroSCORE II:欧洲心脏手术风险评估系统 II;BAV:二瓣化主动脉瓣;LVESDi:左室收缩末径指数;LVEDDi:左室舒张末径指数;AR:主动脉瓣关闭不全

3 讨论

尽管在 AR 患者中,主动脉瓣置换仍是外科手术的“金标准”,AVr 手术在越来越多的中心开展,并成为一种可行的方案。在过去的 20 年里,对于功能性主动脉瓣(包括瓣环、瓣叶、窦部以及窦管交界)解剖以及主动脉瓣反流机制的认识日益全面,AVr 手术的远期效果有了明显提升。

同二尖瓣修复一样,AVr 可以避免瓣膜置换带来的血栓栓塞、出血、瓣膜钙化退变等不良问题。但 AVr 和二尖瓣的修复存在很大的不同,首先,不同中心的 AVr 的方法不同;其次,瓣叶的质量对修复的可行性和耐久性至关重要,但是在退行性的二尖瓣疾病患者中并非主要考虑因素;最后,主动脉瓣比二尖瓣更容易出现瓣膜相关的病变(如瓣叶增厚、活动受限以及穿孔)^[6]。这就导致了 AVr 失败率更高,更加有挑战性。目前已经有大量的文献证实了二尖瓣修复可以恢复患者的预期生存时间,而关于 AVr 的报道只集中在国外几个大的中心,国内更是很少。本研究分析了修复手术患者的早中期疗效,3 年生存率达 97.7%、3 年免二次手术率达 96.8%。虽然本中心系统开展 AVr 手术的时间相对较晚,没有长期的随访,但是早中期患者的生存率和免二次手术率与国外几个大的中心相当^[7-9]。此外,国人主动脉瓣病变较为复杂,挛缩与钙化较多,患者的手术比较复杂,但是不良事件发生率较低,早期死亡仅有 2 例,晚期死亡仅有 2 例,其中只有 1 例死亡与心脏相关。早期不良心血管事件发生有 3 例,其中永久性心脏起搏器植入 1 例,中风 1 例,出血再手术 1 例,尚无相关的心血管不良事件的发生。

本研究尝试分析 AVr 术后 AR 的危险因素。首先关于术后残留 AR,由于术中对少部分有效瓣叶面积在临界值、瓣膜质量一般的患者也尝试进行了修复,术中游离缘长度已达到最低值,考虑进一步调整会导致瓣膜狭窄,因此,尽管术中食道超声显示仍残留有轻度的 AR,但并未进行进一步处理。关于残留 AR 对手术疗效的影响国外有相关的报道: Buzzatti 等人^[10]对行经导管主动脉瓣置入术的患者术后 5 年随访发现,残余轻度 AR 患者与无 AR 患者相比,AR 进展的程度更高,出现的症状更严重;Kim 等人^[11]对 A 型主动脉夹层患者术后随访发现术后残留 AR 会导致远期出现重度 AR 的风险增加。通过本研究多因素分析发现,术后残留轻度 AR 是

AVr 术后中度 AR 的危险因素,初步推测相比于术后未出现明显反流的患者,术后残留轻度 AR 的患者主动脉瓣反流量进行性增加出现的时间会更早。虽然术后残留 AR 出现的例数相对较少且观察时间较短,这个发现不足以定论,但是术者在术前应当考虑到这一可能的风险因素,对患者的瓣膜质量等进行更加充分的评估,尽量减少术后残留的 AR 的发生。

已有文献证实 LVESDi 比未调整的 LVESD 更能预测术后左室功能恢复和长期生存^[12],且最近的研究中发现,LVESDi 可以预测术后出现的不良结局事件(死亡、二次手术等)^[13-14]。在现在的指南中,无症状患者 LVESD>50 mm,或者 LVESD/BSA>25 mm/m²(尤其是身材矮小的患者),推荐外科手术治疗(I 类推荐,B 级证据)^[2]。这些研究表明 LVESDi 可能在预测早期左室功能不全或者瓣膜功能方面更加敏感,因为它与年龄、性别和体型无关,更能正确评估左室增大的严重程度^[15]。本研究证明了更大的 LVESDi 可能会增加 AVr 术后出现 AR 的风险。与本研究结果类似的是,Guo MH 等人^[16]的研究也证实较大的 LVESDi 会增加瓣膜保留手术后 AR 发生风险,且这个风险在术前 LVESDi $\geq$ 20 mm/m²时增加 6 倍。目前 AVr 技术正不断完善和发展,这个发现进一步支持了术前正确全面评估左心室大小的重要性,通过严格手术指征、合理地选择手术患者、制定合适的手术方案,以提高 AVr 的远期效果和患者的远期生存率。

BAV 作为主动脉瓣解剖上的一个异常改变,会对血流动力学产生影响。但是本研究发现 BAV 不是早中期内术后 AR 的危险因素。这与之前研究得出的结论一致^[16-18]。后续可能需要更详细的亚组分析,以及更长期的随访观察研究进一步证实。

本研究是单中心回顾性研究,因此这类分析产生的缺陷难以避免。患者自身基础疾病以及瓣膜质量等混杂因素,不同的瓣膜修复技术,术者手术经验的积累等因素对手术的重复性以及疗效产生较大影响。此外一些术中相关的数据比如有效高度、游离缘长度等并未纳入本研究中,可能会对风险因素的分析造成一定的影响。由于术后出现中度 AR 的患者较少,单因素和多因素的 Cox 回归分析结果需要谨慎参考。最后,由于患者以及手术的复杂性,本研究没有设置和现有队列相比较的对照组,但大多数类似的研究都有相同的局限性。由于本研究随访的

时间比较短,样本量仍不足,之后需要更长期、更大样本量的队列进行随访观察。

4 结 论

在术前经过谨慎的评估和筛选,行 AVr 的患者早中期内生存率高,二次手术风险及术后重度 AR 的风险低,瓣膜的功能可以达到预期的效果。术前较大的 LVESDi 以及术后残留轻度的 AR 是术后 AR 的危险因素。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献:

- [1] Gocol R, Bis J, Malinowski M, *et al*. Comparison of bicuspid and tricuspid aortic valve repair[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2020, 59(6): 1183–1190.
- [2] Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, *et al*. 2021 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease[J]. Eur Heart J, 2022, 43(7): 561–632.
- [3] Lansac E, Di Centa I, Sleilaty G, *et al*. Remodeling root repair with an external aortic ring annuloplasty[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 153(5): 1033–1042.
- [4] David TE, David CM, Feindel CM, *et al*. Reimplantation of the aortic valve at 20 years[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 153(2): 232–238.
- [5] Schneider U, Hofmann C, Aicher D, *et al*. Sutureannuloplasty significantly improves the durability of bicuspid aortic valve repair[J]. Ann Thorac Surg, 2017, 103(2): 504–510.
- [6] Sharma V, Suri RM, Dearani JA, *et al*. Expanding relevance of aortic valve repair—is earlier operation indicated[J]? J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 147(1): 100–107.
- [7] Schneider U, Feldner SK, Hofmann C, *et al*. Two decades of experience with root remodeling and valve repair for bicuspid aortic valves[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 153(4): S65–S71.
- [8] Tanaka H, Takahashi H, Inoue T, *et al*. Which technique of cusp repair is durable in reimplantation procedure[J]? Eur J Cardiothorac Surg, 2017, 52(1): 112–117.
- [9] Zakkar M, Youssefi P, Acar C, *et al*. Bicuspid aortic valve repair adapted to aortic phenotype[J]. Ann Cardiothorac Surg, 2019, 8(3): 401–410.
- [10] Buzzatti N, Castiglioni A, Agricola E, *et al*. Five-year evolution of mild aortic regurgitation following transcatheter aortic valve implantation: early insights from a single-centre experience[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2017, 25(1): 75–82.
- [11] Kim DJ, Lee S, Lee SH, *et al*. The fate of residual aortic regurgitation after ascending aorta replacement in type A aortic dissection[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 160(6): 1421–1430.
- [12] Brown ML, Schaff HV, Suri RM, *et al*. Indexed left ventricular dimensions best predict survival after aortic valve replacement in patients with aortic valve regurgitation[J]. Ann Thorac Surg, 2009, 87(4): 1170–1175.
- [13] Ruan Y, Liu X, Meng X, *et al*. Prognostic factors associated with postoperative adverse outcomes in patients with aortic valve prolapse[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(17): e19827.
- [14] Koga-Ikuta A, Fukushima S, Kawamoto N, *et al*. Reverse remodelling after aortic valve replacement for chronic aortic regurgitation[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2021, 33(1): 10–18.
- [15] 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.
- [16] Guo MH, Cole E, Fei LYN, *et al*. Preoperative left ventricular end-systolic dimension predicts occurrence of aortic insufficiency following aortic valve preservation and repair surgery[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2020. [Epub ahead of print].
- [17] DePaulis R, Chirichilli I, Scaffa R, *et al*. Long-term results of the valve reimplantation technique using a graft with sinuses[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2016, 151(1): 112–119.
- [18] Esaki J, Leshnower BG, Binongo JN, *et al*. Risk factors for late aortic valve dysfunction after the David V valve-sparing root replacement[J]. Ann Thorac Surg, 2017, 104(5): 1479–1487.

(收稿日期:2021-12-08)

(修订日期:2022-03-04)