

DOI:10.16781/j.0258-879x.2021.05.0469

· 论 著 ·

## 心脏移植术后早期三尖瓣反流的风险因素分析

张伯尧, 唐杨烽, 张冠鑫, 范兴例, 张加俊, 徐志云, 韩林\*

海军军医大学(第二军医大学)长海医院心血管外科, 上海 200433

**[摘要]** **目的** 分析心脏移植患者术后早期三尖瓣反流的风险因素, 总结心脏移植供受体评估及心脏移植围手术期的管理经验, 以期提高心脏移植术后患者生存率、降低移植术后患者早期右心功能不全发生率。**方法** 选取2017年3月至2019年11月在我院接受同种原位心脏移植手术的74例患者作为研究对象, 按术后三尖瓣反流束面积与右心房面积比值将患者分为两组: 组1(15例, 三尖瓣反流束面积与右心房面积比值 $<20\%$ )和组2(59例, 三尖瓣反流束面积与右心房面积比值 $\geq 20\%$ )。根据供体心脏标准获取心脏, 术前通过Swan-Ganz导管监测患者肺动脉收缩压(PAPs)等指标, 采用超声心动图评价患者术后30d内的三尖瓣反流程度。采用多因素logistic回归模型分析移植术后三尖瓣反流的影响因素。**结果** 原发性移植物功能衰竭(PGF)、急性排斥反应、供受体体重比和术前PAPs在两组间的差异均有统计学意义( $P$ 均 $<0.01$ ), 两组供体年龄、受体年龄、供受体性别是否匹配、术前NYHA心功能分级、原发病种类、供受体身高比、术前总胆红素水平及术前右心室前后径等的差异均无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。多因素logistic回归分析结果显示PGF( $OR=1.892$ , 95%  $CI$  1.150~1.972)、急性排斥反应( $OR=1.625$ , 95%  $CI$  1.190~1.885)、供受体体重比( $OR=0.001$ , 95%  $CI$  0.000~0.873)和术前PAPs( $OR=1.274$ , 95%  $CI$  1.099~1.498)是患者心脏移植术后早期三尖瓣反流的影响因素( $P$ 均 $<0.05$ )。**结论** 注重供受体体重的匹配、防治围手术期肺动脉高压、严格应用免疫抑制剂及预防PGF有利于降低心脏移植术后早期三尖瓣反流, 减少右心功能衰竭发生。

**[关键词]** 心脏移植; 三尖瓣反流; 心力衰竭; 肺性高血压; 原发性移植物功能衰竭; 移植物排斥

**[中图分类号]** R 654.28

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 0258-879X(2021)05-0469-06

### Risk factors for early tricuspid regurgitation after heart transplantation

ZHANG Bo-yao, TANG Yang-feng, ZHANG Guan-xin, FAN Xing-li, ZHANG Jia-jun, XU Zhi-yun, HAN Lin\*

Department of Cardiovascular Surgery, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

**[Abstract]** **Objective** To analyze the risk factors of early tricuspid regurgitation after heart transplantation, and to summarize the experience of donor and recipient evaluation and perioperative management of heart transplantation, so as to increase the survival rate and decrease the incidence of early right ventricular dysfunction in patients after heart transplantation. **Methods** A total of 74 patients who underwent orthotopic heart transplantation in our hospital from Mar. 2017 to Nov. 2019 were selected and divided into 2 groups according to the ratio of tricuspid regurgitation bundle area to right atrial area (group 1 [15 cases, with the ratio $<20\%$ ] and group 2 [59 cases, with the ratio $\geq 20\%$ ]). The hearts were obtained according to the donor heart standards. The pulmonary artery systolic pressure (PAPs) and other indicators were monitored preoperatively by Swan-Ganz catheter, and the degree of tricuspid regurgitation within 30 days after surgery was evaluated by echocardiography. Multiple logistic regression model was used to analyze the influencing factors of early tricuspid regurgitation after heart transplantation. **Results** There were significant differences in primary graft failure (PGF), acute rejection, donor-to-recipient body weight ratio and preoperative PAPs between the two groups (all  $P<0.01$ ). There were no significant differences in donor age, recipient age, donor and recipient gender match, preoperative New York Heart Association (NYHA) heart function classification, primary diseases, donor-to-recipient height ratio, preoperative total bilirubin level or preoperative right ventricular anteroposterior diameter between the two groups (all  $P>0.05$ ). Multiple logistic regression analysis showed that PGF (odds ratio [OR] = 1.892, 95% confidence interval [CI] 1.150-1.972), acute rejection ( $OR=1.625$ , 95%  $CI$  1.190-1.885), donor-to-recipient body weight ratio ( $OR=0.001$ , 95%  $CI$  0.000-0.873) and preoperative PAPs ( $OR=1.274$ , 95%  $CI$  1.099-1.498) were the influencing factors

**[收稿日期]** 2020-10-14

**[接受日期]** 2021-03-09

**[基金项目]** 国家自然科学基金(81770383). Supported by National Natural Science Foundation of China (81770383).

**[作者简介]** 张伯尧, 硕士, 主治医师. E-mail: doctorzby@163.com

\*通信作者( Corresponding author ). Tel: 021-31161763, E-mail: sh\_hanlin@163.com

for early tricuspid regurgitation after heart transplantation (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** Matching the body weight of donor and recipient, preventing perioperative pulmonary hypertension, applying immunosuppressant strictly and preventing PGF are beneficial to reduce early tricuspid regurgitation and right heart failure after heart transplantation.

**[Key words]** heart transplantation; tricuspid regurgitation; heart failure; pulmonary hypertension; primary graft failure; graft rejection

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(5): 469-474]

心脏移植是心脏功能衰竭终末期的有效治疗手段之一<sup>[1]</sup>,但术后早期三尖瓣反流率高达84%<sup>[2]</sup>,中度三尖瓣反流发生率为5.5%~53.9%<sup>[3]</sup>。心脏移植术后早期三尖瓣反流不仅会影响围手术期患者右心功能的恢复,也增加了患者的死亡风险。国外文献报道证实心脏移植术后的三尖瓣反流降低了患者的远期生存率,并与术后肺动脉高压、心功能不全有关<sup>[2]</sup>。本研究回顾性分析了影响心脏移植术后早期三尖瓣反流的风险因素,并总结了心脏移植供受体评估及心脏移植围手术期的管理经验,以期提高心脏移植术后患者的生存率、减少术后早期右心功能不全的发生。

## 1 资料和方法

**1.1 研究对象** 选取2017年3月至2019年11月在我院接受同种原位心脏移植手术的74例患者作为研究对象。按术后三尖瓣反流束面积与右心房面积比值<sup>[4]</sup>将患者分为两组:组1(三尖瓣反流束面积与右心房面积比值 $< 20\%$ )15例;组2(三尖瓣反流束面积与右心房面积比值 $\geq 20\%$ )59例。纳入标准:经内科治疗无效或常规外科手术无法治愈的终末期心力衰竭患者。排除标准:(1)存在全身活动性感染病灶者;(2)心脏外恶性肿瘤者;(3)患有严重的全身性疾病者。本研究获得我院伦理委员会审批。

**1.2 术前准备** 患者接受心脏移植手术前常规行实验室血液检查及心脏彩色超声、心电图、胸部X线、胸部CT、腹部超声检查,部分具有冠心病高危因素患者行冠状动脉造影。术前放置漂浮导管(Swan-Ganz导管)监测肺动脉收缩压(pulmonary artery systolic pressure, PAPs)及肺血管阻力。

心脏供体选择标准:(1)供体男性 $< 55$ 岁、女性 $< 45$ 岁,ABO血型配型一致,与受体的体重差尽量 $< 25\%$ ;(2)心脏彩色超声、心电图、胸部X线片正常,乙型肝炎病毒、丙型肝炎病毒、HIV阴性,无控制不佳的感染,心肌酶谱正常,排除有心脏病病史或累及心脏的胸部外伤史的供体<sup>[5]</sup>;(3)所有供体术前通过心脏彩色超声检测

二尖瓣、三尖瓣、主动脉瓣反流量,在供体中未发现存在明显的三尖瓣反流情况。所有心脏移植供体均为脑死亡患者,所有供体获取和心脏移植手术均获得我院伦理委员会审核批准。

**1.3 围手术期治疗** 术前对出现明显心力衰竭并伴有血流动力学不稳定的患者采用静脉持续泵入多巴酚丁胺维持循环,对于肥胖或体重过大患者通常采用调整饮食结构、利尿的方式减轻体重。左心收缩功能 $< 30\%$ 但血流动力学稳定的患者予以沙库巴曲缬沙坦、螺内酯、 $\beta$ -受体阻滞剂抗心力衰竭治疗。所有患者手术均采用经典的原位心脏移植手术(双腔静脉法)。术前对出现急性心功能衰竭及肾功能衰竭的患者应用体外膜氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)支持及血液透析治疗。术中及术后出现原发性移植物功能衰竭(primary graft failure, PGF)者先予以主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)维持循环,如循环仍不稳定,再予以ECMO支持。免疫抑制治疗方案:所有患者均用20 mg巴利昔单抗进行诱导治疗,维持免疫治疗方案采用他克莫司(维持浓度10~15 mmol/L)及甲泼尼龙预防排斥反应。通过Swan-Ganz导管、连续心排记录仪监测并记录移植术后患者心排血量指数和血流动力学指标如PAPs、中心静脉压,用超声心动图检查患者术后30 d内的三尖瓣反流情况,在患者血流动力学稳定的情况下采用术后1周的三尖瓣反流量、PAPs作为统计数据。本中心将心脏移植术中无法脱离体外循环作为主要参考标准判定PGF<sup>[6]</sup>。受条件限制,患者无法行心内膜活检,因此根据患者临床症状、实验室检查结果、心脏彩色超声结果综合判断患者是否发生排斥反应<sup>[7-9]</sup>。

**1.4 统计学处理** 应用SPSS 22.0软件进行统计学分析。计量资料若符合正态分布且满足方差齐性则以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 $t$ 检验,否则采用中位数(下四分位数,上四分位数)表示,两组间比较采用非参数秩和检验;计数资料以例数和百分数表示,两组间比较采用 $\chi^2$ 检验。将单

因素分析中 差异有统计学意义的变量纳入多因素 logistic 回归模型, 分析移植术后早期三尖瓣反流的影响因素。检验水准 ( $\alpha$ ) 为 0.05。

## 2 结果

### 2.1 研究对象的临床资料 74 例接受同种原位心脏

移植手术的患者中男 61 例、女 13 例, 年龄 15~71 (47.89±14.31) 岁, 体重 (67.65±14.22) kg。原发疾病包括扩张型心肌病 56 例、冠心病 6 例、瓣膜病 8 例、先天性心脏病 3 例、心脏肿瘤 1 例, 临床表现为胸闷、气促、乏力、腹胀、下肢水肿症状。研究对象的临床资料见表 1。

表 1 74 例接受同种原位心脏移植手术患者的临床资料

**Tab 1 Clinical characteristics of 74 patients undergoing orthotopic heart transplantation**

Characteristic	Total N=74	Group 1 N=15	Group 2 N=59	Statistic	P value
Age/year, $\bar{x} \pm s$					
Donor	40.45±9.52	41.00±9.39	40.31±9.63	$t=0.251$	0.803
Recipient	47.89±14.31	50.80±12.64	47.15±14.71	$t=0.880$	0.382
Gender, n (%)				$\chi^2=0.077$	0.782
Male	61 (82.4)	12 (80.0)	49 (83.0)		
Female	13 (17.6)	3 (20.0)	10 (16.9)		
Gender of donor/recipient, n (%)				$\chi^2=0.000$	1.000
Match	17 (23.0)	3 (20.0)	14 (23.7)		
Mismatch	57 (77.0)	12 (80.0)	45 (76.3)		
NYHA heart function, n (%)				$\chi^2=1.506$	0.220
III	14 (18.9)	5 (33.3)	9 (15.3)		
IV	60 (81.1)	10 (66.7)	50 (84.7)		
Primary disease, n (%)				$\chi^2=1.788$	0.641
Dilated cardiomyopathy	56 (75.7)	13 (86.7)	43 (72.9)		
Coronary heart disease	6 (8.1)	0	6 (10.2)		
Valvular heart disease	8 (10.8)	1 (6.7)	7 (11.9)		
Congenital heart and tumor	4 (5.4)	1 (6.7)	3 (5.1)		
PGF, n (%)				$\chi^2=1.816$	<0.001
Yes	14 (18.9)	1 (6.7)	13 (22.0)		
No	60 (81.1)	14 (93.3)	46 (78.0)		
Acute rejection, n (%)				$\chi^2=0.784$	<0.001
Yes	3 (4.1)	0	3 (5.1)		
No	71 (95.9)	15 (100.0)	56 (94.9)		
Body height/cm, $\bar{x} \pm s$					
Donor height	171.00±6.15	171.40±5.09	171.90±6.42	$t=0.280$	0.780
Recipient height	169.00±7.03	168.27±5.42	169.19±7.42	$t=-0.450$	0.654
Donor-to-recipient height ratio, $\bar{x} \pm s$	1.01±0.05	1.02±0.04	1.01±0.05	$t=0.464$	0.644
Body weight/kg, $\bar{x} \pm s$					
Donor weight	67.34±12.58	67.24±13.44	67.73±8.79	$t=0.135$	0.893
Recipient weight	67.65±14.22	66.76±14.51	71.13±14.58	$t=1.064$	0.291
Donor-to-recipient body weight ratio, $\bar{x} \pm s$	1.02±0.21	1.05±0.17	0.91±0.11	$t=3.689$	<0.001
Pre-TBil/(mmol·L <sup>-1</sup> ), $M(Q_L, Q_U)$	35.07 (17.55, 38.80)	22.90 (18.00, 35.80)	28.05 (17.05, 39.08)	$Z=1.898$	0.058
Pre-PAPs/mmHg, $\bar{x} \pm s$	47.88±14.97	34.80±4.54	50.61±12.43	$t=-4.824$	<0.001
Post-PAPs/mmHg, $\bar{x} \pm s$	27.53±6.95	27.71±7.28	27.49±6.93	$t=0.107$	0.915
Pre-RVD/mm, $\bar{x} \pm s$	35.79±12.22	34.88±12.17	39.50±12.13	$t=1.274$	0.207
Post-MCS, n (%)					
IABP	14 (18.9)	3 (20.0)	11 (18.6)	$\chi^2=0.000$	1.000
ECMO	11 (14.9)	0	11 (18.6)	$\chi^2=3.285$	0.070
IABP+ECMO	7 (9.5)	0	7 (11.9)	$\chi^2=1.966$	0.161
Perioperative complication, n (%)					
Renal insufficiency	7 (9.5)	1 (6.7)	6 (10.2)	$\chi^2=0.171$	0.679
Pneumonia	5 (6.8)	2 (13.3)	3 (5.1)	$\chi^2=0.314$	0.575
Thrombotic events	3 (4.1)	1 (6.7)	2 (3.4)	$\chi^2=0.000$	1.000

1 mmHg=0.133 kPa. Group 1: The ratio of tricuspid regurgitation bundle area to right atrial area was <20%; Group 2: The ratio of tricuspid regurgitation bundle area to right atrial area was ≥20%; NYHA: New York Heart Association; PGF: Primary graft failure; Pre-TBil: Preoperative total bilirubin; Pre-PAPs: Preoperative pulmonary artery systolic pressure; Post-PAPs: Postoperative pulmonary artery systolic pressure; Pre-RVD: Preoperative right ventricular anteroposterior diameter; Post-MCS: Postoperative mechanical circulatory support; IABP: Intra-aortic balloon pump; ECMO: Extracorporeal membrane oxygenation;  $M(Q_L, Q_U)$ : Median (lower quartile, upper quartile).



2.2 心脏移植术后早期三尖瓣反流的单因素分析结果 74例患者中,14例发生术后PGF,其中组1有1例、组2有13例。术后急性排斥反应3例,均为组2患者。组1患者的供受体体重比为 $1.05 \pm 0.17$ ,组2患者的供受体体重比为 $0.91 \pm 0.11$ 。组1患者的术前PAPs为 $(34.80 \pm 4.54)$  mmHg ( $1$  mmHg= $0.133$  kPa),组2患者的术前PAPs为 $(50.61 \pm 12.43)$  mmHg。组2患者PGF、急性排斥反应发生率高于组1,供受体体重比低于组1,术前PAPs高于组1,差异均有统计学意义( $P$ 均 $<0.01$ );两组供体年龄、

受体年龄、供受体性别是否匹配、术前NYHA心功能分级、原发病种类、供受体身高比、术前总胆红素水平及术前右心室前后径等的差异均无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ )。见表1。

2.3 心脏移植术后早期三尖瓣反流的多因素分析结果 将单因素分析中差异有统计学意义的变量纳入多因素logistic回归模型,分析结果显示PGF、急性排斥反应、供受体体重比和术前PAPs是患者心脏移植术后早期发生三尖瓣反流的影响因素( $P$ 均 $<0.05$ )。见表2。

表2 心脏移植术后早期发生三尖瓣反流的多因素logistic回归分析

Tab 2 Multiple logistic regression analysis for early tricuspid regurgitation after heart transplantation

Variable	B	SE	Wald	OR (95% CI)	P value
PGF	1.072	0.915	5.734	1.892 (1.150, 1.972)	0.002
Acute rejection	2.561	1.218	4.422	1.625 (1.190, 1.885)	0.045
Donor-to-recipient body weight ratio	-7.404	3.685	4.038	0.001 (0.000, 0.873)	0.027
Pre-PAPs	0.233	0.079	8.806	1.274 (1.099, 1.498)	0.006

PGF: Primary graft failure; Pre-PAPs: Preoperative pulmonary artery systolic pressure; B: Regression coefficient; SE: Standard error; OR: Odds ratio; CI: Confidence interval.

### 3 讨论

心脏移植是终末期心脏病的有效治疗方法,急性移植物衰竭、感染、急性排斥反应等是导致患者术后早期死亡的主要原因<sup>[10]</sup>。右心功能不全是心脏移植术后常见的严重并发症,危重症患者通常伴有不同程度的三尖瓣反流<sup>[2,5]</sup>。心脏移植术后均为继发性关闭不全,产生的三尖瓣反流导致右心室终末舒张期容量增大,刺激右心室扩大和肥厚,引起供应右心室心肌的冠状动脉血流减少,致使右心室缺血和进一步扩张。三尖瓣大量反流对右心功能不全来说既是结果又是促进因素,因此减少心脏移植术后三尖瓣反流可以减少右心功能不全的发生。

有研究发现术前肺动脉压力过高是心脏移植手术的禁忌证,肺动脉高压和肺血管阻力增高是原位心脏移植术后右心室衰竭导致死亡率增高的重要危险因素<sup>[11]</sup>。Bourge等<sup>[12]</sup>研究发现心脏移植术后约43%的右心功能衰竭患者存在术前严重的肺动脉高压。本研究发现术前PAPs是心脏移植术后早期三尖瓣反流的影响因素。移植后右心室收缩将血液射到低压力、高顺应性、低阻力的肺循环中,而肺血管阻力升高的低排出量心力衰竭患者因伴有肺血管的收缩及重塑使得PAPs仍维持在较高水平,使得

移植后的心脏需要面对高压力、高阻力的肺循环,此时增加右心输出量会引起右心室容积的增大<sup>[13]</sup>。右心室的扩张和充盈压力的增加代偿性引起三尖瓣关闭不全,致使右心房压力升高,从而使得静脉回流梯度减小,影响右心的回心血量并进一步影响心输出量。三尖瓣的反流程度在一定程度上代表右心室功能障碍程度,并且过度扩张的右心室会导致右心室游离壁缺血从而加重右心室运动功能障碍<sup>[14]</sup>。有文献报道,供体心脏通常难以承受超过50 mmHg的右心后负荷,当PAPs超过55~60 mmHg时往往会导致急性右心功能衰竭<sup>[15]</sup>。移植术后患者的肺血管阻力的增高一定程度上代表了肺血管病变,在受左心影响相同的情况下,肺血管的病变导致了更高的肺动脉压力,从而引起心排量的减低<sup>[16]</sup>。在术后低心排患者中,持续升高的左心室舒张末期压力引起左心房压力升高,肺静脉被动充血,进而导致肺动脉高压<sup>[17]</sup>。本组患者术后PAPs超过50 mmHg时予以静脉持续泵入曲前列尼尔、硝酸甘油通常可以有效控制肺动脉压力,而难以控制的肺动脉压力升高常伴有心功能不全、PGF、免疫排斥等多种原因的综合作用,此时尽早使用IABP、ECMO进行循环辅助是更好的选择。

体重是供受体配型的重要指标之一, Kilic等<sup>[18]</sup>

认为术前肺动脉高压患者应尽量选取体重大的供体。虽然国际心肺移植学会指南建议, 除非来自至少 70 kg 的男性捐赠者, 否则供体心脏不应小于受体心脏的 70%<sup>[1]</sup>。然而, 也有学者发现供体和受体的心脏质量差异为 10%~15% 与死亡率的增加有关<sup>[19]</sup>。本研究发现心脏移植术后早期存在三尖瓣中重度反流(术后三尖瓣反流面积与右心房面积比值 $\geq 20\%$ )的患者供受体体重比为  $0.91 \pm 0.11$ , 如果供体心脏过小, 那么移植后的心脏提供给肥胖或大体重患者每千克体重所需的心输出量就会减少<sup>[20]</sup>, 从而引起心功能衰竭<sup>[8]</sup>, 间接反映了心输出量不足与三尖瓣反流存在相关性。供受体身高差异不是心脏移植术后早期三尖瓣反流的影响因素, 这是由于身高在体表面积计算公式中的系数明显小于体重。同时, 本研究发现供受体的性别、年龄因素也不是心脏移植术后发生早期三尖瓣反流的影响因素。

PGF 是导致心脏移植术后早期死亡的主要原因, IABP 及 ECMO 是目前主要的救治手段。当患者发生 PGF 时, 心输出量严重减低, 随后肺动脉高压导致严重右心功能不全。本研究 74 例患者中有 14 例发生 PGF, 其中 13 例为中重度的三尖瓣反流患者。有研究表明, 获取供体的冷缺血时间在 2 h 内时, 患者极少出现 PGF, 当供心缺血时间明显延长大于 5 h 后, PGF 的发生率明显升高<sup>[6]</sup>, 发生 PGF 的风险将增加 5 倍<sup>[21]</sup>。因此, 有效缩短心肌缺血时间可以显著减少 PGF 的发生。但 PGF 是心脏移植术后三尖瓣反流的始动因素, 而三尖瓣反流量是 PGF 的表现形式, 对三尖瓣反流的治疗并不能治疗 PGF。因此, 三尖瓣反流在 PGF 患者中出现并不一定具有明显的临床意义。

免疫排斥反应是心脏移植术后常见的严重并发症之一<sup>[22]</sup>, 急性排斥反应可以分为细胞介导和体液免疫介导两类。急性体液排斥反应及慢性排斥反应主要表现为抗体介导的排斥反应(antibody-mediated rejection, AMR), 可导致移植心脏功能不全。现已发现 AMR 的危险因素包括群体反应性抗体水平升高、巨细胞感染、术前机械辅助支持、T 细胞配型阳性、二次移植、经产妇及莫罗那-CD3 治疗史<sup>[23-24]</sup>。供者特异性抗体与细胞排斥、AMR 的发生关系密切。研究表明, 在 95% 的 C4d 和 C3d 阳性活检标本中发现了供者特异性抗体;

而 C4d 和 C3d 阳性常提示与移植物功能和病死率紧密相关, 84% 的 C4d 和 C3d 阳性病例发生移植物功能不全<sup>[25-26]</sup>。而一旦患者在急性排斥反应后出现移植物功能障碍, 就可能引起严重的三尖瓣反流。

综上所述, 术前 PAPs、供受体体重比、PGF、急性排斥反应是患者心脏移植术后早期三尖瓣反流的影响因素。注重供受体体重的匹配、防治围手术期肺动脉高压、严格应用免疫抑制剂及预防 PGF 有利于减少心脏移植术后早期三尖瓣反流的发生, 改善右心功能, 提高移植患者术后早期生存率。但本研究样本量较小, 可能导致结论具有局限性, 尚需进一步研究。

#### [参考文献]

- [1] COSTANZO M R, DIPCHAND A, STARLING R, ANDERSON A, CHAN M, DESAI S, et al. The International Society of Heart and Lung Transplantation Guidelines for the care of heart transplant recipients[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2010, 29: 914-956.
- [2] KWON M H, SHEMIN R J. Tricuspid valve regurgitation after heart transplantation[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2017, 6: 270-274.
- [3] BERGER Y, HAR ZAHAV Y, KASSIF Y, KOGAN A, KUPERSTEIN R, FREIMARK D, et al. Tricuspid valve regurgitation after orthotopic heart transplantation: prevalence and etiology[J/OL]. *J Transplant*, 2012, 2012: 120702. DOI: 10.1155/2012/120702.
- [4] HAUSEN B, ALBES J M, ROHDE R, DEMERTZIS S, MÜGGE A, SCHÄFERS H J. Tricuspid valve regurgitation attributable to endomyocardial biopsies and rejection in heart transplantation[J]. *Ann Thorac Surg*, 1995, 59: 1134-1140.
- [5] URBANOWICZ T, MICHALAK M, KOCIEMBA A, STRABURZYŃSKA-MIGAJ E, KATARZYŃSKI S, GRAJEK S, et al. Predictors of tricuspid valve annulus dilation in a heart recipient population[J]. *Transplant Proc*, 2016, 48: 1742-1745.
- [6] MARASCO S F, VALE M, PELLEGRINO V, PREVOLOS A, LEET A, KRAS A, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in primary graft failure after heart transplantation[J]. *Ann Thorac Surg*, 2010, 90: 1541-1546.
- [7] MÉNDEZ A B, ORDONEZ-LLANOS J, MIRABET S, GALAN J, MAESTRE M L, BROSSA V, et al. Prognostic value of high-sensitivity troponin-T to identify patients at risk of left ventricular graft dysfunction after heart transplantation[J]. *Transplant Proc*, 2016, 48: 3021-3023.
- [8] KOBASHIGAWA J, ZUCKERMANN A, MACDONALD P, LEPRINCE P, ESMAILIAN F, LUU M, et al. Report

- from a consensus conference on primary graft dysfunction after cardiac transplantation[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2014, 33: 327-340.
- [9] 于岩,王辉山,金岩,赵洋,张春振. 超声心动图监测心脏移植术后排斥反应价值研究[J]. *临床军医杂志*, 2018, 46: 1395-1397.
- [10] 廖中凯,王巍,宋云虎,黄洁,胡盛寿. 心脏移植患者术前肺动脉压力与术后并发症的关系及防治[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2009, 16: 348-352.
- [11] CHANG P P, LONGENECKER J C, WANG N Y, BAUGHMAN K L, CONTE J V, HARE J M, et al. Mild vs severe pulmonary hypertension before heart transplantation: different effects on posttransplantation pulmonary hypertension and mortality[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2005, 24: 998-1007.
- [12] BOURGE R C, NAFTEL D C, COSTANZO-NORDIN M R, KIRKLIN J K, KASPER E K. Pretransplantation risk factors for death after heart transplantation: a multiinstitutional study. The Transplant Cardiologists Research Database Group[J]. *J Heart Lung Transplant*, 1992, 12: 549-562.
- [13] PINSKY M R. The right ventricle: interaction with the pulmonary circulation[J/OL]. *Crit Care*, 2016, 20: 266. DOI: 10.1186/s13054-016-1440-0.
- [14] CHEN L, LARSEN C M, LE R J, CONNOLLY H M, PISLARU S V, MURPHY J G, et al. The prognostic significance of tricuspid valve regurgitation in pulmonary arterial hypertension[J]. *Clin Respir J*, 2018, 12: 1572-1580.
- [15] COSTARD-JÄCKLE A, HILL I, SCHROEDER J S, FOWLER M B. The influence of preoperative patient characteristics on early and late survival following cardiac transplantation[J]. *Circulation*, 1991, 84(5 Suppl): III 329- III 337.
- [16] 车东阳,厉泉,陈善良,于建民,李敏,许莉,等. 心脏移植围术期右心功能不全与肺血管阻力的关系及处理[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2019, 57: 99-104.
- [17] LAMOUR J M, KANTER K R, NAFTEL D C, CHRISANT M R, MORROW W R, CLEMSON B S, et al. The effect of age, diagnosis, and previous surgery in children and adults undergoing heart transplantation for congenital heart disease[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 54: 160-165.
- [18] KILIC A, EMANI S, SAI-SUDHAKAR C B, HIGGINS R S D, WHITSON B A. Donor selection in heart transplantation[J]. *J Thorac Dis*, 2014, 6: 1097-1104.
- [19] REED R M, NETZER G, HUNSICKER L, MITCHELL B D, RAJAGOPAL K, SCHARF S, et al. Cardiac size and sex-matching in heart transplantation: size matters in matters of sex and the heart[J]. *JACC Heart Fail*, 2014, 2: 73-83.
- [20] BERGENFELDT H, STEHLIK J, HÖGLUND P, ANDERSSON B, NILSSON J. Donor-recipient size matching and mortality in heart transplantation: influence of body mass index and gender[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2017, 36: 940-947.
- [21] LISTIJONO D R, WATSON A, PYE R, KEOGH A M, KOTLYAR E, SPRATT P, et al. Usefulness of extracorporeal membrane oxygenation for early cardiac allograft dysfunction[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2011, 30: 783-789.
- [22] SÖDERLUND C, RÅDEGRAN G. Immunosuppressive therapies after heart transplantation: the balance between under- and over-immunosuppression[J]. *Transplant Rev (Orlando)*, 2015, 29: 181-189.
- [23] UBER W E, SELF S E, VAN BAKEL A B, PEREIRA N L. Acute antibody-mediated rejection following heart transplantation[J]. *Am J Transplant*, 2007, 7: 2064-2074.
- [24] COLVIN M M, COOK J L, CHANG P, FRANCIS G, HSU D T, KIERNAN M S, et al. Antibody-mediated rejection in cardiac transplantation: emerging knowledge in diagnosis and management: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2015, 131: 1608-1639.
- [25] TAN C D, SOKOS G G, PIDWELL D J, SMEDIRA N G, GONZALEZ-STAWINSKI G V, TAYLOR D O, et al. Correlation of donor-specific antibodies, complement and its regulators with graft dysfunction in cardiac antibody-mediated rejection[J]. *Am J Transplant*, 2009, 9: 2075-2084.
- [26] PATEL J K, KOBASHIGAWA J A. Improving survival during heart transplantation: diagnosis of antibody-mediated rejection and techniques for the prevention of graft injury[J]. *Future Cardiol*, 2012, 8: 623-635.

[本文编辑] 商素芳