



中国胸心血管外科临床杂志

Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery

ISSN 1007-4848, CN 51-1492/R

《中国胸心血管外科临床杂志》网络首发论文

题目: 14岁以下儿童三尖瓣置换的初步探索及文献复习
作者: 顿耀军, 孙海宁, 闫军, 花中东, 李守军
收稿日期: 2020-03-07
网络首发日期: 2020-07-17
引用格式: 顿耀军, 孙海宁, 闫军, 花中东, 李守军. 14岁以下儿童三尖瓣置换的初步探索及文献复习[J/OL]. 中国胸心血管外科临床杂志.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1492.R.20200715.1425.022.html>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

• 论著 • 先天性心脏病 •

14 岁以下儿童三尖瓣置换的初步探索及文献复习



顿耀军, 孙海宁, 闫军, 花中东, 李守军

中国医学科学院 北京协和医学院 国家心血管病中心 阜外医院 心血管外科 (北京 100037)

【摘要】 目的 总结 14 岁以下儿童三尖瓣置换术 (tricuspid valve replacement, TVR) 的临床特点及术后临床结果, 并探讨瓣膜的选择。**方法** 纳入 2002 年 9 月至 2019 年 8 月阜外医院心外科开展的 14 例 14 岁以下儿童 TVR, 其中男 9 例、女 5 例, 手术时平均年龄为 (9.8 ± 4.3) 岁。**结果** 8 例患者行机械瓣置换, 6 例生物瓣置换。平均体外循环时间为 (170.3 ± 109.8) min, 平均主动脉阻断时间为 (95.1 ± 63.1) min。术后 30 d 内死亡率为 21.4% (3/14), 3 例患者均死于严重的低心排量综合征。11 例存活出院的患者均完成了随访, 平均随访时间为 34 ~ 199 (100.1 ± 57.4) 个月。随访过程中, 3 例患者出现机械瓣功能障碍, 其中 2 例行二次 TVR。1 例患者随访期间死亡。**结论** 儿童 TVR 首选生物瓣, 儿童 TVR 远期可能出现各种并发症, 需密切随访并及时干预。

【关键词】 三尖瓣置换; 儿童; Ebstein 畸形

Clinical outcome of tricuspid valve replacement in children under 14 years old

DUN Yaojun, SUN Haining, YAN Jun, HUA Zhongdong, LI Shoujun

Department of Cardiovascular Surgery, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing, 100037, P.R.China.

Corresponding author: SUN Haining, Email: shnjn@126.com

【Abstract】 Objective To summarize the clinical characteristics and outcome of tricuspid valve replacement (TVR) in children under 14 years old, and to investigate the selection of prosthesis. **Methods** From September 2002 to August 2019, 14 patients under 14 years old who received TVR were included in our study. There were 9 males and 5 females, with the mean age of 9.8 ± 4.3 years. **Results** Mechanical prosthesis was implanted in 8 patients, and bioprosthesis was implanted in 6 patients. The mean cardiopulmonary time and aortic-clamp time was 170.3 ± 109.8 min and 95.1 ± 63.1 min, respectively. The mortality within 30 days after surgery was 21.4% (3/14), and all 3 patients died from severe low cardiac output syndrome. Eleven patients were followed up for 34-199 (100.1 ± 57.4) months. During the follow-up, mechanical prosthesis dysfunction occurred in 3 patients, 2 of whom received secondary TVR. Another patient died during the follow-up. **Conclusion** The bioprosthesis is the first choice for TVR in children. Some late complications may occur after TVR, and close follow-up and timely intervention are needed.

【Key words】 Tricuspid valve replacement; children; Ebstein anomaly

儿童三尖瓣病变是一种并不少见的瓣膜病变。大部分儿童三尖瓣反流都可以通过修复技术来解决。但对于病变复杂, 瓣膜破坏严重, 成形失败或成形后复发的患者, 则需要采取三尖瓣置换术 (tricuspid valve replacement, TVR) 来治疗。目前, 关于儿童 TVR 的报道非常有限, 大部分 TVR 的经验来自于成人 TVR 的相关研究。本研究回顾分析

了我院 14 岁以下儿童 TVR 的临床特点及术后临床结果, 并探讨瓣膜的选择。

1 资料与方法

1.1 临床资料

2002 年 9 月至 2019 年 8 月, 阜外医院心外科共开展 20 例 14 岁以下儿童 TVR, 其中 5 例患者合并矫治性大动脉转位予以排除, 另有 1 例患者共行两次 TVR 只纳入第一次 TVR。最终共有 14 例患者纳入本研究, 其中男 9 例、女 5 例, 手术时平均

年龄为 (9.8 ± 4.3) 岁,平均体重为 (36.9 ± 20.0) kg。

术前诊断均依据超声心动图,9例患者为Ebstein畸形,3例为先天性三尖瓣发育异常,1例为三尖瓣感染性心内膜炎,还有1例患者10年前在外院行TVR,目前三尖瓣位生物瓣毁损。除了1例三尖瓣位生物瓣毁损的患者表现为生物瓣重度狭窄伴轻中度关闭不全,其他13例患者均表现为三尖瓣重度关闭不全。共6例患者在本次TVR前有既往心脏手术史,包括1例TVR(生物瓣)加室间隔缺损修补术、1例双向Glenn手术、1例双向Glenn手术+房间隔缺损修补术及三尖瓣成形术、1例法洛四联症根治术、1例室间隔缺损修补术,还有1例患者以Ebstein畸形收入院,入院后行三尖瓣成形术、房间隔缺损修补术和双向Glenn手术,术后超声仍有三尖瓣大量反流,且出现循环不稳定,于术后第1 d急诊行TVR。患者基线资料详见表1。

1.2 手术治疗

手术指征:成形失败或成形后再次出现三尖瓣中重度关闭不全,严重的三尖瓣狭窄成形难度大,Ebstein畸形瓣叶发育严重不良,心内膜炎导致瓣膜毁损严重,既往TVR后出现机械瓣功能障碍或生物瓣毁损。

手术方法:正中开胸,经上下腔静脉、主动脉插管建立体外循环。对于有既往手术史的患者,需完善术前CT,若心脏与胸骨粘连严重,可先经股动静脉建立体外循环。阻断主动脉,灌注心脏停跳液,切开右房,剪除病变的三尖瓣叶或去除毁损的人工瓣膜,测量三尖瓣瓣环尺寸后选择合适的人工瓣膜。间断褥式缝合人工瓣膜,仅在三尖瓣隔瓣左半侧缝线置于瓣叶根部,其余均缝制于三尖瓣瓣环。对于合并的心内畸形,可进行同期处理。

1.3 术后抗凝治疗与随访

机械瓣术后需终生抗凝,定期监测凝血功能,国际标准化比值(INR)维持在2.0~2.5,生物瓣术后抗凝3~6月,INR维持在1.5~2.0。术后通过心外科门诊或电话咨询获取随访信息。

1.4 伦理审查

本研究经中国医学科学院阜外医院伦理委员会审批通过,批准号:2017-977。

2 结果

8例患者行机械瓣置换,6例生物瓣置换,人工瓣膜平均直径为 (27.0 ± 1.8) mm。有9例患者同时行其它手术,包括5例房间隔缺损修补术、4例室

间隔缺损修补术、2例动脉导管未闭切断缝合术、1例右心室折叠术、1例二尖瓣成形术、1例主动脉瓣加二尖瓣机械瓣置换术。平均体外循环时间为 (170.3 ± 109.8) min,平均主动脉阻断时间为 (95.1 ± 63.1) min。

术后30 d内死亡率为21.4%(3/14),3例患者均死于严重的低心排量综合征,其中2例为行机械瓣置换患者,另1例生物瓣置换患者,3例患者术前心功能均为Ⅲ~Ⅳ级,其中2例为Ebstein畸形。此外,首次手术后第1 d急诊行TVR的1例患者,TVR术毕脱离体外循环机困难,予安装体外膜肺并延迟关胸,于术后第5 d成功撤除体外膜肺。

11例存活出院的患者均完成了随访,平均随访时间为34~199(100.1 ± 57.4)个月。随访过程中,3例患者出现机械瓣功能障碍,其中2例接受二次TVR(1例于3月后行生物瓣置换,二次TVR1年后再次出现生物瓣中量反流,目前仍在定期随访,另1例于11年后行机械瓣置换),还有1例因三尖瓣机械瓣舒张期峰值跨瓣压差只有10.2 mm Hg,暂时予加强抗凝治疗,未行手术干预。还有1例患者于随访期间死亡,死因不详。患者临床结果详见表1。

3 讨论

TVR是一种较少开展的手术,在成人患者中占所有瓣膜置换术的2%^[1]。而TVR在儿童患者开展更少,因为儿童TVR术后并发症发生率和死亡率较高,且远期随着儿童生长发育往往需要二次TVR,而儿童抗凝管理也相对困难,因此目前对于儿童TVR存在着较大争议。目前国内外关于儿童TVR的文献非常有限^[2-4],且大多是个案报道。本研究拟总结阜外医院14岁以下儿童TVR的临床经验,并探讨关于瓣膜的选择和其它需要注意的问题。

3.1 手术指征

儿童心脏瓣膜尚处于发育阶段,对于儿童三尖瓣病变,应尽量尝试修复,可使用De Vega成形、瓣叶修复等多种技术,且儿童三尖瓣成形的近期死亡率低,远期效果满意^[5-6]。但儿童瓣膜成形技术要求高,因术野狭小操作难度大,对如下几种情况必须考虑行TVR:(1)严重的三尖瓣狭窄或关闭不全,难以行三尖瓣成形,或成形失败、成形后复发;(2)三尖瓣感染性心内膜炎,瓣叶组织破坏严重,无法进行局部病灶清除和瓣叶成形^[7];(3)Ebstein畸形瓣叶发育严重不良,无法成形^[8],或成形后仍有中重度关闭不全(梅奥诊所的经验更倾向于进行三尖瓣生物瓣置换,而不是三尖瓣成形后仍残留三

表 1 患者临床资料

病例	性别	年龄 (岁)	诊断	瓣膜种类	瓣膜型号 (mm)	术后并发症	死亡	术后住院 天数	随访情况
1*	女	12.7	TR, VSD 修补术后	机械瓣	29	低心排量综合征	1	1	NA
2	男	9.4	TR, Ebstein 畸形, ASD, PDA	机械瓣	27	低心排量综合征	1	1	NA
3	女	14	TR, Ebstein 畸形	机械瓣	29	无	0	15	11 年后行二次 TVR
4	女	7.1	TR, 三尖瓣感染性心内膜炎, VSD, MR	生物瓣	25	无	0	7	正常
5	女	2.2	TR, Ebstein 畸形, ASD, VSD	生物瓣	25	无	0	16	正常
6	男	13.1	TR, Ebstein 畸形	生物瓣	29	低心排量综合征, 二次开胸探查	1	1	NA
7	男	7.5	TR, Ebstein 畸形	生物瓣	29	无	0	11	正常
8	男	8.1	TR, VSD, 法洛四联症根治术后	生物瓣	27	无	0	6	正常
9	男	13.8	TR, Ebstein 畸形, VSD, 三尖瓣成形+双向 Glenn+ ASD 修补术后	机械瓣	25	无	0	6	正常
10	男	12.2	TR, MR, AR, ASD, PDA	机械瓣	25	无	0	7	正常
11#	女	8.2	TR, Ebstein 畸形, 三尖瓣成形+双向 Glenn+ ASD 修补术后	机械瓣	29	ECMO 辅助, 延迟关胸	0	26	3 年后出现机械瓣卡瓣, 积极抗凝治疗
12	男	14	TR, Ebstein 畸形, ASD, 双向 Glenn 术后	生物瓣	29	无	0	8	34 月后死亡(死因不详)
13	男	13.9	TVR+VSD 修补术后, 生物瓣毁损(重度狭窄伴少量反流)	机械瓣	25	无	0	11	正常
14	男	0.5	TR, PFO	机械瓣	25	无	0	9	3 月后行二次 TVR, 1 年后再次出现中量反流

*: 病例 1 术中两次试行三尖瓣成形均失败, 转为三尖瓣置换; #: 病例 11 先行三尖瓣成形+双向 Glenn+ ASD 修补术, 术后超声仍有三尖瓣大量反流, 且出现循环不稳定, 于术后第 1 d 急诊行 TVR; TR: 三尖瓣反流; VSD: 室间隔缺损; ASD: 房间隔缺损; PDA: 动脉导管未闭; MR: 二尖瓣反流; AR: 主动脉瓣反流; PFO: 卵圆孔未闭; ECMO: 体外膜肺;

尖瓣中重度关闭不全^[6]); (4) 既往曾行 TVR, 出现机械瓣功能障碍或生物瓣毁损。而 Ebstein 畸形和三尖瓣感染性心内膜炎是儿童 TVR 最常见的两个适应证^[1], 也有风湿性三尖瓣病变的儿童患者行 TVR^[3]。本组患者中, 9 例患者为 Ebstein 畸形, 1 例为三尖瓣感染性心内膜炎, 1 例为 TVR 后出现生物瓣毁损。9 例 Ebstein 畸形患者中, 有 6 例为 Carpentier C 或 D 型, 除了 1 例直接行 TVR, 其他患者均先试行三尖瓣成形, 失败后再行 TVR。

3.2 手术技术

目前 TVR 的技术主要有两种, 心房位 TVR 和原位 TVR。本研究均采用原位 TVR, 而心房位 TVR 操作步骤如下^[9]: 在冠状静脉窦口上缘房侧至隔前交界, 采用间断褥式缝合将人工瓣膜部分缝置

于右心房, 将三尖瓣隔瓣及冠状静脉窦隔于右心室侧, 减少传导束的损伤, 而后叶及前叶部分均缝置于三尖瓣环。为减少术后传导束损伤的风险, 有些学者建议在并行循环心脏跳动下完成 TVR^[10]。梅奥诊所的经验也建议, 缝合时尽量远离膜部间隔、冠状窦, 对于侧后方组织菲薄者, 缝线应离开瓣环, 减少对右冠状动脉的损伤; 先缝置好三尖瓣瓣环缝线, 在缝人工瓣膜之前, 先进行左心排气开放循环, 确定为房性心律或窦性心律后, 再植入人工瓣膜, 且打结过程中也可以监测心律^[8]。

3.3 瓣膜的选择

儿童瓣膜置换选择生物瓣还是机械瓣, 一直存在着巨大争议, 两种瓣膜都有各自的优缺点^[1, 10-11], 且三尖瓣位瓣膜置换和其它位置瓣膜置换相比也

有其特殊之处^[8]。机械瓣的特点包括：机械瓣耐久性好；三尖瓣位流速慢，机械瓣易出现血栓；儿童对长期规律抗凝治疗的依从性差。而生物瓣的特点如下：不需要长期抗凝治疗且血流动力学更好^[10]；术后出现三度房室传导阻滞的风险较机械瓣低^[2]；儿童钙代谢的水平高，出现生物瓣钙质沉积、衰败的风险较高^[12]；与其它瓣位生物瓣相比，因三尖瓣位跨瓣压差低，损耗小，生物瓣耐久性相对更好；且三尖瓣位生物瓣瓣环偏大，出现狭窄的风险相对较低，而出现关闭不全后患者一般也能耐受，可通过药物治疗维持多年，这使得三尖瓣位生物瓣的使用寿命更长。

William 等^[13]发现，小于 18 岁的患者行三尖瓣生物瓣置换，其 5 年免再次手术率高达 96.1%，而其它瓣位的生物瓣置换，其 5 年免再次手术率为 58.5%。Guerra 等^[14]报道了 45 例生物瓣膜（Hancock 猪瓣）置换患者，其中 38 例在 TVR 同时行其它瓣位的瓣膜置换，在二次手术取出原有瓣膜时，发现三尖瓣位生物瓣钙化和结构衰败的程度明显低于二尖瓣位生物瓣。目前尚缺乏大样本儿童 TVR 远期随访的研究，远期结果只能参考成人 TVR 的研究。Brown 等^[15]的一项研究纳入了 378 例因 Ebstein 畸形行 TVR 的患者，结果发现 20 年总体生存率生物瓣优于机械瓣（75% vs. 45%， $P=0.003$ ），而免于再手术率二者相近（42% vs. 49%， $P=0.941$ ）。本研究出院获得随访的 11 例患者中，植入了生物瓣的 5 例患者均未出现瓣膜功能障碍，而植入了机械瓣的 6 例患者中有 3 例出现机械瓣功能障碍，且其中 2 例接受了二次 TVR。考虑到生物瓣远期生存率优于机械瓣，而再手术率与机械瓣相近，因此我们更推荐儿童 TVR 时首选生物瓣。但对于因其它原因需进行抗凝治疗，或右室功能较好，右室轻度扩张的患者，机械瓣也是一种合适的选择，且 Starr-Edwards 和 St Jude 等双叶机械瓣血栓发生率相对更低^[16]。此外，还有一些研究采用同种肺动脉瓣^[17]、同种二尖瓣^[3]、Melody 瓣膜（牛颈静脉支架瓣膜）^[18]，作为儿童三尖瓣瓣膜替换的材料。而随着介入技术的进步，经导管三尖瓣置换也成为一种新的选择，其创伤小死亡率低，适用于手术风险较高的儿童患者^[19]，但国内开展较少。最终的瓣膜选择，要结合患者的生活方式、抗凝需求、个人意愿、右室功能综合考虑后，与患者及家属共同商量后决定。

关于瓣膜的大小，考虑到儿童 TVR 后，三尖瓣瓣环固定，随着患儿生长发育，可能出现瓣膜-患者

不匹配，导致瓣膜相对狭窄，因此行 TVR 时应尽量植入大号的瓣膜，尽可能延缓甚至避免二次手术。但也要考虑患儿自身三尖瓣瓣环大小，如果勉强植入过大的人工瓣膜，可能导致术后严重的心律失常^[11]。Bartlett 等^[2]分析了 97 例小于 6 岁儿童的 TVR，结果发现人工瓣膜直径与体重的比值超过 2.5 时，术后死亡率明显增加。因此，必要时可以结合人工瓣膜直径与体重的比值来选择合适的artificial瓣膜。

3.4 早期临床结果

儿童 TVR 术后早期死亡率较高，达 6.6% ~ 24.7%^[2, 4]，而本研究术后早期死亡率为 21.4%（3/14）。Bartlett 等^[2]通过单因素分析，发现年龄小于 1 岁，更大的瓣膜/体重比值，血栓形成，选择机械瓣是儿童 TVR 术后不良事件（包括术后死亡和心脏移植）的危险因素。Topilsky 等^[20]的研究纳入 89 例成人 TVR 患者，结果发现术前心功能 4 级是术后死亡的危险因素。国内一组纳入 173 例成人 TVR 的研究也提示，术前重度肺动脉高压、腹水、感染性心内膜炎是手术死亡的危险因素，瓣膜种类与早期死亡无关^[9]。本研究中，术后死亡的 3 例患者术前心功能均为 3 ~ 4 级。因此，对于拟行 TVR 的儿童患者，应在发展成严重右心功能不全、肺动脉高压、肝功能不全之前进行手术治疗，可相对降低。此外，儿童 TVR 后发生传导阻滞、安装永久起搏器的风险较高，小于 6 岁儿童中植入机械瓣或生物瓣后起搏器植入的发生率分别为 23% 和 6%^[2]。前述手术技术部分，已提到一些技术可减少术后起搏器植入的发生率。TVR 术后出现传导阻滞只能安装心外膜起搏电极，因心内膜电极会影响三尖瓣人工瓣膜功能。

3.5 远期并发症

儿童 TVR 有长期随访的研究较少，结合成人 TVR 的研究，远期可能出现栓塞或出血、机械瓣功能障碍、生物瓣衰败、感染性心内膜炎、二次手术甚至死亡等风险^[9, 15]。本研究在远期随访中，有 3 例患者出现机械瓣功能障碍，1 例死亡。

总之，儿童 TVR 风险较高，对于儿童三尖瓣病变，首选修复，对难以修复的病变才考虑 TVR。儿童 TVR 首选生物瓣，但具体瓣膜选择仍应结合患者的生活方式、抗凝需求、患者及家属意愿、右室功能综合考虑后决定。为降低手术死亡率，应在发展为严重右心功能不全、肺动脉高压、肝功能不全之前进行 TVR。儿童 TVR 远期可能出现各种并发症，需密切随访并及时干预。

利益冲突：无。

作者贡献：顿耀军负责数据收集与分析、论文撰写和论文设计；孙海宁负责数据收集、论文总体设想和设计；闫军负责论文部分设计；花中东负责论文部分设计；李守军负责论文部分设计。

参考文献

- 1 Husain SA, Brown JW. When reconstruction fails or is not feasible: valve replacement options in the pediatric population. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu*, 2007; 117-124.
- 2 Bartlett HL, Atkins DL, Burns TL, *et al*. Early outcomes of tricuspid valve replacement in young children. *Circulation*, 2007, 115(3): 319-325.
- 3 Kalangos A, Sierra J, Beghetti M, *et al*. Tricuspid Valve Replacement With a Mitral Homograft in Children With Rheumatic Tricuspid Valvulopathy. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2004, 127(6): 1682-1687.
- 4 甘辉立, 张健群, 葛永强, 等. 三尖瓣置换治疗重症儿童 Ebstein 心脏畸形. *实用儿科临床杂志*, 2008, 23(3): 229-231.
- 5 Wang J, Liang YW, Hayashi J. Selective annuloplasty for tricuspid regurgitation in children. *Ann Thorac Surg*, 2005, 79(3): 937-941.
- 6 Boston US, Dearani JA, O'Leary PW, *et al*. Tricuspid valve repair for Ebstein's anomaly in young children: A 30-year experience. *Ann Thorac Surg*, 2006, 81(2): 690-695.
- 7 Dawood MY, Cheema FH, Ghoreishi M, *et al*. Contemporary outcomes of operations for tricuspid valve infective endocarditis. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99(2): 539-546.
- 8 Kiziltan HT, Theodoro DA, Warnes CA, *et al*. Late Results of bioprosthetic tricuspid valve replacement in Ebstein's anomaly. *Ann Thorac Surg*, 1998, 66(5): 1539-1545.
- 9 迟立群, 孔晴宇, 肖巍, 等. 173 例三尖瓣置换术长期随访结果分析. *心肺血管病杂志*, 2015, 34(5): 380-383.
- 10 陈澍, 孙宗全, 董念国, 等. 儿童心脏瓣膜置换术的近远期疗效分析. *华中科技大学学报 (医学版)*, 2015, (5): 545-548.
- 11 董然, 陈宝田, 刘韬帅, 等. 12 岁以下儿童心脏瓣膜置换术的临床特点及中远期随访. *实用儿科临床杂志*, 2010, 25(13): 1024-1026.
- 12 Eble BK, Fiser WP, Simpson P, *et al*. Mitral valve replacement in children: predictors of long-term outcome. *Ann Thorac Surg*, 2003, 76(3): 853-859.
- 13 Williams DB, Danielson GK, McGoon DC, *et al*. Porcine heterograft valve replacement in children. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1982, 84(3): 446-450.
- 14 Guerra F, Bortolotti U, Thiene G, *et al*. Long-term performance of the Hancock porcine bioprosthesis in the tricuspid position. A review of forty-five patients with fourteen-year follow-up. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1990, 99(5): 838-845.
- 15 Brown ML, Dearani JA, Danielson GK, *et al*. Comparison of the outcome of porcine bioprosthetic versus mechanical prosthetic replacement of the tricuspid valve in the Ebstein anomaly. *Am J Cardiol*, 2009, 103(4): 555-561.
- 16 Said SM, Burkhart HM, Schaff HV, *et al*. When should a mechanical tricuspid valve replacement be considered? *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 148(2): 603-608.
- 17 Mohamed KS. Tricuspid Valve Replacement in infants and children with exclusively autologous tissue. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 2017, 8(1): 88-91.
- 18 Hermesen JL, Permut LC, McQuinn TC, *et al*. Tricuspid valve replacement with a melody stented bovine jugular vein conduit. *Ann Thorac Surg*, 2014, 98(5): 1826-1827.
- 19 Fernandez-Doblas J, Perez-Andreu J, Betrian P, Abella RF. Pediatric tricuspid valve replacement with transcatheter bioprosthetic valve: an alternative option in high-risk patients. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2019. Epub ahead of print
- 20 Topilsky Y, Khanna AD, Oh JK, *et al*. Preoperative factors associated with adverse outcome after tricuspid valve replacement. *Circulation*, 2011, 123(18): 1929-1939.

收稿日期：2020-03-07 修回日期：2020-05-07

本文编辑：董敏