

· 指南解读 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2020.01.02

从经验到循证： 《2019 欧洲成人心脏手术心肺转流指南》解读

吉冰洋, 闫姝洁, 章晓华, 侯晓彤

[摘要]: 2019 年欧洲心胸外科学会(EACTS)、欧洲心胸麻醉学会(EACTA)和欧洲心血管灌注委员会(EBCP)质量与结局委员会联合发布了《2019 欧洲成人心脏手术心肺转流指南》。本文旨在解读该指南,该指南涵盖心肺转流的多个环节,是体外循环领域“从经验到循证”的重要里程碑。

[关键词]: 心脏手术;心肺转流;体外循环;指南;循证;经验

From experience to evidence – based practice: interpretation of 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery

Ji Bingyang, Yan Shujie, Zhang Xiaohua, Hou Xiaotong

Department of Cardiopulmonary bypass, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100037, China

[Abstract]: In 2019, European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Council, the Board of Directors of the European Association of Cardiothoracic Anaesthesiology (EACTA) and the Quality and Outcomes Committee of the European Board of Cardiovascular Perfusion (EBCP) published the guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. The article aims to interpret the guidelines. The guidelines cover multiple aspects during cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. It is an important milestone of transformation from experience to evidence-based practice in the field of extracorporeal circulation.

[Key words]: Cardiac surgery; Cardiopulmonary bypass; Extracorporeal circulation; Guidelines; Evidence-based; Experience

2019 年 9 月,欧洲心胸外科学会(European Association for Cardio-Thoracic Surgery, EACTS)、欧洲心胸麻醉学会(European Association of Cardiothoracic Anaesthesiology, EACTA)和欧洲心血管灌注委员会(European Board of Cardiovascular Perfusion, EB-CP)的质量与结局委员会联合制定并发布了《2019 欧洲成人心脏手术心肺转流指南》^[1]。该指南是欧洲发布的第一个专门针对成人心脏手术心肺转流的指南,罗列了 100 余条实用建议,涵盖了心肺转流的多个方面,包括教育培训、部门管理、硬件耗材以及转流前、中、后的临床处理。心肺转流温度、抗凝及血液管理的内容已在近期美国心胸外科学会(Society Cardiothoracic Surgery, STS)/心血管麻醉学会(Society

Cardiovascular Anesthesia, SCA)/体外循环技术学会(American Society Extracorporeal Circulation Technology, AmSECT)联合制定的心肺转流温度管理和抗凝管理指南、欧洲的心脏手术血液管理指南中阐述得很清楚,更多内容可参考这三篇指南^[2-4]。受篇幅所限,深低温停循环及小儿心脏手术也未纳入该指南中。而术后机械支持的部分以后可参考 EACTS/EACTA/EBCP 即将发布的机械辅助指南。

在此之前,大家比较熟悉的指南包括 AmSECT 制定的《心脏手术灌注的标准与指南》以及澳大利亚新西兰心血管灌注师学会(Cardiovascular Perfusion Society in Australia and New Zealand, ASCVP)制定的《灌注师规范与指南》。与以上两个指南相比,最新的欧洲指南涵盖更多新理念、循证更为规范,也显示了体外循环管理“从经验到循证”的转化,而循证的下一步是“个体化”,“个体化”已在某几条指南中有所体现。既往人们工作依赖于经验、喜好,而今后将更依赖于循证,并追求个体化精准治疗。

该指南的讨论与编写依照 EACTS 制定的标准

作者单位: 100037 北京,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体外循环科(吉冰洋、闫姝洁);510080 广州,广东省心血管病研究所,广东省人民医院心外科(章晓华);100029 北京,首都医科大学附属北京安贞医院成人心脏危重症中心(侯晓彤)

完成,指南针对每一个问题分别作概述、相关研究回顾循证及推荐,根据推荐等级和证据水平分别分级,思路清晰、言之有据,仔细阅读可提高临床水平、拓宽科研思路。在本文中,笔者将对该指南作以梳理,受篇幅所限,有所侧重。

1 指南的分级

指南证据水平分 A、B、C 级。A 级:证据来自多个随机对照试验或荟萃分析;B 级:证据来自一个随机对照试验或大型非随机试验;C 级:证据来自专家共识和/或小型研究、回顾性研究、数据库。

推荐等级分为 I ~ III 级, I 级:普遍认为该措施有效,推荐应用; II 级:该措施有效性有争议, II a 级:较多证据支持其有效性,应考虑应用; II b 级:较少证据支持其有效性,可考虑应用; III 级:普遍认为该措施无效,可能有害,不推荐应用。

2 教育培训及管理

与美国和澳大利亚新西兰指南一致,欧洲指南也把这一内容放在第一部分,因为教育培训和管理是保证临床安全的前提。建议灌注师在有资质的教育培训单位完成正式培训(I C),通过技能和理论考核以获得资格认证,并通过继续教育、病例数量要求获得继续认证(I C),肯定了模拟培训的意义(II a C)。建议建立质量管理体系(I C),配备充分的人力、物力和资源(I C),制定具体操作手册(I C)及错误报告分析系统(I C)。

3 硬件

关于硬件的推荐同样基于临床安全保障,概括为加强监测、有备无患、定期维护、质量控制。

指南建议应用多种监测手段保障心肺转流安全,并在附件中列举了患者、转流和系统的监测指标,其中指南列为 I 级推荐的包括系统压力监测、气泡监测、储血罐液面监测、氧合器动脉出口温度监测、心肺转流期间静脉血氧饱和度和血细胞比容(hematocrit, HCT)持续监测、动脉血气间断或持续监测。另外近年来关于无创脑监测的证据也越来越多,应用脑电指数监测以降低术中知晓、应用近红外光谱监测(near-infrared spectroscopy, NIRS)以改善患者结局均被列为 II b B 级证据。

指南建议配备各种硬件及气源的备用设备装置(I C),并定期维护(I C)。质量安全控制方面,建议高效及时地客观报道、详细记录、合理分析所有心肺转流相关不良事件(I C)。建议采用自动数据收

集电子系统(II a B),并收集相关数据上报临床登记系统或数据库,用于医院或部门医疗质量控制和改进(I B)。

值得一提的是,指南中特别强调了变温水箱相关奇美拉分支杆菌感染,奇美拉分支杆菌污染变温水箱,并通过气溶胶的形式进入手术区域引起患者感染,近期出现全球范围的爆发,因其感染后起病隐匿、诊断难度较大,其发病率被低估。目前在国内知晓率低、无上报机制,加之奇美拉分支杆菌鉴定难度大,尚不清楚国内奇美拉分支杆菌感染的情况。未来有必要在国内各中心开展对水箱奇美拉分支杆菌污染的筛查工作,并加强对水箱消毒、加强预防。指南中建议变温水箱定期灭菌维护(I C),并将变温水箱置于手术室外,以预防变温水箱相关手术区域空气污染(I C)。

4 耗材

心肺转流耗材的选择和应用基于提高生物相容性,减少凝血激活、减轻炎性反应、血液保护的目。受价格因素的影响,一些指南推荐的耗材尚不能在国内广泛应用,比如离心泵和管路涂层技术。而对于升主动脉表面超声技术、减少术中吸引和独立回流室吸引处理心包纵膈引流血的技术,因对其认识不足、国内研究较少,在国内应用也很有限,未来将做更多尝试。

4.1 动静脉插管 建议灌注师和术者在术前对动静脉插管方式和尺寸取得共识,以保证静脉回流和灌注流量满足患者及手术需求(I C)。升主动脉插管时可借助动脉表面超声技术评估升主动脉斑块,指导调整插管位置、方式,甚至改变手术方式,但改善神经系统预后的证据不足,因此动脉表面超声技术被指南作为 II b B 级推荐。

4.2 术中吸引与纵膈心包引流血 心脏手术中,心外吸引或心内吸引将术野出血或心脏大血管内的血液抽吸到回流室,吸引管产生的负压和气血表面的接触会导致细胞激活促发炎性反应、增加溶血、产生微气栓。另外,心包纵膈引流血(shed mediastinal blood, SMB)中的脂肪细胞和粒细胞也可引起炎性反应、影响凝血功能、导致血液破坏。近年一些关于减少术中吸引、心内被动吸引、丢弃心包纵膈引流血、或者采用独立回流室处理 SMB 后回输的研究显示了其干预措施的有效性。基于这些研究,指南建议减少右心吸引、避免左右心吸引管路进气、采用独立的 SMB 回流室(II a B);应考虑丢弃 SMB(II a B),或者应考虑对纵膈心包引流血处理和过滤,以

减少其输入后不良影响(II a B)。但是,如果纵膈心包引流血较多,直接丢弃则患者失血过度,即使处理后回输也存在血浆过度流失导致的凝血功能障碍,加之中国人群血容量少于欧美人群,有关 SMB 的指南是否适用于国内患者依然存疑,还需要国内开展试验得出结论。

4.3 氧合器 建议首选微孔膜氧合器(I B)。如转流中应用挥发性麻醉剂,则不建议使用聚甲基戊烯膜氧合器(III B),因为聚甲基戊烯对挥发性麻醉剂通过性差,经患者肺吸入导致麻醉深度过深,而经膜肺吸入易导致术中知晓。

4.4 血泵 尽管理论上离心泵较滚压泵更具优势,并经离体实验验证,但目前仍无明确证据表明应用离心泵可改善临床预后。基于理论、离体实验和少数阳性临床研究,指南建议对预期长时间转流的手术,可选择离心泵(II a C)。

4.5 滤器与管路涂层 应用动脉微栓滤器可减少微栓(II b C),不推荐常规应用白细胞滤器(III B),可考虑应用生物相容性涂层以减轻术后并发症(II a B)。

5 心肺转流前准备

指南建议对患者进行术前评估,并在装机和心肺转流开始前使用安全核查表(I C)。指南附件中也列出了术前评估和安全核查表的内容作参考。

6 心肺转流期间

心肺转流期间的管理目标包括维持接近正常生理的参数以获得最佳的终末器官灌注、合适的镇静和镇痛、维持良好的抗凝状态。指南提出了具体的管理策略,以获得良好的近期和远期预后。

6.1 管路 微创体外循环(minimally invasive extracorporeal circulation, MiECC)系统是对常规体外循环系统的改良,旨在提高生物相容性、减少血液破坏,其特征包括减少预充量、涂层、密闭系统、离心泵、SMB 处理系统。从最初仅应用于冠状动脉旁路移植手术,现在已几乎适用于所有的心脏手术。一些研究显示 MiECC 系统与常规体外循环系统相比,可减少失血、降低输血率,但是对硬终点(如死亡率)的效果还缺乏有力依据。总体来看,指南认为可使用 MiECC 系统改善体外循环生物相容性(II a B),以减少失血、降低输血率(II a B)。另外,指南也指出,常规系统可借鉴 MiECC 系统的设计:管路涂层、离心泵、独立 SMB 回流室和密闭系统(II a C)。对于我们而言,这个推荐更有意义。市场因素以及 MiECC 系统的学习曲线限制了其在国内普及,而在原有的常规体

外循环系统技术上,减少预充、加强血液保护,将 MiECC 系统“本土化”更有广泛应用的价值。

6.2 CO₂吹气 指南建议在体外循环系统装机时,常规于预充前于管路内 CO₂吹气,以减少微气栓(I B)。有研究显示 CO₂术野吹气可减少心脏排气时间,但是否有益于患者神经认知结局仍然存在争议。而且,CO₂术野吹气的方式同样重要,无效的 CO₂吹气方法可能仅能消除胸腔内 50% 的空气。指南仍将应用 CO₂术野吹气列为 II b 推荐。

6.3 预充 体外循环系统预充液的选择存在地区差异,对最佳预充方案尚无共识,欧洲的中心多首选晶体液,胶体液具有减轻液体渗出的作用,但是人工胶体存在缺点,最近一项系统评价显示,羟乙基淀粉增加急性肾损伤发生率,故不推荐使用。而低分子右旋糖酐 40 的优劣势还有待大型研究探讨。欧洲指南认为预充或转流中应用新型低分子胶体不能减少出血和输血(III C)。有些中心预充液中加入甘露醇以期降低急性肾损伤发生率,但无明确证据支持。

自体预充是减少预充量的方法,通过让血液以顺行或逆行的方式将管路中的液体置换到外部储血装置中实现。指南建议应用顺行或逆行自体预充以减少输血率(I A)。

6.4 抗凝 传统将活化凝血时间(activated clotting time, ACT) >480 s 作为心肺转流的抗凝目标,但不同的测量方法有不同的阈值。对于生物涂层的系统甚至有研究显示 ACT 250 s 也不增加血栓风险,ACT 抗凝目标还有待研究。在肝素和鱼精蛋白的应用上,指南建议个体化用药,以减轻术后凝血功能异常和术后出血(II a B),如不采用肝素个体化用药,建议定期监测 ACT,并依据 ACT 补充肝素(I C)。肝素或鱼精蛋白禁忌的患者可应用比伐卢定(II a B)或阿加曲班(II b C)。有关抗凝的详细推荐,可进一步参考 STS/SCA/AmSECT 联合制定的心肺转流抗凝管理指南。

6.5 电解质与酸碱平衡 组织缺氧或电解质紊乱可导致代谢性酸中毒,从而增加组织损伤和器官功能障碍的风险。基于三个随机对照试验,成人浅/中低温心肺转流血气管理应用 α 稳态策略有益于术后神经系统及认知功能结局(II a B)。应维持 pH 值正常范围(7.35~7.45),避免高氯性酸中毒,以减少术后并发症(II a B)。因此,预充或转流中应避免过多应用生理盐水或非平衡胶体液。围术期应用硫酸镁是否可预防术后心律失常还存在争议,指南将其列为 II b 级推荐(II b B)。

6.6 血流动力学 一般认为,转流中通过流量提供

氧供 (oxygen delivery, DO_2) 以满足患者的代谢需求, 同时需维持足够的平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP) 以维持终末器官 (尤其是肾脏, 大脑和胃肠道) 适当的灌注压力。一直以来, 关于转流中合适的血压与流量是多少存在争议。

流量的选择不仅应基于患者的体表面积和预期的温度 (I C), 也应基于患者氧合及代谢参数 (混合静脉血氧饱和度、氧摄取率, NIRS, 氧耗和乳酸) (II a B), 并根据动脉氧含量调节泵流量, 以提供足够的 DO_2 。指南建议应用目标导向灌注, 以降低术后并发症发生率, 减少住院时间 (I A)。在心肺转流中, 目标导向治疗 (Goal-directed therapy, GDT) 即是以 DO_2 为目标的灌注方法, 通过调整血红蛋白含量或流量维持足够的 DO_2 , 多个研究显示 GDT 灌注对比常规灌注的优越性。另外, 指南中提到了瘦体重的概念, 指出肥胖患者泵流量可基于瘦体重 (III b B), 瘦体重的计算根据人体四个部位的皮褶厚度, 临床难以普遍推广, 但提示对于肥胖患者流量不能机械地根据体表面积, 还要考虑患者的脂肪、肌肉所占比。

有关灌注模式, 各中心大多采用平流灌注, 一些评价搏动灌注的研究显示搏动灌注有利于患者肺功能和肾功能, 尽管这些研究搏动灌注及其量化指标的定义不统一, 但结论比较一致。指南认为, 搏动性灌注可能会减轻术后肺部及肾脏并发症, 可考虑用于术后肺、肾功能异常高风险患者 (II a B)。

转流期间的低血压多与血管麻痹综合征有关, 而高血压可能源于麻醉深度不够、儿茶酚胺释放和低体温导致的血管扩张。合理的 MAP 是多少尚存争议, 高 MAP 对比低 MAP 的研究未得出一致结论。业内一般接受转流期间 MAP 维持于 50~80 mm Hg, 且应参考患者术前 MAP。而近来又有观点认为, 最佳 MAP 应参考 NIRS 结果, 因其反映了脑血流自身调节。关于这个问题, 可以做的研究还有很多。指南建议心肺转流期间, 在调整麻醉深度及确认合适泵流量后, 应用血管舒张剂 (如 MAP>80 mm Hg) 及血管收缩剂 (如 MAP<50 mm Hg) 维持 MAP (I A), 不推荐应用血管收缩剂维持 MAP>80 mm Hg (III B)。对于转流中的血管麻痹综合征, 建议首选 α_1 受体激动剂治疗 (I C), 如 α_1 受体激动剂治疗无效, 应单独或联合 α_1 受体激动剂应用其它药物 (血管加压素、特利加压素、亚甲蓝) (II a B), 也可使用羟钴胺治疗 (II b C)。

6.7 辅助引流 指南建议应用负压辅助静脉引流 (vacuum-assisted venous drainage, VAVD) 时, 应采用可使用 VAVD 的储血罐 (I C), 并需检测静脉端压力

(I C), 不建议负压值过大, 否则加重血液破坏 (III B)。

6.8 输血 指南提出了转流中输血阈值: 建议血红蛋白 < 60 g/L 时输注红细胞 (I C); 血细胞比容 (hematocrit, HCT) 0.18~0.24 时, 依据组织氧合指标判断是否输注红细胞 (II b B); HCT>0.24, 不建议输注红细胞 (III C)。对于抗凝血酶不足引起的肝素不敏感, 建议首选抗凝血酶浓缩物 (I B), 如无抗凝血酶浓缩物可应用新鲜冰冻血浆 (II a C)。不建议转流中预防性输注新鲜冰冻血浆, 该举措并不减少围术期失血 (III B)。相较于欧洲指南, 国内输血理念还比较落后, 一些心脏手术例数少的中心甚至将红细胞输注列为常规。过度输血不仅是血资源的浪费, 也增加了输血风险。心脏手术节血依然任重道远, 一方面需要明确输血阈值, 另一方面需要更多举措加强血液保护。

6.9 器官保护 心肌保护是心脏手术的重要环节。有很多关于常规 4:1 含血停搏液、晶体液以及 del Nido 液心肌保护效果比较的研究。最近一个纳入 36 个随机对照研究的荟萃分析显示, 常规含血停搏液和晶体停搏液在院内死亡率和围术期心梗发生率无显著差异。另一个荟萃分析显示, del Nido 液和常规含血停搏液相比, 死亡率、术后心肌酶、住院时间无显著差异。但是需注意晶体停搏液组血液稀释程度更高, 对于贫血、体表面积小、慢性肾脏病或进行复杂手术的患者中应考虑首选含血停搏液, 它可以降低血液稀释和随后带来的急性肾功能损伤、出血和围手术期输血等风险 (II a B)。除了不同停搏液种类, 心肌保护液灌注方式也可选择顺行性或逆行性灌注、冷血灌或温血灌注, 虽然以顺行性间断冷血灌注为主流, 其它灌注方法也可适应不同的情况, 指南建议基于患者病情及手术复杂程度采用以患者为中心的心肌保护策略, 而非该中心固定的心肌保护策略 (I C)。

有关肺保护, 术中减少心脏手术相关肺损伤的策略包括增加管路生物相容性 (II a B)、转流中持续气道正压通气 (II a B) 以及药物干预, 对于特定患者, 可考虑应用大剂量地塞米松, 作为肺保护措施。白细胞滤器及高氧管理无肺保护作用 (III A)。

7 脱离心肺转流

脱离心肺转流是指从机械的循环和呼吸支持过渡到患者心肺无辅助状态。成功脱离转流是指持续在没有体外循环辅助的情况下, 达到了充分的循环、氧合和器官灌注, 这需要多学科团队的努力。众所周知, 主动脉阻断后足够的再灌注辅助时间是成功停机的必要前提, 但是关于最佳辅助时间尚无研究

能给出明确建议。指南同样建议在准备脱离心肺转流时采用核查表(I C),以确认患者心脏功能及手术团队均准备就绪,保障临床安全,指南附录也提供了脱机核查表范例。停机过程中应严密监测患者血流动力学状态,除心电图和常规生命体征外,指南建议如无禁忌应考虑应用经食道超声监测(II a B),对于特定患者,可考虑应用肺动脉导管(II b B)和脉搏指数连续心输出量监测(II b B)。对于血流动力学不稳定的患者,建议首选正性肌力药和/或血管收缩剂(I A),也可考虑应用磷酸二酯酶抑制剂(II a B)。对于停机困难的患者,可考虑治疗性应用左西孟旦(II b C),但是预防性应用左西孟旦不降低不良事件及死亡率(III A),对于心脏手术后需要血流动力学支持的患者,也不建议在其它正性肌力药和血管收缩剂基础上联合应用左西孟旦(III B)。停机后,指南建议回输剩余机血(I A),还可考虑将剩余机血经超滤或血液回收机处理后回输(II a B),可减少异体输血。建议管路保留至关胸完成(I C),以备紧急情况。

欧洲指南毫无疑问地推动了体外循环技术的进一步发展及标准化,是体外循环领域“从经验到循证”的重要里程碑。仔细阅读该指南后,可以思考两个问题:第一,现存的知识盲点以及现有研究的矛盾点有

哪些;第二,如何将指南运用到临床工作中,是否适用于国内患者。欧洲指南中引用了一些国内团队的研究,希望以后有越来越多的国内研究给指南提供借鉴,也更期待着心脏手术心肺转流中国指南的发布。

参考文献:

- [1] Wahba A, Milojevic M, Boer C, *et al*. 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2020, 57(2):210-251.
- [2] Engelman R, Baker RA, Likosky DS, *et al*. The society of thoracic surgeons, the society of cardiovascular anesthesiologists and the American society of extracorporeal technology: clinical practice guidelines for cardiopulmonary bypass—temperature management during cardiopulmonary bypass [J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 100(2):748-757.
- [3] Shore-Lesserson L, Baker RA, Ferraris VA, *et al*. The society of thoracic surgeons, the society of cardiovascular anesthesiologists, and the American society of extracorporeal technology: clinical practice guidelines – anticoagulation during cardiopulmonary bypass[J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 105(2):650-662.
- [4] Pagano D, Milojevic M, Meesters MI, *et al*. 2017 EACTS/EACTA guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2018, 53(1):79-111.

(收稿日期:2019-11-08)

(修订日期:2019-11-28)

(上接第 33 页)

- [5] Xu M, Zhu S, Wang X, *et al*. Two different minimally invasive techniques for female patients with atrial septal defects: totally thoracoscopic technique and right anterolateral thoracotomy technique [J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 21(5):459-465.
- [6] 徐学增,易蔚,李华,等.单中心全胸腔镜微创手术治疗先天性心脏病 2543 例临床分析[J].*中华外科杂志*,2016,54(8):591-595.
- [7] 鲍家银,翁国星,郑富臻,等.全胸腔镜下房间隔缺损封堵术 186 例报告[J].*中国微创外科杂志*,2017,17(10):865-867.
- [8] Ergun S, Genc SB, Yildiz O, *et al*. Risk factors for major adverse events after surgical closure of ventricular septal defect in patients less than 1 year of age: a single-center retrospective[J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2019, 34(3):335-343.
- [9] El-Said H, Hegde S, Foerster S, *et al*. Device therapy for atrial septal defects in a multicenter cohort: acute outcomes and adverse events[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015, 85(2):227-233.
- [10] O'Byrne ML, Gillespie MJ, Kennedy KF, *et al*. The influence of deficient retro-aortic rim on technical success and early adverse events following device closure of secundum atrial septal defects: an analysis of the IMPACT Registry ©[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2017, 89(1):102-111.
- [11] Tanghoj G, Liuba P, Sjöberg G, *et al*. Adverse events within 1

year after surgical and percutaneous closure of atrial septal defects in preterm children[J]. *Cardiol Young*, 2019, 29(5):626-636.

- [12] Zhe Z, Kun H, Xuezheng X, *et al*. Totally thoracoscopic versus open surgery for closure of atrial septal defect: propensity-score matched comparison[J]. *Heart Surg Forum*, 2014, 17(4):E227-E231.
- [13] Sabate Rotes A, Burkhart HM, Suri RM, *et al*. Minimally invasive video-assisted surgical closure of atrial septal defects: a safe approach[J]. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 2014, 5(4):527-533.
- [14] Ma ZS, Yang CY, Dong MF, *et al*. Totally thoracoscopic closure of ventricular septal defect without a robotically assisted surgical system: a summary of 119 cases[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(3):863-867.
- [15] Fournel L, Zaimi R, Grigoriou M, *et al*. Totally thoracoscopic major pulmonary resections: an analysis of perioperative complications[J]. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97(2):419-424.
- [16] Grohmann J, Wildberg C, Zartner P, *et al*. Multicenter midterm follow-up results using the gore septal occluder for atrial septal defect closure in pediatric patients[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2017, 89(7):E226-E232.

(收稿日期:2019-10-15)

(修订日期:2019-11-21)