

· 专家笔谈 ·

儿童先天性心脏病微创手术现状与展望



全文二维码

莫绪明 陈润森

南京医科大学附属儿童医院心胸外科, 南京 210019

通信作者: 莫绪明, Email: mohsuming15@sina.com

【摘要】 儿童先天性心脏病(简称先心病)微创手术包括小切口微创手术、经胸微创封堵手术、电视胸腔镜和机器人辅助手术以及镶嵌手术等。广义的微创概念还包括体外循环微创策略以及在重症监护病房采用神经保护和加速康复理念等。胸部小切口手术以右腋下小切口手术应用最多。由我国学者发起并主导的经胸微创封堵手术已成为当今先心病微创治疗的重要术式之一,也是儿童微创心脏外科以及镶嵌手术的重要组成部分。机器人手术是今后先心病微创技术的一个重要发展方向,未来先心病微创外科技术的发展应朝着智能化方向改变,以通过更微创的手术方式,为先心病患儿提供全生命周期的保障。

【关键词】 心脏病; 先天畸形; 最小侵入性外科手术; 外科手术; 儿童

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81970265); 江苏省科技计划(资金)重大科技示范项目(BE2023710006)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202305003-002

Current status and future prospects of mini-invasive surgery for congenital heart disease

Mo Xuming, Chen Runsen

Department of Cardiothoracic Surgery, Affiliated Children's Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing, 210019

Corresponding author: Xuming Mo, Email: mohsuming15@sina.com

【Abstract】 Mini-invasive surgery for congenital heart disease (CHD) in children includes small-incision mini-invasive surgery, mini-invasive transthoracic device closure, video-assisted thoracoscopy, robot-assisted surgery and hybrid surgery. And a broader concept of mini-invasive surgery also incorporates mini-invasive strategies for cardiopulmonary bypass and conceptual applications of neuroprotection and accelerated rehabilitation in intensive care unit. Right subaxillary small incision is the most widely applied in small-incision thoracic surgery. Mini-invasive transthoracic device closure championed by Chinese scholars has become one of the important procedures for mini-invasive treatment of CHD, as well as an integral part of mini-invasive cardiac surgery and hybrid surgery in children. Robotic surgery is an important development direction of mini-invasive technology for CHD in the future. Mini-invasive surgical techniques for CHD should advance towards the direction of greater intelligence, aiming to provide full-life cycle protection for CHD children via a more mini-invasive approach.

【Key words】 Heart Diseases; Congenital Abnormalities; Minimally Invasive Surgical Procedures; Surgical Procedures, Operative; Child

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81970265); Science & Technology Plan of Jiangsu Province (BE2023710006)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202305003-002

随着心脏外科技术的发展以及患者对生活质量的逐渐提高,微创心脏外科(mini-invasive cardiac surgery, MICS)受到越来越广泛的重视。MICS 经过 30 余年的发展,已被广泛应用于先天性心脏病(简称先心病)的治疗中。我国先心病微创手术最早开始于 20 世纪 90 年代,经历了由传统正

中开胸到小切口、开放式手术,再到胸腔镜、机器人手术的过程。手术方式、手术入路的不断改良,旨在将与手术相关的身体创伤最小化,从而最大程度实现快速康复。目前开展的儿童先心病微创手术包括小切口微创手术、经胸微创封堵手术、电视胸腔镜和机器人辅助手术以及镶嵌手术等。广义的

微创概念还包括体外循环微创策略以及在重症监护病房采用神经保护和加速康复理念等。MICS 可以达到减少血液制品使用和脱离呼吸机早、康复快、出院早的目标。临床上, MICS 需要专门的多学科协调小组(包括先心病外科医师、体外循环师、重症医学科医师、麻醉师、心内科医师、护师、心理咨询师及康复师等)参与。现阶段绝大部分常见先心病都可以通过微创手术进行治疗。

一、先心病微创外科治疗现状

(一)胸部小切口手术

胸部小切口手术主要包括胸骨下段小切口手术、右胸前外侧小切口手术、右腋下小切口手术和右乳下切口手术等。胸骨正中切口作为经典的开胸手术入路,可以完整显示心脏结构,便于术者插管,并能快速诊断和治疗手术并发症。但其弊端也显而易见,存在切口长、创伤大、出血多、胸骨感染后容易裂开、术后胸骨发育畸形有碍美观,给患儿精神及心理造成长期负担等。与胸骨正中切口手术相比,胸部小切口手术可以获得更好的术后外观,并可减轻疼痛,缩短康复时间,且安全性和有效性也较高^[1]。由于右乳下切口较少应用于儿童,在此不做赘述。

1. 胸骨下段小切口手术:自 20 世纪 90 年代以来,胸骨下段切口、胸骨部分劈开并保持胸骨上端完整的手术技术被应用于临床,早期主要应用于成人非体外循环冠状动脉旁路移植术中,可与常规切口一样暴露双侧冠状动脉;且术后随访发现,该手术技术可以减少术后胸骨感染、骨不连、胸骨畸形等并发症的发生^[2]。与此同时,有研究者将该方法用于先心病手术中,胸骨下段小切口最早仅应用于房间隔缺损等简单先心病修补手术。随着手术经验的积累,以及胸骨牵引器和插管的不断改良,胸骨下段小切口应用于室间隔缺损修补、法洛四联症矫治、二尖瓣修补、大动脉调转等复杂先心病手术的报道逐渐增多^[3]。胸骨下段小切口的最大优势是能保留胸骨柄或胸骨上段不切开,避免胸骨完全切开后出现胸廓不稳定的现象,并可促进胸骨愈合。除较小的手术切口外,部分胸骨切开术有助于患儿更早恢复正常生活。但由于胸骨下段小切口保留了部分胸骨,手术暴露范围相对受限,主动脉插管难度增加,手术时间变长,且有可能出现意外,这也导致早期该术式未能被广泛推广。随着手术器械及体外循环插管技术的改良、心肌保护和体外循环策略的优化,以及心脏不停跳技术的应用,采

用胸骨下段小切口微创手术治疗先心病的可操作性大大增加。外科医师通过胸骨下段小切口可以执行几乎所有通过右心房完成的手术(如关闭房间隔和室间隔缺损,修复房室间隔缺损,二尖瓣、三尖瓣修复,以及不需要采用跨瓣环补片的法洛四联症矫治术)。但总体上,患儿胸前瘢痕仍较腋下瘢痕明显。

2. 右胸前外侧小切口:在我国,右胸前外侧小切口入路手术可以追溯到 1994 年,中国医学科学院阜外医院率先开展了右胸部小切口入路先心病矫治术^[4]。刘迎龙等^[5]于 2000 年报道了 793 例采用右胸前外侧切口治疗的先心病(包括房间隔缺损、室间隔缺损、法洛四联症、部分型房室间隔缺损、二尖瓣关闭不全等)病例。同期国外也有相关文献报道,但报道的手术例数明显少于我国^[6]。虽然右胸前外侧小切口有诸多优点,但对于术前诊断不明确的复杂先天性心脏畸形,或合并肺及肺血管发育不良,或伴重度肺动脉高压以及肺部感染的患儿,从手术安全性、避免加重肺部损伤的角度考虑,仍不建议采用右胸前外侧小切口入路,而建议选择胸骨正中切口。同时,开展右胸小切口手术的术者须有足够的胸骨正中入路手术经验,以确保患儿安全。

3. 右腋下小切口:目前在右胸前外侧小切口基础上改进的右腋下小切口入路手术已受到越来越多临床医师及患儿家长的青睐。吴清玉于 2001 年率先报道采用右腋下小切口行房间隔缺损矫治手术^[7]。右腋下小切口手术可将手术切口隐藏在腋下,不破坏胸肌群、乳腺组织及胸骨,避免了术后纵膈感染、鸡胸、胸肌发育不良以及乳房发育不对称等并发症的发生。儿童腋下皮肤柔软,肌肉相对较少,胸部深度较浅,肋骨弹性较大,易于暴露右侧心脏,也易于隐藏瘢痕,逐渐成为当前先心病的主流手术入路。对于心房水平或近房室交界水平的缺损,右腋下小切口手术疗效确切,手术安全可靠,切口隐蔽且美观,较胸骨正中切口有明显的优势。但该入路对于术者手术技巧的要求较高,侧开胸下心脏大血管的暴露位置较远,主动脉插管深度较深。随着手术经验的积累,右腋下小切口手术入路也被应用于肺动脉瓣狭窄、法洛四联症、干下型室间隔缺损等以往被认为不适宜右侧开胸入路进行矫治的先心病,并获得良好的治疗效果^[8-9]。

(二)经胸微创封堵技术

21 世纪以来,我国学者发起并主导了经胸微创封堵手术,并已成为当今先心病微创治疗的重要术

式之一,是儿童 MICS 以及镶嵌手术的重要组成部分^[10]。通过胸骨旁小切口完成房间隔或室间隔缺损的封堵治疗,目前技术上已非常成熟。该术式无需进行体外循环,不存在心肌缺血再灌注损伤,切口小,并发症少,完全避免了 X 线对患儿和医护人员的潜在伤害。且经胸行封堵术的操作路径更短,成功率更高。2011 年发表的《经胸微创室间隔缺损封堵术中国专家共识》明确了该项技术的适应证、禁忌证以及并发症处理措施。当前,经胸微创手术封堵器的研制也经历了从不可降解、部分可降解到完全可降解的探索过程。一款生物相容性好,支撑强度足,降解性好且无害的封堵器无疑将极大推动儿童 MICS 的发展。国内学者对 684 例接受超声引导下经胸微创封堵治疗的先心病患儿进行了远期随访,随访 3~13 年无一例死亡,残余分流的发生率为 7.67%,远低于室间隔缺损修补术后残余分流的发生率(31.2%)和内科介入封堵的发生率(6.8%~29.4%),且 90.6%(48/53)的残余分流在 1 年内自行愈合^[11]。但采用胸骨旁小切口术式需注意避免损伤乳内动脉,有学者进行了单纯超声引导下经皮房间隔缺损封堵术,近期疗效良好^[12]。先心病经胸微创封堵手术经历从东方到西方的推进,是心胸外科领域少有的中国原创外科技术。相比于传统介入封堵术,该技术一定程度上突破了年龄和体重的限制,完全根据病情的需要及当时微创封堵器条件决定手术计划,极大拓宽了手术适应证。值得注意的是,该技术具有微创、安全和简单的特点,取得了快速推广,但临床上也出现了适应证盲目扩大化的倾向,偏离了专家共识的初衷,存在“为了封堵而封堵”的现象,已引起业界高度重视。相信随着操作规范和技术指南的不断完善,这种现象会逐渐得到改观。

受经胸微创治疗的启发,笔者团队曾于 2015 年通过经皮胸前穿刺,对室间隔缺损手术后残余瘘患儿进行封堵治疗并获得成功,避免了二次开胸手术^[13]。随后对 22 例单纯室间隔缺损或室间隔缺损残余瘘患儿进行了经皮胸前穿刺封堵术,术后随访均恢复良好^[14]。也有学者报道了通过经皮胸前穿刺完成非再次手术的干下型室间隔缺损的封堵治疗,随访效果满意^[15]。食道超声引导下经皮胸前穿刺封堵术是经胸微创封堵术的新尝试,为治疗结构性心脏病开辟了新的途径。

(三)电视胸腔镜手术(video-assisted thoracoscopic surgery,VATS)/机器人手术(robotically assis-

ted surgery,RAS)

腋下开胸手术虽然切口隐蔽,但也可能导致一些长期并发症,如脊柱侧弯、肩部异常、胸壁不对称、翼状肩胛骨、慢性疼痛综合征以及乳房发育不对称等。VATS 通过多个 5 mm 左右的肋间切口进行手术,避免了开胸手术造成的大肌群分离,已被诸多机构运用于先心病的矫治中。VATS 可用于一些简单的房间隔缺损或室间隔缺损修补,被认为是一种能改善术后外观且安全有效的手术方式,其优点是避免了与机器人相关的复杂手术程序和较大的经济负担,特别适用于发展中国家^[16]。然而,尽管 VATS 已应用于多种先心病的体外循环治疗,但目前已发表的儿童先心病 VATS 的文献大多聚焦于治疗大血管异常(如动脉导管结扎术或血管环矫治术),主要原因是目前尚缺乏与小年龄相配套的腔镜及相应的体外循环设备,且儿童胸腔镜手术的学习曲线较长。与开胸手术相比,VATS 所需手术时间也较长,而较长的手术时间、体外循环时间可能对患儿内环境产生一定损害。基于先心病早期筛查工作的普及,目前推行的先心病早诊断、早治疗策略使许多患儿在婴幼儿期就会接受手术干预。而当前条件下,受限于器械、建立外周体外循环等因素影响,婴幼儿不是非常适合进行 VATS 或 RAS。有学者认为,只有 2 岁以上患有房间隔缺损或室间隔缺损的患儿才能从这些技术中受益^[17]。通过 VATS 修复这些畸形需要进一步优化体外循环和心肌保护策略。

儿童 VATS 对术者的技术要求很高,可能会带来安全问题。近年来 RAS 的广泛应用在提高胸腔镜手术的精确度和 VATS 手术技术方面做出了较大贡献。机器人技术有许多优势,包括更大的胸腔内活动范围、胸腔内不同角度的可视化、切口相对较小等。文献报道机器人系统中复制人类手腕动作、消除震颤和运动缩放器械的灵活性较腔镜手术提高近 50%^[18]。目前国内儿童先心病外科 RAS 主要用于动脉导管未闭的结扎和血管环矫治,以及大龄儿童房间隔或室间隔缺损的矫治^[19]。但机器人技术尚未被儿童心脏外科医师广泛接受,主要是因为该技术的成本很高,缺乏适合儿童大小的器械,以及儿童胸腔体积小、限制了手术操作空间^[20]。笔者认为,儿童先心病机器人手术仍具有挑战性,如同外科新技术一样,儿童机器人手术正在经历缓慢但稳定的发展,但仍远远落后于成人机器人手术,其主要原因是儿童患者胸腔空间较小,暂无合适尺寸

的器械可供使用,因此当前阶段,术者应严格把控适应证。未来 RAS 的研究领域包括缩小器械规格、开发复杂的机器人手腕和小型 3D 内窥镜、优化触觉反馈、开发用于连接组织或锚定外科假体的新型设备、开发视觉和运动稳定系统以及心内成像系统。虽然目前 RAS 还处于初级阶段,但随着机器人手术平台的不断改进和升级、器械的微型化以及成本的降低,机器人手术将是今后先心病微创手术的大趋势。

(四) 镶嵌手术

2002 年 Hjortdal 等^[21]首次提出了先心病镶嵌治疗(又称杂交手术)的理念,镶嵌手术是多学科交融的产物,结合了介入技术和外科手术的优势,能做到取长补短,为患儿提供最佳的治疗方案,是先心病微创外科的重要组成部分。镶嵌技术减少了常规手术给患儿带来的过度创伤,并克服了单纯介入手术路径复杂的缺点,尤其在低年龄、低体重、外周血管条件不足的患儿中优势明显。对于肌部室间隔缺损、合并其他系统畸形的低体重婴儿,通过简化手术流程,术中超声实时监测,可以提高封堵成功率,避免残余分流和瓣膜损伤,提升外科治疗效果^[22]。目前镶嵌技术已逐步应用于先心病手术中肺动脉瓣球囊扩张、经右室肺动脉瓣植入、肺动脉分支狭窄支架置入以及法洛四联症右室流出道梗阻的治疗。已有诸多文献报道镶嵌技术应用于复杂心脏畸形(如单心室姑息术)以及替代 Norwood 一期姑息手术治疗左心发育不全综合征和其他单心室畸形等^[23]。作为一种多学科交融产物,镶嵌技术在先心病治疗中具有广阔的应用前景,是今后先心病微创手术的一个重要发展方向。

二、先心病微创外科展望

MICS 应用于儿童已有近 30 年的历史,各种微创治疗方法已广泛应用于临床,受到了医患双方的青睐。虽然目前对于微创尚无明确定义,但患者对于微创的诉求是永无止境的。应该明确的是,微创不仅是指更小、更美观的切口,简化甚至避免体外循环以减轻患儿生理和精神创伤、预防并发症、加速康复等同样是 MICS 的重要内容。笔者团队自 2000 年起,组建了包含心外科、心内科、超声科、影像科以及麻醉科的多学科复合技术团队,在儿童 MICS 领域进行了探索与实践,开展了包含超声引导下经胸前穿刺封堵心脏缺损、腋下小切口技术、主动脉瓣狭窄/肺动脉闭锁球囊扩张术、经血管儿童主动脉支架置入等微创技术,并取得了较为满意的

效果。

目前在儿童中使用微创技术进行的多数手术并不针对复杂畸形,而成人复杂心脏病的手术(如二尖瓣成形术、经导管肺动脉瓣置换术、经心尖入路主动脉瓣置换术等)已有一定数量的报道。目前国内开展的儿童胸部微创小切口下经心尖或右室的带瓣肺动脉支架植入工作已进入临床试验阶段。随着带瓣肺动脉支架、带瓣主动脉支架以及人工心脏生物瓣膜的应用逐渐成熟,对于远期需要二次干预的复杂先心病患儿来说,微创手术将明显减轻手术创伤,降低手术风险。同时我们也需要清醒认识到,现阶段微创手术的疗效并非完全优于传统手术,在手术方式选择上,必须充分考虑到患儿病情、经济、家庭情况以及术者自身水平,从而制定最佳手术方案。微创技术可使切口更隐蔽,但绝不能以明显增加操作难度和患儿风险为代价,否则就失去了微创技术的本质意义。虽然历经近 30 年的发展,儿童 MICS 有了长足进步,但目前仍处于起步阶段。未来儿童 MICS 的发展将有赖于手术器械、手术平台、交叉学科等方面的迭代与突破,并且对儿童心脏外科医师的手术技术提出了更高的要求。儿童 MICS 将聚焦于让更多复杂先心病患儿从中获益,以及对体外循环和麻醉技术的改进。相信在不久的将来,儿童 MICS 应能基本涵盖先心病的所有病种,且每种微创技术均会有其特定的适应证。我们应根据患儿的疾病类型、外科医师的操作技术以及辅助设备的优越性和局限性,个体化地为患儿选择适当的微创技术,施行精准的微创外科治疗。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Karangelis D, Androutsopoulou V, Tzifa A, et al. Minimally invasive cardiac surgery: in the pursuit to treat more and hurt less [J]. J Thorac Dis, 2021, 13 (11): 6209-6213. DOI: 10. 21037/jtd-21-1498.
- [2] Niinami H, Takeuchi Y, Suda Y, et al. Lower sternal splitting approach for off-pump coronary artery bypass grafting [J]. Ann Thorac Surg, 2000, 70 (4): 1431-1433. DOI: 10. 1016/s0003-4975(00)01684-2.
- [3] Garcia Vieites M, Cardenas I, Loyola H, et al. Lower mini-sternotomy in congenital heart disease: just a cosmetic improvement? [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2015, 21 (3): 374-378. DOI: 10. 1093/icvts/ivv163.
- [4] 刘迎龙, 张宏家, 孙寒松, 等. 右外侧小切口剖胸小儿先天性心脏畸形矫治术 319 例体会 [J]. 中华外科杂志, 1998, 36 (7): 403-405. DOI: 10. 3760/j: issn: 0529-5815. 1998. 07. 007.
- Liu YL, Zhang HJ, Sun HS, et al. Correction of cardiac defects

- through a right mini-thoracotomy in children; a report of 319 cases[J]. Chin J Surg, 1998, 36(7): 403-405. DOI: 10.3760/j.issn:0529-5815. 1998. 07. 007.
- [5] 刘迎龙, 张宏家, 孙寒松, 等. 右胸外侧小切口小儿先天性心脏畸形矫治术 793 例体会[J]. 中国循环杂志, 2000, 15(4): 201-203.
- Liu YL, Zhang HJ, Sun HS, et al. Correction of cardiac defects through right thoracotomy via a small incision in children[J]. Chin Circul J, 2000, 15(4): 201-203.
- [6] Grinda JM, Folliquet TA, Dervanian P, et al. Right anterolateral thoracotomy for repair of atrial septal defect[J]. Ann Thorac Surg, 1996, 62(1): 175-178. DOI: 10.1016/0003-4975(96)00182-8.
- [7] Yang X, Wang D, Wu Q. Repair of atrial septal defect through a minimal right vertical infra-axillary thoracotomy in a beating heart[J]. Ann Thorac Surg, 2001, 71(6): 2053-2054. DOI: 10.1016/S0003-4975(01)02470-5.
- [8] An GY, Zhang HY, Zheng SG, et al. Mid-term outcomes of common congenital heart defects corrected through a right subaxillary thoracotomy[J]. Heart Lung Circ, 2017, 26(4): 376-382. DOI: 10.1016/j.hlc. 2015. 05. 028.
- [9] 李晓峰, 苏俊武, 张晶, 等. 右侧腋下小切口入路矫治法洛四联症的技术要点分析[J]. 中华解剖与临床杂志, 2014, 19(3): 180-182. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2014.03.002.
- Li XF, Su JW, Zhang J, et al. Key surgical techniques for complete correction of tetralogy of Fallot through right lateral mini-thoracotomy[J]. Chin J Anat Clin, 2014, 19(3): 180-182. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2014.03.002.
- [10] Wu Q, Xing QS, Chen ZY, et al. Successful off-pump device closure of an isolated perimembranous ventricular septal defect using a series of six occluders in a 5 kg infant via a minimally invasive approach[J]. Eur Heart J, 2010, 31(21): 2659. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq262.
- [11] 吕蓓, 陈瑞, 任悦义, 等. 超声引导下经胸微创封堵治疗先心病的远期随访结果分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2022, 21(2): 162-169. DOI: 10.3760/cma.j.cn.101785-202104076-012.
- Lyu B, Chen R, Ren YY, et al. Mini-invasive transthoracic device closure of congenital heart disease under the guidance of transesophageal echocardiogram: long-term follow-up results[J]. J Clin Ped Sur, 2022, 21(2): 162-169. DOI: 10.3760/cma.j.cn.101785-202104076-012.
- [12] Zhang DW, Pan XB, Li P, et al. Trans-jugular transcatheter closure of atrial septal defect solely under echocardiography guidance in infants[J]. Natl Med J China, 2019, 99(6): 458-461. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.06.015.
- [13] Mo XM, Qi JR, Zuo WS. Percutaneous punctured transcatheter device closure of residual shunt after ventricular septal defect repair[J]. Case Rep Cardiol, 2016, 2016: 8124731. DOI: 10.1155/2016/8124731.
- [14] 莫绪明, 戚继荣, 彭卫, 等. 经皮胸前穿刺封堵室间隔缺损的近期效果[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2017, 33(10): 577-579. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2017.10.001.
- Mo XM, Qi JR, Peng W, et al. Immediate outcomes of percutaneous punctured transcatheter device closure of ventricular septal defect[J]. Chin J Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 33(10): 577-579. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2017.10.001.
- [15] 干昌平, 彭玲, 梁终磊, 等. 经皮穿刺右心室封堵干下型室间隔缺损一例[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2016, 23(7): 749-750. DOI: 10.7507/1007-4848.20160179.
- Gan CP, Peng L, Liang ZL, et al. Percutaneous right ventricular closure of subarterial ventricular septal defect; one case report[J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2016, 23(7): 749-750. DOI: 10.7507/1007-4848.20160179.
- [16] Liu GL, Qiao YL, Ma LM, et al. Totally thoracoscopic surgery for the treatment of atrial septal defect without the robotic Da Vinci surgical system[J]. J Cardiothorac Surg, 2013, 8: 119. DOI: 10.1186/1749-8090-8-119.
- [17] Yao DK, Chen H, Ma LL, et al. Totally endoscopic atrial septal repair with or without robotic assistance: a systematic review and meta-analysis of case series[J]. Heart Lung Circ, 2013, 22(6): 433-440. DOI: 10.1016/j.hlc.2012.12.019.
- [18] Moorthy K, Munz Y, Dosis A, et al. Dexterity enhancement with robotic surgery[J]. Surg Endosc, 2004, 18(5): 790-795. DOI: 10.1007/s00464-003-8922-2.
- [19] Ying LY, Wang XK, Liu XW, et al. Application of robot-assisted endoscopic technique in the treatment of patent ductus arteriosus in 106 children[J]. J Robot Surg, 2023. DOI: 10.1007/s11701-023-01537-7.
- [20] Suematsu Y, Mora BN, Mihaljevic T, et al. Totally endoscopic robotic-assisted repair of patent ductus arteriosus and vascular ring in children[J]. Ann Thorac Surg, 2005, 80(6): 2309-2313. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2005.05.078.
- [21] Hjortdal VE, Redington AN, de Leval MR, et al. Hybrid approaches to complex congenital cardiac surgery[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2002, 22(6): 885-890. DOI: 10.1016/S1010-7940(02)00586-9.
- [22] 莫绪明. 先天性心脏病的镶嵌治疗[J]. 临床小儿外科杂志, 2010, 9(1): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2010.01.001.
- Mo XM. Hybrid treatment of congenital heart disease[J]. J Clin Ped Sur, 2010, 9(1): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2010.01.001.
- [23] Chen Q, Parry AJ. The current role of hybrid procedures in the stage 1 palliation of patients with hypoplastic left heart syndrome[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2009, 36(1): 77-83. DOI: 10.1016/j.ejts.2009.01.030.

(收稿日期: 2023-04-23)

本文引用格式:莫绪明, 陈润森. 儿童先天性心脏病微创手术现状与展望[J]. 临床小儿外科杂志, 2023, 22(5): 407-411. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202305003-002.

Citing this article as: Mo XM, Chen RS. Current status and future prospects of mini-invasive surgery for congenital heart disease[J]. J Clin Ped Sur, 2023, 22(5): 407-411. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202305003-002.