

• 综述 •

复合手术室在心血管疾病的临床应用现状

祁亮 蔡谦谦 宋兵

730000 兰州大学第一医院心血管外科

通信作者:宋兵 Email: 43161012@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2018.01.019

【摘要】 复合手术室是指安装有先进 MRI(magnetic resonance imaging)、DSA(digital subtraction angiography)、CT(computer tomography)、放射 C 形臂、导航、超声心动图等设备的洁净手术室。复合手术室使医师在手术室内不仅可以进行常规外科手术,还能够直接进行血管造影和介入治疗,大大提高了手术效率。本文通过计算机检索维普数据库、中国知网数据库、EMBASE、Cochrane Library、Google 学术等数据库的文献,筛选出相关文章 40 余篇,介绍了复合手术室的定义、发展历程以及在心血管疾病方面的临床应用现状,以期对复合手术室的发展作出展望,为更便捷地构建外科复合手术室提供一定建议。

Clinical application of hybrid operating room in cardiovascular disease Qi Liang, Cai Qianqian, Song Bing

Department of Cardio Surgery, the First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Corresponding author: Song Bing Email: 43161012@163.com

【Abstract】 Hybrid operating room refers to clean operating rooms equipped with advanced MRI(magnetic resonance imaging), DSA(digital subtraction angiography) and CT(computer tomography), radiation therapy C-arm and navigation equipment. Currently, hospitals attach great importance to install and use DSA, so that the doctor can not only perform the conventional operation, but also directly explore the angiographic and interventional therapy, which greatly improve the efficiency and the success rate of the surgery. After check out database, chosen about 40 papers of high quality. This paper introduces the concept of hybrid operating room, the development process, clinical application status and advantages in cardiovascular disease, and prospects for its development in the future, and provides some suggestions to more easily build hybrid operating room.

1996 年 Angelini 等^[1]首次将介入及外科技术相结合用于临床,对多支血管病变的冠心病患者施行经皮冠状动脉介入(percutaneous coronary intervention, PCI)联合微创冠状动脉旁路移植术,业内称之为“复合手术”,复合手术的发展经历了 3 个阶段:分期进行、同天完成、一站式完成。

传统复合手术是在实时影像技术的指导下,采用介入技术联合开放手术的综合治疗手段,达到减少创伤、缩短手术时间、提高整体疗效的目的。起初患者需要在介入导管室和外科手术室之间多次转移,患者多次麻醉和转运过程中可能出现生命体征不稳定等风险。随着医学的进步、发展和医疗技术水平的不断提高,一种多学科联合,结合了介入手术室和常规手术室优势,可同时进行介入、外科手术的一站式手术室——“复合手术室”应运而生。我国于 2006 年 6 月由阜外心血管病医院首次开展了一站式复合技术治疗心脏病的手术,并于 2007 年 4 月建成亚洲首个“一站式”复合手术室,同时在一站式杂交技术治疗冠状动脉多支病变方面进行了积极探索^[2]。2008 年我国血管外科首个一站式复合手术室在解放军总医院正式启用^[2]。

有了复合手术室,患者无需多次在影像诊断室、导管室、手术室间来回转运,在同一手术室内可完成关于疾病诊断、治疗以及评估诊疗结果的全部操作,避免了多次麻醉和转运带来的风险。可以即时对手术疗效进行评价,发现问题并解

决问题,指导手术实施,提高手术效率和成功率。同时复合手术室能够扩大手术开展的范围,使许多原来不能做的手术得以开展,达到复杂手术根治和简单手术微创的目的,提高手术质量、增加手术安全性,减轻患者创伤和痛苦、缩短治疗疗程、减少费用,使手术效果不断优化。复合手术室的优势在于它具有高度的灵活性,为临床医师提供了一个新的平台,促进各科医师协同合作,做到以人为本,使患者获得更多利益。因此复合手术的出现加速了各学科医师之间的交流,是医疗发展的一种新模式。在复合手术室内可开展的手术类型涉及心胸外科、血管外科、神经外科、骨科、普外科、创伤外科等多个临床领域。近年来,随着介入技术的广泛应用,心血管外科手术已经进入了复合手术时代,主要方向之一就是追求微创,减小或隐蔽胸部切口,尽量缩短和避免体外循环。目前全中国已建成的复合手术室超过 50 家,在国内较大的心脏中心,冠心病、先天性心脏病(先心病)、大血管疾病以及主动脉瓣膜疾病等领域已开始应用该技术。

冠心病的治疗

目前,冠心病治疗手段主要有药物治疗、PCI、冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)等。临床上冠状动脉多支狭窄患者多选择 PCI 治疗,复杂多支血管病变合并其他疾病如严重左主干开口病变、慢性长段阻塞病

变、严重钙化病变多推荐 CABG^[3]。然而,外科手术主要存在创伤、并发症等缺点,PCI 存在支架血管再狭窄、血栓等风险,随着医学技术、医疗设备、材料方面的进步,以及内、外科医师的不断交流探索,杂交冠状动脉血运重建术^[4] (hybrid coronary revascularization, HCR) 孕育而生,它结合了 PCI 和 CABG 的优势,采用左乳内动脉 (LIMA) 旁路血管接左前降支 (LAD) 行 CABG,至少 1 支非 LAD 血管行 PCI 治疗的手术。运用复合技术,外科医师先完成 LIMA-LAD 吻合后,内科医师即可开展有保护的 PCI 治疗,PCI 术后可即时造影检查旁路移植血管的通畅情况,早期恢复抗血小板治疗,降低血栓形成风险;特殊病情如急性心肌梗死患者可先行 PCI 及时处理梗死相关血管 (非 LAD),再行 LAD 微创,增加手术安全性^[5]。临床实践初步证实,复合技术治疗冠状动脉多支病变可以达到常规非体外循环下 CABG 的临床疗效,因 HCR 不需体外循环,避免了肝素使用、血液稀释和体外循环带来的并发症,显著减少栓塞、出血风险,减少术中和术后失血,减轻全身炎症反应,缩短 ICU 滞留时间和呼吸机辅助时间,减少血液制品的应用^[3,6-7]。同时 HCR 技术再血管化的心脏不良事件发生率低,术中循环更加稳定,术后患者可以更快恢复到日常生活中。何松坚等^[8]通过对 102 例适宜行 CABG 及 PCI 处理的冠心病患者随机分为杂交组和 PCI 组,比较两组血运重建程度,手术过程顺利,无明显并发症,术后随访 2.4 年,随访期间杂交组再次心梗、靶血管血运重建、急性心衰及复发心绞痛发生率低于 PCI 组。Adams 等^[9]的研究发现,96 例行 HCR 手术方式的患者 6 个月 LIMA-LAD 旁路移植血管和 PCI 支架治疗血管通畅率良好,随访 5 年无需再次行冠状动脉血运重建率达 87%。最近一项对 1 190 例患者的 Meta 分析^[10]显示,HCR 组 (366 例) 与单纯 CABG 组 (824 例) 比较,随访 1 年两组患者病死率均较低,心脑血管不良事件发生率相似,但 HCR 组较 CABG 组再次冠状动脉血运重建率增加。需要注意的是,HCR 两部分手术的顺序孰先孰后还是同时进行,一站式还是分期手术都颇具争议。PCI 手术需要负荷剂量的氯吡格雷、阿司匹林抗血小板治疗,而 CABG 术前需停用抗血小板药物,如何把握 PCI 和 CABG 中抗凝和止血的平衡点,目前没有指南推荐的抗血小板流程。双联抗血小板和抗凝治疗可能增加出血风险,外科创伤后的炎症反应可诱发支架内血栓风险,如何规避上述风险,尚待进一步研究。新型抗血小板药物 P1Y12 抑制剂可能在平衡 HCR 围术期出血和急性支架内血栓方面有一定作用。多中心的数据显示^[11-12],合理的 HCR 中抗血小板治疗,既可以满足 PCI 治疗,也不会造成微创 CABG 输血和胸腔引流量的增加。

先心病的治疗

目前先心病的复合治疗主要是利用栓塞或封堵术在开胸后借助介入器械对某些血管或缺损进行杂交术式治疗,同时对合并的其他心脏畸形进行同期矫正,从而简化外科手术过程,提高手术成功率,改善预后^[13]。介入治疗技术具有简便、微创、可重复性强等特点,不仅能单独治疗某些单发的先

万方数据

天性心脏畸形,而且能与外科手术联合治疗某些复杂的先心病^[14]。目前这种杂交治疗模式已经越来越广泛地应用于先心病的治疗中。

开胸复合技术治疗低龄低体质量先心病患儿相比 PCI 治疗具有明显优势,因前者不受外周血管纤细、器械型号的局限,具有操作路径短、节省时间、成功率高等优点,并且一旦失败可立即改为传统心内直视手术,已被临床广泛应用。经食管超声心动图引导下的经胸小切口外科封堵术则为低龄低体质量先心病患儿提供了良好的治疗选择^[15]。最新又有单纯超声引导下经皮先心病介入治疗。复合技术对治疗婴幼儿及儿童肌部室缺有了突破,因肌部室缺位置多变、数量不定以及其多合并其他复杂先心病,使得其外科常规体外循环手术矫治难度加大,在经食管超声心动图引导下经心室穿刺封堵肌部室间隔缺损能够避免或缩短体外循环时间,降低手术难度,减轻围手术期风险^[16]。由于紫绀型先心病体肺侧支动脉形成且解剖位置多变,外科分离结扎困难,通过介入造影并封堵侧支血管,可减少术中出血,使手术视野更加清晰,简化外科手术过程,提高手术成功率,同时行体肺侧支可减轻术后患儿肺部并发症,缩短术后 ICU 停留^[17]。具体体肺侧支的封堵与否及封堵数量要根据患儿病情决定。近年来,有文献报道^[15,18-20],在复合手术室内治疗合并体肺侧支重症法洛四联症不仅可以提高一期根治的成功率,减轻患儿损伤,而且可以扩大手术适应证,简化手术过程^[17]。室间隔完整的矫正型大动脉转位患儿常合并严重低血氧酸中毒,在杂交手术室内对其先行经皮球囊房间隔造口,改变血流动力学状态,缓解临床症状,再行畸形矫治能提高开胸手术的成功率^[21]。主动脉缩窄合并室间隔缺损婴幼儿目前大多采用同期外科手术根治,需要深低温停循环选择性脑灌注,手术时间长创伤大,但在复合手术室采用复合技术一期经胸矫治主动脉缩窄,介入封堵室间隔缺损,不但简化外科手术,缩短手术时间,而且避免了介入经外周血管径路受限及股动脉损伤等问题。在复合手术室内还能对相关手术术后并发症行补救性治疗,包括修补术后残余漏、残余狭窄 (法洛四联症矫治术后等)、人工血管内再狭窄等^[21-26],如姑息手术后由于分流管、肺动脉或右心室流出道狭窄,加上部分肺血减少的先心病患儿合并体肺动脉侧支,采用球囊扩张、侧支封堵等方式既可改善症状又减少外科手术的次数。总之,结合实时影像学技术和介入技术的复合手术室在治疗先心病方面不但可以有效减少甚至避免体外循环,减少手术创伤,缩短手术时间,提高疗效,而且通过实时影像学技术可以在术中确保畸形矫正的准确性,从而达到提高手术疗效的目的,使患儿在及时得到治疗的同时,创伤、痛苦最小化,疗效最大化。

大血管疾病的治疗

胸腹主动脉瘤是血管外科最具挑战性的复杂血管疾病,传统的外科手术治疗创伤大,围手术期病死率高。1994 年 Dake 等^[27]首次应用胸主动脉支架型人工血管腔内移植术以来,血管外科腔内技术快速发展。目前对缺乏足够支架锚定

区域且外科开放性手术风险高的相当一部分胸腹主动脉瘤和主动脉夹层动脉瘤的患者,已有“烟囱技术”“开窗”“分支”等覆膜支架的尝试性使用,但完全腔内技术对术者操作技巧及腔内治疗器械的要求极高,且内漏发生率高^[28]。应用外科治疗和支架置入相结合的复合技术可明显降低支架内漏发生率,降低操作难度及对器材的要求,将外科及腔内技术的优势最大化地体现,是这类患者手术的最佳选择。在复合手术室内首先对内脏动脉和/或肾动脉进行外科开放血管重建术,即对主动脉重要分支动脉的“去分支”操作和重建,然后同期行动脉瘤的腔内带膜支架修复术^[28]。采用复合技术即全弓替换+主动脉支架人工血管置入术治疗 Stanford A 型主动脉夹层也取得了良好的治疗效果。2010 年, Milewski 等^[29]对 1 196 例行复合手术或传统手术的弓部主动脉瘤患者的疗效进行比较,其分析结果发现复合手术安全可靠,特别在高危患者中可作为传统手术的替代治疗手段。国内报道^[30],通过应用复合手术室对 632 例血管疾病的患者进行回顾性分析,均获得确切临床疗效,达到并满足血管外科临床需求。有文献指出^[31],杂交手术为年龄较大及不能承受开放手术的危重患者提供了手术机会,可有效避免常规全弓置换时深低温停循环对机体造成的巨大打击,缩短体外循环时间、减少红细胞破坏,保障心肌供血、供氧,减轻手术创面,缩短止血、关胸时间;同时为主动脉重要分支血管的重建设定良好的近端锚定区,使大血管覆膜支架上推、服帖,防止内漏效果满意^[32]。据 2010 年中国心血管病报告^[33], 2.0 亿中国人患有高血压,主动脉瘤的发病率高达 20~50/百万人。借助复合技术,主动脉手术的病死率和致残率显著下降,在不久的将来,更多的大血管病患者将得益于复合手术的救治。

颈动脉病变的治疗

颈动脉病变常和冠心病同时发生,资料显示 8%~14% 的 CABG 患者合并有显著的颈动脉狭窄,而 40%~50% 的接受颈动脉内膜剥脱术的患者存在冠心病,合并严重颈动脉狭窄的患者行 CABG 时,其卒中的发生率将显著增加^[34-36]。在复合手术室可以同期行颈动脉支架置入术和 CABG,对于合并颈动脉严重狭窄的 CABG 患者而言可能是一种最佳的治疗措施。临床实践已经证实复合技术的可行性和安全性^[37],而且多中心的临床经验显示可以显著降低心源性不良事件的发生^[38]。

心房纤颤的治疗

在复合手术室通过微创切口,直视或胸腔镜辅助下实现不停跳的心外膜消融,这种复合技术可以迅速且广泛的处理相应病变,同时处理自主神经节和左心耳,将会显示出巨大的优势^[33]。

经导管主动脉瓣置入技术

近年来经导管主动脉瓣置入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)发展迅速,2010 年葛均波教授完成了我国第 1 例 TAVI 手术。随后 TAVI 研究领域的第 1 个大型、多中心、RCT 研究 PARTNER 研究在美国发布^[39-40], PARTNER-B 研究证实,对外科手术禁忌的重度钙化性主动脉狭窄(CAS)患者, TAVI 优于传统保守治疗;对外科手术高危的重度 CAS 患者, TAVI 与外科手术效果相当,在术后病死率、主观症状及血流动力学改善方面均无显著性差异。因此,对于严重 CAS 患者, TAVI 是除主动脉瓣置换术外的最佳选择。从适应证角度看,目前接受 TAVI 的患者已有向中危、中度狭窄发展趋势。有研究表明,年轻、低危患者群 TAVI 死亡及心血管事件发生率更低。从器械角度看,全球数 10 种瓣膜支架系统正在研发或试验中,输送系统越来越小,瓣膜也由最初的不可重置不可回收发展为可重置、可回收,防瓣周漏。随着技术的进展,器械的不断改进,相信 TAVI 会为更多的医师和患者所接受。

TAVI 手术将主动脉瓣环定义为 3 个瓣兜最低点确定的平面形成的“虚拟瓣环”,即左心室流出道的最窄处,可通过 3D-CT、3D 经食管超声心动图以及 3D-MRI 进行有效测量^[41-42]。TAVI 手术与常规开胸手术有很大的区别,医师在手术中无法直视心脏全貌,更无法切开心脏观察其内部细微结构,因此术前影像学评估与术中导航至关重要。但目前无论 CT、MRI、超声心动图等检查都只能在屏幕上提供二维视野,而 3D 打印技术则将患者二维影像数据转化成栩栩如生且实物大小的心脏模型,呈现在医师眼前,提供了更多传统影像学检查难以显示的丰富信息,使手术更准确安全^[43]。同样,几乎所有的 TAVI 手术都应该在具备体外循环、放射臂、以及具有 3D 打印设备的复合手术室由包含心脏内科及心脏外科的“心脏团队”来完成。基于“心脏团队”理念的多学科的交叉诊疗模式也应该贯穿患者整个围手术期的管理^[44]。

小 结

复合手术室将传统的外科手术室和介入治疗室有效地整合在一起,实现了多学科同步联合的最佳治疗方式,打破了学科壁垒,避免患者在手术室与影像诊断治疗室之间转运的风险,降低患者损伤程度,缩短住院时间,提高医疗效率,体现了微创的优势,创新了医疗服务模式,为患者提供完整、系统的科学治疗,是心血管疾病领域发展的最新趋势。复合手术室使医院在疾病的治疗水平方面上升一个台阶^[45],尽管复合技术刚刚起步,而且仍然存在一些争议,包括如何对其疗效更为科学的评价,如何避免学习曲线等问题,但其理念已经为广大的临床医师所接受,将为未来心血管内、外科带来一场变革,成为未来心血管疾病治疗发展的主旋律之一。

参考文献

- [1] Angelini GD, Wilde P, Salerno TA, et al. Integrated left small thoracotomy and angioplasty for multivessel coronary artery revascularisation[J]. Lancet, 1996, 347(9003): 757-758.

- [2] 颜姝, 聂智容, 刘宿, 等. 多学科“一站式杂交”手术室规范化管理模式的构建[J]. 创伤外科杂志, 2013, 15(3): 270. doi: 10.3969/j. issn. 1009-4237. 2013. 03. 031.
Yan J, Nie ZR, Liu S, et al. Standardized management mode of construction of multi-disciplinary “one-stop” hybrid operation room [J]. J Trauma Surg, 2013, 15(3): 270. doi: 10.3969/j. issn. 1009-4237. 2013. 03. 031.
- [3] 张春晓. “一站式”复合技术治疗冠心病多支血管病变的相关临床研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2011.
Zhang CX. Simultaneous hybrid revascularization versus conventional percutaneous coronary intervention for multivessel coronary artery disease [D]. Beijing, Peking Union Medical College, 2011.
- [4] Rooke TW, Hirsch AT, Misra S, et al. 2011 ACCF/AHA Focused Update of the Guideline for the Management of Patients With Peripheral Artery Disease (updating the 2005 guideline): a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 58(19): 2020-2045. doi: 10.1016/j. jacc. 2011. 08. 023.
- [5] 侯婷婷, 刘广忠, 孙丽, 等. 杂交冠状动脉血运重建术治疗冠心病的新进展[J]. 心血管病学进展, 2015, 36(4): 417-421. doi: 10.3969/j. issn. 1004-3934. 2015. 04. 015.
Hou TT, Liu GZ, Sun L, et al. New progress of hybrid coronary revascularization in treating coronary heart disease [J]. Adv Cardiovasc Dis, 2015, 36(4): 417-421. doi: 10.3969/j. issn. 1004-3934. 2015. 04. 015.
- [6] Kon ZN, Brown EN, Tran R, et al. Simultaneous hybrid coronary revascularization reduces postoperative morbidity compared with results from conventional off-pump coronary artery bypass [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2008, 135(2): 367-375. doi: 10.1016/j. jtcvs. 2007. 09. 025.
- [7] Reicher B, Poston RS, Mehra MR, et al. Simultaneous “hybrid” percutaneous coronary intervention and minimally invasive surgical bypass grafting: feasibility, safety, and clinical outcomes [J]. Am Heart J, 2008, 155(4): 661-667. doi: 10.1016/j. ahj. 2007. 12. 032.
- [8] 何松坚, 谭宁, 何谊婷, 等. 冠状动脉杂交术治疗冠状动脉多支病变的中远期临床疗效及安全性[J]. 中国动脉硬化杂志, 2015, 23(2): 165-170.
He SJ, Tan N, He YT, et al. Study of long-term clinical efficacy and safety of hybrid surgery in treatment of coronary heart disease in patients with multivessel disease [J]. Chin J Arterioscler, 2015, 23(2): 165-170.
- [9] Adams C, Burns DJ, Chu MW, et al. Single-stage hybrid coronary revascularization with long-term follow-up [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2014, 45(3): 438-443. doi: 10.1093/ejcts/ezt390.
- [10] Harskamp RE, Bagai A, Halkos ME, et al. Clinical outcomes after hybrid coronary revascularization versus coronary artery bypass surgery: a meta-analysis of 1,190 patients [J]. Am Heart J, 2014, 167(4): 585-592. doi: 10.1016/j. ahj. 2014. 01. 006.
- [11] 熊辉, 沈刘中. 杂交技术治疗冠状动脉多支血管病变: 现状和展望[J]. 中国循环杂志, 2014, 29(2): 81-83. doi: 10.3969/j. issn. 1000-3614. 2014. 02. 001.
Xiong H, Shen LZ. Hybridization in the treatment of multivessel coronary artery disease: current status and future perspectives [J]. Chin Circ J, 2014, 29(2): 81-83. doi: 10.3969/j. issn. 1000-3614. 2014. 02. 001.
- [12] Hu S, Li Q, Gao P, et al. Simultaneous hybrid revascularization versus off-pump coronary artery bypass for multivessel coronary artery disease [J]. Ann Thorac Surg, 2011, 91(2): 432-438. doi: 10.1016/j. athoracsur. 2010. 10. 020.
- [13] 胡盛寿, 李守军, 张浩, 等. 杂交 (hybrid) 手术在复杂性先天性心脏病治疗中的初步应用 [J]. 中国微创外科杂志, 2006, 5(12): 976-977. doi: 10.3969/j. issn. 1009-6604. 2005. 12. 002.
Hu SS, Li SJ, Zhang H, et al. Hybrid procedures for the management of complex congenital heart diseases: a preliminary clinical experience [J]. Chin J Min Inv Surg, 2006, 5(12): 976-977. doi: 10.3969/j. issn. 1009-6604. 2005. 12. 002.
- [14] 徐仲英, 胡海波, 黄连军, 等. 介入技术与外科手术联合治疗复杂先天性心脏病的临床研究 [J]. 中华心血管病杂志, 2004, 32(2): 144-147. doi: 10.3760/j. issn: 0253-3758. 2004. 02. 014.
Xu ZY, Hu HB, Huang LJ, et al. Application of interventional technique in surgical treatment for complex congenital heart disease [J]. Chin J Cardiol, 2004, 32(2): 144-147. doi: 10.3760/j. issn: 0253-3758. 2004. 02. 014.
- [15] 李颠远, 阎军, 李守军, 等. 三种不同微创技术与经典外科技术治疗房间隔缺损的临床对比研究 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2009, 16(1): 31-35.
Li DY, Yan J, Li SJ, et al. Three kinds of minimally invasive procedures versus classical surgical in the treatment of atrial septal defect: the comparative study of clinical outcome [J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2009, 16(1): 31-35.
- [16] 朱达, 贺可, 冯沅, 等. 杂交技术治疗婴幼儿及儿童肌部室间隔缺损——华西医院经验 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2015, 22(2): 118-122.
Zhu D, Lin K, Feng Y, et al. Hybrid percutaneous closure for pediatric patients with muscular ventricular septal defect: experience from West China Hospital [J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2015, 22(2): 118-122.
- [17] 李志强, 朱耀斌, 刘迎龙, 等. “复合”技术治疗合并肺侧支动脉重症法洛四联征疗效分析 [J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2011, 25(3): 241-242.
Li ZQ, Zhu YB, Liu YL, et al. Hybrid procedure for severe tetralogy of Fallot with aortopulmonary collateral arteries [J]. J Chin Pract Diagn Ther, 2011, 25(3): 241-242.
- [18] 贺东, 沈向东, 刘迎龙, 等. 小儿法洛四联症根治手术死亡病例的临床分析 [J]. 中日友好医院学报, 2010, 24(1): 18-20. doi: 10.3969/j. issn. 1001-0025. 2010. 01. 005.
He D, Shen XD, Liu YL, et al. Clinical analysis of the death cases for children after complete repair of tetralogy of Fallot [J]. Journal of China-Japan Friendship Hospital, 2010, 24(1): 18-20.
- [19] 陈建忠, 翟渡, 王鹏高, 等. 改良 Blalock-Taussig 分流术治疗法洛四联症 25 例 [J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2009, 23(5): 502-503.
Chen ZJ, Zhai D, Wang PG, et al. Modified Blalock-Taussig shunt in the treatment of tetralogy of Fallot in 25 cases [J]. J Chin Pract Diagn Ther, 2009, 23(5): 502-503.
- [20] 宋士秋, 李温斌, 王圣, 等. 重症法洛四联征应用 Gore-Tex 人造血管行体-肺分流术临床观察 [J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2009, 23(8): 810-811.
Song SQ, Li WB, Wang S, et al. Clinical observation of cardiopulmonary bypass in patients with severe tetralogy of Fallot using Gore-Tex artificial blood vessel [J]. J Chin Pract Diagn Ther, 2009, 23(8): 810-811.
- [21] 王树水, 张智伟, 庄建, 等. 心脏外科手术与介入性心导管术镶嵌治疗小儿先天性心脏病 [J]. 中华胸心血管外科杂志, 2005, 21(2): 82-84. doi: 10.3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2005. 02. 011.

- Wang SS, Zhang ZW, Zhuang J, et al. Cardiac surgical procedures and conjoined interventional catheterization performed in 23 children with congenital heart disease [J]. Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg, 2005, 21 (2): 82-84. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2005.02.011.
- [22] Fishberger SB, Bridges ND, Keane JF, et al. Intraoperative device closure of ventricular septal defects [J]. Circulation, 1993, 88 (5 Pt 2): II205-II209.
- [23] Okubo M, Benson LN, Nykanen D, et al. Outcomes of intraoperative device closure of muscular ventricular septal defects [J]. Ann Thorac Surg, 2001, 72 (2): 416-423.
- [24] Bacha EA, Cao QL, Galantowicz ME, et al. Multicenter experience with perventricular device closure of muscular ventricular septal defects [J]. Pediatr Cardiol, 2005, 26 (2): 169-175.
- [25] Amin Z, Berry JM, Foker JE, et al. Intraoperative closure of muscular ventricular septal defect in a canine model and application of the technique in a baby [J]. J Thorac Cardio Surg, 1998, 115 (6): 1374-1376.
- [26] 胡海波, 凌坚, 张戈军, 等. 法乐四联症外科根治术后残余右室流出道梗阻的介入治疗 [J]. 中国分子心脏病学杂志, 2008, 8 (4): 231-232.
- Hu HB, Ling J, Zhang GJ, et al. Transcatheter treatment of residual obstruction of right ventricular outflow tract after radical surgery correction of Tetralogy of Fallot [J]. Molecula Cardiol Chin, 2008, 8 (4): 231-232.
- [27] Dake MD, Miller DC, Semba CP, et al. Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms [J]. N Engl J Med, 1994, 331 (26): 1729-1734.
- [28] 万恒, 林智琪, 刘灏, 等. Hybrid 技术在复杂主动脉病变治疗中的应用 [J]. 中国普通外科杂志, 2015, 24 (6): 783-786. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2015.06.003.
- Wan H, Lin ZQ, Liu H, et al. Application of hybrid procedure in complex aortic diseases [J]. Chin J Gene Surg, 2015, 24 (6): 783-786.
- [29] Milewski RK, Szeto WY, Pochettino A, et al. Have hybrid procedures replaced open aortic arch reconstruction in high-risk patients? A comparative study of elective open arch debranching with endovascular stent graft placement and conventional elective open total and distal aortic arch reconstruction [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2010, 140 (3): 590-597. doi:10.1016/j.jtevs.2010.02.055.
- [30] 马闯, 郭清旭, 赵国栋, 等. OEC9900 杂交手术室在血管外科应用体会 [J]. 医疗装备, 2013, 26 (2): 27-30. doi:10.3969/j.issn.1002-2376.2013.02.011.
- Ma C, Guo QX, Zhao GD, et al. OEC9900 hybrid OR (operation room) application experience in vascular surgery [J]. Chin J Med Devic, 2013, 26 (2): 27-30. doi:10.3969/j.issn.1002-2376.2013.02.011.
- [31] 木拉提·米吉提. 体外循环下“杂交”全弓置换术浅谈 [J]. 心血管外科杂志 (电子版), 2013, 4: 156-157.
- Mulati-Mijiti. Discussion on hybrid total arch replacement under cardiopulmonary bypass [J]. J Cardiovasc Surg (Electr Edit), 2013, 4: 156-157.
- [32] 邱罕凡, 张振龙, 林峰, 等. 杂交技术治疗主动脉弓降部病变的临床研究 [J]. 中国普通外科杂志, 2012, 21 (6): 645-649.
- Qiu HF, Zhang ZL, Lin F, et al. Hybrid approach for treatment of distal aortic arch diseases [J]. Chin J Gene Surg, 2012, 21 (6): 645-649.
- [33] Skanes AC, Klein GJ, Guiraudon G, et al. Hybrid approach for minimally-invasive operative therapy of arrhythmias [J]. J Interv Card Electrophysiol, 2003, 9 (2): 289-294.
- [34] Hu SS, Kong LZ, Gao RL, et al. Outline of the report on cardiovascular disease in China [J]. Biomed Environ Sci, 2012, 25 (3): 251-256. doi:10.3967/0895-3988.2012.03.001.
- [35] Borger MA, Fremes SE, Weisel RD, et al. Coronary bypass and carotid endarterectomy: does a combined approach increase risk? A metaanalysis [J]. Ann Thorac Surg, 1999, 68 (1): 14-20.
- [36] Das SK, Brow TD, Pepper J. Continuing controversy in the management of concomitant coronary and carotid disease: an overview [J]. Int J Cardio, 2000, 74 (1): 47-65.
- [37] Versaci F, Del Giudice C, Scafuri A, et al. Sequential hybrid carotid and coronary artery revascularization: immediate and mid-term results [J]. Ann Thorac Surg, 2007, 84 (5): 1508-1514.
- [38] Masroor S, Berkowitz R, Nejad K, et al. Hybrid percutaneous coronary intervention and minimally invasive reoperative mitral valve surgery [J]. J Cardiac Surg, 2009, 24 (2): 191-193. doi:10.1111/j.1540-8191.2009.00831.x.
- [39] Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery [J]. N Engl J Med, 2010, 363 (17): 1597-1607. doi:10.1056/NEJMoa1008232.
- [40] Smith CR, Leon MB, Mack MJ, et al. Transcatheter and surgical aortic-valve replacement in high-risk patients [J]. N Engl J Med, 2011, 364 (23): 2187-2198. doi:10.1056/NEJMoa1103510.
- [41] Binder RK, Webb JG, Willson AB, et al. The impact of integration of a multidetector computed tomography annulus area sizing algorithm on outcomes of transcatheter aortic valve replacement: a prospective, multicenter, controlled trial [J]. J Am Coll Cardiol, 2013, 62: 431-438. doi:10.1016/j.jacc.2013.04.036.
- [42] Achenbach S, Schuhbäck A, Min JK, et al. Determination of the aortic annulus plane in CT imaging—a step-by-step approach [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2013, 6 (2): 275-278. doi:10.1016/j.jcmg.2012.06.015.
- [43] 林加凡. 中国首例 3D 打印技术导航 TAVI 手术在上海完成 [J]. 海南医学, 2015, 4: 607. doi:10.3969/j.issn.1003-6350.2015.04.050.
- Lin JF. China's first 3D printing technology navigation TAVI surgery completed in Shanghai [J]. Hainan Med J, 2015, 4: 607. doi:10.3969/j.issn.1003-6350.2015.04.050.
- [44] 刘路路, 朱达, 郭应强. 经导管主动脉瓣置换术: 挑战与未来 [J]. 心血管外科杂志 (电子版), 2016, 5 (1): 5-8.
- Liu LL, Zhu D, Guo YQ. Transcatheter aortic valve replacement: challenges and future [J]. J Cardiovasc Surg (Electr Edit), 2016, 5 (1): 5-8.
- [45] 胡盛寿. 正值“复合”(Hybrid)技术的时代 [J]. 中华心血管病杂志, 2008, 36 (1): 1-2. doi:10.3321/j.issn:0253-3758.2008.01.001.
- Hu SS. The era of "Hybrid" technology [J]. Chin J Cardiol, 2008, 36 (1): 1-2. doi:10.3321/j.issn:0253-3758.2008.01.001.

(收稿日期: 2016-07-20)

(本文编辑: 孙娟娟)