

全腔镜技术在心脏外科手术中的应用进展

阿布都赛米·艾尼¹ 阿布都乃比·麦麦提艾力²

(1. 新疆医科大学第一附属医院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆医科大学第一附属医院心脏外科, 新疆 乌鲁木齐 830054)

【摘要】 微创心脏手术是现今心脏外科发展的主流, 全胸腔镜心脏手术技术是其重要发展趋势。全腔镜下心脏手术的安全性及疗效在临床实践中已得到充分验证。近年来, 其适应证正在不断扩大, 与开胸手术及其他微创术式比较存在众多优点。现就全腔镜技术在当前心脏外科领域的应用做一简要总结并对其日后发展做出展望。

【关键词】 微创外科; 胸腔镜; 心脏手术

【DOI】 10. 16806/j. cnki. issn. 1004-3934. 2023. 04. 002

Current Progress in Application of Totally Thoracoscopic Techniques in Cardiac Surgery

Abudousaimi·Aini¹, Abudounaibi·Maimaitiaili²

(1. *The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, Xinjiang, China*; 2. *Department of Cardiac Surgery, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, Xinjiang, China*)

【Abstract】 Minimally invasive cardiac surgery is the mainstream of cardiac surgery development nowadays, and totally thoracoscopic cardiac surgery technique is its key development direction. The safety and efficacy of totally thoracoscopic cardiac surgery have been fully verified in clinical practice. In recent years, its indications are being expanded. It has numerous advantages compared to sternotomy and other minimally invasive techniques. Now, the application of totally thoracoscopic techniques in the field of cardiac surgery is reviewed and an outlook on its future development are presented.

【Key words】 Minimally invasive surgery; Thoracoscope; Cardiac surgery

1996 年, 法国心脏外科医师 Carpentier 完成了第一例胸腔镜辅助小切口二尖瓣成形手术^[1], 揭开了微创心脏外科发展的序幕。随后应用于心血管疾病外科治疗中的微创技术层出不穷。尽管学者针对微创心脏手术技术的争议较多, 主要集中于其初期学习阶段较为耗时, 操作步骤复杂, 且对患者的选择较为严格, 但多项研究结果提示微创心脏手术疗效仍明显优于开胸手术^[2]。全腔镜技术以孔洞式入路保证了患者体表更小的手术切口及术后瘢痕的形成, 保持了骨性结构的相对完整性, 同时也可减轻围手术期生理损伤, 减少全身炎症反应的发生^[3]。全腔镜技术相比费用昂贵、操作复杂的机器人辅助手术技术, 更易推广; 相比其余小切口技术, 患者接受度更高^[4-5]。西京医院于 2000 年在国内首先开展了全胸腔镜心脏手术。近年来中国微创心脏外科得到了快速发展, 在微创心脏手术领域研究广泛。目前全腔镜技术可在多数中

心熟练开展^[6-8], 相比早期在简单先天性心脏病、二尖瓣和三尖瓣疾病的应用, 现其手术适应证随着临床经验的积累与技术的创新已接连扩增, 在不少领域已突破技术壁垒^[9-12]。

1 全腔镜心脏手术技术的概念及操作条件

全腔镜心脏手术技术是一种使用长杆器械及高清摄像头, 经若干胸壁孔洞, 完全依靠 2D 或 3D 视频辅助系统提供术野, 经股动、静脉建立体外循环为条件下实施心脏手术的技术。升主动脉阻断及停搏液的灌注常使用加长阻断钳 (Chitwood 阻断钳) 及特制冷灌注针完成。术中单腔气管插管、单肺通气及特殊摆放体位可获取满意的腔内操作视野。主刀医生缺乏对组织的视、触觉反馈, 故术者需具备腔镜训练基础和丰富的开胸心脏外科手术临床经验。作为操作助手要及时调整摄像头的位置、角度及参数, 为术者提供更广阔、清楚的术野。

基金项目: 新疆维吾尔自治区科技支疆项目 (2020E0283)

通信作者: 阿布都乃比·麦麦提艾力, E-mail: docnebi526@163.com

2 全腔镜下可完成的的心脏手术及相关禁忌

2.1 适应证

全腔镜技术可应用于:房间隔缺损、室间隔缺损、部分型肺静脉异位引流、部分型房室间隔缺损、无顶冠状静脉窦综合征、三房心、三尖瓣下移畸形、肺动脉瓣狭窄(pulmonary stenosis, PS)、主动脉窦瘤破裂、动脉导管未闭、二尖瓣及三尖瓣的初次或再次置换与成形术、主动脉瓣置换术、双瓣置换术、心腔内及心表肿物的切除、心包囊肿及肿瘤的切除、心包及心脏损伤的修补、心外膜起搏导线的植入、房颤迷宫手术、左室流出道疏通术和冠状动脉搭桥术等。

2.2 禁忌证

传统开胸手术禁忌者、严重胸廓畸形或胸腔内重度粘连者、体重过低无法建立清晰术野者、主动脉及周围动静脉血管条件欠佳有明显外周体外循环禁忌者和复杂心脏结构畸形者。

3 全腔镜心脏手术的手术径路

目前全腔镜心脏手术切口设计、数量及长度因术者习惯而异,但大同小异。孔洞位置大体成三角分布,为3~5个不等,每个切口大小为1~2 cm。多数术者习惯采取3个孔洞,其中2个操作孔分别位于右胸骨旁第3肋间(右手),长1~2 cm;右腋前线第3~4肋间(左手),长1~2 cm;其余孔为镜孔,位于第5肋间,长1~2 cm。主动脉瓣及冠状动脉手术由于其操作难度及视野限制通常需扩大操作孔切口长度。阻断钳、冷灌针、CO₂管道由腋前线操作孔送入胸腔内。切口置入软质保护套。单孔、双孔全腔镜心脏手术也有报道,效果良好^[13-14]。切口更隐蔽、美观的乳晕周围及乳房下入路也被证实安全可行^[15]。

4 全腔镜心脏手术体外循环

全腔镜心脏手术均在股动静脉插管建立的体外循环下进行。纵行切开右侧腹股沟3~4 cm,游离股动脉、股静脉血管,分别缝合荷包,使用Seldinger技术或直接切开血管插入股动脉供血管和股静脉双极管。为保证静脉引流彻底通常采用负压引流技术,术区视野欠佳时可经颈内静脉添加第三吸引辅助引流。置入腔镜后探查胸腔内情况,平行于膈神经上方,自下腔静脉根部至升主动脉切开心包,暴露心脏、上下腔静脉及主动脉根部,在根部缝合荷包后插入冷灌针,Chitwood阻断钳经操作孔阻断升主动脉,灌注停搏液。

5 全腔镜在心脏外科的具体应用

5.1 先天性心脏病

全腔镜技术在先天性心脏病领域应用最为广泛,实施例数最多。几乎所有复杂先天性心脏病除外的成人先天性心脏病手术均可在全腔镜下实施^[4,7]。其

在低体重儿童中也被证实可行、有效^[16]。全腔镜技术在先天性心脏病中的可行性、安全性和疗效均已得到充分验证,其与介入封堵技术互为补充,有望取代传统开胸手术成为成人简单先天性心脏病的首选治疗术式。其在部分复杂先天性心脏病中的应用仍在继续探索中。

5.2 瓣膜病

5.2.1 二尖瓣疾病

目前探讨全腔镜二尖瓣置换术及成形术的安全性、疗效的研究大多为回顾性分析,围绕与开胸手术的优劣对比展开^[17]。虽然其临床循证等级较低,但不少临床实践验证了全腔镜下二尖瓣置换术可达到与开胸手术同样的治疗效果^[6,8,15,18],且胸腔镜手术与开胸手术相比,住院及远期病死率无显著差异,患者术后疼痛感减轻,更有利于进行呼吸锻炼,尽早拔除气管插管及引流管。重症监护室停留时间的减少可有效减轻患者经济负担,加快床位周转,增加医疗效益。尽管认为腔镜术中排气较为困难,但结合术中脑血氧饱和度及经食管超声心动图检查监测可有效降低脑卒中的风险^[15]。研究^[18]发现,完全胸腔镜二尖瓣置换术中,连续缝合人工瓣至瓣环较间断缝合方法缝线更易缠绕,间断缝合虽步骤烦琐,需在体外打结,但熟练后可避免缠绕,节省时间。在成形领域,全腔镜下二尖瓣成形术拥有同传统开胸手术相似的术后二尖瓣反流复发率及再手术率^[19],早期其多应用在退行性病变患者中,但随着技术发展,目前在各类复杂的二尖瓣病变如风湿性瓣膜病、巴洛病和功能性反流中,无论病变累及范围在前叶、后叶或交界处,均可获得与开胸修复手术相似的疗效^[19-21]。Cui等^[21]认为由于操作空间局限导致瓣叶切除难度大,往往需使用像瓣叶折叠、交界缝合、人工腱索植入等更简单、方便的修复方法。全腔镜二尖瓣置换术同期行房颤消融安全、有效。吴松等^[22]对比了将107例风湿性二尖瓣病变患者分为两组分别行完全胸腔镜下和开胸二尖瓣置换术同期行射频消融术的疗效,研究提示腔镜组与开胸组并发症发生率相似,短中期窦性心律维持率无显著差异,腔镜组患者术后恢复更快。全腔镜下再次二尖瓣手术中可避免对胸骨后心包腔的剥离,减少出血及血液制品的应用,更重要的是降低病死率及并发症的发生率,为可能发生的第三次干预留有机会^[23-24]。近年来,3D可视化系统与胸腔镜技术的结合取得了良好效果^[19,24],3D完全胸腔镜下二尖瓣手术中,心腔内结构更具立体感,使术者对远近感觉、深度更有把握,更清楚地看到瓣下腱索及乳头肌等细微结构,有助于减少操作时间。近期研究^[25]发现3D全

腔镜心脏手术较 2D 全腔镜手术可减少约 1/10 的主动脉阻断时间 [(65.74 ± 14.32) min vs (72.67 ± 14.67) min, $P = 0.027$]。3D 全腔镜技术是胸腔心脏外科的未来主流^[5]。

5.2.2 三尖瓣疾病

全腔镜二尖瓣手术可同期完成三尖瓣成形或置换术,操作步骤同传统手术。单纯三尖瓣手术可在心脏不停跳或低温室颤条件下进行。有学者^[26]总结分析了 255 例全腔镜下三尖瓣手术患者的临床疗效,其经验提示全腔镜下三尖瓣成型环成形术在各类病变导致的中度以上三尖瓣反流患者中长期疗效良好,随访结果满意,可作为优先考虑的三尖瓣手术方法。心脏术后患者远期易出现三尖瓣失功,往往预后较差,需早期处理^[27]。全腔镜技术近年来在再次三尖瓣手术中被证实安全、有效、创伤更小。黄焕雷团队^[28]分析了 85 例心脏术后重度三尖瓣关闭不全患者行全腔镜不停跳三尖瓣修复手术的围手术期临床资料及随访结果,该术式显著降低了再次手术患者的总体病死率,如成型环植入、瓣叶补片扩大等修复技术可在初次、再次三尖瓣手术中有效应用,修复成功率满意,其中 76.5% 的患者避免了换瓣带来的抗凝相关风险,一次性完成缝合补片、瓣环及固定的“三明治”缝合法可有效减少手术耗时。全腔镜下再次三尖瓣手术是当前研究热点。

5.2.3 主动脉瓣疾病

尽管像各类小切口入路及机器人辅助技术在主动脉瓣置换术中已得到良好应用^[29],但各技术均存在一定的不足,肋间、胸骨旁或胸骨上端切口涉及肋骨或胸骨的部分断开、牵拉,术后疼痛感较为强烈,创伤仍较明显。由于主动脉根部在腔镜下空间视野狭小、显露欠佳等特性,全腔镜主动脉瓣手术尚处于初步探索阶段。2014 年,Volz 等^[30]完成了世界第一例全胸腔镜下主动脉瓣置换术;从随后日本和欧美学者进行的相关研究^[31-32]来看,全腔镜主动脉瓣置换术及双瓣置换术完全可行,在合理的切口设计、病例选择、体位摆放的前提下可顺利实施,渡过学习曲线后其安全性与开胸手术无异。广东省人民医院汪珍忠等^[33]在国内率先完成全腔镜下主动脉瓣置换术及双瓣置换术并总结其开展经验,指出手术开展早期应尽量避免高龄和小主动脉及瓣环的病例,严重的主动脉瓣钙化会影响手术进程,且早期易发生瓣周漏,但这都可随着病例数增加得以克服。据报道^[34],免缝合瓣膜与全腔镜技术相结合可更进一步缩短阻断时间、体外循环时间和手术时间,这缩小了全腔镜技术的短板,可达到更加微创的目的;也有研究^[35]指出与经导管主动脉瓣

置换术相比,其早期死亡率和瓣周漏发生率更低。当前相关研究甚少,需更多病例及更长时间的随访来证明免缝合瓣膜与全腔镜技术结合治疗主动脉瓣疾病的中远期疗效及安全性。

5.2.4 肺动脉瓣疾病

单纯 PS 约占先天性心脏病的 1/10,往往与其余心内畸形合并存在^[36],常导致右心室流出道梗阻,引起功能性三尖瓣关闭不全。经皮肺动脉瓣球囊成形术为目前单纯 PS 的主要治疗方案,其微创、安全且效果显著,但存在一定适应证^[37]。开胸手术创痛较重,其微创化探索势在必行。全腔镜技术近来成功应用于 PS 的治疗中,郑德志等^[38]报道了 102 例行全腔镜下肺动脉瓣松解术患者的临床经验总结,其技术成熟、安全有效,且可同期处理合并心内畸形,长期随访结果满意,扩大了微创治疗 PS 的适应证,但该术式显露相对困难,存在一定的操作难度,需进一步优化。

5.3 心脏黏液瘤

心脏黏液瘤发病率低,手术切除是其唯一治疗方式。正中开胸可完整显露肿瘤,彻底清除,但创伤巨大;经胸壁微创入路手术安全,但术前评估时对肿瘤位置的定位十分重要^[39]。最新荟萃分析^[40]比较了胸腔镜手术与开胸手术在心房黏液瘤切除中的疗效,10 项共计 938 例患者被纳入研究,结局提示除了体外循环时间较长以外,胸腔镜手术较开胸手术优势显著,长期结果满意,安全性及有效性不劣于正中开胸手术。胸腔镜手术有望成为心脏肿瘤切除的标准术式。

5.4 房颤外科

房颤是最常见的心律失常类型,未经有效治疗,常导致器官栓塞、痴呆、心力衰竭乃至早期死亡^[41]。相比导管消融,迷宫 IV 手术治疗各类房颤的效果更加确切^[42]、持久,但创伤巨大。研究^[43-44]报道全腔镜下迷宫手术具有可靠的临床效果,可同期切割或夹闭左心耳以降低栓塞风险,其中远期随访结果令人满意,与其他微创术式相比,疗效相似,并发症少。近年来介入和全腔镜结合的一站式或分期杂交手术技术可在非体外循环下最大限度地模仿“切缝”手术的消融路径,达到更加彻底的透壁性,取得了令人满意的结果^[11]。中国全腔镜下消融手术的研究甚少,仅在少数中心开展^[45],原因在于迷宫手术在国内起步较晚,仍需在多中心推广并展开相关研究。

5.5 冠状动脉搭桥术

冠状动脉搭桥术领域中,微创入路是研究热点。机器人辅助、肋间小切口直视及胸腔镜辅助直视下冠状动脉搭桥术都取得了良好的效果^[46]。无论是停跳

或非停跳、单支或多支病变、全动脉化搭桥均可通过微创术式得以实施。全腔镜下冠状动脉搭桥术因操作空间狭小,靶血管吻合难度较大,研究进展缓慢,多数停留在动物实验阶段。一项尝试性研究^[47]中,20 例患者中转开胸率为 45.1%,即使通过长期的实物模型、动物模型训练,全腔镜下冠状动脉的吻合仍较难,疗效不尽人意;然而, Yilmaz 等^[12]最新研究表明,通过 3 个右胸 5 mm 的孔洞和胸骨旁 3~4 cm 的肋间切口可顺利完成全腔镜下双侧乳内动脉的获取和多支冠状动脉桥血管的吻合,纳入的 342 例患者未出现中转开胸,尽管手术时间延长,但 30 d 死亡率较传统开胸手术低(腔镜组 vs 开胸组:1.8% vs 2.5%~2.8%),并发症发生率低,且在患者选择上无明显禁忌证。尽管这是仅针对围手术期效果及可行性的探讨,缺乏长期随访结果以评价该技术的安全性及有效性,但这项技术的成功为日后全腔镜技术在冠状动脉搭桥术领域的应用提供了新的方向。

5.6 其他领域

肥厚型心肌病患病率高,多数患者存在左心室流出道梗阻。治疗梗阻性肥厚型心肌病(hypertrophic obstructive cardiomyopathy, HOCM)的标准术式为经主动脉切口改良 Morrow 手术。常因梗阻部位难以显露,只有少数经验丰富的医生才可做到彻底切除肥厚心肌以解除梗阻,手术切口巨大,患者接受度较低。国内外微创 Morrow 手术治疗 HOCM 的研究鲜有报道^[48-49],国内陈钊等^[10]报道了 18 例全腔镜下经二尖瓣前叶切口入路行改良 Morrow 手术的经验,效果确切,左心室结构如心尖部、室间隔和乳头肌暴露清楚,可在彻底切除室间隔中部肥厚心肌,松解瓣下结构的同时同期处理二尖瓣疾患,有效避免二尖瓣前叶收缩期前向运动及残余梗阻的发生。最重要的是,由于其视野宽阔,更利于教学推广。但该单中心研究病例数有限,其安全性有待验证。

心血管介入手术中最严重并发症为医源性穿透伤,大血管及心房壁的穿孔常造成急性心脏压塞。经内科处理无效、血流动力学不稳的患者,往往需外科开胸修补穿孔部位,增加了患者心理及医疗负担。比利时学者^[50]回顾性分析了 25 例全腔镜下修补与开胸修补医源性心脏损伤的患者资料,发现全腔镜技术在介入术后开胸探查中可作为正中手术的一种替代手术方案,其 30 d 死亡率显著低于开胸组(0 例/14 例 vs 4 例/11 例, $P < 0.05$),且越早决策结局越好。当然该研究仅是一次尝试,研究病例较少,且该团队微创手术技术经验丰富,故并不代表其安全且具推广意义,但仍为心血管介入术后并发症的处理提供了新的思

路,将来有望成为介入瓣膜手术失败时安全的急救、替代措施。

6 全腔镜心脏手术技术的优势与局限

6.1 优势

全腔镜心脏手术入路隐蔽,无需截断或劈开骨性结构,保证了胸部的相对完整性,对患者生理及心理影响较轻,与开胸手术相比,切口美观,瘢痕短小,患者接受度及满意度高。术中出血量少、血制品需求少,从而减轻输血并发症。同时因其疼痛感轻,对呼吸运动影响较小,故患者术后下床时间早,重症监护室监护期、住院时间短,住院费用相应减少,节省医疗资源,术后可更快回到正常生产工作中,经济效应良好。全腔镜心脏技术明显降低了二次心脏手术的创伤和死亡率。

6.2 局限

全腔镜心脏手术操作要求高,存在一定的学习曲线,需在常规心脏外科的技术基础上开展,熟练掌握前,渡过学习曲线所需病例数较多,年轻医生难以掌握;手术所需腔镜器械及显像设备费用不菲,导致在基层单位的开展受阻;全腔镜下心脏手术的升主动脉阻断时间、体外循环时间通常较长,可能会增加心肌损伤;术前需严格排查手术禁忌,存在一定患者适应证;在个别心血管疾病的应用仍在积极探索,尚未形成安全、有效、重复性高的技术操作规范。

7 总结与展望

众多国内外研究均表明全腔镜下治疗心脏疾病的疗效优于传统开胸心脏手术,覆盖病种全面,其安全性、可行性已不是研究重点。相比其余微创心外科技术,作为更经济实惠,可重复性高,诊疗效果安全、确切的全腔镜心脏手术更值得在全国推广。创建更多微创腔镜外科培训中心及项目,结合模块化的学习曲线使众多年轻医生掌握该技术,同时对现有的手术器械进行改进,发明更便捷的器械、免缝合房室瓣以期减少腔内操作时间,从 2D 显像向 3D 可视化系统的推进,可使全腔镜技术的应用得到扩大。更加微创的经导管介入技术在瓣膜病领域得到了蓬勃发展,但其安全性、耐久性及长期效果有待商榷,相比创伤性开胸手术,目前全腔镜技术可作为介入心脏病学的有力补充。

参考文献

- [1] Carpentier A, Loulmet D, Carpentier A, et al. [Open heart operation under videosurgery and minithoracotomy. First case (mitral valvuloplasty) operated with success] [J]. *C R Acad Sci III*, 1996, 319(3): 219-223.
- [2] Doenst T, Lamelas J. Do we have enough evidence for minimally-invasive cardiac surgery? A critical review of scientific and non-scientific information [J]. *J*

- Cardiovasc Surg (Torino), 2017, 58(4):613-623.
- [3] Liu X, Wu Y, Zhu J, et al. Totally thoracoscopic repair of atrial septal defect reduces systemic inflammatory reaction and myocardial damage in initial patients [J]. *Eur J Med Res*, 2014, 19(1):13.
- [4] Zhou K, Yang L, He BC, et al. Total thoracoscopic repair of ventricular septal defect: a single-center experience [J]. *J Card Surg*, 2021, 36(7):2213-2218.
- [5] Huang W, Hou B, Li Q, et al. Comparative efficacy of five surgical methods in the treatment of mitral regurgitation: a systematic review and network meta-analysis [J]. *J Card Surg*, 2022, 37(1):186-196.
- [6] Chen Y, Huang LC, Chen DZ, et al. Totally endoscopic mitral valve surgery: early experience in 188 patients [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2021, 16(1):91.
- [7] Xu XZ, Yi W, Li H, et al. [Clinical experience of 2 543 cases of congenital heart diseases undergoing totally thoracoscopic cardiac surgery in a single center] [J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2016, 54(8):591-595.
- [8] Liu K, Sun H, Wang B, et al. Is tri-port totally thoracoscopic surgery for mitral valve replacement a feasible approach? [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2021, 10(1):149-157.
- [9] Pitsis A, Boudoulas H, Boudoulas KD. Operative steps of totally endoscopic aortic valve replacement [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2020, 31(3):424.
- [10] 陈钊, 刘健, 唐亚捷, 等. 全胸腔镜与正中开胸手术治疗肥厚型梗阻性心脏病的倾向性评分匹配分析 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2021, 28(6):656-662.
- [11] Churyla A, Passman R, McCarthy PM, et al. Staged hybrid totally thoracoscopic maze and catheter ablation for atrial fibrillation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2022, 33(8):1961-1965.
- [12] Yilmaz A, Robic B, Starinieri P, et al. A new viewpoint on endoscopic CABG: technique description and clinical experience [J]. *J Cardiol*, 2020, 75(6):614-620.
- [13] Yan L, Zheng F, Chen H, et al. Uni-port total thoracoscopic surgery versus median sternotomy for redo tricuspid valve replacement: a retrospective study [J]. *Heart Surg Forum*, 2020, 23(3):E350-E357.
- [14] Liu J, Wei P, Ma J, et al. Propensity-matched analysis of two port approach versus three port approach for totally thoracoscopic mitral valve replacement [J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(10):5986-5995.
- [15] Maruszewski M, Smoczynski R, Kowalewski M, et al. Pilot study of totally thoracoscopic periareolar approach for minimally invasive mitral valve surgery. Towards even less invasive? [J]. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*, 2019, 14(2):326-332.
- [16] Nguyen UH, Dang HQ, Nguyen HC, et al. Intermediate-term outcomes of totally endoscopic atrial septal defect repair on beating heart in small children [J]. *Innovations (Phila)*, 2022, 17(3):223-230.
- [17] Eqbal AJ, Gupta S, Basha A, et al. Minimally invasive mitral valve surgery versus conventional sternotomy mitral valve surgery: a systematic review and meta-analysis of 119 studies [J]. *J Card Surg*, 2022, 37(5):1319-1327.
- [18] Lan H, Cheng YG, Jia BC, et al. [Clinical outcome of totally thoracoscopic cardiac surgery for mitral valve replacement: a series of 634 cases] [J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2016, 54(8):609-612.
- [19] Ram E, Moshkovitz Y, Shinfeld A, et al. Three-dimensional video assistance improves early results in minimally invasive mitral valve surgery [J]. *ASAIO J*, 2021, 67(7):769-775.
- [20] Huang HL, Yan Q, Xie XJ, et al. Early outcomes of mitral valvuloplasty by minimally invasive surgery or sternotomy [J]. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2020, 28(7):398-403.
- [21] Cui H, Zhang L, Wei S, et al. Early clinical outcomes of thoracoscopic mitral valvuloplasty: a clinical experience of 100 consecutive cases [J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2020, 10(4):841-848.
- [22] 吴松, 王继相. 全胸腔镜下二尖瓣置换同期射频消融术的临床研究 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2020, 27(8):874-879.
- [23] 何维来, 李鑫, 车轰, 等. 再次心脏房室瓣手术的微创化探索 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2022, 29(6):755-760.
- [24] 李少珂, 刘博, 左龙, 等. 3D 胸腔镜在再次二尖瓣/三尖瓣手术中的应用 [J]. *中国心血管病研究*, 2021, 19(1):11-15.
- [25] Zang X, Huang HL, Xie B, et al. A comparative study of three-dimensional high-definition and two-dimensional high-definition video systems in totally endoscopic mitral valve replacement [J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11(3):788-794.
- [26] 张晓慎, 刘菁, 陈寄梅, 等. 完全胸腔镜下体外循环三尖瓣成形外科手术 [J]. *实用医院临床杂志*, 2016, 13(1):7-10.
- [27] Papageorgiou N, Falconer D, Wyeth N, et al. Effect of tricuspid regurgitation and right ventricular dysfunction on long-term mortality in patients undergoing cardiac devices implantation: > 10-year follow-up study [J]. *Int J Cardiol*, 2020, 319:52-56.
- [28] Huang HL, Ke YJ, Yang L, et al. [The mid-term outcomes of minimally invasive plasty for severe tricuspid regurgitation after cardiac surgery] [J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2019, 57(12):902-907.
- [29] Ueno G, Ohno N. Aortic valve approaches in the era of minimally invasive cardiac surgery [J]. *Surg Today*, 2020, 50(8):815-820.
- [30] Vola M, Fuzellier JF, Chavent B, et al. First human totally endoscopic aortic valve replacement: an early report [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(3):1091-1093.
- [31] Tokoro M, Sawaki S, Ozeki T, et al. Totally endoscopic aortic valve replacement via an anterolateral approach using a standard prosthesis [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2020, 30(3):424-430.
- [32] Cresce GD, Sella M, Hinna DT, et al. Minimally invasive endoscopic aortic valve replacement: operative results [J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 32(3):416-423.
- [33] 汪珍忠, 杨燕晨, 黄煥雷, 等. 全腔镜微创主动脉瓣及双瓣置换术的早期结果 [J/OL]. *中国胸心血管外科临床杂志* (2021-08-23). <https://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1492.r.20210820.0956.002.html>.
- [34] Amer M, Al Jawad MA, Omar A, et al. Safety and haemodynamic outcomes of currently available suture-less aortic valves in patients with aortic stenosis: a meta-analysis [J]. *Heart Lung Circ*, 2020, 29(9):1301-1309.
- [35] Shim SH, Altarabsheh SE, Deo SV, et al. A systemic review and meta-analysis of sutureless aortic valve replacement versus transcatheter aortic valve implantation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 106(3):924-929.
- [36] Ruckdeschel E, Kim YY. Pulmonary valve stenosis in the adult patient: pathophysiology, diagnosis and management [J]. *Heart*, 2019, 105(5):414-422.
- [37] Qian X, Qian Y, Zhou Y, et al. Percutaneous pulmonary balloon valvuloplasty provides good long-term outcomes in adults with pulmonary valve stenosis [J]. *J Invasive Cardiol*, 2015, 27(12):E291-E296.
- [38] 郑德志, 陈亚武, 石广永, 等. 完全胸腔镜技术在肺动脉瓣狭窄手术治疗中的应用 [J]. *中国心血管病研究*, 2021, 19(6):530-534.
- [39] Zhao F, Chen T, Tang Y, et al. Totally thoracoscopic surgery for treating left atrial myxoma [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(45):e27819.
- [40] 张旭, 伊凡, 霍强, 等. 内镜微创与正中开胸手术治疗心房粘液瘤临床疗效的系统评价与 Meta 分析 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2022, 29(9):1189-1196.
- [41] Kornej J, Börschel CS, Benjamin EJ, et al. Epidemiology of atrial fibrillation in the 21st century: novel methods and new insights [J]. *Circ Res*, 2020, 127(1):4-20.
- [42] Henn MC, Lancaster TS, Miller JR, et al. Late outcomes after the Cox maze IV procedure for atrial fibrillation [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 150(5):1168-1176, 1178.
- [43] van Laar C, Bentala M, Weimar T, et al. Thoracoscopic ablation for the treatment of atrial fibrillation: a systematic outcome analysis of a multicentre cohort [J]. *Europace*, 2019, 21(6):893-899.

- [44] Vos LM, Bentala M, Geuzebroek GS, et al. Long-term outcome after totally thoracoscopic ablation for atrial fibrillation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(1):40-45.
- [45] Mei J, Ma N, Ding F, et al. Complete thoracoscopic ablation of the left atrium via the left chest for treatment of lone atrial fibrillation [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(1):242-246.
- [46] Bonatti J, Wallner S, Crailsheim I, et al. Minimally invasive and robotic coronary artery bypass grafting—A 25-year review [J]. *J Thorac Dis*, 2021, 13(3):1922-1944.
- [47] Gorki H, Liu J, Sabau M, et al. Nonrobotic total endoscopic coronary artery bypass grafting: a proof-of-concept study in 20 patients [J]. *Innovations (Phila)*, 2018, 13(5):344-348.
- [48] Jiang Z, Tang M, Liu H, et al. Minimally invasive surgery for hypertrophic obstructive cardiomyopathy with mitral regurgitation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 111(4):1345-1350.
- [49] Musharbash FN, Schill MR, Henn MC, et al. Minimally invasive septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy [J]. *Innovations (Phila)*, 2017, 12(6):489-492.
- [50] Langenaeken T, van den Berg M, Kaya A, et al. Thoracoscopic management of iatrogenic cardiac perforations [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2022, 33(7):1366-1370.

收稿日期:2022-10-11

(上接第 292 页)

- [16] Kulacoglu UK, Kaya M. Ministernotomy in aortic root and arch surgery: early outcomes [J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2023, 38(1):15-21.
- [17] Abjigitova D, Panagopoulos G, Orlov O, et al. Current trends in aortic root surgery: the mini-Bentall approach [J]. *Innovations (Phila)*, 2018, 13(2):91-96.
- [18] Tabata M, Khalpey Z, Aranki SF, et al. Minimal access surgery of ascending and proximal arch of the aorta: a 9-year experience [J]. *Ann Thorac Surg*, 2007, 84(1):67-72.
- [19] Lentini S, Specchia L, Nicolardi S, et al. Surgery of the ascending aorta with or without combined procedures through an upper ministernotomy: outcomes of a series of more than 100 patients [J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 22(1):44-48.
- [20] Staromlynski J, Kowalewski M, Sarnowski W, et al. Midterm results of less invasive approach to ascending aorta and aortic root surgery [J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(11):6446-6457.
- [21] Elghannam M, Aljabery Y, Naraghi H, et al. Minimally invasive aortic root surgery: midterm results in a 2-year follow-up [J]. *J Card Surg*, 2020, 35(7):1484-1491.
- [22] Chirichilli I, Irace FG, D'Aleo S, et al. Long-term follow-up of Bentall procedure using the Perimount bioprosthesis and the Valsalva graft [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2020, 30(5):679-684.
- [23] Shrestha M, Krueger H, Umminger J, et al. Minimally invasive valve sparing aortic root replacement (David procedure) is safe [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2015, 4(2):148-153.
- [24] di Eusanio M, Cefarelli M, Zingaro C, et al. Mini Bentall operation: technical considerations [J]. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 35(suppl 2):87-91.
- [25] Svensson LG, Nadolny EM, Kimmel WA. Minimal access aortic surgery including re-operations [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2001, 19(1):30-33.
- [26] Ji Q, Wang Y, Liu F, et al. Mini-invasive Bentall procedure performed via a right anterior thoracotomy approach with a costochondral cartilage sparing [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9:841472.
- [27] Johnson CA Jr, Siordia JA, Wood KL, et al. Right mini-thoracotomy Bentall procedure [J]. *Innovations (Phila)*, 2018, 13(5):328-331.
- [28] Johnson CA Jr, Wood KL, Melvin AL, et al. Video assisted right mini-thoracotomy for aortic root replacement [J]. *J Vis Surg*, 2018, 4:38.
- [29] Johnson CA Jr, Siordia JA, Robinson DA, et al. Right mini-thoracotomy Bentall with traditional and automated suturing devices [J]. *Multimed Man Cardiothorac Surg*, 2018 May 18, 2018. DOI:10.1510/mmcts.2018.025.
- [30] Wong JK, Melvin AL, Siordia JA, et al. Novel automated suturing technology for minimally invasive aortic valve replacements [J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 105(2):645-649.
- [31] Jawarkar M, Manek P, Wadhawa V, et al. Mini-Bentall surgery: the right thoracotomy approach [J]. *J Chest Surg*, 2021, 54(6):554-557.
- [32] LaPietra A, Santana O, Pineda AM, et al. Outcomes of aortic valve and concomitant ascending aorta replacement performed via a minimally invasive right thoracotomy approach [J]. *Innovations (Phila)*, 2014, 9(5):339-342.
- [33] Hughes GC, Zhao Y, Rankin JS, et al. Effects of institutional volumes on operative outcomes for aortic root replacement in North America [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 145(1):166-170.
- [34] Murzi M, Cerillo AG, Gilmanov D, et al. Exploring the learning curve for minimally invasive sutureless aortic valve replacement [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 152(6):1537-1546. e1.

收稿日期:2022-09-10