

·综述·

保留主动脉瓣的根部替换术的研究进展

张 帅, 钱向阳

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

摘 要:随着外科技术的不断改进、医学工程学与材料学的发展,复合带瓣血管的根部置换术(Bentall手术)成为了主动脉根部病变的标准术式。作为Bentall手术的替代手段,保留主动脉瓣的根部替换术术后避免了终身抗凝和机械瓣膜的相关并发症,降低了血栓栓塞、出血事件的发生率,其有利的血流动力学和潜在更低的心内膜炎风险,保证了术后持久的主动脉瓣功能,患者的生存质量大大提高。本文综述了保留主动脉瓣的根部替换术的适应症、标准化技术要点及其在不同患者中应用的远期结果。

关键词:保留主动脉瓣的根部替换术;主动脉瓣再植入;根部重塑;复合带瓣血管;进展

中图分类号:R654.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-3554(2023)05-0741-09

DOI:10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ(med.sci).2023.0504

Research Progress in Valve-sparing Aortic Root Replacement

ZHANG Shuai, QIAN Xiang-yang

(Department of Cardiovascular Surgery, Fuwai Hospital // National Center for Cardiovascular Diseases // Chinese Academy of Medical Sciences // Peking Union Medical College, Beijing 100037, China)

Correspondence to: QIAN Xiang-yang; E-mail: m13701097213@163.com

Abstract: With continuous improvements in surgical techniques, medical engineering and material science, root replacement with composite valve graft (CVG) or Bentall procedure has become the standard procedure for aortic root lesions. As an alternative to the Bentall procedure, valve-sparing aortic root replacement (VSRR) avoids the complications associated with lifelong anticoagulation and mechanical valves; reduces the incidence of thromboembolic and bleeding events; and its favorable haemodynamics and potentially lower risk of endocarditis ensure durable postoperative aortic valve function and a much better quality of patient survival. This article reviews the indications for root replacement with preservation of the aortic valve, the key points of the standardized technique and its long-term results in different patients.

Key words: valve-sparing aortic root replacement (VSRR); reimplantation; remodeling; composite valve graft (CVG); progress

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2023, 44(5): 741-749]

1968年,Bentall等^[1]报道了一种复合带瓣血管的根部置换术(composite valve graft, CVG),后称为Bentall手术,应用于主动脉瓣功能不全合并主动脉根部瘤样扩张的外科治疗。随着外科技术的不断

改进、医学工程学与材料学的发展,Bentall手术成为了主动脉根部病变的标准术式。作为Bentall手术的替代手段,保留主动脉瓣的根部替换术(valve-sparing aortic root replacement, VSRR)在进

收稿日期:2023-01-28

基金项目:中国医学科学院医学创新基金(2020-I2M-C&T-A-011);北京市科学技术委员会-首都临床诊疗技术研究及转化应用基金(Z201100005520003)

作者简介:张帅,第一作者,研究方向:主动脉瓣修复技术在主动脉瓣相关疾病中临床应用,E-mail:906038596@qq.com;钱向阳,通信作者,博士,主任医师,E-mail:m13701097213@163.com

行解剖性主动脉根部重建的基础上,患者术后避免了终身抗凝和机械瓣膜的相关并发症,降低了血栓栓塞、出血事件的发生率,其更有利的血流动力学和潜在更低的心内膜炎风险,保证了术后持久的主动脉瓣功能^[2],患者的生存质量大大提高。本文将对VSRR的适应症、手术技术要点及其在不同患者中应用的远期结果进行综述。

1 保留主动脉瓣的根部替换术的历史

1.1 主动脉瓣修复手术的早期探索

1955年,Taylor^[3]率先开始应用主动脉根部环缩技术治疗主动脉瓣关闭不全。在盲视下,他用粗线绳通过食指探查引导,环缩主动脉根部基底,并通过舒张压的水平来评价手术效果。1958年,Garamella^[4]在术中楔形切除了主动脉的无冠窦及无冠瓣,缝合瓣环及主动脉壁,以求将瓣膜由三瓣修成二瓣。1960年,Harken^[5]介绍了应用人工材料(Teflon及球笼瓣)置换部分或全部主动脉瓣,但是他尚未完全解决人工材料应用后的血栓及溶血问题。1962年,Spencer^[6]在一例室缺合并右冠瓣脱垂的患者中,通过折叠游离缘的方式纠正了瓣膜脱垂;自此,针对瓣叶脱垂的瓣叶折叠技术诞生。同年,Donald N. Ross应用同种主动脉瓣进行主动脉瓣置换术,1967年,应用自体肺瓣置换病变的主动脉瓣(ROSS手术)^[7]。

随着“主动脉上直径”(即窦管连接)和“主动脉下直径”(即心室主动脉连接)概念的提出,通过折叠缝合瓣叶交界之间的叶间三角基部来限制主动脉基底(即Annulus),形成了主动脉根部功能解剖理论的雏形。1968年,Bentall^[1]首次报道了应用球笼瓣与人工血管制作的带瓣管道治疗主动脉根部病变(Bentall手术)。最近,董念国团队^[8]对主动脉瓣修复技术进行了系统性的归纳,强调了临床外科治疗主动脉瓣疾病的最新证据;郑哲团队^[9]也总结了主动脉瓣修复术前的多影像学评价。

1.2 保留主动脉瓣手术的发展

1992年,Tirone David首次描述了主动脉瓣的再植技术(reimplantation)^[10],又称为David I手术。通过在人工血管中再植入主动脉瓣的方式,来治疗主动脉根部动脉瘤或升主动脉瘤伴主动脉窦扩张

的患者。Sarsam和Yacoub于1993年发表了主动脉根部重塑手术(remodeling)^[11],又称为David II或Yacoub手术,通过建立新的主动脉窦,来更好地恢复主动脉根部的动力。

近年来,Lansac等^[12]在根部重塑的基础上,使用一种特制的可膨胀环来对主动脉外环成形,在保留窦部生理性的同时限制了瓣环扩张,意图达到最佳的根部几何形状和瓣膜动力学,从而改善重塑的长期效果,称之为瓣环下固定成形环的成形术,称为David III型手术。然而,这种方法的结果还需要进一步验证。在随后的临床实践中,David等又对主动脉瓣再植技术不断改进,通过重建主动脉窦的方式,发展出了David IV型和V型手术^[13-14]。

2 适应症与根部手术指征

主动脉瓣的形态和质量是保留主动脉瓣的根部替换术的可行性最重要的预测因素^[15]。当病变累及主动脉窦管交界和(或)主动脉窦而未累及瓣叶及瓣环时,主动脉瓣环及瓣叶扩张变形导致主动脉瓣关闭不全,此时我们可以通过VRSS手术置换主动脉窦管交界及主动脉窦,使主动脉瓣叶恢复正常的对合关系。当病变累积瓣叶和瓣环,如瓣叶明显延长或脱垂,此时便不能实施保留主动脉瓣的根部替换术,而需要换瓣手术治疗。总之,若术前超声心动图检查发现主动脉瓣环无明显扩大、瓣叶无明显脱垂,且术中所见主动脉瓣叶柔软、无增厚,无病理性改变,则可应用保留主动脉瓣的根部替换术。

2.1 主动脉根部动脉瘤

在大多数情况下,主动脉根部瘤的手术修复指征是由主动脉瘤根部的直径或根据主动脉瓣不全的指南推荐来确定的^[16],并且需要临床医生在考虑患者家族史和年龄等因素的基础上,对自然病史中并发症的风险与手术的预期风险进行权衡。

根据2021年欧洲心脏病学会/欧洲心胸外科协会心脏瓣膜病管理指南^[17],我们在表1中总结了患者在不同状况下建议手术的主动脉直径。一般来说,主动脉瓣直径 ≥ 55 mm的患者,在没有手术禁忌的情况下,需要接受升主动脉瓣膜置换手术。在经验丰富的心脏中心,推荐对主动脉根部扩张且主动脉瓣运动正常的年轻患者进行保留主动脉瓣的根部替换^[18]。主动脉二瓣化由于其特殊的解剖结

构,当患者存在其他的危险因素或主动脉缩窄时,主动脉直径 ≥ 50 mm即考虑手术。在马凡综合征患者中,主动脉直径 ≥ 50 mm时建议进行主动脉手术。当马凡综合征患者和TGFBR1/TGFBR2突变

患者^[19](如Loeys-Dietz综合征)存在其他危险因素时,最大主动脉直径 ≥ 45 mm甚至应该更早考虑手术。

表1 主动脉根部或升主动脉瘤手术指征

Table 1 Indications for surgical intervention thresholds in patients with aortic root or ascending aortic aneurysm

Condition	Diameter ¹⁾ /mm	Class of recommendation -LOE
BAV		
without additional risk factors	≥ 55	II a - C
with additional risk factors ²⁾ or coarctation	≥ 50	II a - C
Marfan syndrome		
without additional risk factors	≥ 50	I - C
with additional risk factors ²⁾	≥ 45	II a - C
TGFBR1 or TGFBR2 mutation ³⁾ (e.g. Loeys - Dietz syndrome)	≥ 45	II a - C
Patients undergoing aortic valve surgery for another indication	≥ 45	II a - C
All patients	≥ 55	II a - C

BAV: bicuspid aortic valve; LOE: level of evidence; ¹⁾As determined by electrocardiogram-gated computed tomography; ²⁾Personal or family history of aortic dissection, severe aortic or mitral regurgitation, desire for pregnancy, uncontrolled systemic arterial hypertension and/or aortic size increase more than 3 mm/year; ³⁾A lower surgical threshold of 40mm can be considered for women with low body surface area, patients with TGFBR2 mutation or severe extra-aortic features.

2.2 急性A型主动脉夹层

涉及根部的急性主动脉夹层(acute type A aortic dissection, ATAAD)是最凶险的心脏大血管急症之一,在正常组织被严重破坏的急性主动脉夹层患者中,由于VSRR手术操作的复杂性,并不作为急性主动脉夹层的首选。近年来,涉及根部的急性主动脉夹层(ATAAD)患者在手术时,是否应该增加一个复杂的主动脉根部重建,以避免继发性形成根部动脉瘤或夹层的风险存在争议。在一些经验丰富的中心^[20],已经开始采用VSRR与主动脉夹层修复同时进行的方式,对年轻患者、结缔组织病(如马凡氏综合征)患者和主动脉根部撕裂等患者进行干预,以减少未来高风险再干预的需要。

成功VSRR的可行性实际上取决于近端解剖的程度和主动脉瓣底部主动脉组织的质量。Kallenbach等^[21]对德国急性主动脉夹层登记的来自56个中心的3382例因ATAAD接受心脏手术的患者数据进行了结果分析,证明了对于有经验的外科医生来说,保留瓣膜的根部替换术,对于选择的ATAAD患者具有良好的早期结局。Irimie等^[22]报

道了一组使用改良的成形技术接受了VSRR的急性主动脉夹层患者,他们的5年和12年的长期生存率分别为89%和69%。在12年时,所有患者均未接受主动脉再干预或者出现显著的主动脉瓣关闭不全。这项研究表明VSRR可以有效地防止主动脉夹层修补后的晚期主动脉并发症。另外,一项比较VSRR和Bentall手术治疗ATAAD患者的系统综述和荟萃分析表明,VSRR可以在有经验的中心进行,具有良好的短期和长期结果^[23]。

3 保留主动脉瓣的根部替换术的主要类型

保留主动脉瓣的根部替换术主要有两种手术途径:主动脉瓣再植(reimplantation)和主动脉根部重塑(remodeling)。

3.1 主动脉瓣再植

1992年,David^[10]首次描述的主动脉瓣的再植技术通过人工血管的固定,可以减小并稳定主动脉瓣环直径,确保了长期的耐久性。在急性A型主动

脉夹层的患者中,再植入技术对主动脉壁的支撑效果和止血效果更好。但是,主动脉窦的缺失对瓣膜动力学有潜在的影响,主动脉瓣打开和关闭的速度相应会增加^[24],从而增加了瓣叶上的机械应力,可能会加速瓣叶的损伤。

3.1.1 David I型手术 经过了三十余年的发展,Tirone David团队对其原创的根部再植技术不断丰富与完善,David I型手术的流程日趋标准。手术步骤如下:建立体外循环和灌注心脏停跳液后,在窦管交界上方横断升主动脉,仔细检查主动脉瓣瓣叶的结构与功能,确保患者能够接受再植技术。将主动脉根部从周围结构中游离出来,直至主动脉瓣下平面,沿主动脉瓣环切除主动脉窦,留下3~5 mm的主动脉窦附着在主动脉瓣环和冠状动脉开口周围,将冠状动脉从主动脉根部分离。在左室流出道的主动脉瓣环最低点用2-0或3-0带垫片涤纶线从内向外作数针水平褥式缝合。使瓣环的左室肌部与流出道纤维部处在同一平面,在室间隔处则呈扇形。如果纤维部菲薄则应用带Teflon垫片缝线缝合。接下来,选择合适口径的人工血管,在其端做3个等距离的标记。在对应主动脉左右冠瓣三角标记的位置,剪下一个三角形的部分,将主动脉瓣重新植入其中。缝线先穿过左室流出道,再从内向外穿过移植血管,缝合时注意调整两者的距离。如果主动脉瓣环没有明显扩张,缝合位置应对称。如果主动脉瓣环显著扩张,应在沿室间隔肌部主动脉瓣环最低点周围靠近无冠瓣叶交界下方的三角形区域行对称缝合,因为此区域是结缔组织病患者主动脉瓣环扩张的好发位置。在人工血管外打结,注意不要形成荷包缝合。先将移植血管剪成5 cm长并轻轻地向上提拉3个瓣叶交界,暂时用带小Teflon垫片的4-0 Prolene线将其固定到人造血管上,不要打结。将3个交界全部悬吊在人工血管自对应的新建主动脉窦,人工血管远端与主动脉远端内,然后再次检查主动脉瓣叶、游离缘水平和它们对合的位置缝合检查交界下方的三角区域,确保其与人工血管大小相符,即三角的底边应小于术前。然后在主动脉瓣环水平由内向外入针,在残留的动脉壁水平自外向内入针,依次行间断缝合。缝合顺序是从瓣叶交界向主动脉瓣环最低点。在人工血管外打结,将主动脉瓣环固定在人工血管上。最后,分别吻合左右冠状动脉开口重新植入人工血管中,检查主动脉瓣叶的对合情况,必要时应矫正瓣

叶脱垂。应确保瓣叶对合位置远高于主动脉瓣环。并将重建的主动脉根部缝合到升主动脉。Tirone David回顾了所在中心1989年到2018年所有接受David I型手术的465例患者,平均随访时间(10±6)年(完成度98%)^[25]。研究表明,David I型手术提供了极好的长期效果,但在术后需要长期的随访,需要注意术后主动脉瓣关闭不全的风险。随着时间的推移,主动脉瓣二瓣化患者可能会发展为主动脉狭窄。而患有结缔组织遗传病的患者有主动脉远端夹层的风险。

3.1.2 再植法的演变及改良手术 以David为首的术者们吸收了Yacoub手术方式的优点,对根部再植技术进行了改良,进行了一系列探索。这些改良术式的手术的操作和流程与David I型手术一致或近似,但重建窦管交界的方式各不相同。1993年,Ergin和Griep^[26]报道了与David I相近的技术,但其近端用带垫片的缝线缝合在主动脉窦内,而非David主张的瓣下,这种技术后来成为了主动脉根部袖式重建手术(“Florida Sleeve”手术)的一部分。1995年,Cochran^[27]通过数学计算,将使人工血管近端修剪呈“正弦”样,三个“正弦波”最大高度5~7 mm,这种修剪可模拟Valsalva窦结构。主动脉瓣交界仍缝合至血管内,在避免主动脉瓣环扩张的同时,避免了瓣叶与人工血管的碰撞,称之为David I Cochran改良手术。David IV型手术的流程,是使用直径较主动脉瓣环或窦管交接大4 mm的人工血管,并在窦管交界处进行折叠缝合,对血管近端进行环缩让其适合瓣环,再按照常规再植技术操作;而David V型手术,则是使用6~8 mm的人工血管,同时在近端和窦管交界进行折叠缝合,相对IV型手术植入了更大的人工血管,操作更为简单,并且能产生类似Valsalva窦的结构^[28]。目前,很少有研究对David IV型手术的临床效果进行评估。一项对2004~2017年单中心136例接受David V型手术的研究结果表明,在经过高度选择的患者中,David V型手术能够为伴有主动脉根部病理和瓣膜功能不全的急性A型主动脉夹层患者提供安全的修复。2004年,Demers和Miller等^[29]发表了David V型改良手术:David-V-Smod手术(双移植技术),采用了两根直管移植即使用一个大的移植体形成新窦,一个小的移植体形成窦管连接并取代上行主动脉。Makinejad等^[30]回顾了密歇根医学院心脏外科中心2004年9月至2020年9月接受VSRR手术的332

例患者(270例患者接受David V型手术,62例患者接受David-V-Smod手术)。结果表明,两种技术均具有良好的中短期疗效,而David-V-Smod技术可能有更好的远期生存率和免于再次手术率,但由于样本量的限制,还需要更多的研究和更长的随访时间进行验证。随着材料科学的进展,还发明了有主动脉窦的人工血管,能够简便地应用于临床,也都取得了良好的短期和中期效果。近来一项研究中,Paulsen等^[31]使用新型3D打印左心模拟器对5个临床可用的移植物进行了全面的离体生物力学分析,发现不带有主动脉窦的直人工血管最接近天然主动脉根部的生物动力学。由于这些研究随访时间过短,在再植主动脉瓣时重建主动脉窦的长期效果还不明确。

3.2 主动脉根部重塑

早在1993年,Yacoub^[11]就描述了根部重塑技术。1995年,David也对重塑的手术技术进行了报道^[32]。主动脉根部重塑实现了主动脉根部近乎生理学的重建,保留了主动脉瓣环的扩张性,提供了良好的血流动力学,最大限度地减少了主动脉瓣上的压力。但是,由于主动脉瓣环稳定性差,在手术后瓣环可能会继续扩张,导致主动脉瓣关闭不全。

3.2.1 David II型手术 David II型手术又称Yacoub手术,与再植技术中主动脉瓣重新植入人工血管内不同的是,为了维持根部的窦状结构,在冠状动脉从主动脉根部分离并切除病变主动脉窦壁后,Yacoub将合适直径的人工血管近心端裁剪出一个约为直径2/3的缺口,并将缺口起始及终点处修剪成扇贝样,形成新的主动脉窦。重建的主动脉窦的高度应该约等于人工血管直径,将3个交界悬吊于人工血管上,然后用4-0 Prolene线将人工血管连续缝于主动脉瓣环及残留的主动脉壁上。人工血管与主动脉吻合后,将冠状动脉移植对应的新主动脉窦上,然后检查三个主动脉瓣叶并评价其对合情况,确保三个瓣叶位于同一水平并远高于主动脉瓣环的最低点。冠状动脉移植到相应的主动脉窦后,向人工血管内加压灌注心肌停搏液或行超声心动图评价主动脉瓣的关闭及左心室充盈情况。然后吻合人工血管到远端的升主动脉,或根据病变累及范围行全主动脉弓置换。

尽管有研究表明,在马凡综合征患者中,根部重塑(David II型)和瓣膜再植入(David I型)两种术式10年免于再手术率的情况相同,但再植入术

后的瓣膜稳定性更好。一项纳入747名接受David II型手术患者(主动脉瓣解剖为三叶瓣431例,二叶瓣290例,单叶瓣26例)的回顾性分析显示,在保留瓣膜的根部替换术中,David II型手术具有良好的长期耐用性,与瓣膜置换术相比,重建过程更短,平均能节省30 min的心肌缺血时间^[33]。

3.2.2 David III型手术 近年来,在主动脉根部重塑的同时进行瓣环成形的技术越来越受到关注,这种技术被称为瓣环固定的成形术。Lansac等^[12]提出了一种类似于再植入的标准化的成形技术,在主动脉瓣环的下方放置一个柔性成形环,使用瓣叶悬吊的方式保证瓣叶的有效高度,并通过一系列瓣膜下缝线加固主动脉根部来防止瓣环的扩张,同时保留了窦的生理性。177例患者接受了这种标准化的外环成形术^[34],与机械Bentall手术相比,该试验显示了相似的30 d死亡率,随访4年的中期结果显示,瓣膜修复术后瓣膜相关死亡和出血事件的发生率均明显优于置换术后,瓣膜相关再手术的发生率相似。然而,也有报道表明^[35],在接受主动脉根部重塑后,主动脉瓣环不会扩张,所以环成形术是不必要的。但是,这两项研究的平均随访时间太短,无法证实术后环是否扩张的问题。

4 远期结果

David等^[36]最近报告了他们的开创性队列的长期结果。共纳入1989年至2018年间接受主动脉瓣再植入手术的465名患者[年龄(47.0±5.1)岁]。患者在手术后和出院前采集超声心动图,通过前瞻性方式对患者进行了随访。每2~5年随访一次,平均随访时间为(10±6)年,完成率为98%。20年时,69%的患者存活且没有再次进行主动脉瓣手术。这个临床队列的结果提示,对患者的选择,特别是术前对主动脉瓣质量的评估是良好远期结果的关键。接受主动脉瓣再植入术是治疗主动脉根部动脉瘤和环主动脉扩张患者的一个极好的选择。

Yacoub等^[37]于1998年报告了他们关于重塑技术的队列研究,共有158例患者纳入研究,择期手术的10年生存率为82%,术后5年和10年需要再次手术的概率均为(11.0±0.5)%。Schäfers等^[38]对747名接受重塑技术治疗的患者(其中二叶主动脉瓣患者290例)进行了18年的随访,在术后10年和15年,分别有92%和91%的病人避免了再次手术。

二叶主动脉瓣患者术后10年避免再次手术的比例为89% ($P < 0.006$), 15年为83%。孔焯团队^[39]对40名接受VSRR手术的患者(其中再植入手术32例, 重塑手术8例, 其中10例患者同期行主动脉瓣叶修复术)进行了12~86(45.7 ± 18.9)个月的随访, 随访期内, 未发生主动脉瓣再次手术。上述队列均证明了根部重塑在保留主动脉瓣的根部替换术中良好的远期结局。

4.1 马凡综合征

在结缔组织病患者中, VSRR手术的长期耐久性一直受到质疑。Martens等^[40]对1993年至2015年间, 该中心582例接受了再植手术的患者(104人为马凡综合征患者)进行了随访。随访结果表明, 马凡综合征患者结缔组织的缺陷并不对长期结局产生负面影响, VSRR的长期耐久性与患者选择和手术质量密切相关。

Elbatarny等^[41]将1988年至2018年间, 在多伦多总医院Peter Munk心脏中心接受了VSRR手术的194名MFS患者进行倾向性评分匹配, 得到了一个有68例患者的队列(44例接受再植, 24例接受重塑)。VSRR为MFS患者提供了良好临床结局。在20年的随访中, 相较于重塑技术, 接受再植入技术患者的再次手术和主动脉瓣关闭不全的风险更低。

4.2 主动脉瓣二瓣化

保留主动脉瓣的根部置换术对于三尖瓣完整的患者是一个极好的治疗选择。然而, 二叶主动脉瓣患者的耐久性仍然是一个有争议的问题。在一项有超过20年经验的随访中^[42], 共有582名患者接受了David I手术, 其中50人有主动脉瓣二瓣化。所有患者都接受了随访, 平均随访时间为 11.0 ± 5.2 年。在这项研究中, VSRR手术对患有二叶主动脉瓣的患者有极好的短期效果, 再植入的二叶主动脉瓣的长期耐久性与三尖瓣相当。由于选择偏差的存在, 可能需要进一步的研究来明确这一问题。

另外, 在一些临床研究中, 认为二瓣主动脉瓣再植入的耐久性可能低于三瓣主动脉瓣。比如, 克利夫兰诊所对71对接受VSRR的二尖瓣和三尖瓣患者进行的倾向性匹配比较显示, 二瓣化主动脉瓣术后5年时, 存在更多的主动脉瓣返流, 更高的梯度, 更少的心室反向重构^[43]。

在主动脉瓣二瓣化的患者中, 根部重塑和瓣膜再植入技术的选择似乎只与术者或心脏中心的倾向有关^[44]。最近的数据显示, 在一项长达10年的

随访研究中^[45], 这两种技术对二瓣化的治疗效果相当。未来还需要更多的临床数据与更长的随访时间, 来确定接受根部重塑和瓣膜再植入两种技术患者的远期结局。

4.3 主动脉瓣再植与根部重塑

近年来, 比较再植与重塑两种主要形式的VSRR的文章陆续发表^[46], 但是由于这些研究充满了局限性, 如低水平的研究设计、患者选择无特定标准、患者数量少、随访不完整等。另外, 在这些研究中, 大多数接受根部重塑的患者没有接受瓣环成形, 而瓣环成形术对瓣环扩张的限制有重要作用。在Steven团队^[47]发表的一项系统综述与荟萃分析中, 共有21篇文章被纳入其中, 共有1 283例患者进行了再植, 1 150例进行了重塑。研究显示两种技术之间的临床结果相似, 两种手术都是基于外科医生的经验和偏好选择的(表2)。

针对急性A型主动脉夹层接受了再植与重塑手术的患者, 阜外医院郑哲、钱向阳团队对围术期及中期结果进行了对比^[48], 表明与David II手术相比, David I手术具有更好的围术期及中期结果, 二次开胸止血及血制品应用率、术后发生主动脉瓣反流概率明显降低。由于数据存在显著的异质性, 后续还需要较小混杂因素的大样本量队列来验证。

5 小结与展望

目前, 复合带瓣血管的根部置换术(Bentall手术), 特别是机械瓣膜置换, 仍然是对于主动脉瓣功能不全合并主动脉根部瘤样扩张患者的标准外科治疗方式^[17]。在临床应用中, Bentall手术的操作相对简单, 大多数主动脉外科医生经过一段时间的学习都能够掌握。机械瓣膜可以终身使用, 但会为患者带来抗凝风险; 生物瓣膜只需要短期抗凝治疗, 但是使用寿命相对较短, 年轻患者将面临二次手术。

VSRR是复合瓣膜置换术的替代方案, 根据现有的临床数据显示^[49], 再植入和重塑技术都提供了良好的临床结果和稳定的瓣膜功能。2022美国心脏协会/美国心脏病学会临床实践指南^[50]指出, 在进行主动脉根部置换的患者中, 如果主动脉瓣适合保留或修复, 并且由经验丰富的外科医生在多学科主动脉团队中实施手术, 保留瓣膜的主动脉根部置换是可行的(II a类推荐)。我们认为, 在大容量心

表2 主动脉瓣再植与主动脉根部重塑对比
Table 2 Aortic valve reimplantation versus aortic root remodeling

Items	Reimplantation	Remodelling
Technical similarity	All patients removed the diseased aortic sinus wall and preserved the aortic valve.	
Technical differences		
Advantages	Valve annulus is fixed and will not expand.	Almost physiological reconstruction of aortic root
Disadvantages	Potential impact on valve dynamics may accelerate the injury of valve leaflets.	Poor stability of the annulus may lead to postoperative annulus dilatation.
Selection of patients	No obvious calcification, perforation and endocarditis were found in the texture of the leaflets. The complications such as coronary heart disease are few, and the operation risk is relatively small; The hemodynamics was stable before operation.	
Applicable people		
Marfan syndrome	The reoperation rate of reimplantation and the incidence of long-term aortic regurgitation are lower.	
BAV	The treatment effect is equivalent	
ATAAD	Reimplantation technique has better perioperative and mid-term results.	

BAV: bicuspid aortic valve; ATAAD: acute type A aortic dissection.

脏中心的条件支持下,通过合适的患者选择,并辅以经验丰富的手术团队,VSRR将会为患者带来更大的临床获益。随着对主动脉根部解剖学的深入理解,有效高度和几何高度等标准化概念被引入手术的程序,我们对病人的选择会更有依据。不过,主动脉二瓣化、结缔组织病患者中的结果,还有待于进一步的数据和研究来验证。

近年来,随着VSRR技术的不断成熟,外科微创观念的不断普及,国内外一些中心开始尝试采用小切口的方式来进行VSRR手术,也取得了良好的临床结果。我们相信,未来会有更多的临床证据展现在我们面前,保留主动脉瓣的根部手术也会朝着标准化迈进。

参考文献

- [1] Bentall H, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta[J]. Thorax, 1968, 23(4): 338-339.
- [2] Elbatarny M, Tam DY, Edelman JJ, et al. Valve-sparing root replacement versus composite valve grafting in aortic root dilatation: a meta-analysis[J]. Ann Thorac Surg, 2020, 110(1): 296-306.
- [3] Taylor WJ, Thrower WB, Black H, et al. The surgical correction of aortic insufficiency by Circumclusion [J]. J Thorac Surg, 1958, 35(2): 192-205.
- [4] Joseph J, Garamella, Schmidt WR. Clinical experiences with the bicuspid operation for aortic regurgitation [J]. Ann Surg, 1963, 157(2): 310-313.
- [5] Harken DE, Soroff HS, Lefemine AA, et al. Partial and complete prostheses in aortic insufficiency[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1960, 40: 744-762.
- [6] Spencer FC, Bahnson HT, Neill CA, et al. The treatment of aortic regurgitation associated with a ventricular septal defect [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1962, 43: 222-233.
- [7] Cooley DA. In memoriam: donald N. Ross (1922 - 2014) [J]. Tex Heart Inst J, 2014, 41(5): 456-457.
- [8] 王世杰,刘鹏,温姝钰,等. 主动脉瓣疾病手术治疗现状与进展[J]. 临床心血管病杂志, 2023, 39(6): 417-424.
Shijie W, Peng L, Shuyu W, et al. Current status and progress of aortic valve surgery treatment [J]. J Clin Cardiol, 2023, 39(6): 417-424.
- [9] 孙境. 主动脉瓣修复术前评价策略的研究进展[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(2): 217-221.
Jing S. Advances in preoperative evaluation strategies for aortic valve repair[J]. Chin Circul J, 2023, 38(2): 217-221.
- [10] David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for

- patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1992, 103(4): 617-622.
- [11] Sarsam MA, Yacoub M. Remodeling of the aortic valve annulus [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1993, 105(3): 435-438.
- [12] Lansac E, Di Cesta I, Bonnet N, et al. Aortic prosthetic ring annuloplasty: a useful adjunct to a standardized aortic valve-sparing procedure? [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2006, 29(4): 537-544.
- [13] de Oliveira NC, David TE, Ivanov J, et al. Results of surgery for aortic root aneurysm in patients with Marfan syndrome [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2003, 125(4): 789-796.
- [14] Miller DC. Valve-sparing aortic root replacement in patients with the Marfan syndrome [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2003, 125(4): 773-778.
- [15] Schäfers H, Schmied W, Marom G, et al. Cusp height in aortic valves [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 146(2): 269-274.
- [16] Kalogerakos PD, Zafar MA, Li Y, et al. Root dilatation is more malignant than ascending aortic dilation [J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(14): e020645.
- [17] Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease [J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(7): 561-632.
- [18] Mastrobuoni S, de Kerchove L, Navarra E, et al. Long-term experience with valve-sparing reimplantation technique for the treatment of aortic aneurysm and aortic regurgitation [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 158(1): 14-23.
- [19] Jondeau G, Ropers J, Regalado E, et al. International registry of patients carrying TGFBR1 or TGFBR2 mutations [J]. *Circulation: Cardiovascular Genetics*, 2016, 9(6): 548-558.
- [20] Rosenblum JM, Leshnowar BG, Moon RC, et al. Durability and safety of David V valve-sparing root replacement in acute type A aortic dissection [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 157(1): 14-23.
- [21] Kallenbach K, Büsch C, Rylski B, et al. Treatment of the aortic root in acute aortic dissection type a: Insights from the german registry for acute aortic dissection type A [J]. *Eur J Cardio-Thorac Surg*, 2022, 2: ezac261.
- [22] Irimie V, Atieh A, Kucinoski G, et al. Long-term outcomes after valve-sparing anatomical aortic root reconstruction in acute dissection involving the root [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 159(4): 1176-1184.
- [23] Wu J, Huang Y, Qiu J, et al. Is valve-sparing root replacement a safe option in acute type A aortic dissection? a systematic review and meta-analysis [J]. *Intera Cardiovasc Thorac Surg*, 2019, 29(5): 766-775.
- [24] Grande-Allen KJ, Cochran RP, Reinhall PG, et al. Surgery for acquired cardiovascular disease [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2000; 114-119.
- [25] David TE, David CM, Ouzounian M, et al. A progress report on reimplantation of the aortic valve [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 161(3): 890-899.
- [26] Ergin MA, Griep RB. Composite aortic valve replacement and graft replacement of the ascending aorta plus coronary ostial reimplantation: how I do it [J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 1993, 1(5): 88-90.
- [27] Cochran R, Kunzelman K, Eddy A, et al. Modified conduit preparation creates a pseudosinus in an aortic valve-sparing procedure for aneurysm of the ascending aorta [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1995, 6(109): 1049-1057.
- [28] 孙立忠, 田良鑫, 常谦, 等. 保留主动脉瓣的主动脉根部替换术 (David 手术) [J]. *中华医学杂志*, 2003(9): 103-104.
- Lizhong S, Liangxin T, Qian C, et al. Aortic root replacement with preservation of the aortic valve (David's procedure) [J]. *Natl Med J Chin*, 2003(9): 103-104.
- [29] Demers P, Miller DC. Simple modification of "T. David-V" valve-sparing aortic root replacement to create graft pseudosinuses [J]. *Ann Thorac Surg*, 2004, 78(4): 1479-1481.
- [30] Makkinejad A, Brown B, Ahmad RA, et al. Valve-sparing aortic root replacement technique: valsalva graft versus two straight tubular grafts [J]. *Cardiol Res Pract*, 2023, 2023: 4076881.
- [31] Paulsen MJ, Imbrie-Moore AM, Baiocchi M, et al. Comprehensive ex vivo comparison of 5 clinically used conduit configurations for valve-sparing aortic root replacement using a 3-dimensional-printed heart simulator [J]. *Circulation*, 2020, 142(14): 1361-1373.
- [32] David TE, Feindel CM, Bos J. Repair of the aortic valve in patients with aortic insufficiency and aortic root aneurysm [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1995, 109(2): 345-352.
- [33] Schäfers H, Raddatz A, Schmied W, et al. Reexamining remodeling [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(2): S30-S36.
- [34] Lansac E, Di Cesta I, Sleilaty G, et al. Remodeling root repair with an external aortic ring annuloplasty [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 153(5): 1033-1042.
- [35] Bilkhu R, Tome M, Marciniak A, et al. Does the aortic annulus dilate after aortic root remodeling? [J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 110(3): 943-947.
- [36] David T. Reimplantation valve-sparing aortic root replacement is the most durable approach to facilitate aortic valve repair [J]. *JTCVS Techniques*, 2021, 7: 72-78.
- [37] Yacoub MH, Gehle P, Chandrasekaran V, et al. Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1998(115): 1080-1090.

- [38] Schäfers H, Raddatz A, Schmied W, et al. Reexamining remodeling [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(2): S30-S36.
- [39] 张步升, 方亮, 戴黄栋, 等. 保留瓣膜的主动脉根部置换术治疗主动脉根部瘤合并中度以上主动脉瓣反流的中期随访结果[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2022, 29(8): 1014-1019.
- Zhang BS, Fang L, Dai HD, et al. Midterm outcomes of valve-sparing aortic root replacement in patients with aortic root aneurysm and moderate to severe aortic regurgitation [J]. *Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 29(8): 1014-1019.
- [40] Martens A, Beckmann E, Kaufeld T, et al. Valve-sparing aortic root replacement (David I procedure) in Marfan disease: single-centre 20-year experience in more than 100 patients [J]. *Eur J Cardio-Thorac Surg*, 2018.
- [41] Elbatarny M, David TE, David CM, et al. Improved outcomes of reimplantation vs remodeling in marfan syndrome: a propensity matched study [J]. *Ann Thorac Surg*, 2023, 115(3): 576-582.
- [42] Beckmann E, Martens A, Krüger H, et al. Aortic valve-sparing root replacement in patients with bicuspid aortic valve: long-term outcome with the David I procedure over 20 years [J]. *Eur J Cardio-Thorac Surg*, 2020, 58(1): 86-93.
- [43] Mokashi SA, Rosinski BF, Desai MY, et al. Aortic root replacement with bicuspid valve reimplantation: Are outcomes and valve durability comparable to those of tricuspid valve reimplantation? [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 163(1): 51-63.
- [44] Rahnavardi M, Yan TD, Bannon PG, et al. Aortic valve-sparing operations in aortic root aneurysms: remodeling or reimplantation? [J]. *Intera Cardiovasc Thorac Surg*, 2011, 13(2): 189-197.
- [45] Kayatta MO, Leshnower BG, Mcpherson L, et al. Valve-sparing root replacement provides excellent midterm outcomes for bicuspid valve aortopathy [J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(2): 499-504.
- [46] Zhou Z, Liang M, Huang S, et al. Reimplantation versus remodeling in valve-sparing surgery for aortic root aneurysms: a meta-analysis [J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(9): 4742-4753.
- [47] Toh S, Ang J, George JJ, et al. Outcomes in techniques of valve sparing aortic root replacement: a systematic review and meta analysis [J]. *J Cardiac Surg*, 2021, 36(1): 178-187.
- [48] 常谦, 钱向阳, 郑哲, 等. David I 与 David II 手术治疗急性 Stanford A 型主动脉夹层的中期疗效对比 [J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2021, 37(7): 422-426.
- Qian C, Xiangyang Q, Zhe Z, et al. Midterm outcomes of david i versus david II surgery for acute stanford a aortic dissection [J]. *Chin J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 37(7): 422-426.
- [49] Leontyev S, Schamberger L, Davierwala PM, et al. Early and late results after david vs bentall procedure: a propensity matched analysis [J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 110(1): 120-126.
- [50] Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J, et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: a Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines [J]. *Circulation*, 2022, 146(24): e334-e482.

(编辑 余菁)