



李白翎, 现任海军军医大学第一附属医院重症医学中心主任、心血管外科副主任。主任医师、教授, 硕士研究生导师。中国心脏重症“领军人物”获得者, 上海市重症医学“杰出青年奖”获得者。兼任上海健康医学院特聘研究员、中国医师协会心脏重症专业委员会常务委员兼副秘书长、器官功能支持学组组长, 中国医师协会体外生命支持专业委员会委员, 中国医学救援学会心肺复苏分会理事, 上海市医学会心脏及大血管外科分会委员兼重症学组组长, 上海市医学会危重病专科分会重症心脏学组副组长, 上海市医师协会体外生命支持专业委员会委员, 上海市医师协会心血管外科医师分会委员。长期从事危重病患者救治方面的工作, 特别在心律失常、心力衰竭等重症心血管病救治等方面具有丰富的经验及成果。荣立个人三等功2次, 获军队科技进步及医疗成果三等奖各一项, 主持国家自然科学基金等各类项目8项, 牵头或参与制定危重病相关专家共识12项, 授权发明专利3项, 主编专著1部, 参编专著7部, 发表SCI论文30余篇。

del Nido 停搏液在心脏外科的应用: 过去、现在与未来

赵志敏¹, 王春², 李白翎¹

(1. 海军军医大学第一附属医院心血管外科, 上海 200433; 2. 中国医科大学附属第一医院心脏外科, 辽宁 沈阳 110001)

摘要: del Nido 停搏液过去重点用于儿科先天性心脏病手术, 目前其从儿科先心病正在逐步拓展到成人心脏外科并广泛应用于各种心脏外科手术中, 包括心脏瓣膜手术、大血管手术、冠状动脉手术以及左心辅助装置手术等。随着微创在心外科的蓬勃发展, 期待未来能有更完善的心肌保护监测手段和应用策略, 从而更有利于选择最适合的停搏液为手术提供有力的支持。本文旨在对 del Nido 停搏液从过去的应用、目前的发展及今后可能在新领域的潜在应用等方面进行总结, 以期为相关领域的发展提供参考。

关键词: del Nido 停搏液; 心肌保护; 灌注; 心肺转流术; 心肌再灌注损伤

中图分类号: R654 **文献标志码:** A

del Nido cardioplegia in cardiac surgery: past, present and future

ZHAO Zhimin¹, WANG Chun², LI Bailing¹

(1. Department of Cardiovascular Surgery, First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200433, China;
2. Department of Cardiac Surgery, The First Affiliated Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, Liaoning, China)

收稿日期: 2024-07-25

基金项目: 海军军医大学医疗新技术创新培育项目 (ZXJS2024B16)

通信作者: 王春。E-mail: doctorchun@126.com

李白翎。E-mail: smmu_libailing@163.com

Abstract: In the past, del Nido cardioplegia was mainly used in pediatric congenital heart disease surgery, but now it is gradually expanding from pediatric congenital heart disease to adult cardiac surgery and is widely used in various cardiac surgeries, including heart valve surgery, large vessel surgery, coronary artery surgery and left heart assist device surgery. With the vigorous development of minimally invasive surgery in cardiac surgery, it is expected that there will be more complete myocardial protection monitoring methods and application strategies in the future, so as to be more conducive to the selection of the most suitable cardioplegia to provide strong support for surgery. The purpose of this review is to summarize the past application, current development and potential application of del Nido cardioplegia in new neighborhoods, in order to provide reference for the development of related fields.

Key words: del Nido cardioplegia; Myocardial preservation; Perfusion; Cardiopulmonary bypass; Myocardial reperfusion injury

在心脏外科的发展历程中,心肌保护技术一直是推动该领域进步的关键因素之一。随着医疗技术的发展,心脏外科手术变得更加复杂和精细,对心肌保护的需求也相应提高。为了保障手术过程中的心肌安全和术后心肌功能的恢复,研究人员不断探索和创新心肌保护措施。在众多心肌保护措施中,停搏液的应用显得尤为重要。目前体外循环手术中心肌保护的灌注方式可分为单次灌注及多次灌注,其中单次灌注液以细胞内液型的心肌保护液(Histidine-Tryptophan-Ketoglutarate, HTK液)和细胞外液型的del Nido停搏液为主要代表;而多次灌注停搏液以St. Thomas和Buckeberg's液为主。del Nido停搏液最初做为一种未成熟心肌的保护剂被儿科广泛应用,但是随着更多在成人手术中应用研究的报道,del Nido停搏液以其独特的配方和优势,逐渐在成人心脏外科领域得到应用。

经典的del Nido停搏液是含血的心肌保护液,晶体液与血液的比例是4:1。灌注量20 mL/kg(极量为1 000 mL),灌注压力100~200 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),灌注速度200~300 mL/min,灌注后心肌温度低于15℃,获得90 min的心肌保护^[1-2]。del Nido停搏液的基础液为Plasma-Lyte A(复方电解质注射液,一种已经商品化的晶体溶液),同时含有甘露醇、硫酸镁、碳酸氢钠、钾和利多卡因。

del Nido停搏液中的每种成分在心脏保护策略中都扮演着重要角色:①甘露醇具有清除自由基和减少水肿的能力;②镁阻断钙通道,改善心肌恢复;③碳酸氢钠清除氢离子并维持细胞内pH值;④氯化钾提供快速去极化停跳;⑤利多卡因是钠通道阻断剂和Ib类抗心律失常药物,增加心肌细胞的不应期,一定程度地极化细胞并减少细胞内钠和钙的流入,减轻高钾去极化停跳的负面影响^[3]。del Nido停搏液还含有20%的血液,在支持有氧代谢、提供缓冲能力以及在输送期间改善冠状动脉灌注方面发

挥作用^[4-5]。不同的灌注液成分、灌注方式以及灌注技术都可能对预后产生影响,这也表明目前不存在完美的心脏停搏液,而是需要选择更合适的停搏液。

本文旨在通过全面探讨del Nido停搏液在心脏外科应用的过去、现在与未来,同时与主流灌注液的区别及应用效果对比,为相关领域的发展提供参考。

1 del Nido 停搏液的过去

在20世纪80年代和90年代发表的几项研究没有显示心脏停搏液的类型(晶体与血液)、温度(冷、温或温)或给药方式(顺行与逆行)之间的实质性差异,因此,在心脏停搏期间哪种类型的心脏停搏液可以更好地保护心肌,仍存在争议^[6]。起初婴儿和儿童患者的心脏停搏液与成人使用的相同,只是简单地针对体表面积、流量和压力进行了相应的计算调整。圣托马斯医院的心脏停搏液(Plegisol;雅培实验室,伊利诺伊州芝加哥)在20世纪80年代和90年代以这种方式广泛使用^[7]。20世纪90年代初,为满足未成熟心脏的需求和差异,匹斯堡大学的del Nido博士研制了del Nido停搏液^[1],并在北美广泛应用^[8]。目前专利已经到期,可以由任何医院的内部药房制备。

北美儿童心胸外科协会针对心脏停搏液的配方、剂量和给药方式以及不同年龄段儿童的灌注策略的调查报告结果显示,86%的外科医生使用含血的心脏停搏液,其中使用频率最高的是del Nido停搏液,50%使用del Nido停搏液的患者仅灌注一剂心脏停搏液就可以完成2 h主动脉阻断的心脏手术,无需多次灌注且心肌保护效果确切^[9],奠定了del Nido停搏液在先天性心脏病外科手术中的地位。一项比较del Nido停搏液与每30 min给予1次的1:1含血心脏停搏液的临床研究显示,两组在体外

循环时间、主动脉阻断时间和术中输血量方面差异无统计学意义;主动脉阻断期间,del Nido 停搏液组所需的心脏保护液剂量和灌注次数较少,两组的临床结果相似,del Nido 停搏液组围手术期血糖水平更稳定^[10]。一项比较 del Nido 停搏液与 St. Thomas 液在儿童室间隔缺损和法洛四联症患者中应用的随机试验结果发现,术后 2、6、24 h,del Nido 停搏组的心排指数平均比 St. Thomas 液组高出 $0.50 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$,机械通气时间、重症监护时间和住院时间显著降低,术后 24 h 肌钙蛋白的释放也较低,且电子显微镜研究显示 St. Thomas 液组肌原纤维排列紊乱更为明显^[11]。2014 年 10 月,堪萨斯城儿童慈善医院从使用改良 St. Thomas 液改为使用 del Nido 停搏液,医院回顾性研究表明 del Nido 停搏组的整体除颤率是应用改良 St. Thomas 液组的 $1/6$ ^[12]。

del Nido 停搏液在婴幼儿和儿童心肌保护方面取得的研究结果和实际临床实践证明了其所有心血管手术中的应用潜力,2016 年,阿卜杜勒阿齐兹国王大学医院的成人和儿童心脏手术从 St. Thomas 液转为使用 del Nido 停搏液,回顾性研究 220 例需要心脏停搏液进行心脏手术的患者资料,发现 del Nido 停搏组需要除颤的患者明显少于 St. Thomas 液组。del Nido 停搏液在儿童和成人心脏手术中与 St. Thomas 液同样安全有效,并在不间断手术和降低除颤率方面具有优势^[13]。

2 del Nido 停搏液的现在

随着临床应用的不断深入,临床外科医生逐渐发现 del Nido 停搏液在成人心脏外科领域也具有有良好的应用效果。虽然目前的大多数研究是 del Nido 停搏液临床初期应用的观察性结果,以单中心回顾性研究为主,病例数量少,但是结果比较乐观。近几年 del Nido 停搏液在成人心脏外科的应用发展迅速,开展了一系列随机对照试验,已经积累较多的病例数量和研究结果。del Nido 停搏液目前已广泛应用于各种心脏外科手术中,包括心脏瓣膜手术、大血管手术、冠状动脉手术以及左心辅助装置手术等^[14]。

Tan 等^[15]的荟萃分析表明,del Nido 停搏液的死亡率整体低于 HTK 液和含血停搏液。在孤立性瓣膜手术的研究中,del Nido 停搏液的使用安全有效,可作为 Buckberg 液的替代品^[16]。Ramanathan 等^[17]回顾性研究成人的瓣膜、主动脉和冠脉手术,结果显示 del Nido 停搏液组比 Buckberg 液组心脏

停搏液剂量少和除颤次数更少,并且术后事件的发生率与 Buckberg 组比较差异无统计学意义。Ad 等^[18]针对成年人心脏手术的研究中,与全血停搏液相比较,del Nido 停搏液获得了同样的临床使用效果,同时简化了手术流程。在另一项分析 178 例接受微创主动脉瓣手术的成年患者的研究中,del Nido 停搏液组较传统全血心脏停搏液组的体外循环时间、主动脉阻断时间均减少,肌钙蛋白 T 水平和射血分数在两组之间没有差异^[19]。而在冠脉外科手术领域,一项对接受冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 低危患者的研究显示,单剂量 del Nido 心脏停搏液是经济有效的,患者可以获得良好的手术预后,同时大多数患者能维持窦性节律并且降低输血风险^[20]。Timek 等^[21]研究表明,del Nido 停搏液提供了有效的心肌保护,其在单剂量灌注的 CABG 中患者中应用是安全有效的。一项对于应用全动脉化 CABG 治疗左室功能低下冠心病患者的多中心研究中,del Nido 停搏液可以在手术中使用并取得良好结果^[22]。从 2014 年 7 月至 2022 年 3 月,39 个中心进行的 CABG 瓣膜(二尖瓣、主动脉)和/或非降主动脉胸部手术的灌注措施与结果登记研究显示,在 44 175 例患者中,42.5% 使用了 del Nido 停搏液,在 8 年的研究中,del Nido 停搏液的使用人数比例增加了 3 倍,与全血停搏液相比 del Nido 停搏液组的主动脉阻断时间更短 (74 min vs. 87 min, $P < 0.001$),术中血糖水平更低^[23]。

del Nido 停搏液作为一种高效的心肌保护剂,主要优势在于单次灌注即可提供数小时的心肌保护效果。相比需要多次灌注的传统停搏液,del Nido 停搏液有效降低了手术操作的复杂性和风险,同时可能有助于术后心肌功能的恢复。一部分外科医生担心 del Nido 停搏液配方中血液成分占比较小,也没有额外添加供能物质,对于成熟心肌的能量供应是否足够,长时间缺血是否真正安全可靠,尤其是单次灌注 del Nido 停搏液提供的 90 min 心肌保护时长,对于左心室严重肥厚和严重冠状动脉狭窄的患者,是否会存在停搏液在心肌内分布不良、心肌保护不足的风险。然而,无论哪一种心肌保护液都存在这样的担忧和风险。因此,需要结合医院的工作习惯、医生的外科操作能力以及围术期的综合管理能力决定。

3 del Nido 停搏液的未来

体外循环下的心肌保护是非生理过程的弥补措

施,目前尚没有公认最合适及理想的心肌保护方案。机械停跳是心肌保护的主要基础,电静息和低温是相对次要的基础。鉴于此,利多卡因的加入为 del Nido 停搏液提供了对机械停跳的额外支持,这也是 del Nido 停搏液能提供充分心肌保护的一个理论基础。以下是目前和未来 del Nido 停搏液临床应用和科学研究中最受关注的问题。针对性地探讨思考,可能为寻找下一阶段心肌保护方案提供借鉴。

3.1 评估心肌保护质量的方法

自从 del Nido 停搏液引入临床应用以来,关于心肌保护的研究有很多。评估心脏停搏液效果的理想方法应该是一系列测量的组合,包括肌钙蛋白和肌酸激酶 MB 水平、肌力药物需求、术中超声心动图和术后超声心动图。磁共振成像可能代表了评估心肌保护最彻底的方法。目前已有使用磷-31 磁共振波谱测量细胞能量代谢产物的在离体的猪心脏中使用,无论是顺行灌注还是逆行灌注的方式,都可以监测心脏停搏液的分布,包括在冠状动脉闭塞的情况下的灌注分布^[24]。随着现代 MRI 技术测量心肌活性技术的发展,不久必会有更好的评估心肌保护效果的临床方案。

未来关于 del Nido 停搏液与传统心脏停搏液的随机对照试验,特别要关注心肌活性,而不是心脏的整体机械功能。在全动脉化 CABG 领域,del Nido 停搏液对围术期心肌细胞活性的保护和提高与全动脉桥对中远期心肌细胞活性和功能的提升,两者的协同效果值得期待。

3.2 del Nido 停搏液的再次灌注

如果心肌停跳持续时间延长(例如,超过 90 min),是否应该给予第二次和第三次的灌注?如果需要第二次主动脉阻断,使用 del Nido 停搏液还是其他心脏停搏液?

del Nido 停搏液最初在波士顿儿童医院使用时,单剂量 20 mL/kg 给药,限制在 1 L 以内,对于特殊情况如心脏肥大、主动脉瓣关闭不全或冠状动脉疾病会给予增加的剂量。除非出现电活动或主动脉阻断超过 2 h 以上,否则通常不给予第二剂量灌注。当 del Nido 停搏液使用扩展到成人手术时,通常再次灌注的时间间隔更短。而目前越来越多的微创手术正在蓬勃发展,在微创外科领域,由于切口小、手术窗更深,因此如果能探索出更适合单次灌注同时保证确切心肌保护效果的灌注液就会大大减少甚至

避免多次灌注对手术的干扰^[19]。

临床实践中,大多数外科医生会在缺血时间 60~90 min 重新灌注 del Nido 停搏液,并根据预期的主动脉阻断时间来选择剂量,一般为 250~500 mL。对于不合并急性心肌梗死的严重冠状动脉狭窄病例,心肌长期通过侧支循环、顿抑和冬眠机制代偿缺血状态,缺血预适应也广泛存在。单次 del Nido 停搏液灌注能满足大多数 CABG 的心肌保护要求,从目前的临床实践结果可以得到一定的佐证。

3.3 del Nido 停搏液的适用范围

在 del Nido 停搏液与传统全血心脏停搏液的随机对照试验中,患者的中位射血分数往往高于 50%,主动脉阻断时间短,手术大多为单纯的 CABG 或瓣膜手术,但在射血分数低、不包括复杂手术的随机对照实验中使用 del Nido 停搏液的效果尚缺乏有力证据支持。del Nido 停搏液在没有并发症、缺血时间短的 CABG 或瓣膜手术的患者中应用是相对安全的,但在有并发症、射血分数降低、右心室功能障碍和长时间缺血的患者中的使用尚未形成确定结论。目前也有关于 del Nido 心脏停搏液在移植前立即给予供体心脏的报道,这种辅助保存策略有可能减少心脏移植受者严重的原发性移植物功能障碍^[25]。

对于有长时间缺血的患者,目前没有找到完美的心脏停搏液解决方案。del Nido 停搏液是否可以作为成人进行复杂手术的心肌保护液的又一选择,以及其能否改善手术流程,提供与其他类型心肌保护液相似的临床结果尚在探索。在延长心肌缺血时间中,包括 del Nido 停搏液在内,所有心肌停搏液都可能与增加的心肌损伤相关,观察到的结果是使用 del Nido 停搏液产生的心肌损伤并没有转化为大量的不良临床事件。但在采用 del Nido 停搏液进行需要长时间缺血的复杂手术时仍需要谨慎,需要制定综合的手术治疗方案,不能仅单一依靠心肌停搏液给复杂心脏手术带来所有临床获益。微创技术的全面应用、全动脉化的 CABG 以及术后快速康复等技术也应该是提高临床效果的基本因素。

4 结论与展望

del Nido 停搏液作为一种技术简单易行,灌注间隔时间长的心肌保护剂,在成人心脏外科领域展

现出广阔的应用前景。

从多项研究获得的数据来看,由于样本量较小,尚不能得出 del Nido 停搏液是成人心脏手术中心肌保护最佳方法的确定性结论。但在目前可用的不同类型心脏停搏液中,del Nido 停搏液可以安全地用于成人心脏手术以及先天性心脏病的治疗。未来应通过多中心合作,进行样本量更大的研究,汇聚更多的临床数据和经验,为 del Nido 停搏液的应用提供更为全面和客观的评估,对其在心脏外科手术中的有效性和安全性进行优化和拓展。尤其是在全动脉 CABG 领域,del Nido 停搏液对围术期心肌细胞活性的保护和提高与全动脉桥对中远期心肌细胞活性和功能的提升,两者的协同效果是值得期待的临床实践。

参考文献:

- [1] del Nido PJ, Wilson GJ, Mickle DA, et al. The role of cardioplegic solution buffering in myocardial protection. A biochemical and histopathological assessment [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1985, 89(5): 689-699.
- [2] Matte GS, del Nido PJ. History and use of del Nido cardioplegia solution at Boston Children's Hospital [J]. *J Extra Corpor Technol*, 2012, 44(3): 98-103.
- [3] Yammine M, Neely RC, Loberman D, et al. The use of lidocaine containing cardioplegia in surgery for adult acquired heart disease [J]. *J Card Surg*, 2015, 30(9): 677-684.
- [4] Ad N, Holmes SD, Massimiano PS, et al. The use of del Nido cardioplegia in adult cardiac surgery: a prospective randomized trial [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 155(3): 1011-1018.
- [5] Ota T, Yerebakan H, Neely RC, et al. Short-term outcomes in adult cardiac surgery in the use of del Nido cardioplegia solution [J]. *Perfusion*, 2016, 31(1): 27-33.
- [6] Nardi P, Vacirca SR, Russo M, et al. Cold crystalloid versus warm blood cardioplegia in patients undergoing aortic valve replacement [J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10(3): 1490-1499.
- [7] Bilfinger TV, Moeller JT, Kurusz M, et al. Pediatric myocardial protection in the United States: a survey of current clinical practice [J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 1992, 40(4): 214-218.
- [8] Kotani Y, Tweddell J, Gruber P, et al. Current cardioplegia practice in pediatric cardiac surgery: a North American multiinstitutional survey [J]. *Ann Thorac Surg*, 2013, 96(3): 923-929.
- [9] Pourmoghadam KK, Ruzmetov M, O'Brien MC, et al. Comparing del Nido and conventional cardioplegia in infants and neonates in congenital heart surgery [J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 103(5): 1550-1556.
- [10] Catinella FP, Cunningham JN Jr, Spencer FC. Myocardial protection during prolonged aortic cross-clamping. Comparison of blood and crystalloid cardioplegia [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1984, 88(3): 411-423.
- [11] Talwar S, Bhoje A, Sreenivas V, et al. Comparison of del Nido and St Thomas cardioplegia solutions in pediatric patients: a prospective randomized clinical trial [J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 29(3): 366-374.
- [12] Buel ST, Striker CW, O'Brien JE. del Nido versus St. Thomas cardioplegia solutions: a single-center retrospective analysis of post cross-clamp defibrillation rates [J]. *J Extra Corpor Technol*, 2016, 48(2): 67-70.
- [13] Buckberg GD, Athanasuleas CL. Cardioplegia: solutions or strategies? [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2016, 50(5): 787-791.
- [14] 时慧, 刘超启, 赵惠, 等. del Nido 心脏停搏液在成人心脏外科临床实践和应用常规的制订 [J]. *中国体外循环杂志*, 2019, 17(4): 206-210, 214. SHI Hui, LIU Chaoqi, ZHAO Hui, et al. Routine application and formulation of del Nido cardioplegia in adult cardiac surgery [J]. *Chinese Journal of Extracorporeal Circulation*, 2019, 17(4): 206-210, 214.
- [15] Tan J, Bi SW, Li JY, et al. Comparative effects of different types of cardioplegia in cardiac surgery: a network meta-analysis [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 996744. doi:10.3389/fcvm.2022.996744.
- [16] Mick SL, Robich MP, Houghtaling PL, et al. Del Nido versus Buckberg cardioplegia in adult isolated valve surgery [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(2): 626-634.
- [17] Ramanathan R, Parrish DW, Armour TK, et al. Use of del nido cardioplegia in adult cardiac surgery [J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 63(7): 624-627.
- [18] Ad N, Holmes SD, Massimiano PS, et al. The use of del Nido cardioplegia in adult cardiac surgery: a prospective randomized trial [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 155(3): 1011-1018.
- [19] Vistarini N, Laliberté E, Beauchamp P, et al. Del Nido cardioplegia in the setting of minimally invasive aortic valve surgery [J]. *Perfusion*, 2017, 32(2): 112-117.
- [20] Guajardo Salinas GE, Nutt R, Rodriguez-Araujo G. Del

Nido cardioplegia in low risk adults undergoing first time coronary artery bypass surgery[J]. *Perfusion*, 2017, 32(1): 68-73.

[21] Timek T, Willekes C, Hulme O, et al. Propensity matched analysis of del nido cardioplegia in adult coronary artery bypass grafting: initial experience with 100 consecutive patients[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(6): 2237-2241.

[22] 刘达兴, 陈绪军, 郑宝石, 等. 体外循环下全动脉冠状动脉旁路移植治疗左室功能低下冠心病多中心临床观察[J]. *中华医学杂志*, 2020, 100(18): 1390-1395.

LIU Daxing, CHEN Xujun, ZHENG Baoshi, et al. On-pump total arterial revascularization in coronary artery disease patients with left ventricular dysfunction: a multi-center retrospective study[J]. *National Medical Journal of China*, 2020, 100(18): 1390-1395.

[23] Hawkins RB, Stewart JW II nd, Wu XT, et al. Del Nido versus blood cardioplegia in cardiac surgery: a multicenter analysis of over 40, 000 patients[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2024, 168(6): 1687-1697.

[24] Tian G, Shen J, Su S, et al. Assessment of retrograde cardioplegia with magnetic resonance imaging and localized 31P spectroscopy in isolated pig hearts[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1997, 114(1): 109-116.

[25] Ali A, Jaiswal A, Conelius A, et al. Infusion of del nido cardioplegia prior to donor heart implantation minimizes severe primary graft dysfunction after heart transplantation[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2024, 43(4): S581. doi:10.1016/j.healun.2024.02.869

(编辑:房红娟)

(上接第 32 页)

[22] 赵强, 陈绪军, John D Puskas. 大力推进多支动脉桥在中国冠状动脉旁路移植术中的应用[J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(14): 1041-1043.

ZHAO Qiang, CHEN Xujun, PUSKAS John D. To promote wide use of multiple arterial grafting in coronary bypass surgery in China[J]. *National Medical Journal of China*, 2019, 99(14): 1041-1043.

[23] 陈绪军, 郑宝石, 邢万红, 等. 冠状动脉旁路移植术多支动脉桥应用的若干热点问题[J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(14): 1048-1052.

CHEN Xujun, ZHENG Baoshi, XING Wanhong, et al. Hotspot issue of clinical practice of multiple arterial grafting in coronary artery bypass surgery in China[J]. *National Medical Journal of China*, 2019, 99(14): 1048-1052.

[24] 陈绪军, 张建, 李伟栋, 等. 2023 年欧洲心胸外科协会和美国胸外科医师协会《冠状动脉旁路移植术旁路血管选择专家共识》解读[J]. *中华外科杂志*, 2024,

62(1): 44-48.

CHEN Xujun, ZHANG Jian, LI Weidong, et al. Interpretation on Expert systematic review on the choice of conduits for coronary artery bypass grafting endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery and the Society of Thoracic Surgeons in 2023 [J]. *Chinese journal of surgery*, 2024, 62(1): 44-48.

[25] 国科, 陈绪军, 郑宝石, 等. 解剖完全再血管化全动脉冠状动脉旁路移植术与保留全部瓣下结构的二尖瓣置换术治疗冠心病伴中至重度或重度缺血性二尖瓣关闭不全的多中心应用[J]. *中华外科杂志*, 2025, 63(1): 58-67.

GUO Ke, CHEN Xujun, ZHENG Baoshi, et al. The multi-center mid-term clinical outcomes of combined complete preservation of chordal structure mitral valve replacement with total anatomic complete arterial myocardial revascularization for coronary patients with moderate-to-severe or severe ischemic mitral regurgitation [J]. *Chinese journal of surgery*, 2025, 63(1): 58-67.

(编辑:房红娟)