



何国伟,法国国家医学科学院院士、天津大学卓越教授/心血管病研究所所长、泰达国际心血管病医院副院长、心血管外科教授、主任医师、博士研究生导师。国家心血管病临床研究中心分中心(建设)主任、天津市心血管病临床研究中心主任、天津市心血管病分子调控及转化医学重点实验室主任。

澳大利亚墨尔本莫纳西大学医学哲学博士、科学博士,北京协和医学院(阜外医院)硕士。原香港大学心外科首席(讲席 Chair)教授、香港中文大学研究讲席教授,美国波特兰圣文森医院心脏外科研究主任,俄勒冈健康科技大学临床外科学教

授,美国胸外科学会(AATS)首位华人常任会员(1999年)。完成近8000例心脏手术,1995年在香港大学率先开展亚洲最早的桡动脉+内乳动脉搭桥术。提出世界通用的冠心病外科“何氏分型法”及“何氏理论”及解痉方法,对世界范围的冠心病外科减少死亡率及并发症做出了贡献。最近10余年的工作主要聚焦在心血管病的基因、蛋白质及分子调控机制方面。2023年主持完成中国首个“先天性心脏病基因检测团体标准”。

发表SCI论文及报告430篇,其中第一作者114篇,通讯作者(含共同通讯)326篇,中科院1区+2区期刊论文>180篇,包括*Circulation*(IF:39.918)5篇以及*Nature Reviews Cardiology*(IF:41.7)、*Signal Transduction and Targeted Therapy*(IF:38.104)、*Lancet*(IF:168.9)、*Lancet Digit Health*(IF:36.615)等。作为心脏外科医师,在心脏外科的两大国际主流期刊发表心脏外科有关的论文达89篇(*The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 36篇;*The Annals of Thoracic Surgery* 53篇)。在国外出版英文心外科专著*Arterial Grafting for Coronary Artery Bypass Surgery*,并翻译成中文出版。H-指数全球前1%。指导研究生及博后30多年。作为第一完成人获天津市自然科学奖一等奖、中华医学科技奖、中国医药教育协会科技创新一等奖等。2019年当选法国国家医学科学院院士。2019—2024年连续6年入选全球前2%顶尖科学家,2023年全球学者终身学术影响力,2024中国高被引学者(Elsevier),以及2024-全球Life-time高排名学者顶尖0.05%(ScholarGPS)。

着力进一步推进动脉桥在我国冠心病 冠脉旁路移植术中的应用

陈绪军¹,何国伟²

(1.华中科技大学同济医学院武汉市第一医院心外科,湖北 武汉 430022;

2.天津大学泰达国际心血管病医院心外科/天津市心血管病分子调控及转化医学重点实验室,天津 300457)

摘要:多支动脉桥在冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)中的应用已成为 CABG 的重要发展方向。本文重点介绍美国胸外科医生协会(Society of Thoracic Surgeons, STS)多支动脉桥应用现状、CABG 解剖完全再血管化新理念及多中心应用效果、快速拔管的 CABG 在冠心病患者治疗效果、动脉桥在我国儿童冠脉疾病应用以及糖尿病患者受益于动脉桥等,期望能着力进一步推进动脉桥在我国冠心病冠脉旁路移植术中的应用。

关键词:动脉桥;冠脉旁路移植术;解剖完全再血管化;儿童冠脉疾病;快速拔管;糖尿病

中图分类号:R654 **文献标志码:**A

Focus on further more use of arterial grafts in coronary artery bypass grafting in patients with coronary heart disease in China

CHEN Xujun¹, HE Guowei²

(1. Department of Cardiac Surgery, Wuhan First Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, Hubei, China; 2. Department of Cardiac Surgery, TEDA International Cardiovascular Hospital, Tianjin University/ Key Laboratory of Molecular Regulation of Cardiovascular Diseases and Translational Medicine, Tianjin 300457, China)

Abstract: Use of multiple arterial grafts in coronary artery bypass grafting (CABG) has become mainstream for the surgical treatment of coronary heart disease worldwide. This review focuses on the current application status of multiple arterial grafts of the Society of Thoracic Surgeons (STS) of USA, the new concept of anatomic complete revascularization in CABG and its multi-center clinical outcomes, the results of quick extubation of total arterial revascularization in patients with coronary heart disease, the application of arterial grafts in children's coronary artery disease in China, and the benefits of arterial grafts for patients with diabetes in order to further promote the wide use of multiple arterial grafts in CABG in China.

Key words: Arterial grafts; Coronary artery bypass grafting; Anatomic complete revascularization; Coronary artery disease in children; Fast extubation; Diabetes mellitus

冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)是治疗冠心病的主要方法之一。大样本临床研究证实,桥的闭塞与 CABG 围手术期并发症、术后的远期生存密切相关^[1]。动脉桥具有围手术期安全、中远期桥通畅率高、远期生存好等优点。全动脉冠脉旁路移植术(total arterialization myocardial revascularization, TAR)已成为国际上 CABG 的重要发展方向^[2-7]。2022 年我国的 CABG 手术量达 5 万例^[8],仅少数中心使用多支动脉桥,使用率约 6.3%^[9],与技术的瓶颈、理念差异及多支动脉桥公共数据库平台的缺乏等诸多原因有关。尽管 2019 年已经制定动脉桥应用的相关专家共识^[9],然而因多支动脉桥(2 支以上)血运重建依然存在技术难度高、耗时长、并发症等问题,TAR 在我国应用比例较低。本文重点介绍动脉桥应用现状以及动脉桥在我国冠心病人群 CABG 中的用的一些新技术、新理念、新方法,尤其是儿童冠脉外科动脉桥应用的问题。

1 动脉桥在 CABG 中的应用

广东省人民医院肖飞等^[10]依据美国胸外科医生协会(Society of Thoracic Surgeons, STS)数据库,介绍了美国多支动脉桥的使用情况:STS 成人心脏手术数据库中,2008 年 1 月 1 日至 2019 年 3 月 31 日期间共计有 1 108 所医院的心脏病中心 100 419 例接受多支动脉 CABG(使用 2 个或 2 个以上动脉桥的 CABG)的患者。尽管使用比率不高(占同期 CABG 的 9.83%),但绝对病例数很多。多支动脉的术式包括双内乳动脉(47.0%)、单个内乳动脉+桡动脉(45.5%)或双内乳动脉+桡动脉(7.5%)。目前资料显示,多支动脉 CABG 比单支动脉桥更安全(患者围术期死亡率、主要心血管不良事件发生率、死亡率均低于单支动脉桥的患者),更能改善患者的中远期生存。STS 数据库资料还显示,2018—2019 年,共有 15 663 台 CABG 使用双内乳动脉,23 950 台 CABG 使用了桡动脉+左内乳动脉桥^[11]。依

据 STS 数据,2023 年美国各种类型心脏搭桥手术 196 517 台,多支动脉桥使用比率较过去 5 年增加了 30%,达到 17.9%,较 2015 年增加了 4 倍;桡动脉桥成为使用最多的第二动脉桥,多支动脉桥中左内乳动脉+桡动脉 57.2%,而双内乳动脉 38.1%^[12]。这表明多支动脉 CABG 的平均运用比率在逐步提高,超过既往报道的 12%~14%^[7]。从 STS 数据分析,美国多支动脉桥应用发展较快,应用的中心多,使用指征较广,不仅用于正常心功能患者,而且在心衰患者中应用比例较高(左室射血分数<40%为 19.6%)^[7,11],使用比例及绝对病例数在现阶段均超过我国。因此,为改善我国 CABG 的手术效果,需要大力提高 CABG 中动脉桥应用的比例,尤其是双内乳动脉的应用。

2 CABG 的完全再血管化 (complete revascularization, CR)

CABG 的 CR 受到越来越多的重视^[13]。CR 分为解剖完全再血管化(anatomic complete revascularization, ACR)与功能完全再血管化(functional complete revascularization, FCR)。CR 的 CABG 患者围手术期安全、中远期效果更好,在欧洲与北美心肌血运重建指南的中占有重要的地位。华中科技大学同济医学院武汉市第一医院陈绪军等^[14]基于最近几年一系列新研究,在国内首次提出 ACR 是冠脉病外科治疗的新策略,ACR 可望为改善 CABG 疗效提供新的思路,并在全动脉 CABG、慢性缺血性心肌病患者 CABG 以及冠脉杂交手术中产生广泛的应用前景。国科等^[15]报道了国内首个多中心 TAR 的 ACR 的研究,将 ACR 定义为靶血管直径 ≥ 1.5 mm,狭窄程度 $\geq 75\%$,其中右主干狭窄程度 $\geq 90\%$ 的血运重建。该研究纳入 2018 年 1 月至 2024 年 4 月期间 13 所医院的心脏病中心对 117 例行 ACR CABG 的冠心病患者,远端吻合口 3~5(4.2 \pm 0.4)个,其中 ≥ 4 个远端吻合口占 48.72%,手术近期安全,无手术死亡;术后随访显示初步满意的中期效果。尽管该研究存在回顾性研究、病例数相对有限、缺乏随机对照、手术时间偏长等不足,然而随着病例的积累和手术速度的加快,ACR 的 CABG 将在冠心病患者治疗中发挥越来越重要的作用。目前对于我国在 CABG 过程中 ACR 的定义行业尚未制定统一标准,如靶血管位置、靶血管直径、靶血管狭窄程度等,有待进一步研究阐明。

3 加强康复外科 (enhanced recovery after surgery, ERAS) 在 TAR 中的应用

ERAS 在 CABG 中以并发症少、恢复快、住院周期短、患者满意度高,日益受到业内重视。术后快速拔出气管插管(fast-track extubation, FTE)是 ERAS 重要内容之一^[16]。目前 CABG 术后拔管有 3 种模式:手术室 FTE、离开手术室 3 h 内的 FTE、离开手术室后 6 h 内 FTE^[17]。国内有关 TAR 患者术后实施 FTE 罕有报道,国科等^[18]报道了我国 34 所医院的心脏病中心 221 例 TAR 术后 FTE 病例资料,术后 6 h 内快速拔管的初步经验结果显示术后 1 例死亡,其余病例均未再次插管,均顺利康复出院。随访结果满意:随访(44.3 \pm 7.5)个月,随访率 90.49%。左室射血分数有明显改善[(60.0 \pm 5.3)% vs. (55.1 \pm 7.3)%, $P < 0.001$],左室舒张末内径有显著性减小[(51.6 \pm 2.2)mm vs. (55.0 \pm 7.5)mm, $P < 0.001$]。随访患者全部存活,无主要不良心脑血管事件发生。尽管该研究存在选择病例相对年轻、患者术前肺肝肾肾功能良好、病例数相对有限、缺乏随机对照等不足,但随着病例的积累,研究的进一步深入,快速拔管的 TAR 将在冠心病患者治疗中发挥越来越重要的作用。

4 冠心病合并糖尿病患者 TAR 的应用

冠心病合并糖尿病患者,通常冠脉病变弥漫而且合并其他疾病较多,是 CABG 术的难点。这类患者是否受益于动脉桥应用,依然是业内的热点问题。中国人民解放军联勤部队 989 医院卢圣勋等^[19]针对糖尿病患者冠脉病变特点,对行 CABG 时动脉桥的选择与使用(包括左内乳、右内乳、桡动脉、胃网膜右动脉等),心脏停跳还是不停跳以及为避免胸骨并发症是否需要正中开胸等问题,均进行了归纳与总结,建议使用更多的动脉桥以便为糖尿病患者心肌血运重建获益。

5 TAR 在儿科的应用

目前儿童 CABG 已成为儿童心脏外科一个新的领域。我国儿童冠脉 CABG 病例数较少。南京医科大学儿童医院莫绪明等^[20]撰文指出,随着川崎病引起的冠状动脉后遗症以及大动脉调转手术和先

天性冠状动脉畸形修复等新手术的出现,易导致冠状动脉并发症的发生,使得儿童 CABG 的发展成为必然。儿童生长迅速,预期寿命很长,对运动能力的要求越来越高,儿童 CABG 的策略应不同于成人的搭桥手术。儿童 CABG 术静脉桥闭塞率高,应避免使用静脉移植物,而建议使用动脉桥。2023 年欧洲心胸外科协会和美国胸外科医师协会联合制定 CABG 旁路血管选择专家共识认为:成人左内乳动脉是第一血管桥、桡动脉是第二血管桥^[21]。研究认为,带蒂动脉桥可以满足儿童生长需求^[22],但目前国内外儿童 CABG 的数量与研究均较成人 CABG 少,我国专业期刊公开报道儿童全动脉 CABG 病例更少。因此中国儿童人群 CABG 应该采用何种带蒂动脉桥为宜,尚待进一步研究阐明。莫绪明团队报道 1 例 12 岁儿童川崎病合并右冠与前降支巨大冠脉钙化畸形并狭窄导致冠脉缺血病例,采用带蒂双桡动脉桥行 TAR,取得满意的近期治疗效果(包括超快速拔管、术后 3 个月良好的心功能及冠脉 CTA 随访结果)^[23],但中-远期效果尚待严格地随访观察。

6 其他热点问题

CABG 术中其他热点问题:① del Nido 停搏液在心脏外科的应用。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、CABG 以及左心辅助装置手术等,对 del Nido 与 HTK 停搏液比较也是目前研究的热点之一^[24]。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支持。中国人民解放军海军军医大学长海医院赵志敏等^[25]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了总结,为相关领域的发展进行了展望。② 急性非 ST 抬高心肌梗死(non-ST-elevation myocardial infarction, NSTEMI)手术时机。NSTEMI 在临床上比较常见,及时有效地处理冠状动脉狭窄、恢复缺血心肌再灌注,可以有效地减少心肌梗死的面积,挽救患者生命,减少心肌梗死后并发症的发生。目前在这类患者行 CABG 术时,手术时机尚不明确。江南大学附属医院心外科杨岷团队的 Meta 分析研究显示,急性 NSTEMI 患者 1 d 内行 CABG 手术风险较延迟组高,3 d 内行 CABG 与 3 d 后手术风险比较差异无统

计学意义,7 d 内行 CABG 与 7 d 后手术风险比较差异无统计学意义,提示 NSTEMI 患者行 CABG 应尽可能推迟到 1 d 后^[26]。

7 总结与展望

与 STS 应用数据相比,我国多支动脉桥应用尚存在一定差距,期望 CABG 相关动脉桥的新技术、新理念与新方法,能进一步推进动脉桥在我国冠心病 CABG 中的应用。

参考文献:

- [1] Gaudino M, Sandner S, An KR, et al. Graft failure after coronary artery bypass grafting and its association with patient characteristics and clinical events: a pooled individual patient data analysis of clinical trials with imaging follow-up[J]. *Circulation*, 2023, 148(17): 1305-1315.
 - [2] Schwann TA, Habib RH, Wallace A, et al. Operative outcomes of multiple-arterial versus single-arterial coronary bypass grafting[J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 105(4): 1109-1119.
 - [3] Gaudino M, Benedetto U, Fremes S, et al. Radial-artery or saphenous-vein grafts in coronary-artery bypass surgery[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(22): 2069-2077.
 - [4] Rocha RV, Tam DY, Karkhanis R, et al. Long-term outcomes associated with total arterial revascularization vs non-total arterial revascularization[J]. *JAMA Cardiol*, 2020, 5(5): 507-514.
 - [5] Ren J, Tian DH, Gaudino M, et al. Survival benefit of multiple arterial revascularization with and without supplementary saphenous vein graft[J]. *J Am Heart Assoc*, 2023, 12(22): e031986. doi:10.1161/JAHA.123.031986
 - [6] Shapira OM. Radial artery as the preferred second conduit for coronary bypass[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(22): 2134-2135.
 - [7] Sabik JF, Mehaffey JH, Badhwar V, et al. Multiarterial vs single-arterial coronary surgery: 10-year follow-up of 1 million patients[J]. *Ann Thorac Surg*, 2024, 117(4): 780-788.
 - [8] 中国生物医学工程学会体外循环分会. 2022 年中国心血管外科手术和体外循环数据白皮书[J]. *中国体外循环杂志*, 2023, 21(4): 197-200.
 - [9] 中国动脉化冠状动脉旁路移植术专家共识组. 中国动脉化冠状动脉旁路移植术专家共识 2019 版[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2019, 35(4): 193-200.
- Working Group of Chinese Expert Consensus on Arterial Coronary Artery Bypass Grafting. 2019 Chinese expert

- consensus on arterial coronary artery bypass grafting [J]. Chinese Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 2019, 35(4): 193-200.
- [10] 肖飞, 王联群, 季强. STS 多支动脉冠脉搭桥应用解读 [J/OL]. 山东大学学报(医学版), 2025-03-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.r.20250310.1538.004.html>
- [11] Saadat S, Habib R, Engoren M, et al. Multiarterial coronary artery bypass grafting practice patterns in the United States: analysis of the Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database [J]. Ann Thorac Surg, 2023, 115(6): 1411-1419.
- [12] Iribarne A, Zwischenberger B, Mehaffey J, et al. The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database: 2024 update on national trends and outcomes [J]. Ann Thorac Surg, 2025; S0003-4975(25)00221-8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2025.03.011
- [13] Bianco V, Kilic A, Aranda-Michel E, et al. Complete revascularization during coronary artery bypass grafting is associated with reduced major adverse events [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2023, 166(1): 104-113.
- [14] 陈绪军, 申林, 陈军, 等. 解剖完全再血管化是冠心病外科治疗的新策略 [J/OL]. 山东大学学报(医学版), 2025-03-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.R.20250310.1739.008.html>
- [15] 国科, 陈绪军, 刘达兴, 等. 解剖完全再血管化全动脉冠脉旁路移植术多中心应用的中期结果 [J]. 山东大学学报(医学版), 2025-04-08. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.R.20250407.1726.006.html>
- [16] Mondal S, Bergbower EAS, Cheung E, et al. Role of cardiac anesthesiologists in intraoperative enhanced recovery after cardiac surgery (ERACS) protocol: a retrospective single-center study analyzing preliminary results of a yearlong ERACS protocol implementation [J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2023, 37(12): 2450-2460.
- [17] Teman NR, Strobel RJ, Bonnell LN, et al. Operating room extubation for patients undergoing cardiac surgery: a national society of thoracic surgeons database analysis [J]. Ann Thorac Surg, 2024, 118(3): 692-699.
- [18] 国科, 陈绪军, 郑宝石, 等. 快通道拔管在全动脉冠脉旁路移植术多中心临床效果 [J/OL]. 山东大学学报(医学版), 2025-03-26. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.r.20250325.1316.002.html>
- [19] 卢圣勋, 邢亚闯, 罗俊辉, 等. 糖尿病患者冠脉搭桥手术中动脉桥的研究现状 [J/OL]. 山东大学学报(医学版), 2025-02-26. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.R.20250226.1324.002.html>
- [20] 莫绪明, 王庆峰. 冠状动脉旁路移植术在儿童心血管疾病中的应用 [J/OL]. 山东大学学报(医学版), 2024-12-13. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.R.20241213.0918.002.html>
- [21] 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.
- [22] Berger A, MacCarthy PA, Siebert U, et al. Long-term patency of internal mammary artery bypass grafts: relationship with preoperative severity of the native coronary artery stenosis [J]. Circulation, 2004, 110(11 Suppl 1): II36-II40.
- [23] 王智琪, 戚继荣, 扈元利, 等. 全动脉冠状动脉旁路移植术治疗儿童川崎病后冠状动脉瘤 1 例并文献复习 [J/OL]. 山东大学学报(医学版), 2025-03-20. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.R.20250319.1656.004.html>
- [24] Xue HM, Hou HT, Sun WT, et al. Del Nido cardioplegia better preserves cardiac diastolic function but histidine-tryptophan-ketoglutarate is better for endothelial function [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2022, 61(6): 1368-1378.
- [25] 赵志敏, 王春, 李白翎. del Nido 停搏液在心脏外科的应用: 过去、现在与未来 [J/OL]. 山东大学学报(医学版), 2025-03-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.R.20250310.1501.002.html>
- [26] 温学龙, 刘安慧, 陈经纬, 等. 急性非 ST 抬高型心肌梗死行 CABG 手术时机的系统评价和 Meta 分析 [J/OL]. 山东大学学报(医学版), 2025-03-21. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1390.R.20250320.2254.002.html>

(编辑: 房红娟)