

双侧乳内动脉搭桥技术在冠脉旁路移植术中的应用进展

张顺利 王小啟

云南省阜外心血管病医院 云南 昆明 650000

【摘要】：冠心病是最常见的心血管疾病之一，目前无法根治，其中最有效的方案是进行冠状动脉旁路移植术。目前左侧乳内动脉联合大隐静脉冠状动脉旁路移植术被认为是冠状动脉旁路移植术的金标准。左侧乳内动脉血管桥已被证实可以显著提高患者远期生存率，联合使用左、右乳内动脉作为血管桥的双侧乳内动脉搭桥技术是否可以进一步改善临床预后仍存在争议。本文对双侧乳内动脉搭桥技术在冠状动脉旁路移植术中应用的相关文献进行综述，为临床上双侧乳内动脉搭桥技术的应用推广提供参考价值。

【关键词】：冠心病，BIMA，冠状动脉旁路移植术

DOI:10.12417/2811-051X.26.10.086

1 引言

冠心病（Coronary heart disease, CHD）指冠状动脉因为多种原因引起粥样硬化导致动脉管腔的狭窄或闭塞，进而导致心肌缺氧或坏死而引起的心脏病，也称冠状动脉粥样硬化性心脏病或缺血性心肌病。冠心病是全球发病率、死亡率和残疾率高的主要原因之一^[1]。在美国，每年有超过 40 万人死于冠状动脉疾病，超过 100 万人患有急性冠状动脉综合征^[2]。我国冠心病的发病人数 1139 万，呈逐年递增趋势^[3]。冠心病的治疗花费给世界各国带来巨大的经济负担，据统计，2021 年，欧盟冠心病费用为 300 亿欧元；2023 年我国冠心病的花费为 1 169.59 亿元^[3,4]。冠心病的发病机制涉及多种因素和病理生理变化，可以总结出以下几个方面：动脉粥样硬化、炎症反应、氧化应激、遗传因素，动脉粥样硬化是冠心病最主要的病理机制^[5]。

冠状动脉旁路移植术（Coronary artery bypass grafting, CABG）是“将一段血管从主动脉移植到冠状动脉，以绕过冠状动脉阻塞部分，改善心脏血液供应的心内直视手术”，由 Alexis Carrel 在 1910 年首次提出^[6]。20 世纪 70 年代，出现右侧乳内动脉（Right internal mammary artery, RIMA）与右冠状动脉（right coronary artery, RCA）吻合术式；大隐静脉（saphenous vein graft, SVG）与 RCA 吻合、左侧乳内动脉（Left internal mammary artery, LIMA）与前降支动脉（the left anterior descending artery, LAD）吻合术式^[7]。在 20 世纪 80 年代中期，Floyd Loop 和克利夫兰诊所报告了乳内动脉桥相对于全静脉桥的 10 年结果表明使用乳内动脉桥可提高冠心病患者生存率，降低心肌梗死率、住院率和再次血运管重建的风险^[8]。大量研究已经证实不同血管桥在 10 年后通畅率不同，大隐静脉通畅

率仅为 50%~60%，乳内动脉通畅率为 85%~95%，桡动脉通畅率为 83%，胃网膜右动脉通畅率为 90.5%^[7-9]。在 CABG 术中，左乳内动脉联合大隐静脉旁路移植技术已被证实可以明显提高患者远期生存率，并且成为“金标准”术式，而 BIMA 技术是否可以进一步改善临床预后仍存在争议。以往有研究表明使用双侧乳内动脉搭桥技术在术后血管桥通畅性、胸骨并发症、死亡率等方面均优于使用单侧乳内动脉^[7, 8]。Fomenko MS 等人的研究表明使用双侧乳内动脉搭桥技术和单侧乳内动脉技术相比在住院死亡率，手术相关并发症、生存率方面没有统计学差异^[9]。

双侧乳内动脉搭桥技术是指联合使用 LIMA 和 RIMA 进行 CABG 的技术，又称双侧乳内动脉搭桥术（Bilateral internal mammary artery bridges, BIMA）。自 1974 年首例 BIMA 被应用于临床开始，BITA 已发展成多种手术方式，可总结为简单和复杂两种类型。简单类型：包括主动脉后原位 RIMA 经横窦至左回旋支（left coronary regurgitation branch, LCX）端侧吻合，原位 LIMA 至 LAD 端侧吻合；胸骨后原位 RIMA 与 LAD 端侧吻合，原位 LIMA 与 LCX 端侧吻合；复杂类：游离血管桥、序贯血管桥、复合 LIMA-RIMA T 或 Y 型端侧吻合。

2 双乳内动脉搭桥技术

2.1 主动脉原位 RIMA 经横窦至回旋分支端侧吻合，原位 LIMA 至 LAD 端侧吻合

1984 年，Puig 等人^[10]首次报道了这种术式。报道共纳入 56 例患者，其中有 17 例进行了术后血管造影检查，结果显示所有的 RIMA 血管桥均通畅且功能良好。Rankin^[11]共纳入 207 例患者，经 1 年的随访，RIMA 经横窦与 LCX 吻合的通畅率

作者简介：张顺利；出生年月：1992 年 10 月；性别：男；民族：汉族；籍贯：河南省驻马店市；职称：住院医师，硕士；研究方向：心脏外科疾病的基础与临床。

王小啟；出生年月：1968 年 5 月；性别：男；民族：汉族；籍贯：北京；职称：主任医师，博士；研究方向：心脏外科疾病的基础与临床。

基金项目：云南省基础研究计划（昆医联合专项-重点项目），项目编号：202301AY07000-006。

90%，原位 LIM-LAD 吻合的通畅率 99%。后来更多的研究^[12,13]证实了带蒂的 RIMA 通过横窦与回旋支吻合具有良好的临床效果，与 LIMA 和 LAD 吻合的效果相当。Bonacchi 报道了 552 名患者，平均年龄为 63.8 岁，60%（331 例）患者行全动脉 CABG，平均随访 26 个月，骨骼化获取 RIMA 移植到左回旋支的成功率为 100%，住院死亡率为 3.4%（19 例），2.2%（12 例）患者围手术期心肌梗死。155 例接受术后血管造影有 2 例出现 RIMA 闭塞，3 例 RIMA 和 1 例 LIMA 出现线状现象，3 例 RIMA 和 3 例 LIMA 有狭窄病变，RIMA 和 LIMA 的通畅率分别为 94% 和 97.4%，3 年累积生存率为 96.4%，无事件累积生存率为 93.8%^[14]。此项术式应用的不足之处主要是 RIMA 的长度无法到达回旋支远端的其他分支，可通过骨骼化获取 RIMA 技术解决，是临床上最长用的术式。

2.2 胸骨后原位交叉 RIMA 至 LAD 吻合、原位 LIMA 与回旋边缘分支吻合

Tatoulis^[15]报道了 RIMA 到 LAD 移植物的 10 年通畅率为 95%，与 LIMA 到 LAD 移植物的通畅率（96%）相当。Shah^[16]报道，共纳入 1434 病人，原位 RIMA 到 LAD 移植物的通畅率（88.1%），并且随着时间的推移保持稳定。Magruder^[17]发现原位 RIMA 至 LAD 和原位 LIMA 至 LAD 长期的生存率相当。

2.3 RIMA 至 RCA

Tatoulis^[15]报道了 RIMA 至 RCA 的 10 年通畅率为 84%，RIMA 至 LAD 的 10 年通畅率为 95%，15 年通畅率为 90%，RIMA 至 LCX 的 10 年通畅率为 91%。Mohammadi^[18]报道了 1977 例接受 CABG 的患者接受原位 BIMA 移植的早期和长期结果。结果 RIMA 至 RCA 吻合患者 5 年、10 年和 15 年的生存率分别为 95.6%、89.0% 和 80.9%；RIMA 与 LCX 吻合患者（96.0%、92.1% 和 84.0%，log-rank $p=0.2$ ）两者相比无显著差异。

2.4 游离桥

游离 IMA 的使用增加了到达远端冠状动脉的长度。Loop^[19]报道了 156 例使用游离血管桥的病人，其中使用游离 RIMA 124 人，游离 LIMA 42 人，原位 LIMA 76 人，原位 RIMA 2 人，平均随访 98 个月，结果表明游离 IMA 10 年的生存率为 73.3%。Tatoulis 报道了 1454 例 BIMA 患者，常规使用 RIMA 作为游离血管桥，结果表明 5 年和 7 年的生存率分别为 96% 和 94%^[15]。

2.5 序贯桥

乳内动脉序贯桥最早由 Kabbani 于 1983 年提出^[20]。Dion 报道了 231 例序贯乳内血管桥，由 14 例双侧乳内序贯桥，15 例游离乳内血管桥，结果显示 95% 的序贯血管桥在 6 个月时仍然通畅。随访 10 年的结果表明，单独吻合与序贯吻合的血管桥的通畅性结果没有差异^[21]。

2.6 复合桥：T 或 Y 型桥

Sauvage 等人首次提出了乳内血管桥 T 型或 Y 型构型^[22]。Glineur 等^[23]开展了一项随机对照试验，将患者分为原位 BIMA 组（ $n=147$ ）和 Y 型组（ $n=152$ ），在术后 6 个月和 3 年评估血管造影结果。主要和次要终点分别为随访造影时主要不良心血管事件（MACCE）和 IMA 桥血管完全闭塞。随机分配到 Y 组和原位组，两组住院病死率和并发症发生率无差异。随访时，两组 MACCE 发生率差异无统计学意义。BIMA Y 组 464 个吻合口中有 450 个（97%）通畅，BIMA 原位组 295 个吻合口中有 287 个（97%）通畅（ $P<0.99$ ）。该随机试验验证了 BIMA Y 桥的临床安全性和有效性，具有良好的血管造影通畅率。Bhavneet Singh 等人比较 LIMA 单独、序贯、Y 型桥的通畅率，共选择了 799 病人，结果表明：单独组通畅率 96.3，序贯移植组 95%，Y 型桥组 99.2，三组的通畅性存在差异（ $P<0.05$ ）^[24]。

2.7 BIMA 的生物学特性

乳内动脉与其他动脉相比管壁平滑肌细胞成分很少，弹性蛋白含量高，这种弹性蛋白是一种代谢率较低的惰性蛋白，对血和氧需求少，使其管壁对缺血的耐受性强^[25]。乳内动脉的中层致密弹性蛋白能阻止平滑肌细胞迁移，防止管壁内膜增生的发展，降低动脉粥样硬化的发生率。乳内动脉管壁和管腔双重供血，增加其对缺血缺氧环境的耐受。与静脉相比，动脉内皮可能分泌更多的内皮源性舒张因子，包括一氧化氮（NO），内皮超极化因子，前列腺素^[26]。以往研究发现，IMA 通过 L-精氨酸-NO 途径产生 NO 能对抗由一些受体兴奋剂所引发的血管收缩反应，通过抑制内皮素的缩血管作用，降低 IMA 血管痉挛发生率^[26]。已经证明，移植血管桥的痉挛发生率越小，缺血问题越少，长期的通畅性越好^[27]。

3 BIMA 在临床应用的局限性

两个乳内动脉比一个乳内动脉更好成为 CABG 潜在的共识^[28]，然而其在临床应用中不能广泛推广的原因总结如下：双侧乳内动脉搭桥手术会花更多的手术时间和增加医疗资源。这主要归于双侧乳内动脉的获取手术时间比单侧乳内动脉时间长，一般来说骨骼化获取时间要比带蒂获取长。根据 ART 实验，双侧乳内动脉获取时间比单侧乳内动脉获取时间长 23min^[29]。双侧乳内动脉更具技术挑战性。乳内动脉比大隐静脉要细，增加了技术难度。如果由经验丰富的心脏外科医生进行 BIMA 移植可以获得非常好的结果。但同时，如果由经验不足的外科医师实施，技术上的失误也会导致不良结果。BIMA 的学习曲线较长^[30]。深部胸骨并发症是 BIMA 应用的阻碍之一，尽管使用骨骼化获取技术明显降低了深部胸骨并发症的发生率。有研究报道骨骼化技术获取乳内动脉能将带蒂法深部胸骨并发症从 10%~11% 降低至 1%~2%^[31]。

4 应用的展望

本文表明 BIMA 在临床应用是安全有效的,能维持较久血管桥通畅率,降低血管桥再狭窄率、心肌梗死发生率及再次血运重建率,提高病人生存率,改善病人的生活质量。先前的

ART 实验未证明 BIMA 优于 SIMA,目前国际上正在进行 SIMA 和 BIMA 的临床结局(全因死亡、脑卒中、心肌梗死、再次血运重建)的 ROMA 实验,研究结果将有可能提供更科学的循证证据,为 BIMA 在临床需冠脉旁路移植术的患者中应用提供可靠数据支撑,促进 BIMA 技术在临床的应用与推广。

参考文献:

- [1] Almarzooq Z I. The cost of coronary heart disease and the promise of prevention[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2022, 29(6): e213-e215.
- [2] Santos-Gallego C G, Picatoste B, Badimón J J. Pathophysiology of acute coronary syndrome[J]. *Curr Atheroscler Rep*, 2014, 16(4): 401.
- [3] 刘明波, 王增武, 樊静, 等. 《中国心血管健康与疾病报告 2023》要点解读[J]. *中国心血管病研究*, 2024, 22(07): 577-593.
- [4] Luengo-Fernandez R, Walli-Attaei M, Gray A, et al. Economic burden of cardiovascular diseases in the European Union: a population-based cost study[J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(45): 4752-4767.
- [5] Libby P, Theroux P. Pathophysiology of coronary artery disease[J]. *Circulation*, 2005, 111(25): 3481-3488.
- [6] Diodato M, Chedrawy E G. Coronary artery bypass graft surgery: the past, present, and future of myocardial revascularisation[J]. *Surg Res Pract*, 2014, 2014: 726158.
- [7] GOETZ R H, ROHMAN M, HALLER J D, et al. Internal mammary-coronary artery anastomosis. A nonsuture method employing tantalum rings[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1961, 41: 378-386.
- [8] Dimeling G, Bakaeen L, Khatri J, et al. CABG: When, why, and how?[J]. *Cleve Clin J Med*, 2021, 88(5): 295-303.
- [9] Fomenko M S, Schneider Y A, Tsoi V G, et al. Left or bilateral internal mammary artery employment in coronary artery bypass grafting: midterm results[J]. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2021, 29(8): 758-762.
- [10] Gerola L R, Puig L B, Moreira L F, et al. Right internal thoracic artery through the transverse sinus in myocardial revascularization[J]. *Ann Thorac Surg*, 1996, 61(6): 1708-1712, 1712-1713.
- [11] Rankin J S, Newman G E, Bashore T M, et al. Clinical and angiographic assessment of complex mammary artery bypass grafting[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1986, 92(5): 832-846.
- [12] Ura M, Sakata R, Nakayama Y, et al. Technical aspects and outcome of in situ right internal thoracic artery grafting to the major branches of the circumflex artery via the transverse sinus[J]. *Ann Thorac Surg*, 2001, 71(5): 1485-1490.
- [13] Corbineau H, Verhoye J P, Langanay T, et al. Feasibility of the utilisation of the right internal thoracic artery in the transverse sinus in off pump coronary revascularisation: early angiographic results[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2001, 20(5): 918-922.
- [14] Bonacchi M, Battaglia F, Prifti E, et al. Early and late outcome of skeletonised bilateral internal mammary arteries anastomosed to the left coronary system[J]. *Heart*, 2005, 91(2): 195-202.
- [15] Tatoulis J, Buxton B F, Fuller J A. Results of 1,454 free right internal thoracic artery-to-coronary artery grafts[J]. *Ann Thorac Surg*, 1997, 64(5): 1263-1268, 1268-1269.
- [16] Shah P J, Durairaj M, Gordon I, et al. Factors affecting patency of internal thoracic artery graft: clinical and angiographic study in 1434 symptomatic patients operated between 1982 and 2002[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2004, 26(1): 118-124.
- [17] Magruder J T, Young A, Grimm J C, et al. Bilateral internal thoracic artery grafting: Does graft configuration affect outcome?[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 152(1): 120-127.
- [18] Mohammadi S, Dagenais F, Voisine P, et al. Lessons learned from the use of 1,977 in-situ bilateral internal mammary arteries: a retrospective study[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2014, 9: 158.
- [19] Loop F D, Lytle B W, Cosgrove D M, et al. Free(aorta-coronary) internal mammary artery graft. Late results[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1986, 92(5): 827-831.
- [20] Ramström J, Lund O, Cadavid E, et al. Right internal mammary artery for myocardial revascularization: early results and indications[J].

Ann Thorac Surg,1993,55(6):1485-1491.

[21] Dion R,Verhelst R,Rousseau M,et al.Sequential mammary grafting.Clinical,functional,and angiographic assessment 6 months postoperatively in 231 consecutive patients[J].J Thorac Cardiovasc Surg,1989,98(1):80-88,88-89.

[22] Sauvage L R,Wu H D,Kowalsky T E,et al.Healing basis and surgical techniques for complete revascularization of the left ventricle using only the internal mammary arteries[J].Ann Thorac Surg,1986,42(4):449-465.

[23] Glineur D,Hanet C,Poncelet A,et al.Comparison of bilateral internal thoracic artery revascularization using in situ or Y graft configurations:a prospective randomized clinical,functional,and angiographic midterm evaluation[J].Circulation,2008,118(14 Suppl):S216-S221.

[24] Singh B,Singh G,Tripathy A,et al.Comparing the patency of the left internal mammary in single,sequential,and Y grafts[J].J Thorac Cardiovasc Surg,2024,167(1):176-182.

[25] Dzimiri N,Chester A H,Allen S P,et al.Vascular reactivity of arterial coronary artery bypass grafts--implications for their performance[J].Clin Cardiol,1996,19(3):165-171.

[26] 丁荣晶,贾三庆.冠状动脉旁路移植血管的生物学特性研究进展[J].心血管病学进展,2007,28(1).

[27] Acar C,Jebara V A,Portoghese M,et al.Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting[J].Ann Thorac Surg,1992,54(4):652-659,659-660.

[28] Umakanthan J,Jeyakumar P,Umakanthan B,et al.Barriers to the universal adoption of bilateral internal mammary artery grafting[J].Int J Surg,2015,16(Pt B):179-182.

[29] Lytle B W.Bilateral internal thoracic artery grafting[J].Ann Cardiothorac Surg,2013,2(4):485-492.

[30] Carvalho G N,Velho T,Sena A,et al.Internal Mammary Artery Skeletonization-Review Of Current Evidence[J].Port J Card Thorac Vasc Surg,2023,29(4):43-49.

[31] 韩增强,张国栋,刘刚,等.原位或游离右侧乳内动脉用于双侧乳内动脉冠状动脉旁路移植术[J].临床心血管病杂志,2020,36(07):640-643.