

# 游离右内乳动脉与桡动脉构建 Y 桥 在全动脉冠脉旁路移植术多中心应用效果

国科<sup>1</sup>, 陈绪军<sup>2</sup>, 施超<sup>3</sup>, 罗俊辉<sup>4</sup>, 杨岷<sup>5</sup>,  
王晓武<sup>6</sup>, 王振东<sup>7</sup>, 李有金<sup>8</sup>, 孟春营<sup>9</sup>, 陈文生<sup>10</sup>

(1. 遵义医科大学附属医院心脏大血管外科, 贵州 遵义 563003; 2. 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; 3. 蚌埠医科大学附属第一医院心外科, 安徽 蚌埠 233004; 4. 中国人民解放军联勤部队 989 医院心胸外科, 河南 洛阳 471031; 5. 江南大学附属医院心脏大血管外科, 江苏 无锡 214122; 6. 南方医科大学珠江医院心外科, 广东 广州 510282; 7. 临汾市人民医院心外科, 山西 临汾 041000; 8. 宁夏回族自治区人民医院心外科, 宁夏 银川 750002; 9. 深圳市人民医院心外科, 广东 深圳 518020; 10. 西安高新医院心外科, 陕西 西安 710075)

**摘要:**目的 评价在全动脉冠状动脉旁路移植术(total arterialization myocardial revascularization, TAR)中运用游离带蒂右内乳(free right internal mammary artery, fRIMA)与桡动脉(radial artery, RA)构建复合 Y 动脉桥(fRIMA-RA-Y 桥)的安全性及效果。方法 纳入 2020 年 1 月至 2024 年 5 月在 10 家医院接受 TAR 手术中运用 fRIMA 与 RA 构建 fRIMA-RA-Y 桥患者 112 例, 其中, 男 91 例、女 21 例, 30~70(55.5±11.7)岁。对围手术期资料及术后随访数据包括生存、心脏超声、CT 血管造影(CT angiography, CTA)进行分析。结果 所纳入病例均为多支病变, 其中重度左主干病变 40 例; 合并糖尿病 72 例。TAR 均为体外循环下手术。升主动脉阻断时间为 61~100(57.5±11.4)min, 体外循环时间为 79~127(113.4±19.2)min。在 112 例 TAR 患者中, 共取带蒂左内乳动脉 112 支、左 RA 112 支、右 RA 100 支、fRIMA 112 支; 共构建 fRIMA-RA-Y 桥 112 支。远端吻合口 3~5(4.2±0.7)个。气管插管时间与平均 ICU 停留时间分别为 1~18(10.5±7.7)h 与 12~117(23.5±12.9)h。手术死亡 1 例。7 例(7.69%)患者术中安装主动脉内球囊反搏。术后心房颤动 22 例, 前臂血肿 7 例, 术后左胸腔出血 5 例, 急性肾功能不全 5 例, 均治愈出院。未发生胸骨感染并发症。随访 2~49(34.3±5.5)个月, 随访率 75.89%, 术后平均左室射血分数较术前有显著性改善[(53.3±5.3)% vs. (62.0±4.5)%,  $t=17.16, P<0.001$ ]。随访患者全部存活, 无主要心脑血管事件发生。随访 CTA 提示 fRIMA-RA-Y 桥通畅率为 94.12%。结论 在 TAR 患者中利用 fRIMA 与 RA 在左冠系统构建 fRIMA-RA-Y 复合动脉桥可能是安全有效的。

**关键词:** 冠状动脉旁路移植术; 全动脉化; 游离右内乳动脉; 桡动脉; 复合动脉 Y 桥; 多中心

中图分类号: R654

文献标志码: A

## Outcomes of a Y-composite arterial graft using free right internal mammary artery and radial artery for patients undergoing total arterialization myocardial revascularization in multi-center in China

GUO Ke<sup>1</sup>, CHEN Xujun<sup>2</sup>, SHI Chao<sup>3</sup>, LUO Junhui<sup>4</sup>, YANG Min<sup>5</sup>, WANG Xiaowu<sup>6</sup>,  
WANG Zhendong<sup>7</sup>, LI Youjin<sup>8</sup>, MENG Chunying<sup>9</sup>, CHEN Wensheng<sup>10</sup>

(1. Department of Cardiovascular Surgery, Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi 563003, Guizhou, China; 2. Department of Cardiac Surgery, Wuhan First Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, Hubei, China; 3. Department of Cardiac Surgery, the First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 230004, Anhui, China; 4. Department of Cardiothoracic Surgery, the 989th Hospital of PLA Joint Logistics, Luoyang 471031, Henan, China; 5. Department of Cardiac Surgery, Affiliated Hospital of Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China; 6. Department of Cardiac Surgery, Zhujiang Hospital of Nanfang University, Guangzhou 510282, Guangdong,

China; 7. Department of Cardiac Surgery, Linfen People's Hospital, Linfen 041000, Shanxi, China;

8. Department of Cardiac Surgery, People's Hospital of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750002, Ningxia, China;

9. Department of Cardiac Surgery, Shenzhen People's Hospital, Shenzhen 518020, Guangdong, China;

10. Department of Cardiothoracic Surgery, Xi'an Gaoxin Hospital, Xi'an 710075, Shaanxi, China)

**Abstract: Objective** To evaluate the safety and efficacy of a composite Y arterial graft (fRIMA-RA-Y graft) using free right internal mammary artery (fRIMA) and radial artery (RA) for patients undergoing total arterial myocardial revascularization (TAR). **Methods** From January 2020 to May 2024, 112 patients who underwent TAR in 10 hospitals in China and used fRIMA and RA to construct fRIMA-RA-Y bridges were included, including 91 males and 21 females, aged  $55.5 \pm 11.7$  years. Perioperative data and follow-up data after surgery, including survival, echocardiography, and CT angiography (CTA), were collected and analyzed. **Results** Coronary lesions in all patients were multiple-vessel disease, with 40 cases of severe left main disease. There were 72 patients with diabetes mellitus. All patient underwent TAR by on pump technique. The duration of aorta cross-clamping was 61-100 ( $57.5 \pm 11.4$ ) mins and cardiopulmonary bypass time was 79-127 ( $113.4 \pm 19.2$ ) mins. Among 112 TAR patients, 112 pedicled LIMA, 112 left RA, 100 right RA and 112 fRIMA conduits were harvested. A total of 112 fRIMA-RA-Y grafts were constructed in in left coronary territory. The number of distal anastomoses was 3-5 ( $4.2 \pm 0.7$ ). The duration of mechanical ventilation and ICU stay was 1-18 ( $10.5 \pm 7.7$ ) hours and 12-117 ( $23.5 \pm 12.9$ ) hours respectively. There was one surgical death. A percent of 7.69% (7/112) of patients were implanted with intraoperative aortic balloon bump. There were 22 patients of new set postoperative atrial fibrillation, 7 of forearm hematoma, 5 of postoperative left chest hemorrhage and 5 of acute renal insufficiency. No chest bone infection occurred. The follow-up duration was 2-49 ( $34.3 \pm 5.5$ ) months, with a follow-up rate of 75.89%. There was a significant improvement in left ventricular ejection fraction compared to that of before surgery [ $(53.3 \pm 5.3)\%$  vs.  $(62.0 \pm 4.5)\%$ ,  $t = 17.16$ ,  $P < 0.001$ ]. All patients survived without major adverse cardiovascular or cerebrovascular events during follow-up. It was showed in CTA examination that graft patency of fRIMA-RA-Y graft was 94.12%. **Conclusion** This multi-center study indicates that fRIMA-RA-Y composite arterial grafts in left coronary territory appears to be safe and effective in TAR patients.

**Key words:** Coronary artery bypass grafting; Total arterial myocardial Revascularization; Free right internal mammary artery; Radial artery; composite arterial Y grafts; Multi-center

全动脉冠状动脉旁路移植术 (total arterialization myocardial revascularization, TAR) 在冠心病中良好的长期治疗效果受到到业内越来越多的重视<sup>[1-6]</sup>。双内乳动脉 (bilateral internal mammary artery, BIMA) 是 TAR 中常用的一种术式<sup>[7]</sup>, 但原位带蒂 BIMA 的缺点是右内乳动脉 (right internal mammary artery, RIMA) 长度有限而且胸骨切口并发症较高<sup>[8]</sup>。骨骼化 BIMA 可望增加使用长度并减少胸骨不愈合并发症, 但最新的多中心随机对照研究尚未证实骨骼化 BIMA 的这种优势<sup>[9-10]</sup>。本研究在既往 TAR 的基础上<sup>[11-17]</sup>, 运用游离右内乳 (free right internal mammary artery, fRIMA) 与桡动脉 (radial artery, RA) 构建 fRIMA-RA-Y 复合动脉桥用于左冠系统, 治疗效果较好, 现报告结果如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

回顾性分析 2020 年 1 月至 2024 年 5 月我国 10 所医院进行 TAR fRIMA-RA-Y 患者资料。在 10 所

医院同期完成 TAR 的 770 例患者中, 总共纳入 112 例患者, 其中男 91 例、女 21 例, 31 ~ 70 ( $55.5 \pm 11.7$ ) 岁。纳入标准: ①单纯全动脉 CABG 术; ②冠脉重度狭窄 (左冠状动脉  $\geq 70\%$ , 右冠系统  $\geq 85\%$ ); ③术前影像学评估证实, 动脉桥没有明显的狭窄及粥样硬化, 其中 RA 管径  $\geq 1.5$  mm, 手掌的尺-桡动脉侧支循环良好; ④良好的心功能, 左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)  $\geq 45\%$ , 左室舒张末期内径  $\leq 6.0$  cm; ⑤冠脉多支病变, 靶血管管径  $\geq 1.5$  mm, 远端 run-off 良好, 需要 3 ~ 5 个远端吻合口; ⑥年龄  $\leq 70$  岁。

排除标准: ①再次手术; ②合并需要手术处理的瓣膜病; ③术前心、肺、肝、肾功能明显受损; ④高龄患者。本研究为多中心回顾性研究, 符合《赫尔辛基宣言》的要求, 所有患者术前签署手术知情同意书。

### 1.2 方法

均采用同一手术方式与标准, 达到同质控<sup>[11-13]</sup>。

#### 1.2.1 麻醉及经食道超声

全麻及气管插管, 经股动脉或 RA 置管行术中压力监测。所有患者均使用经食道心脏超声, 术中

明确瓣膜的病变性质及瓣膜的功能,各心腔大小及左室的功能,心脏复跳后撤离体外循环前,明确左室收缩情况。

### 1.2.2 血管采集

参照文献[11-13]的方法,带蒂采集左内乳动脉



图1 获取的离体游离右内乳桥,长 8.5 cm(A)及离体游离右 RA 与左 RA,分别长 15 cm 与 18 cm(B)

Figure 1 The obtained free right internal mammary grafts, 8.5 cm (A), and the free right RA and left RA, 15 cm and 18 cm, respectively (B)

### 1.2.3 冠状动脉旁路移植术

心脏手术均采用胸骨正中切口,升主动脉-右心房插管,心肌保护采用顺行 del Nido 或 HTK 液。CABG 手术在浅低温体外循环下进行,静脉使用全量肝素;CABG 按文献[11-13]的方法进行。远端吻合 7-0 Prolene 线,远端冠状动脉切口 1.0~1.5 cm,确保“脚尖”通过 1.5 mm 的探条(德国 Fehling)。RA 的近端吻合于升主动脉,近端吻合 6-0 Prolene 线。体外循环手术中,保持动脉平均灌注压 70~75 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)水平,常规进行术中超滤,使得停机时血红蛋白 $\geq 100$  g/L、红细胞压积 $\geq 30\%$ 。停机时如果转机偏长,可以快速给予血小板 1 人份滴注,给予鱼精蛋白常规中和肝素。术中给予甲强龙 1 mg/kg。心包与纵隔放置引流管各一根。

### 1.2.4 血管桥/靶血管的匹配策略<sup>[11-13]</sup>

优先 LITA 吻合于左前降支,常规吻合左 RA 于右冠主干或顿缘支或后降支,常规吻合右 RA 于中间支/对角支/顿缘支。若 LIMA 长度有限或血流不满意,吻合右 RA 远端于 LAD,吻合 LITA 于中间支或对角支,或弃用。fRIMA 远端吻合于对角支、中间支、第一钝缘支,近端吻合于左心的 RA,行 Y 桥。靶血管必须重度狭窄(狭窄度 $\geq 75\%$ ),直径 $\geq 1.5$  mm。靶血管的选择,均考虑远端 run-off 情况。

### 1.2.5 动脉桥抗痉挛策略

参照文献[11-13],简要为:①非接触技术带蒂获取动脉桥,远端离断时动脉桥有良好的血流,局部使用罂粟碱/肝素溶液;②选择直径 $\geq 1.5$  mm、远端 run-off 好的靶血管吻合;③体外循环下手术,保持

(left internal mammary artery, LIMA)与 RA,经 RA 造影者,等待 2 周,常距穿刺点近端 1.0~1.5 cm 离断 RA。fRIMA 采集类似与 LIMA,从第 3 肋间开始,向下带蒂游离,止于远端分叉。同样方法获取右内乳动脉桥(图 1)。

吻合口精度、宽大通畅,脚尖必须通过 1.5 mm 探条,弥漫性狭窄需要使用原位冠脉重建技术;④远端吻合完成后早期使用钙离子拮抗剂与硝酸甘油来扩血管舒张动脉桥;⑤保证动脉桥长度适宜,避免牵拉、成角;⑥通过超滤、给小剂量强心药、积极使用主动脉球囊反搏(intra-aortic balloon pumps, IABP)等方式,减轻心脏负荷、增加心肌收缩,维持有效灌注(平均动脉压 70~75 mmHg),严格避免使用缩血管药物。

### 1.2.6 fRIMA-RA-Y 复合动脉桥的构建方法

简要为:①先用 7-0 线分别完成 RA、fRIMA 与远端吻合,吻合口大小分别为冠脉管径的 3~4 倍,反复注入含肝素/罂粟碱的动脉血 2~3 次,检查吻合口不漏血;②完成右冠系统动脉桥的吻合和或左内乳动脉-前降支的吻合,检查无出血后,开放主动脉;③在升主动脉上侧壁钳分别完成 RA 桥近端吻合;④在左冠 RA 桥的前侧壁,行 0.5 cm 切口,7-0 或 8-0 小针完成 fRIMA 与 RA 的端侧吻合,2 个 Y 臂的角度为 30~45°;⑤关胸时需要用生物胶固定 Y 臂于心脏表面,避免 Y 桥扭转。

### 1.2.7 术后处理

补足容量,容量足够的标准为以关胸时的中心静脉压上限为参考。给予少量强心剂[多巴胺 3~5  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$ 和/或肾上腺素 0.01~0.05  $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$ ]持续维持有创平均血压 70~75 mmHg;地尔硫卓与硝酸甘油泵入 24~48 h。当胸引量 $\leq 30\sim 50$  mL/h 给低分子肝素,拔管 6 h 内给予拜阿司匹林 100 mg 口服,24 h 后开始口服氯吡格雷 75 mg;持续挤压胸

管,保持胸腔引流管通畅,若连续持续3~5 h胸腔引流 $\leq 20\sim 30\text{ mL/h}$ ,则可拔出胸管;术后鼓励48~72 h内尽早下床活动,行康复锻炼。拔管后予以“面罩/高流量吸氧”,若是术后36~48 h出现低氧血症,静脉给予甲强龙或运用无创呼吸机。

### 1.2.8 围手术期观察

围手术期防止各种并发症,并发症的定义参照文献[11-13]。

### 1.2.9 随访

主要心脑血管不良事件(major adverse cardiovascular and cerebrovascular event, MACCE)为主要临床终点,包含死亡、心肌梗死及卒中。次要临床终点为靶血管再次血运重建、心因性死亡、卒中、加拿大心血管学会心绞痛分级、纽约心功能分级。对患者通过门诊、电话、邮件、微信或随访方式进行随访。随访内容为上述主要及次要临床终点。术后每3~6

个月进行1次随访,进行心电图、心脏超声及CTA随访,以后每年复查1次。CTA判断桥通畅的标准为桥局部或远近端吻合口狭窄程度 $\leq 50\%$ 。

### 1.3 统计学处理

采用SPSS 22.0统计学软件。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,术前术后的比较采用配对 $t$ 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 基本情况

所纳入的112例患者均为冠脉多支病变,其中重度左主干病变40例、右冠疾病72例。术前合并糖尿病72例(64.29%),周围血管病12例。术前LVEF 45%~60%(53.3 $\pm$ 5.3)%、术前左心室舒张末期内径33~58(52 $\pm$ 8.5)mm。病例筛选流程见图2。

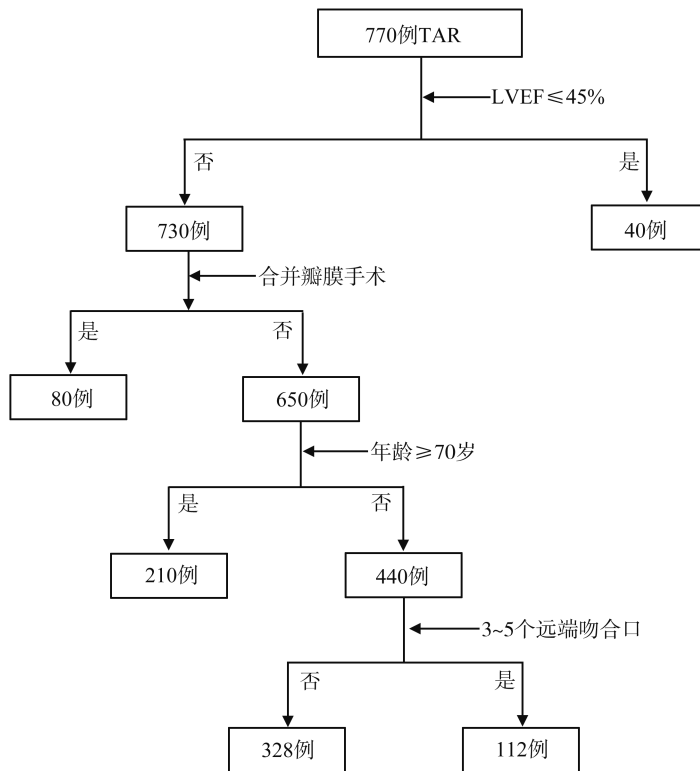


图2 病例筛选流程

Figure 2 Case screening process diagram

### 2.2 手术结果

升主动脉阻断时间61~100(57.5 $\pm$ 11.4)min,平均体外循环时间79~127(113.4 $\pm$ 19.2)min。112例TAR患者中,共取带蒂LIMA 112支(吻合于前降支105支,对角支2支、中间支5支)、左RA 112支(吻合于右冠系统101支,钝缘支5支,对角支6支)、右RA 97支(回旋支90支,中间支7支),取

fRIMA 112支,fRIMA平均长度3.5~8.0(5.1 $\pm$ 1.5)cm。共构建复合fRIMA-RA-Y动脉桥112支,均吻合于左冠系统,fRIMA远端吻合于对角支76例(67.86%),中间支22例(19.64%),第一钝缘支14例(12.5%)。

远端吻合口3~5(4.2 $\pm$ 0.7)个。术中超滤2500~4700(3440 $\pm$ 920)mL。气管插管时间1~18(10.5 $\pm$ 7.7)h,

其中1 h 拔管3例。ICU 停留时间12~117(23.5±12.9)h。术后住院时间9~15(11.5±4.1)d。

手术死亡1例,死于低心排,手术死亡率为0.89%(1/112),6.25%(7/112)植入IABP,均为重度左主干和三支病变/或重度左主干+右主干病变。术后心房颤动22例,前臂血肿7例,术后左胸腔内出血5例再次行闭式引流,急性肾功能不全者5例(2例行连续性肾替代治疗),低氧血症15例(给予无创呼吸机5~12 h,低氧缓解)。患者胸骨愈

合良好,未发生胸骨感染并发症。

### 2.3 随访

随访2~49(34.3±5.5)个月,随访率为76.58%(85/111),术后LVEF较术前有显著性改善[(53.3±5.3)% vs. (62.0±4.5)% $t=17.16, P<0.001$ ]。随访患者全部存活,无MACCE发生。随访CTA,提示fRIMA-RA-Y桥的通畅率为94.12%(80/85)。见图3。

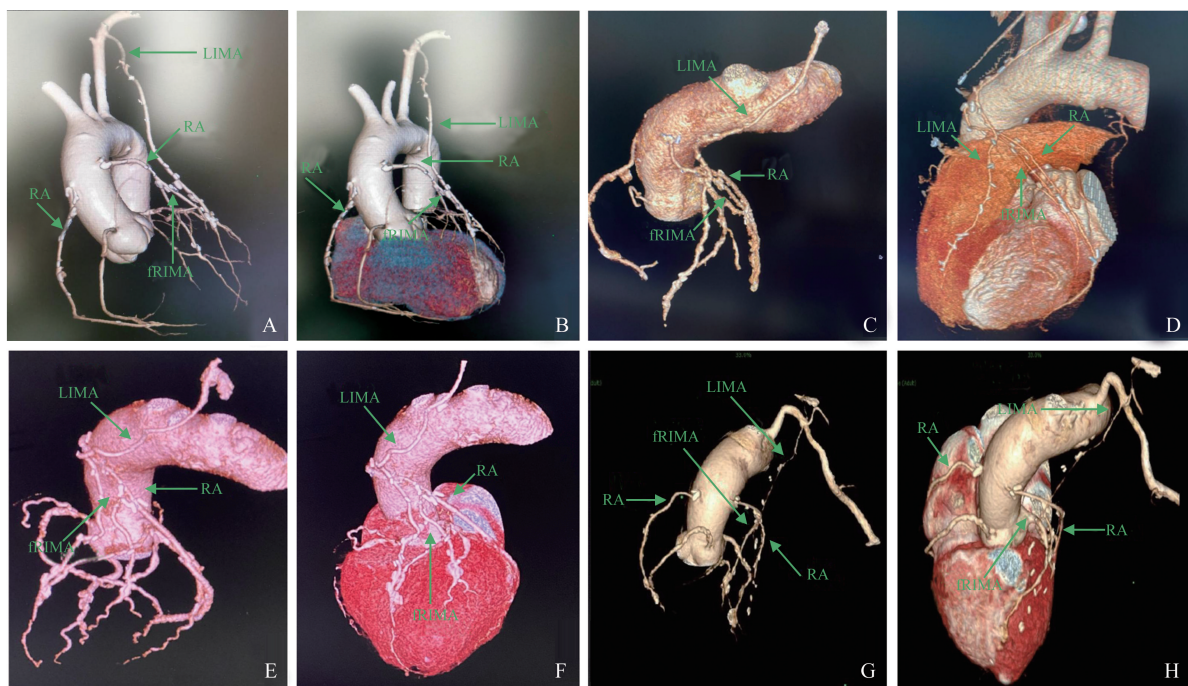


图3 TAR术后CTA随访

A、B:术后45个月(4支动脉),fRIMA远端吻合于对角支,近端吻合于右RA(远端吻合于钝缘支),fRIMA-RA-Y桥均通畅;C、D:术后37个月(4支动脉桥),fRIMA远端吻合于高位钝缘支,近端吻合于右RA(远端吻合于低位钝缘支),构建fRIMA-RA-Y桥,通畅良好;E、F:术后49个月(3支动脉桥),fRIMA远端吻合于中间支,近端吻合于右RA(远端吻合于回旋支),构建fRIMA-RA桥,显影良好;G、H:术后40个月(4支动脉桥),fRIMA远端吻合于对角支,近端吻合于RA(远端吻合于回旋支)构建fRIMA-RA桥,显影良好。

Figure 3 CTA follow-up after TAR surgery

A-B: fRIMA distal anastomosis was performed on the diagonal branch, proximal anastomosis was performed on the right RA (distal anastomosis was performed on the blunt edge branch), and fRIMA-RA-Y grafts were all unobstructed 45 months after surgery (4 arterial grafts); C-D: fRIMA was anastomosed at the distal end to the high blunt edge branch and the proximal end to RA (distal end to the low blunt edge branch), constructing the fRIMA-RA-Y grafts with good visualization 37 months after surgery (4 arterial grafts); E-F: fRIMA was anastomosed at the distal end to the middle branch and the proximal end to the right RA (distal end to the circumflex branch), constructing the fRIMA-RA grafts with good visualization 49 months after surgery (3 arterial grafts); G-H: fRIMA distal anastomosis to diagonal branch and proximal anastomosis to RA (distal anastomosis to circumflex branch), constructing fRIMA-RA grafts with good visualization 40 months after surgery (4 arterial grafts).

## 3 讨论

### 3.1 研究中fRIMA的获取并与RA构建fRIMA-RA-Y桥的意义

RIMA管径比LIMA粗、血流更佳、易于吻合、具有良好的远期通畅率,在CABG多支动脉中享有

较高的地位,目前LIMA被认为第1血管桥,RIMA倾向于仅是仅次于RA的第3血管桥<sup>[14-17]</sup>。RIMA骨骼化的目的是增加RIMA的长度并减少胸骨缺血并发症,但最新的随机对照研究证实,RIMA骨骼化的并发症明显增加、手术安全性下降、中期通畅率降低,主要依据包括:①COMPASS研究<sup>[18]</sup>结果显示,CABG术后1年,RIMA闭塞率带蒂组为3.9%,骨

髓化组为 39.6% (OR=2.41, 95%CI: 1.39~4.20,  $P=0.002$ ), 骨髓化组发生 MACCE 的风险更高 (HR=3.19, 95%CI: 1.53~6.67,  $P=0.002$ ); ②ART 研究<sup>[19]</sup> 结果也证实, 随访 10 年, 骨髓化组患者与带蒂组病死率相似, 但 MACCE 发生率更高。因此在本研究中均使用带蒂 RIMA 而不是骨髓化 RIMA。

动脉桥获取越多对人体创伤越大, 使用复合动脉 Y 桥的优势主要在于节省动脉桥的长度而且达到完全再血管化<sup>[20]</sup>。完全再血管化是 CABG 中重要的理念, 在各项指南中具有重要地位<sup>[21]</sup>。近年研究指出, 为提高 CABG 的远期效果改善患者的生活质量, CABG 应该达到解剖完全再血管化<sup>[22-23]</sup>。一般认为左冠的完全再血管化对患者的心功能改善与预后有重要关系, 本研究中冠脉病变均为多支病变, 为达到左冠系统完全再血管化, 使用 fRIMA-RA-Y 复合动脉桥。在本研究中从第 3 肋间开始获取 fRIMA, 止于远端分叉, 保留了部分右内乳, 目的是避免胸骨缺血并发症。67.86% 的 fRIMA 远端均吻合于对角支、19.64% 吻合于中间支、12.5% 吻合于高位钝缘支, 而且 64.29% 病例为糖尿病患者, 术后均未发生胸骨不愈合, 而且术后恢复良好、并发症少、手术死亡率为 0.89%, 说明从第 3 肋间开始获取的保留部分内乳动脉的 fRIMA 的长度足够、fRIMA-RA-Y 桥应用是安全有效的。有研究证实, fRIMA 吻合于左冠高度狭窄靶血管具有良好的远期效果<sup>[24]</sup>, 与本研究的技术策略相一致。

在本研究中, 尽管随访时间虽然只有 2~49 (34.3±5.5) 个月, 但 CTA 证实 fRIMA-RA-Y 桥通畅率高达 94.12%。最近有研究显示, 动脉桥的长期通畅率以单支桥为最佳, 其次是 Y 或 T 桥, 序贯桥的远期通畅率最低, 而且长期随访资料证实, 15 年后复合动脉 Y 桥依然有良好的通畅率<sup>[25-26]</sup>, 与本研究中构建 fRIMA-RA-Y 桥技术策略相一致, 进一步说明 fRIMA-RA-Y 桥在左冠系统使用的重要意义。

## 3.2 本研究中技术要点与手术策略

### 3.2.1 fRIMA-RA-Y 桥的构建手术要点

(1) 体外循环下手术。有体外循环的保护, 可以持续维持平均动脉压 (70~75 mmHg), 保持良好的脑灌注 (避免低灌注导致的脑卒中)、保证肾灌注 (避免术后急性肾功能不全); 心脏停跳下吻合口更精确; 心肌保护液均采用 HTK 与 del Nido 可以保证良好的心肌保护, 其中 del Nido 含血, 在近年来冠脉外科的广泛使用及其良好效果也获得了广泛的关注<sup>[27]</sup>, 在以前的研究中 del Nido 也被证实有很好的应用效果; 利用体外循环可以超滤 (减少炎性因子、

减少容量负荷), 避免低心排 (减少多巴胺、肾上腺素等药物的使用量); 减少术后肺水肿、心肌水肿 (有利于快速拔管)。

(2) fRIMA-RA-Y 型动脉桥构建的一个重要的技术理念是避免竞争血流<sup>[20]</sup>。为此, Y 桥远端吻合口的二 Y 臂长度合适, 角度 30~45°; 力求 Y 桥远端 2 个吻合口宽大、精确, 吻合口“脚尖”都通过 1.5 mm 金属探条; fRIMA 近端均吻合于 RA 侧壁; 另外在选择靶血管, 必须靶血管狭窄程度 ≥75%, 靶血管直径 ≥1.5 mm、远端 run-off 好。从图 1 可以看出, RA 的长度与管径明显大于 fRIMA。因此, 本研究中, fRIMA-RA-Y 型动脉桥构建时, 一律将 fRIMA 近端吻合于 RA。

(3) 生物胶固定吻合口尤为重要, 避免扭转。Y 桥如果采用缝线固定, 需要固定 5 处, 费时较长, 而且有缝线切割心肌表面出血之虞, 生物胶在关胸之前使用, 可以 10~15 s 迅速固定整个 Y 桥及吻合口, 既可以避免扭转还可以达到吻合口止血目的。

### 3.2.2 IABP 的应用

在本研究中, 重度左主干+多支病变者需要积极使用 IABP, IABP 提高心肌灌注压、减少血管活性药物的使用、减少动脉痉挛的发生, 均有重要意义。6.25% (7/112) 例术中安装 IABP 均顺利停机/撤机。

### 3.2.3 止血/抗凝策略

术后关胸抗凝/止血策略的应用十分重要。动脉桥侧枝多、细, 关胸时细致止血; 转机时长者, 停机时快速输血小板 1 份, 可明显减少术后引流、缩短关胸时间, 避免输血并发症; 建议使用硅塑引流管, 充分引流, 避免心包填塞。抗凝是保证桥通畅率的重要手段, 本研究的使用策略<sup>[11-13]</sup> 包括: ①早抗凝, 术后 4~6 h, 低分子肝素 (12 h 1 次, 连续 2~3 次); ②抗血小板强, 拔管 6 h 内, 使用双抗血小板, 口服阿司匹林 100 mg, 拔管 24 h 内口服波立维 75 mg; ③抗血小板持久, 波立维 1 年, 阿司匹林终身。

### 3.2.4 积极补充胶体、激素, 加强利尿

本研究中术后补充足量的白蛋白, 同时给予小剂量利尿剂, 保证 72 h 负平衡。另外, 补充小剂量甲强龙, 1 mg/(kg·d), 从术中体外循环开始, 持续 72 h, 可以明显改善氧合、减少肺水肿, 有利于早拔管同时避免再次插管。

### 3.2.5 改善动脉桥通畅率、防治动脉桥痉挛

TAR 中应积极防治动脉桥痉挛, 参照文献<sup>[28-29]</sup>。

### 3.2.6 安全性与风险控制

本研究的安全性在于 Y 吻合口的精度及动脉

痉挛的防治。因此,本研究选择心功能良好、相对年轻的病人,在体外循环心脏停跳下手术,保证吻合口精度,积极防治动脉桥痉挛。

### 3.3 本研究不足之处

本研究系回顾性研究、病例数相对有限且有选择性、缺乏随机对照,将在未来的系列研究中进一步解决这些不足之处。我们相信,随着病例的积累,FRIMA-RA-Y 复合动脉桥的 TAR 在冠心病患者治疗中发挥越来越重要的作用。

### 3.4 结论

研究表明,在全动脉冠状动脉旁路移植术患者中利用游离带蒂右内乳与桡动脉在左冠系统构建 FRIMA-RA-Y 复合动脉桥可能是安全有效的。

## 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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
- [5] Shapira OM. Radial artery as the preferred second conduit for coronary bypass [J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(22): 2134-2135.
- [6] 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.
- [7] Shapira OM, Idais I, Aviel G. The best conduits, by the best surgeons, for the best outcomes [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74(10): 1286-1289.
- [8] Taggart DP, Benedetto U, Gerry S, et al. Bilateral versus single internal-thoracic-artery grafts at 10 years [J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(5): 437-446.
- [9] Buxton BF, Hayward PA, Raman J, et al. Long-term results of the RAPCO trials [J]. *Circulation*, 2020, 142(14): 1330-1338.
- [10] Gaudino M, Bakaeen FG, Sandner S, et al. Expert systematic review on the choice of conduits for coronary artery bypass grafting; endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and The Society of Thoracic Surgeons (STS) [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2023, 166(4): 1099-1114.
- [11] 陈绪军, 郑宝石, 张永, 等. 冠状动脉旁路移植术双桡动脉桥多中心应用的中期结果 [J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(14): 1069-1074.  
CHEN Xujun, ZHENG Baoshi, ZHANG Yong, et al. Mid-term multi-center outcomes of bilateral radial artery as conduits in coronary artery bypass grafting [J]. *National Medical Journal of China*, 2019, 99(14): 1069-1074.
- [12] 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.
- [13] 刘达兴, 陈绪军, 张建, 等. 左桡动脉桥冠状动脉旁路移植术治疗右主干重度狭窄的中期结果 [J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(42): 3313-3317.  
LIU Daxing, CHEN Xujun, ZHANG Jian, et al. Mid-term outcomes of coronary artery bypass surgery with left radial artery bypassed to right main coronary artery of severe stenosis [J]. *National Medical Journal of China*, 2019, 99(42): 3313-3317.
- [14] Ashwat E, Brown JA, Yousef S, et al. Radial artery vs right internal mammary artery as a second conduit during coronary artery bypass grafting [J]. *Am Heart J*, 2024, 270: 44-54. doi: 10.1016/j.ahj.2024.01.006
- [15] Tatoulis J, Buxton BF, Fuller JA. Results of 1, 454 free right internal thoracic artery-to-coronary artery grafts [J]. *Ann Thorac Surg*, 1997, 64(5): 1263-1268.
- [16] Tatoulis J, Buxton BF, Fuller JA. The right internal thoracic artery: the forgotten conduit; 5, 766 patients and 991 angiograms [J]. *Ann Thorac Surg*, 2011, 92(1): 9-15.
- [17] 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 Jiang, 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): 45-49.

- [18] Lamy A, Browne A, Sheth T, et al. Skeletonized vs pedicled internal mammary artery graft harvesting in coronary artery bypass surgery: a post hoc analysis from the COMPASS trial [J]. *JAMA Cardiol*, 2021, 6(9): 1042-1049.
- [19] Gaudino M, Audisio K, Rahouma M, et al. Comparison of long-term clinical outcomes of skeletonized vs pedicled internal thoracic artery harvesting techniques in the arterial revascularization trial[J]. *JAMA Cardiol*, 2021, 6(12): 1380-1386.
- [20] Ratnaraj V, Tripathy AK, Ivanov A, et al. Baby Y anastomosis, the journey towards total arterial complete myocardial revascularization [J]. *JTCVS Tech*, 2023, 19: 52-57. doi: 10.1016/j.xjtc.2023.03.014
- [21] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization [J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(2): 87-165.
- [22] Mavromatis K, Jones PG, Ali ZA, et al. Complete revascularization and angina-related health status in the ISCHEMIA trial[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2023, 82(4): 295-313.
- [23] Stone GW, Ali ZA, O'Brien SM, et al. Impact of complete revascularization in the ISCHEMIA trial[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2023, 82(12): 1175-1188.
- [24] Buxton BF, Ruengsakulrach P, Fuller J, et al. The right internal thoracic artery graft: benefits of grafting the left coronary system and native vessels with a high grade stenosis [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2000, 18(3): 255-261.
- [25] Roysse AG, Bellomo R, Roysse CF, et al. Radial artery vs bilateral mammary composite Y coronary artery grafting: 15-year outcomes [J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 111(6): 1945-1953.
- [26] 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.
- [27] Misra S, Srinivasan A, Jena SS, et al. Myocardial protection in adult cardiac surgery with del nido versus blood cardioplegia: a systematic review and meta-analysis [J]. *Heart Lung Circ*, 2021, 30(5): 642-655.
- [28] 国科, 陈绪军, 郑宝石, 等. 解剖完全再血管化全动脉冠脉旁路移植术多中心应用中期结果 [J]. *山东大学学报(医学版)*, 2025, 63(5): 18-25.  
GUO Ke, CHEN Xujun, ZHENG Baoshi, et al. Multi-center mid-term clinical outcomes in coronary patients undergoing total arterial bypass surgery with anatomic complete revascularization in China [J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2025, 63(5): 18-25.
- [29] 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的多中心临床效果 [J]. *山东大学学报(医学版)*, 2025, 63(5): 26-32.  
GUO Ke, CHEN Xujun, ZHENG Baoshi, et al. Multi-center clinical outcomes of fast-track extubation in total arterial coronary bypass grafting in China [J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2025, 63(5): 26-32.

(编辑:房红娟)