

· 专家共识 ·

# 中国动脉化冠状动脉旁路移植术专家共识 2019 版



中国动脉化冠状动脉旁路移植术专家共识组

通信作者:赵强<sup>1</sup> Email: zq11607@rjh.com.cn

郑哲<sup>2</sup> zhengzhe@fuwai.com

何国伟<sup>3</sup> heguowei@nankai.edu.cn

<sup>1</sup>上海交通大学医学院附属瑞金医院 200025; <sup>2</sup>中国医学科学院北京阜外医院 100037; <sup>3</sup>中国医学科学院(天津)泰达国际心血管病医院 300457

DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2019.04.001

## 2019 Chinese Expert Consensus on Arterial Coronary Artery Bypass Grafting

Working Group of Chinese Expert Consensus on Arterial Coronary Artery Bypass Grafting

Corresponding author: Zhao Qiang<sup>1</sup> Email: zq11607@rjh.com.cn

Zheng Zhe<sup>2</sup> zhengzhe@fuwai.com

He Guowei<sup>3</sup> heguowei@nankai.edu.cn

<sup>1</sup>Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; <sup>2</sup>Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100037, China; <sup>3</sup>Chinese Academy of Medical Sciences TEDA International Cardiovascular Hospital, Tianjin 300457, China

DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2019.04.001

### 一、引言

冠状动脉旁路移植术(CABG)是冠状动脉粥样硬化性心脏病血运重建的主要方法之一,通畅的旁路血管是患者围术期安全保障及远期生存获益、生活质量改善的基石。1964年Kolesov成功完成了历史上首例胸廓内动脉(ITA)作为旁路血管的CABG<sup>[1]</sup>。20世纪80年代Loop比较了使用ITA和单纯大隐静脉旁路血管(SVG)CABG,证明ITA显著改善患者的10年生存,降低了心肌梗死和再次血运重建风险<sup>[2]</sup>,从而使ITA成为旁路血管的“金标准”。随后使用双侧胸廓内动脉(BITA)、桡动脉(RA)旁路血管,进行多支动脉CABG(MA-CABG),甚至提出全动脉CABG(TA-CABG)的理念,以期进一步获得更好的远期旁路血管通畅和临床预后。其他用于CABG的动脉旁路血管包括胃网膜右动脉、腹壁下动脉、尺动脉等,但较少应用。

然而,由于技术难度、手术资源的制约,以及缺乏坚实的循证医学证据,除了左侧胸廓内动脉(LITA)以外的第二支动脉旁路血管的使用目前尚未普及。21世纪以来,随着前瞻性随机对照研究(RCT)的深入开展,MA-CABG的临床获益逐渐被

重新认识。一方面,在奠定复杂冠心病血运重建策略CABG优选循证地位的SYNTAX、FREEDOM等RCT中,多支动脉旁路血管的使用占了相当比例;另一方面,在比较MA-CABG与单支动脉旁路血管CABG(SA-CABG)临床结局的ART、RADIAL等RCT研究中,MA-CABG的结果令人鼓舞。

为了进一步改善CABG的远期疗效,由中国医师协会心血管外科医师分会冠心病学组发起,组织了全国该领域的知名专家,参考欧美最新研究和指南,并结合我国国情,以循证医学为准绳制定了本共识,以期提倡和推动我国动脉化CABG的普及,并鼓励参与国际合作和自主开展临床研究的探索。

### 二、动脉旁路血管

#### 1. 胸廓内动脉

##### 1.1 应用现状

LITA是CABG的金标准旁路血管,与静脉旁路血管相比,不仅具有远期通畅率高的优势,更具有改善生存,减少心血管事件的临床获益。鉴于此,除存在少见的禁忌证,如左锁骨下动脉狭窄导致LITA血流不佳、极严重胸骨愈合不良风险等,应常规使用LITA作为前降支(LAD)的旁路血管。

右侧胸廓内动脉(RITA)具备与 LITA 相似的生物学特性,故常作为 LITA 的补充使用,即 BITA。

北美胸外科医师协会(STS)数据库中单侧胸廓内动脉(SITA,通常是 LITA)使用比例超过 90%,而 BITA 的使用比例约 5%;欧洲 BITA 的使用比例高于北美,约 10%。中国心脏外科手术登记注册(CCSR)中 SITA 使用比例为 90%,BITA 使用比例为 3.2%。

### 1.2 获取技术

带蒂法获取 ITA,可一定程度上减少旁路血管的操作损伤,但会更加明显地影响胸骨血供<sup>[3]</sup>。ITA 也可以采取骨骼化的方式获取,这样可以增加旁路血管的长度。理论上,骨骼化获取更容易造成旁路血管的损伤,但队列研究结果显示两种方法的近中期通畅率相似<sup>[4]</sup>。采用低功率电刀或超声刀获取,可以减少对血管的损伤。荟萃分析显示,与带蒂法获取相比,骨骼化获取更好地保留了胸骨血供,从而减少了胸骨并发症的发生<sup>[5]</sup>。此外,当 RITA 作为 T 形旁路血管时,可以仅获取上 2/3,从而保留胸骨远端的血供,这对于合并糖尿病或使用 BITA 的患者尤为重要。

### 1.3 循证获益

观察性数据报道 LITA 的通畅率 1 年达 98% 左右,5 年达 95% 左右,10 年仍可超过 90%;RITA 的通畅率 1 年达 93% 左右,5 年达 90% 左右,10 年仍超过 80%<sup>[6]</sup>。

已有观察性研究证明使用 SITA(LITA-LAD)相较于仅使用 SVG 的生存获益<sup>[2]</sup>。比较 BITA 与 SITA 的观察性研究进一步提示,BITA 与远期生存的改善相关<sup>[7]</sup>。大样本的注册研究和荟萃分析均显示,使用 BITA 较使用 SITA 远期全因死亡和再次血运重建比例更低。这种减少全因死亡和心血管事件的获益要在术后远期(7~10 年)才得以显现,提示对于高龄或预期寿命较短的患者这种获益可能有限<sup>[8-9]</sup>。另一方面,使用 BITA 重建左冠系统血运时,LITA-LAD 与 RITA-LAD 两种策略的远期死亡和再次血运重建风险相似<sup>[10]</sup>。

截至目前,ART 研究样本最大、随访最长,旨在验证 BITA 相较于 SITA 临床结局(全因死亡)的优越性<sup>[11]</sup>。由于研究设计和实施过程存在缺陷,其 5

年及 10 年结果暂时未能证实 BITA 较 SITA 的总体生存优势。因此,BITA 相较于 SITA 的临床获益仍有待于后续设计严谨、执行良好的 RCT 证实。

### 1.4 胸骨并发症

尽管随着技术的进步,胸骨并发症(纵隔感染或胸骨哆开)的总体发生率在逐渐下降(约 1%~2%),然而一旦发生,依然会显著增加术后死亡和治疗费用<sup>[12]</sup>。使用 ITA 的 CABG 术后胸骨并发症的主要风险因素,包括高龄、女性、非择期手术、糖尿病、肥胖、慢性阻塞性肺病、吸烟状态、长手术时间、二次开胸止血、免疫抑制状态和胸部放疗史<sup>[13]</sup>。使用 BITA 者胸骨并发症增加 2~3 倍<sup>[11]</sup>。

糖尿病患者围术期血糖控制水平与胸骨并发症密切相关,有研究指出围术期糖化血红蛋白 $\geq 7\%$ 是胸骨切口感染的独立危险因素<sup>[14]</sup>。围术期必须常规监测并控制血糖。2009 年美国胸外科医师协会(STS)指南给出的围术期血糖控制目标为随机血糖 $< 10 \text{ mmol/L}$ <sup>[15]</sup>。

总体而言,目前的研究提示非胸骨并发症高危患者使用 BITA 是安全且有效的,采取骨骼化获取和其他预防措施(戒烟、控制血糖、使用 Robicsek 缝合、胸骨钢板等)可以降低胸骨并发症风险。

### 循证推荐<sup>[16-17]</sup>

当 LAD 需血运重建时,应当使用 ITA 旁路血管,除非存在禁忌证(I 类推荐,B 级证据)。

对于合适的患者(非胸骨并发症高危),应考虑使用 BITA 旁路血管(II a 类推荐,B 级证据)。

为了减少使用 ITA(尤其 BITA)旁路血管的胸骨并发症风险:

a 应当骨骼化获取,尤其对于胸骨并发症高风险患者(I 类推荐,B 级证据)。

b 应当戒烟(I 类推荐,B 级证据)。

c 应当围术期监测并控制血糖(I 类推荐,B 级证据)。

d 可考虑使用增强胸骨稳定性的技术和措施(II b 类推荐,C 级证据)。

## 2. 桡动脉

### 2.1 应用现状

RA 通常是作为 ITA 的补充,用于多支或完全动脉化血运重建。RA 获取简便,长度足够达到所

有冠状动脉靶血管区域,但其血管壁平滑肌层发达,容易发生痉挛。在经过早年关于 RA 通畅率和临床结果的激烈争论后,近 20 年来的研究数据越来越支持使用 RA 的安全性和有效性,这种转变可能是得益于“不接触”获取技术、钙离子拮抗剂的应用和更合适的靶血管选择。北美 STS 数据库显示,RA 使用比例在 5% 左右<sup>[18]</sup>。欧洲与之类似,而澳洲的使用比例超过 10%。我国 CCSR 注册中 RA 的使用比例为 5.5%。

## 2.2 获取技术

因为担心对手部感觉和运动功能的潜在影响,通常获取非利手侧的 RA。如果既往尤其近期经 RA 做过冠状动脉造影检查,则通常不再使用该侧 RA。术前常规使用无创方法评估掌弓循环,Allen 试验最常用<sup>[19]</sup>,也可以采取其他补充手段进一步评估,包括 RA 阻断前后的动态多普勒超声、动态血压或指脉氧饱和度监测法<sup>[20]</sup>。采取这些方法筛选后,术后前臂或手部缺血的并发症发生率极低。尽管有报道轻度疼痛、感觉异常、肢端无力等神经系统并发症的发生率高达 1/3,但这些都是术后早期一过性和自限性的<sup>[21-22]</sup>。

RA 获取大多采取开放切口,也有采用内镜获取的报道。同时,大多数报道主张获取 RA 应保留周围组织。无论何种方式获取,轻柔精细的操作,使用低功率电刀或超声刀,尽量避免对 RA 直接的机械性或热刺激,即所谓“不接触”技术始终是关键。

## 2.3 抗痉挛药物处理

临床上常采用抗痉挛药物预防 RA 痉挛。不同的临床研究报道了多种不同的药物均可以有效地预防和缓解 RA 痉挛<sup>[23]</sup>。RA 获取后保存在含抗痉挛药物的特制溶液中,常用的配方包括罂粟碱加肝素化血液,或钙离子拮抗剂(如维拉帕米或尼卡地平)加硝酸甘油<sup>[24-25]</sup>。在术中获取 RA 时和术后早期(最易发生 RA 痉挛的危险期),常静脉单独使用钙离子拮抗剂或联合使用硝酸酯。其他较少使用的抗痉挛药物包括米力农、罂粟碱和酚苄明。静脉使用抗痉挛药物的最大副作用是低血压,故应结合局部使用,包括管腔内注射和表面浸润注射。虽然尚无 RCT 证实术后长期使用钙离子拮抗剂的临床获益,术后通常口服钙离子拮抗剂数周到数月<sup>[26]</sup>。

## 2.4 靶血管选择

“线样征”指 RA 旁路血管部分节段或全程变细或痉挛,发生率约 7%,其发生与围术期  $\alpha$  受体激动剂使用和“竞争血流”有关<sup>[27]</sup>。既往比较 RA 与 SVG 疗效的 RCT 研究将靶血管狭窄  $\geq 70\%$  作为使用 RA 的人选标准,以期减少“竞争血流”现象的发生<sup>[28]</sup>。进一步研究发现,对于狭窄  $> 90\%$  的靶血管,RA 旁路血管病变更少<sup>[29]</sup>。另一方面,应考虑靶血管的粗细,靶血管越粗,则要求适宜使用 RA 的靶血管近端狭窄程度越重。2011 年美国心脏病学会及美国心脏学会 (ACC/AHA) 指南指出,仅对于狭窄  $\geq 90\%$  的右冠状动脉主干靶血管和狭窄  $> 70\%$  的左冠状动脉系统靶血管,才可考虑使用 RA 旁路血管<sup>[30]</sup>。2016 年 STS 和 2018 年欧洲心脏病学会及欧洲心胸外科协会 (ESC/EACTS) 指南更新推荐 RA 用于狭窄严重的冠状动脉靶血管<sup>[16-17]</sup>。

## 2.5 循证获益

大致而言,观察性数据报道 RA 的通畅率 1 年可超过 95%,5 年可超过 90%,10 年仍可超过 85%<sup>[6]</sup>。

比较 RA 与 SVG 通畅率的 RCT 研究中,RAPS 研究和 RSVP 研究显示 5 年旁路血管通畅率 RA 较 SVG 更高<sup>[31-32]</sup>。另有研究也发现 1 年通畅率 RA 较 SVG 更高<sup>[33-34]</sup>。但 VACSP 研究和 RAPCO 研究中 RA 与 SVG 的 1 年通畅率相似<sup>[35-36]</sup>。多数回顾性研究显示 RA 通畅率更佳<sup>[37-38]</sup>。综合荟萃分析的结果,对于近端狭窄严重的冠状动脉靶血管,RA 比 SVG 通畅率高<sup>[28]</sup>。

有 RCT 证实了 RA 相较于 SVG 减少心血管事件的优势<sup>[34,39]</sup>。大样本的单中心观察性研究均发现 RA 使用与更好的远期生存相关<sup>[40-42]</sup>,来自中国人群的数据观察到了类似的结果<sup>[43-44]</sup>。

RADIAL 研究采用池式荟萃分析法整合了 6 项“患者个体水平”的 RCT 数据,比较在 LITA-LAD 基础上使用 RA 与 SVG 的中远期临床结局,中位随访 5 年的结果显示,使用 RA 显著减少了复合心血管事件(包括全因死亡、心肌梗死和再次血运重建)<sup>[45]</sup>,为临床结局的获益提供了潜在的解释。

RA 与 RITA 相比,如果靶血管选择适宜,两者的通畅率大致相当。RAPCO 研究中 RA 与游离

RITA 的 5 年通畅率相当<sup>[35]</sup>。大样本的观察性研究亦显示 RA 与 RITA 的 5 年通畅率相似<sup>[46]</sup>。但有观察性研究提示 RITA 的通畅率更高<sup>[47]</sup>。

目前尚无 RCT 发现在 LITA-LAD 基础上使用 RITA 与 RA 的远期生存差异。RAPCO 研究的 6 年随访结果中,使用 RA 与 RITA 的复合心血管事件(包括全因死亡,心肌梗死和再次血运重建)无差异。大多数观察性研究报道了两者类似的临床结局,亦有个别研究提示 RITA 可能有优势<sup>[48-50]</sup>。

### 循证推荐<sup>[16-17]</sup>

作为 ITA-LAD 的补充,对于近端狭窄严重的冠状动脉靶血管,应当使用 RA 旁路血管,其通畅率和临床结果优于 SVG(I 类推荐,B 级证据)。

应当采用“不接触”技术获取 RA(I 类推荐,C 级证据)。

使用 RA 旁路血管时,应考虑使用抗痉挛的药物以减少术中和围术期 RA 痉挛(II a 类推荐,C 级证据)。

## 三、多支动脉和全动脉冠状动脉旁路移植术

### 3.1 应用现状

MA-CABG 是指应用二支或二支以上动脉旁路血管重建重要或供血范围大的靶血管,同时应用 SVG 重建较次要的靶血管,实现多支冠状动脉病变的血运重建。而 TA-CABG 进一步强调所有旁路血管均使用动脉血管材料。虽然 MA-CABG 的理念早在上世纪八十年代已被提出,但国内外均尚未普及。目前 MA-CABG 的使用比例澳洲接近 50%,欧洲约 12%,而在北美约为 7%。我国 CCSR 注册中达 6.3%。而在 RCT 研究中,MA-CABG 使用比例较实际情况高,SYNTAX 研究高达 26%<sup>[51]</sup>,FREEDOM 研究中亦高达 21%。

### 3.2 循证获益

MA-CABG 围术期是安全的。STS 最新的数据显示,相较于仅使用 LITA-LAD 的单支动脉桥 CABG(SA-CABG),使用 BITA 的 MA-CABG 胸骨并发症确实增加,30 天死亡轻微增加;而使用 RA 的 MA-CABG 胸骨并发症与 30 天死亡均与 SA-CABG 相当<sup>[52]</sup>。由此,使用 BITA 需要更谨慎地选择合适的患者(非胸骨并发症高危),而使用 RA 对患者条件和外科技术的要求较低。

MA-CABG 的循证获益大多基于回顾性研究,尚仅有少数 RCT 证据。总体而言,这些临床获益出现在术后中远期(5~7 年)。观察性的大样本长期随访数据提示,相较于 SA-CABG,BITA 和 ITA + RA 的 MA-CABG 均显著改善远期生存<sup>[53]</sup>。观察性数据同样发现,相较于非 TA-CABG,TA-CABG 远期生存更好<sup>[54]</sup>。中国人群的回顾性队列研究数据再现了这一趋势,使用 RA 的 MA-CABG 与更好的 10 年生存和心血管结局相关<sup>[44]</sup>。RCT 证据方面,ART 研究的事后分析(按实际治疗)提示,MA-CABG(BITA 或 ITA + RA)显著改善了 10 年生存<sup>[55]</sup>。RADIAL 研究证实,使用 RA 的 MA-CABG 相较于使用 SVG 的 SA-CABG,显著减少了 5 年复合心血管事件(包括全因死亡、心肌梗死和再次血运重建)<sup>[45]</sup>。

MA-CABG 的选择取决于患者个体特征和外科医师的经验。首先,患者应当相对年轻、预期生存时间较长。回顾性研究证实,70 岁以下患者接受 MA-CABG 的远期生存优势显著<sup>[56]</sup>。STS 数据库中应用 BITA 和 RA 的中位年龄分别为 59 岁和 61 岁。基于国内人口平均寿命和技术普及程度,大多数专家认为 MA-CABG 年龄 ≤ 65 岁为宜。其次,患者的心功能良好。再次,左主干和/或多支冠状动脉病变,冠状动脉靶血管病变严重,远端血管条件良好。其他考虑因素为患者的合并症。倾向匹配分析提示,对于三支血管病变、无糖尿病、左心室射血分数 > 0.40 的患者,TA-CABG 的获益尤其显著<sup>[57]</sup>。此外,使用 Y/T 形复合动脉旁路血管,可以进一步实现非体外循环下“主动脉不接触”的 MA-CABG。这对于主动脉严重钙化的患者尤其有意义,可减少因体外循环或对主动脉的操作而引起的脑部并发症<sup>[58]</sup>。当然,MA-CABG 增加了手术时间和技术难度,对外科医师是挑战,其结果也与外科医师的经验有关。

### 循证推荐:

年龄 ≤ 65 岁、心功能良好、靶血管近端狭窄严重,远端条件良好的左主干和/或多支冠状动脉病变患者,应考虑使用多支动脉,甚至全动脉旁路血管(II a 类推荐,C 级证据)。

应根据患者条件、靶血管特征和术者经验综合考虑,选择第二动脉旁路血管(I 类推荐,C 级证据)。

#### 四、心脏团队

无论欧美还是我国的指南共识均推荐由心脏内科医师(介入与非介入的)、心脏外科医师和其他辅助科室医师组成心脏团队共同参与冠心病血运重建的诊疗和决策。基于循证数据的风险-获益评估,该团队应该给患者提供所有潜在可能的治疗策略,以保证患者充分的知情权和选择权。这种“以患者为中心”的理念要求心脏团队共同进行讨论:(1)回顾患者的冠状动脉病变的解剖学特征(包括 SYNTAX 评分);(2)回顾影响患者围术期和远期生存的合并症;(3)给患者提供一整套二级预防的建议;(4)评估患者的优先需求,比如长期生存、避免心肌梗死或再次血运重建、心绞痛症状缓解;(5)平衡患者的需求与治疗手段的侵入性创伤代价,包括术后康复的时间;(6)考量社会卫生经济学。

因为旁路血管数量、种类和靶血管的选择,会影响患者 CABG 术后的生存、并发症和生活质量,所以使用动脉旁路血管的可行性应当作为心脏团队讨论血运重建方案的一部分。

其他问题也值得心脏团队讨论:如现在经 RA 径路的导管介入操作越来越普及,考虑到这些操作对 RA 内皮的损伤和通畅率的潜在影响,应尽量避免使用导管介入径路后的 RA;如果要用则推迟至少 3 个月<sup>[59-60]</sup>。

#### 循证推荐

使用动脉旁路血管的可能性(包括数量、种类和靶血管的选择)应当作为心脏团队讨论血运重建方案的一部分(I类推荐,C级证据)。

#### 五、进展与展望

在 CABG 过去 50 年的发展历程中,关于如何选择和使用旁路血管,很多经验已得到循证验证而逐步成为常规和共识,但依然有更多的未知值得继续探索。LITA-LAD 树立了“金标准”,而第二支旁路血管的选择,尚缺乏坚实的循证依据。由于回顾性或观察性研究不可避免的偏移局限,开展 RCT 研究是唯一出路。国际多中心的 ROMA 研究正在开展<sup>[61]</sup>,或许将为这一难题的解决提供更多的循证依据。在将来的工作中,我们应当(1)参与国际协作,开展高质量的临床研究;(2)根据患者及其冠状动脉靶血管特征、中心/术者的经验综合考量旁路血管

的选择;(3)开展各类培训,交流和推广使用动脉旁路血管相关技术;(4)完善质量控制和评价体系,将动脉旁路血管使用比例作为关键指标。这样,以期全面推动我国动脉化 CABG 的普及和优化。

**利益冲突** 本共识由中国医师协会心血管外科医师分会冠心病学组发起并组织编写,专家组成员均无利益冲突

#### 参考文献

- [1] Kolessov VI. Mammary artery-coronary artery anastomosis as method of treatment for angina pectoris [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1967, 54(4): 535-544.
- [2] Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al. Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events [J]. N Engl J Med, 1986, 314(1): 1-6. doi:10.1056/NEJM198601023140101
- [3] Knobloch K, Lichtenberg A, Pichlmaier M, et al. Microcirculation of the sternum following harvesting of the left internal mammary artery [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2003, 51(5): 255-259. doi:10.1055/s-2003-43083
- [4] Ali E, Saso S, Ashrafian H, et al. Does a skeletonized or pedicled left internal thoracic artery give the best graft patency? [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2010, 10(1): 97-104. doi:10.1510/icvts.2009.221242.
- [5] Hu X, Zhao Q. Skeletonized internal thoracic artery harvest improves prognosis in high-risk population after coronary artery bypass surgery for good quality grafts [J]. Ann Thorac Surg, 2011, 92(1): 48-58. doi:10.1016/j.athoracsur.2011.03.067.
- [6] Frank WS, del Pedro JN, Scott JS. Sabiston & Spencer Surgery of The Chest [M]. 8th ed, 2010: 1413.
- [7] Lytle BW, Blackstone EH, Loop FD, et al. Two internal thoracic artery grafts are better than one [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1999, 117(5): 855-872. doi:10.1016/S0022-5223(99)70365-X
- [8] Kieser TM, Lewin AM, Graham MM, et al. Outcomes associated with bilateral internal thoracic artery grafting: the importance of age [J]. Ann Thorac Surg, 2011, 92(4): 1269-1276. doi:10.1016/j.athoracsur.2011.05.083.
- [9] Mohammadi S, Dagenais F, Doyle D, et al. Age cut-off for the loss of benefit from bilateral internal thoracic artery grafting [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2008, 33(6): 977-982. doi:10.1016/j.ejcts.2008.03.026.
- [10] Raja SG, Benedetto U, Husain M, et al. Does grafting of the left anterior descending artery with the in situ right internal thoracic artery have an impact on late outcomes in the context of bilateral internal thoracic artery usage? [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 148(4): 1275-1281. doi:10.1016/j.jtcvs.2013.11.045.
- [11] Taggart DP, Altman DG, Gray AM, et al. Randomized trial of bilateral versus single internal-thoracic-artery grafts [J]. N Engl J

- Med, 2016, 375 ( 26 ): 2540-2549. doi: 10. 1056/NEJ-Moal610021.
- [12] Alasmari FA, Tleyjeh IM, Riaz M, et al. Temporal trends in the incidence of surgical site infections in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: a population-based cohort study, 1993 to 2008[J]. *Mayo Clin Proc*, 2012, 87(11): 1054-1061. doi:10. 1016/j. mayocp. 2012. 05. 026.
- [13] Fowler VG Jr, O'Brien SM, Muhlbauer LH, et al. Clinical predictors of major infections after cardiac surgery[J]. *Circulation*, 2005, 112 ( 9 Suppl ): I358-I365. doi: 10. 1161/CIRCULATIONAHA. 104. 525790
- [14] Halkos ME, Thourani VH, Lattouf OM, et al. Preoperative hemoglobin a1c predicts sternal wound infection after coronary artery bypass surgery with bilateral versus single internal thoracic artery grafts [J]. *Innovations (Phila)*, 2008, 3(3): 131-138. doi:10. 1097/IML. 0b013e31819165ec.
- [15] Lazar HL, McDonnell M, Chipkin SR, et al. The Society of Thoracic Surgeons practice guideline series: Blood glucose management during adult cardiac surgery[J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 87(2): 663-669. doi:10. 1016/j. athoracur. 2008. 11. 011.
- [16] Aldea GS, Bakaeen FG, Pal J, et al. The Society of Thoracic Surgeons Clinical Practice Guidelines on Arterial Conduits for Coronary Artery Bypass Grafting [J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101 ( 2 ): 801-809. doi:10. 1016/j. athoracur. 2015. 09. 100.
- [17] Sousa-Uva M, Neumann FJ, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019, 55(1):4-90. doi:10. 1093/ejcts/ezy289.
- [18] Elbardissi AW, Aranki SF, Sheng S, et al. Trends in isolated coronary artery bypass grafting: an analysis of the Society of Thoracic Surgeons adult cardiac surgery database [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 143 ( 2 ): 273-281. doi: 10. 1016/j. jtcvs. 2011. 10. 029.
- [19] Habib J, Baetz L, Satiani B. Assessment of collateral circulation to the hand prior to radial artery harvest [J]. *Vasc Med*, 2012, 17 ( 5 ): 352-361. doi:10. 1177/1358863X12451514.
- [20] Ronald A, Patel A, Dunning J. Is the Allen's test adequate to safely confirm that a radial artery may be harvested for coronary arterial bypass grafting? [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2005, 4(4): 332-340. doi:10. 1510/icvts. 2005. 110247
- [21] Holman WL, Davies JE, Lin JY, et al. Consequences of radial artery harvest: results of a prospective, randomized, multicenter trial [J]. *JAMA Surg*, 2013, 148(11): 1020-1023. doi:10. 1001/jamasurg. 2013. 3721.
- [22] Denton TA, Trento L, Cohen M, et al. Radial artery harvesting for coronary bypass operations: neurologic complications and their potential mechanisms [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2001, 121(5): 951-956.
- [23] He GW, Taggart DP. Antispastic management in arterial grafts in coronary artery bypass grafting surgery [J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 102 ( 2 ): 659-668. doi:10. 1016/j. athoracur. 2016. 03. 017.
- [24] He GW. Verapamil plus nitroglycerin solution maximally preserves endothelial function of the radial artery: comparison with papaverine solution [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1998, 115 ( 6 ): 1321-1327. doi:10. 1016/S0022-5223(98)70215-6.
- [25] He GW, Fan L, Furnary A, et al. A new antispastic solution for arterial grafting: nicardipine and nitroglycerin cocktail in preparation of internal thoracic and radial arteries for coronary surgery [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2008, 136(3): 673-680, 680 e1-2. doi: 10. 1016/j. jtcvs. 2007. 12. 019.
- [26] Patel A, Asopa S, Dunning J. Should patients receiving a radial artery conduit have post-operative calcium channel blockers? [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2006, 5(3): 251-257.
- [27] Miwa S, Desai N, Koyama T, et al. Radial artery angiographic string sign: clinical consequences and the role of pharmacologic therapy [J]. *Ann Thorac Surg*, 2006, 81 ( 1 ): 112-118. doi:10. 1016/j. athoracur. 2005. 06. 076.
- [28] Cao C, Manganas C, Horton M, et al. Angiographic outcomes of radial artery versus saphenous vein in coronary artery bypass graft surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 146 ( 2 ): 255-261. doi:10. 1016/j. jtcvs. 2012. 07. 014.
- [29] Desai ND, Cohen EA, Naylor CD, et al. A randomized comparison of radial-artery and saphenous-vein coronary bypass grafts [J]. *N Engl J Med*, 2004, 351 ( 22 ): 2302-2309. doi: 10. 1056/NEJ-Moa040982.
- [30] Hillis LD, Smith PK, Anderson JL, et al. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. *Circulation*, 2011, 124(23): e652-e735. doi:10. 1161/CIR. 0b013e31823e074e.
- [31] Deb S, Cohen EA, Singh SK, et al. Radial artery and saphenous vein patency more than 5 years after coronary artery bypass surgery: results from RAPS (Radial Artery Patency Study) [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 60 ( 1 ): 28-35. doi: 10. 1016/j. jacc. 2012. 03. 037.
- [32] Collins P, Webb CM, Chong CF, et al. Radial artery versus saphenous vein patency randomized trial: five-year angiographic follow-up [J]. *Circulation*, 2008, 117 ( 22 ): 2859-2864. doi: 10. 1161/CIRCULATIONAHA. 107. 736215.
- [33] Gaudino M, Cellini C, Pragliola C, et al. Arterial versus venous bypass grafts in patients with in-stent restenosis [J]. *Circulation*, 2005, 112(9 Suppl): I265-I269.
- [34] Muneretto C, Bisleri G, Negri A, et al. Left internal thoracic artery-radial artery composite grafts as the technique of choice for myocardial revascularization in elderly patients: a prospective random-

- ized evaluation[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2004, 127(1): 179-184. doi:10.1016/j.jtcvs.2003.08.004.
- [35] Hayward PA, Gordon IR, Hare DL, et al. Comparable patencies of the radial artery and right internal thoracic artery or saphenous vein beyond 5 years: results from the Radial Artery Patency and Clinical Outcomes trial[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010, 139(1): 60-65. doi:10.1016/j.jtcvs.2009.09.043.
- [36] Goldman S, Sethi GK, Holman W, et al. Radial artery grafts vs saphenous vein grafts in coronary artery bypass surgery: a randomized trial[J]. *JAMA*, 2011, 305(2): 167-174. doi:10.1001/jama.2010.1976.
- [37] Schwann TA, Zacharias A, Riordan CJ, et al. Sequential radial artery grafts for multivessel coronary artery bypass graft surgery: 10-year survival and angiography results[J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 88(1): 31-39. doi:10.1016/j.athoracsur.2009.03.081.
- [38] Tranbaugh RF, Dimitrova KR, Friedmann P, et al. Coronary artery bypass grafting using the radial artery: clinical outcomes, patency, and need for reintervention[J]. *Circulation*, 2012, 126(11 Suppl 1): S170-S175. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.083048
- [39] Nasso G, Coppola R, Bonifazi R, et al. Arterial revascularization in primary coronary artery bypass grafting: Direct comparison of 4 strategies--results of the Stand-in-Y Mammary Study[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2009, 137(5): 1093-1100. doi:10.1016/j.jtcvs.2008.10.029.
- [40] Zacharias A, Habib RH, Schwann TA, et al. Improved survival with radial artery versus vein conduits in coronary bypass surgery with left internal thoracic artery to left anterior descending artery grafting[J]. *Circulation*, 2004, 109(12): 1489-1496. doi:10.1161/01.CIR.0000121743.10146.78.
- [41] Tranbaugh RF, Dimitrova KR, Friedmann P, et al. Radial artery conduits improve long-term survival after coronary artery bypass grafting[J]. *Ann Thorac Surg*, 2010, 90(4): 1165-1172. doi:10.1016/j.athoracsur.2010.05.038.
- [42] Schwann TA, Engoren M, Bonnell M, et al. Comparison of late coronary artery bypass graft survival effects of radial artery versus saphenous vein grafting in male and female patients[J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 94(5): 1485-1491. doi:10.1016/j.athoracsur.2012.05.029.
- [43] Cheng Z, Zhao Z, Quan X, et al. Twelve years' experience and clinical results of using the radial artery for coronary revascularization[J]. *Chin Med J(Engl)*, 2014, 127(5): 887-892.
- [44] Zhu Y, Chen A, Wang Z, et al. Ten-year real-life effectiveness of coronary artery bypass using radial artery or great saphenous vein grafts in a single centre Chinese hospital[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2017, 25(4): 559-564. doi:10.1093/icvts/ivx174.
- [45] 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. doi:10.1056/NEJMoa1716026.
- [46] Tranbaugh RF, Dimitrova KR, Lucido DJ, et al. The second best arterial graft: a propensity analysis of the radial artery versus the free right internal thoracic artery to bypass the circumflex coronary artery[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(1): 133-140. doi:10.1016/j.jtcvs.2013.08.040.
- [47] Fukui T, Tabata M, Manabe S, et al. Graft selection and one-year patency rates in patients undergoing coronary artery bypass grafting[J]. *Ann Thorac Surg*, 2010, 89(6): 1901-1905. doi:10.1016/j.athoracsur.2010.02.016.
- [48] Cho WC, Yoo DG, Kim JB, et al. Left internal thoracic artery composite grafting with the right internal thoracic versus radial artery in coronary artery bypass grafting[J]. *J Card Surg*, 2011, 26(6): 579-585. doi:10.1111/j.1540-8191.2011.01314.x.
- [49] Navia D, Vrancic M, Piccinini F, et al. Is the second internal thoracic artery better than the radial artery in total arterial off-pump coronary artery bypass grafting? A propensity score-matched follow-up study[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(2): 632-638. doi:10.1016/j.jtcvs.2013.02.012.
- [50] Ruttmann E, Fischler N, Sakic A, et al. Second internal thoracic artery versus radial artery in coronary artery bypass grafting: a long-term, propensity score-matched follow-up study[J]. *Circulation*, 2011, 124(12): 1321-1329. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.030536.
- [51] Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease[J]. *N Engl J Med*, 2009, 360(10): 961-972. doi:10.1056/NEJMoa0804626.
- [52] 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. doi:10.1016/j.athoracsur.2017.10.058.
- [53] Locker C, Schaff HV, Dearani JA, et al. Multiple arterial grafts improve late survival of patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: analysis of 8622 patients with multivessel disease[J]. *Circulation*, 2012, 126(9): 1023-1030. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.084624.
- [54] Tatoulis J, Wynne R, Skillington PD, et al. Total arterial revascularization: achievable and prognostically effective-a multicenter analysis[J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 100(4): 1268-1275. doi:10.1016/j.athoracsur.2015.03.107.
- [55] 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. doi:10.1056/NEJMoa1808783.
- [56] Tranbaugh RF, Schwann TA, Swistel DG, et al. Coronary artery bypass graft surgery using the radial artery, right internal thoracic artery, or saphenous vein as the second conduit[J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 104(2): 553-559. doi:10.1016/j.athoracsur.2016.

- 11.017.
- [57] Zacharias A, Schwann TA, Riordan CJ, et al. Late results of conventional versus all-arterial revascularization based on internal thoracic and radial artery grafting[J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 87(1): 19-26 e2. doi:10.1016/j.athoracsur.2008.09.050.
- [58] Zhao DF, Edelman JJ, Seco M, et al. Coronary artery bypass grafting with and without manipulation of the ascending aorta: A Network meta-analysis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 69(8): 924-936. doi:10.1016/j.jacc.2016.11.071.
- [59] Kamiya H, Ushijima T, Kanamori T, et al. Use of the radial artery graft after transradial catheterization: is it suitable as a bypass conduit? [J]. *Ann Thorac Surg*, 2003, 76(5): 1505-1509.
- [60] Lim LM, Galvin SD, Javid M, et al. Should the radial artery be used as a bypass graft following radial access coronary angiography [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2014, 18(2): 219-224. doi:10.1093/icvts/ivt478.
- [61] Gaudino M, Alexander JH, Bakaeen FG, et al. Randomized comparison of the clinical outcome of single versus multiple arterial grafts: the ROMA trial-rationale and study protocol[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(6): 1031-1040. doi:10.1093/ejcts/ezx358.

(收稿日期:2019-03-22)

(本文编辑:刘群力)

### 共识专家组(以拼音为序)

**共识专家组:** 陈安清(上海交通大学医学院附属瑞金医院) 陈鑫(南京市第一医院)  
 陈绪军(华中科技大学同济医学院武汉一院) 程兆云(阜外华中心血管病医院)  
 董念国(华中科技大学同济医学院附属协和医院) 董然(首都医科大学附属北京安贞医院)  
 高伟(新疆维吾尔自治区中医医院) 谷天祥(中国医科大学附属第一医院)  
 何国伟(中国医学科学院(天津)泰达国际心血管病医院) 郭应强(四川大学华西医院)  
 韩林(海军军医大学附属长海医院) 黄方炯(首都医科大学附属北京安贞医院)  
 孔烨(上海交通大学附属胸科医院) 凌云鹏(北京大学第三医院)  
 刘金成(空军军医大学西京医院) 马春野(吉林大学白求恩第一医院)  
 马捷(山西医科大学第二医院) 马量(浙江大学附属第一医院)  
 乔晨曦(郑州大学第一附属医院) 苏丕雄(首都医科大学附属北京朝阳医院)  
 孙寒松(中国医学科学院阜外医院) 陶凉(武汉亚洲心脏病医院)  
 万峰(上海市东方医院) 王建安(浙江大学医学院附属第二医院)  
 王辉山(北方战区总医院) 王嵘(中国人民解放军总医院)  
 王小啟(中国医学科学院阜外医院) 王晓伟(江苏省人民医院)  
 夏利民(复旦大学附属中山医院) 肖峰(北京大学第一医院)  
 薛松(上海交通大学医学院附属仁济医院) 张桂敏(昆明医科大学第一附属医院)  
 张希全(山东大学齐鲁医院) 赵强(上海交通大学医学院附属瑞金医院)  
 郑哲(中国医学科学院北京阜外医院) 钟前进(陆军军医大学大坪医院)  
 周新民(中南大学湘雅二医院)

**执笔人:** 朱云鹏(上海交通大学医学院附属瑞金医院)