



陈绪军,主任医师,副教授,硕士研究生导师。华中科技大学同济医学院武汉市第一医院心脏外科学术带头人。2004年获复旦大学心脏外科博士,公派赴美国杜克大学医学中心研修心血管外科2年。先后在首都医科大学附属北京友谊医院心脏中心、南京医科大学附属南京第一医院等国家重点临床专科工作。兼任中国微循环协会常务委员、欧美同学会会员、欧美同学会海归医师学会全国青年常委、国际冠脉外科协会(ICC)资深会员。担任《中华医学杂志(英文版)》审稿专家、《中华医学杂志》通信编委。

从事心脏外科工作23年,参加心外科手术6000余台。独立完成常见成人先心、瓣膜替换或成型手术及冠脉搭桥术3500余例。独立开展微创二尖瓣置换/主动脉瓣置换术、心脏移植与心脏辅助装置。近11年来,为改善冠脉搭桥的中远期效果,致力于全动脉化心脏搭桥术,已主刀成功完成1200余例,在全国27个省、自治区、直辖市170家医院得到广泛应用,取得较满意的效果。全动脉心脏搭桥手术量单个医生位居国际前列。参加加拿大多伦多总医院牵头的全球多中心随机对照临床研究-STICH3C(中国PI),在国内首次提出解剖完全再血管化全动脉心脏搭桥手术是治疗冠心病的治疗理念,率先建立3h内快通道拔管全动脉心脏搭桥手术的技术实践体系。获江苏省人民政府科技进步奖1次(二等奖,第2完成人),以第一作者发表SCI论文,累计影响因子50分。

## 解剖完全再血管化是冠心病外科治疗的新策略

陈绪军<sup>1</sup>,申林<sup>2</sup>,陈军<sup>3</sup>,于涛<sup>4</sup>,曹广庆<sup>5</sup>,肖飞<sup>6</sup>

(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.重庆医科大学附属第二医院心胸外科,重庆 401336;

3.华中科技大学同济医学院附属同济医院心血管外科,湖北 武汉 430022;

4.四川省人民医院心脏外科中心,四川 成都 610072;

5.山东大学齐鲁医院心外科,山东 济南 250012;

6.广东省人民医院心外科,广东 广州 510080)

**摘要:**冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)中完全再血管化(complete revascularization, CR)近来受到越来越多的重视,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)。多项研究证实CR的CABG患者围手术期安全、中远期效果更好。近来全球多中心随机对照临床试验ISCHEMIA研究证实,对于稳定型缺血性心脏病,ACR与FCR均比非完全再血管化和药物保守治疗更能改善稳定性心绞痛患者心绞痛相关的健康状况、生活质量,减少心脏死亡与心肌梗死的发生,并改善中-长期临床效果,而且ACR明显优于FCR。ACR是CABG的新治疗策略,尽管存在亟待解决的问题,但可望为改善CABG疗效提供新的思路并在全动脉CABG、慢性缺血性心脏病患者CABG以及冠脉杂交手术中产生广泛的应用前景。

**关键词:**冠心病;冠状动脉旁路移植术;完全再血管化;解剖完全再血管化

中图分类号:R654

文献标志码:A

# Anatomic complete revascularization is a new strategy of surgical treatment for coronary heart disease

CHEN Xujun<sup>1</sup>, SHEN Lin<sup>2</sup>, CHEN Jun<sup>3</sup>, YU Tao<sup>4</sup>, CAO Guangqing<sup>5</sup>, XIAO Fei<sup>6</sup>

(1. Department of Cardiac Surgery, Wuhan First Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, Hubei, China; 2. Department of Cardio-Thoracic Surgery, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 401336, China; 3. Department of Cardiac Surgery, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, Hubei, China; 4. Cardiac Surgery Center, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610072, Sichuan, China; 5. Department of Cardiovascular Surgery, Qilu Hospital of Shandong University, Jinan 250012, Shandong, China; 6. Department of Cardiac Surgery, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangzhou 510080, Guangdong, China)

**Abstract:** Complete revascularization (CR) has received increasing attention in coronary artery bypass grafting (CABG) and is categorized as anatomic complete revascularization (ACR) and functional complete revascularization (FCR). Multiple clinical trials validated that CR was associated with improved mid-term and long-term clinical outcomes in CABG. A recent randomized controlled multicenter trial (ISCHEMIA study) showed that both ACR and FCR in CABG led to improved angina-related health status and life quality, reduced incidence of cardiac death and myocardial infarction, and improved mid-term and long-term outcomes compared with incomplete revascularization and conservative management in patients with stable ischemic heart disease, more pronounced with ACR than FCR. Although there are urgent problems to be solved, ACR, as a new surgical strategy, might offer a new perspective for improving safety and efficacy of CABG and promise to be widely used in total arterial CABG, surgical treatment of chronic ischemic cardiomyopathy, and hybrid coronary revascularization.

**Key words:** Coronary heart disease; Coronary artery bypass grafting; Complete revascularization; Anatomic complete revascularization

冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 已成为冠心病的重要治疗方法, 心肌血运重建完全再血管化 (complete revascularization, CR) 的理念在 CABG 中有重要地位, 解剖完全再血管化 (anatomic complete revascularization, ACR) 引起业内关注<sup>[1-5]</sup>。

## 1 CR 的定义与 ACR

依据冠状动脉的靶血管解剖直径和/或心肌缺血, 多数研究将 CR 分为 2 类: ACR 与功能完全再血管化 (functional complete revascularization, FCR)。多数研究认为直径  $\geq 1.5$  mm、狭窄程度  $\geq 50\%$  的冠状血管再血管化才称为 ACR, 无论该冠脉对应的心肌是否明显存在心肌缺血; 而 FCR 则被定义为仅对术前通过非侵袭性手段 (如核素显像) 证明存在明显心肌缺血的靶血管进行再血管化, FCR 又称为缺血完全再血管化<sup>[1]</sup>。与 CR、ACR 与 FCR 对应, 也就有不完全再血管化 (incomplete revascularization, IR)、解剖非完全在血管化 (anatomic incomplete revascularization, AIR) 与功能非完全再血管化

(functional incomplete revascularization, FIR) 之定义。近来也有研究建议将 CR、ACR 与 FCR 的定义进一步细化与优化<sup>[2]</sup>。

## 2 CABG 中 CR、ACR 与 FCR 的意义

CR 是冠心病 CABG 的重要目标, 被欧洲心脏病协会/欧洲心胸外科协会 2018 心肌血运重建指南列为 I B 推荐<sup>[6]</sup>, 制定指南时由于缺乏多中心随机对照临床研究结果来支持, 该指南未明确细分 ACR 与 FCR 的地位, 也尚未明确 CABG 是应该以 ACR 还是以 FCR 为首要治疗目标。近年有诸多研究证实了 CABG 中 CR 的重要性。

①匹兹堡大学一项单中心回顾性研究<sup>[7]</sup>表明, 3 356 例 CABG 中, CR 患者 ( $n=2 467, 73.5\%$ ) 与 IR ( $n=889, 26.5\%$ ) 患者相比, 1 年生存率 (94.6% vs. 92.5%,  $P=0.05$ ) 与 5 年生存率 (86.5% vs. 82.1%,  $P=0.05$ ) 均较高, 1 年未发生主要心脑血管事件 (89.2% vs. 84.2%,  $P<0.001$ ) 与 5 年未发生主要心脑血管事件 (72.5% vs. 66.7%,  $P<0.001$ ) 的比例也较高。

②欧洲多中心前瞻性研究 TiCAB<sup>[8]</sup> 也证实: CABG 术后 12 个月内,与 IR 组患者( $n=309$ )相比, CR 组患者( $n=1\,550$ )有更低的重复再血管化风险( $HR=1.91$ ,  $95\%CI:1.16\sim3.16$ ,  $P<0.01$ )与再次冠脉介入风险( $HR=1.95$ ,  $95\%CI:1.13\sim3.35$ ,  $P<0.05$ )。

③GOPCABE 研究系一项比较非体外循环患者( $n=361$ )与体外循环患者( $n=352$ )中远期差异的随机对照临床试验。该研究证实 CABG 5 年后,IR 患者心血管事件明显高于 CR 患者,与手术的方式是不是非体外循环无关<sup>[9]</sup>。这项研究证实了 CABG CR 的重要性,但该研究的病例数有限而且证据力不够。

④REGROUP 研究系针对特异性人群(退伍军人)开展的多中心随机对照研究,该研究发现在平均 4.7 年的随访期中,CR( $n=810$ )患者的再次血管化比率较 IR( $n=337$ )低(7.7% vs. 11.6%,  $HR=0.63$ ,  $95\%CI:0.42\sim0.94$ ,  $P=0.025$ )<sup>[3]</sup>。

然而,以上研究均未明确 ACR 与 FCR 之间的差异。有学者主张 CABG 宜 FCR 而非 ACR<sup>[10]</sup>,该研究也系回顾性研究、病例数有限,证据的级别与强度不高,在学界有一定争议<sup>[11]</sup>。因此,需要大规模多中心的前瞻性随机对照研究来阐明 CABG 中 ACR 与 FCR 的区别与地位。

### 3 从 ISCHEMIA 研究看 ACR 在 CABG 中的重要性

ISCHEMIA 是全球第一个也是目前为止最大规模的在稳定型缺血性心脏病(stable ischemic heart disease, SIHD)患者中比较血运重建治疗,包括 CABG、经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)、冠脉杂交,与药物保守治疗效果差异的多中心临床随机对照临床研究<sup>[12]</sup>,其病例纳入标准为存在诱发性中/重度心肌缺血并接受药物治疗后病情稳定的 SIHD 患者,共有来自 37 个国家和地区的 5 179 例存在中/重度缺血的 SIHD 受试者入组,在冠脉造影后随机接受药物保守治疗(2 591 例)和侵入性治疗(CABG/PCI/冠脉杂交,2 588 例),主要观察目标包括:①心绞痛相关健康状态及生活质量。ISCHEMIA 进行长期规律随访,随访目标包括对患者的治疗/生活成本、生活健康质量状态等。②治疗过程及为期 10 年的随访中各种事件(主要包括心肌梗死、心脏死亡、发生不稳定心绞痛、心肺复苏等)。

ISCHEMIA 研究起始于 2018 年,2023 年美国心脏病学杂志公布了 ISCHEMIA 中有关 CR 的 5 年

部分阶段性研究结果<sup>[13-14]</sup>,主要包括:

①CR 的治疗理念明显改善了 SIHD 患者的心绞痛相关症状,提高了患者生活的质量。ISCHEMIA 研究比较 CR 及 IR 对 SIHD 患者治疗后第 12 月心绞痛相关健康状况(包括患者心绞痛症状、功能、生活质量等)的组间差异<sup>[13]</sup>。在 5 179 例患者中,共有 1 641 例患者采取再血管化(CABG/PCI/杂交)治疗,其中分别有 43.3%(704 例)和 57.8%(912 例)的患者实现了 ACR 与 FCR。与 IR 相比,CR 显著改善患者心绞痛疼痛频率发生,尤其是经常发生心绞痛患者;无论是 ACR 还是 FCR,CR 均比 IR 及药物保守治疗能更好地改善心绞痛患者健康状况。该研究的重要意义在于从健康状态等方面为包括 CABG 在内的心肌血运重建患者的 CR 提供了强有力的支持证据,但该研究目前未公布 ACR 和 FCR 在改善 SIHD 患者心绞痛相关健康状态差异的研究结果。

②CR 较 IR、药物保守治疗有更好的中期临床效果。ISCHEMIA 研究还分别比较了 ACR 与 FCR(包括 CABG 在内的方法)治疗 SIHD 在围手术期各种事件及中远期预后方面的差异,包括 ACR 与 FCR、IR 血运重建、药物保守治疗之间的差异<sup>[14]</sup>。ACR 组 1 801 例血运重建治疗患者中,PCI、CABG 与杂交分别为 1 305(72.5%)、473(26.3%)与 23(1.3%),ACR 实际为 781 例(43.4%);而在 FCR 组 1 742 例血运重建患者中,PCI、CABG 与杂交分别为 1 251(71.8%)、468(26.9%)及 23(1.3%)例,FCR 实际为 1 017 例(58.4%)。ISCHEMIA 研究证实,ACR 组较药物保守治疗组发生 4 年心血管死亡或心肌梗死率的风险明显降低( $HR=-3.5\%$ ,  $95\%CI:-7.2\%\sim0.0\%$ ),而且 ACR 组中,与 IR 相比,ACR 患者的 5 年心血管死亡率与 5 年心肌梗死发生率更明显偏低;在 FCR 组中,FCR 与 IR、FCR 与药物保守治疗也分别存在类似差异;该研究进一步发现,ACR 与 FCR 的 5 年心血管死亡率与 5 年心肌梗死发生率风险分别为  $HR=0.55$ ( $95\%CI:0.27\sim1.15$ ) vs.  $HR=0.83$ ( $95\%CI:0.49\sim1.56$ )及  $HR=0.80$ ( $95\%CI:0.51\sim1.25$ ) vs.  $HR=0.83$ ( $95\%CI:0.55\sim1.25$ )。表明与 FCR 相比,ACR 在 CABG 术后中远期临床效果方面优势更明显。

ISCHEMIA 研究 5 年结果表明,CABG 中 ACR 的治疗策略能让患者更获益,为 CABG 中 ACR 提供了目前为止最有力的证据。下一个 5 年的研究结果可望为 CABG 的治疗策略提供更明确的方向,具有更重要指导意义。

## 4 ACR 在 CABG 的应用前景

ACR 的理念在 CABG 的初步应用受到较多关注<sup>[15-16]</sup>,其应用前景主要包括以下几个方面。

### 4.1 ACR 与全动脉化 CABG

动脉桥比静脉桥更符合冠状动脉的解剖与生理,全动脉 CABG 以良好的中远期效果良好等日益成为国际上 CABG 的主要发展方向,应用越来越广泛<sup>[17-21]</sup>。有研究认为 3 支动脉桥可以明显改善远期生存<sup>[21]</sup>。最近有研究表明,在提高中远期效果方面,冠心病患者的全动脉 CABG 优于多支动脉桥的 CABG,其中 4 支动脉桥优于 3 支,3 支优于 2 支<sup>[22]</sup>。也有欧洲多中心研究证实,平均随访 8.35 (5.01~11.6)年,CR 的多动脉 CABG 较 IR 更能改善患者的远期生存(HR=0.79, 95%CI: 0.60~1.03, P=0.084)<sup>[23]</sup>。这些研究均表明在全动脉 CABG 中实行 ACR 的重要性。如果全动脉 CABG 能达到 ACR,势必会让冠心病患者更加获益,但全动脉 CABG 如果要达到 ACR 目标,就需要更多的吻合口、获取更长或更多的动脉血管,需要更大的手术创伤、更长的手术时间,要达到 ACR 目标,应积累经验并安全有序实施。

### 4.2 ACR 与左室功能低下的 CABG

左室功能低下缺血性心肌病是一类病情危重的冠心病,病程久、靶血管病变弥漫,既往认为手术风险高,只能药物保守治疗。STICH 研究是一项全球多中心随机对照试验,2016 年新英格兰医学杂志发表了该研究 10 年完整的随访结果,证实 CABG 在左室功能低下[左室射血分数(left ventricular ejection fractions, LVEF)  $\leq 35\%$ )]的慢性缺血性心肌病方面优于单纯药物治疗,从而标志性地奠定了 CABG 在左室功能低下的慢性缺血性心肌病的治疗地位<sup>[24]</sup>;据此 2021 年北美胸外科医师协会为治疗慢性缺血性心肌病制定了 CABG 专家共识<sup>[25]</sup>。左室功能低下是 CABG 的独立危险因素,为保证近期安全,要达到 ACR 就需要尽量减少手术时间并进行良好的心肌保护<sup>[26-27]</sup>。

2023 年有 2 项研究分别证实慢性缺血性心肌病 CR 的安全性与中期效果。一项研究发现,CR 患者( $n=386$ )较 IR 患者( $n=112$ )左室功能低下(LVEF $\leq 40\%$ )明显改善、5 年生存率与全因死亡率降低,且术后的心功能有明显改善<sup>[28]</sup>。另一项为单中心研究,该研究证实 CR CABG 治疗左室功能低

下的慢性缺血性心肌病(LVEF $\leq 40\%$ )疗效满意,但病例数不多( $n=47$ )<sup>[29]</sup>。

如果需要达到 ACR 就需要强有力的证据(如多中心大规模随机对照研究)来支持在这类冠心病患者 CABG 时如何达到 ACR 并保证手术安全性的问题,正在进行的全球多中心随机对照研究-STICH3C 研究<sup>[30]</sup>可望明确这一问题。

### 4.3 ACR 与冠脉杂交手术

微创小切口冠脉旁路移植术以切口小美容倍受到患者日益推崇,但受手术视野及操作空间的限制,CR 被普遍认为是该类手术的难点与技术瓶颈<sup>[31]</sup>。一般认为 PCI 也难以达到 CR、必须分期进行<sup>[32]</sup>。所以如果冠脉杂交手术-整合微创小切口 CABG 与 PCI 技术结合并 ACR,患者将获得更好的心肌血运重建获益,比如,利用微创小切口进行左心冠脉系统 ACR,右冠系统行 PCI。

## 5 ACR 在 CABG 应用中目前存在的问题

近来 ACR 的治疗理念在 CABG 中备受关注,但目前尚存在一些亟待解决的问题。

### 5.1 在 CABG 中尚无统一的 ACR 标准

目前各项研究尚未统一明确为达到 ACR, CABG 时如何选择靶血管进行再血管化?如靶血管位置(左冠脉的 ACR、右冠系统 ACR,还是左右冠系统均需要 ACR),靶血管直径( $\geq 1.5$  mm 还是  $\geq 2.0$  mm),靶血管狭窄程度( $\geq 50\%$  还是  $\geq 70\%$  狭窄)等<sup>[33]</sup>。从竞争血流的角度,靶血管 50%的冠脉狭窄对于 CABG 的桥中远期通畅率尤其是动脉桥有不利影响<sup>[34]</sup>。ACR 是否需要结合冠状动脉血流储备分数来界定,尚需行业协会依据将来的研究进一步明确。

### 5.2 需要进一步明确 ACR 与 FCR 在特殊类型冠心病 CABG 中的临床结果的差异

对于某些类型的冠心病,如糖尿病冠脉病变通常常为弥漫性病变,CABG 中按照 ACR 的技术策略,会需要更多的远端吻合口、更长的手术时间,存在风险/获益的问题。ISCHEMIA 研究的纳入对象为 SIHD,对于急性冠脉综合征患者,ACR 的 CABG 与 FCR 的 CABG 对患者来说孰优孰劣<sup>[35]</sup>? 重度左主干是一类特殊类型的冠心病,在行 CABG 是应该 ACR 还是 FCR? 这些问题均需多中心大规模前瞻性随机对照临床研究来进一步证实。

## 6 总结

ACR 是 CABG 中具有重要意义的一个新的治疗策略, 尽管还存在一些亟待解决的问题, 但 ACR 可望为改善 CABG 效果提供新的思路、开辟新的路径。

### 参考文献:

- [1] Gaba P, Gersh BJ, Ali ZA, et al. Complete versus incomplete coronary revascularization: definitions, assessment and outcomes[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2021, 18(3): 155-168.
- [2] Ali ZA, Horst J, Gaba P, et al. Standardizing the definition and analysis methodology for complete coronary artery revascularization[J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(9): e020110. doi: 10.1161/JAHA.120.020110
- [3] Belyayev L, Stock EM, Hattler B, et al. Complete coronary revascularization and outcomes in patients who underwent coronary artery bypass grafting: insights from the REGROUP trial[J]. *Am J Cardiol*, 2024, 217: 127-135. doi:10.1016/j.amjcard.2024.01.015
- [4] Shintomi S, Saito S, Hamasaki A, et al. Propensity score-matched comparison of total arterial off- and on-pump coronary artery bypass with complete revascularization[J]. *Heart Vessels*, 2024, 39(2): 175-184.
- [5] Aboul-Hassan SS, Awad AK, Stankowski T, et al. Impact of incomplete revascularization on long-term survival based on revascularization strategy[J]. *Ann Thorac Surg*, 2024, 118(3): 605-614.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Schaefer A, Conradi L, Schneeberger Y, et al. Clinical outcomes of complete versus incomplete revascularization in patients treated with coronary artery bypass grafting: insights from the TiCAB trial [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2020; ezaa330. doi:10.1093/ejcts/ezaa330
- [9] Diegeler A, Börgermann J, Kappert U, et al. Five-year outcome after off-pump or on-pump coronary artery bypass grafting in elderly patients[J]. *Circulation*, 2019, 139(16): 1865-1871.
- [10] Sohn SH, Kang Y, Kim JS, et al. Impact of functional vs anatomic complete revascularization in coronary artery bypass grafting[J]. *Ann Thorac Surg*, 2023, 115(4): 905-912.
- [11] Sakata T, De La Pena C, Ohira S. Functional or anatomical completeness of revascularization after coronary artery bypass grafting[J]. *Ann Thorac Surg*, 2023, 116(4): 862.
- [12] Group ITR, Maron DJ, Hochman JS, et al. International study of comparative health effectiveness with medical and invasive approaches (ISCHEMIA) trial: rationale and design[J]. *Am Heart J*, 2018, 201: 124-135. doi: 10.1016/j.ahj.2018.04.011
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Mehaffey JH, Hawkins RB. Commentary: At the surgeon's discretion: complete revascularization is best[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 166(1): 118-119.
- [16] Dimitriadis K, Pырpyris N, Tsioufis K. Functional vs anatomical complete revascularization: is there an "ISCHEMIA" of FFR? [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2024, 83(4): e35. doi:10.1016/j.jacc.2023.10.048
- [17] Ren J, Royse C, Tian DH, et al. Survival of multiple arterial grafting in diabetic populations: a 20-year national experience[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2023, 63(6): ezad091. doi:10.1093/ejcts/ezad091
- [18] 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.
- [19] Taggart DP, Gaudino MF, Gerry S, et al. Effect of total arterial grafting in the Arterial Revascularization Trial [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 163(3): 1002-1009.
- [20] Sabik JF 3rd, 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.
- [21] Gaudino M, Puskas JD, Di Franco A, et al. Three arterial grafts improve late survival: a meta-analysis of propensity-matched studies[J]. *Circulation*, 2017, 135(11): 1036-1044.
- [22] 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
- [23] Gaudino MFL, Sandner S, Bonalumi G, et al. How to build a multi-arterial coronary artery bypass programme:

- a stepwise approach[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2020, 58(6): 1111-1117.
- [24] Velazquez EJ, Lee KL, Jones RH, et al. Coronary-artery bypass surgery in patients with ischemic cardiomyopathy [J]. *N Engl J Med*, 2016, 374(16): 1511-1520.
- [25] Bakaeeen FG, Gaudino M, Whitman G, et al. 2021: the American Association for Thoracic Surgery Expert Consensus Document: coronary artery bypass grafting in patients with ischemic cardiomyopathy and heart failure [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 162(3): 829-850.
- [26] Iacona GM, Bakhos JJ, Tong MZ, et al. Coronary artery bypass grafting in left ventricular dysfunction: when and how[J]. *Curr Opin Cardiol*, 2023, 38(6): 464-470.
- [27] 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.
- [28] Nakae M, Kainuma S, Toda K, et al. Impact of complete revascularization in coronary artery bypass grafting for ischemic cardiomyopathy [J]. *JTCVS Open*, 2023, 15: 211-219. doi:10.1016/j.xjon.2023.04.008
- [29] Fang HY, Fang YN, Chen YC, et al. The impact of complete revascularization in symptomatic severe left ventricular dysfunction between coronary artery bypass graft and percutaneous coronary intervention[J]. *Cardiol Res Pract*, 2023, 2023: 9226722. doi:10.1155/2023/9226722
- [30] Fremes SE, Marquis-Gravel G, Gaudino MFL, et al. STICH3C: rationale and study protocol [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2023, 16(8): e012527. doi:10.1161/CIRCINTERVENTIONS.122.012527
- [31] Mavioglu I. Minimally invasive off-pump anaortic complete arterial coronary artery bypass: how to do it? [J]. *Innovations*, 2023, 18(4): 376-379.
- [32] Stähli BE, Varbella F, Linke A, et al. Timing of complete revascularization with multivessel PCI for myocardial infarction [J]. *N Engl J Med*, 2023, 389(15): 1368-1379.
- [33] Guyton RA, Halkos ME. Benefit of complete anatomic revascularization in ISCHEMIA: reprise of a familiar theme [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2024, 83(4): e37. doi:10.1016/j.jacc.2023.10.047
- [34] 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.
- [35] Kaya IC, Bulut HI, Candelario K, et al. Complete surgical revascularization after NSTEMI and unstable angina in patients with multivessel coronary artery disease: institutional experience [J]. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2023, 31(8): 675-681.

(编辑:房红娟)