

血流储备分数和定量血流分数在指导冠心病介入治疗中的研究进展

都欢¹ 蔡永祥¹ 黄会慧¹ 周龙² 李其勇² 李刚²

(1. 电子科技大学医学院, 四川 成都 610054; 2. 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院) 心血管病研究所/心血管内科, 四川 成都 610072)

【摘要】 中国冠心病的介入治疗数量居全球之首, 目前主要指导冠心病介入治疗的是冠状动脉造影。近年研究表明血流储备分数、定量血流分数等功能性指标在指导冠状动脉介入治疗方面有独特的优势。基于国内外文献, 现主要介绍血流储备分数和定量血流分数在冠心病介入治疗中的应用和进展。

【关键词】 血流储备分数; 定量血流分数; 冠心病; 冠状动脉造影

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2024.09.006

Fractional Flow Reserve and Quantitative Flow Ratio in Guiding Interventional Treatment for Coronary Heart Disease

DU Huan¹, CAI Yongxiang¹, HUANG Huihui¹, ZHOU Long², LI Qiyong², LI Gang²

(1. *Medicine School of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, Sichuan, China*; 2. *Department of Cardiology/Institute of Cardiovascular Diseases, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital (Affiliated Hospital of Electronic Science and Technology of China), Chengdu 610072, Sichuan, China*)

【Abstract】 The number of interventional treatment for coronary heart disease in China ranks first in the world. At present, coronary angiography is the main guide for interventional treatment of coronary heart disease. Recent studies have shown that functional indicators such as fractional flow reserve and quantitative flow ratio have unique advantages in guiding coronary interventional treatment. Based on domestic and foreign literature, this article mainly introduces the application and progress of fractional flow reserve and quantitative flow ratio in interventional treatment of coronary heart disease.

【Keywords】 Fractional flow reserve; Quantitative flow ratio; Coronary heart disease; Coronary angiography

随着社会的发展和人们生活行为方式的改变, 血脂异常、高血压、糖尿病和代谢综合征等危险因素对冠心病(coronary heart disease, CHD)的影响不断加剧。近年来随着 CHD 患者医疗条件的改善, 全球 CHD 死亡率呈下降趋势^[1-2]。由于 CHD 患者生存率提高、人口老龄化及危险因素增加等, CHD 的患病率不断增高。据统计, 2019 年中国 CHD 患者人数约为 1 139 万, 但因为中国人口基数大、人口结构老龄化等因素, 未来中国的 CHD 患者人数有持续上涨的趋势^[3-4]。

近年来中国在 CHD 介入治疗方面取得了长足进展, 2018 年中国经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)总量居全球之首^[5-6]。但由

于术者主观性和图像二维性, 冠状动脉狭窄程度可能被误判^[7]。因此, 心脏介入医师需一个能准确判断心肌缺血程度的客观指标, 以指导 CHD 的介入治疗。血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)和定量血流分数(quantitative flow ratio, QFR)应运而生。现就 FFR 和 QFR 在 CHD 治疗与预后中的应用展开综述。

1 FFR 的原理和应用

1.1 FFR 的测量原理

FFR 定义为冠状动脉处于最大血流时, 狭窄冠状动脉的最大血流量与相同分布下理论上正常冠状动脉的最大血流量之比^[8]。可用压力导线测量并计算, 表示为 $FFR = (Pd - Pv) / (Pa - Pv)$ (Pd 为狭窄冠状动脉

下游的压力, P_a 为主动脉压, P_v 为中心静脉压且 $P_v \approx 0$), 可简化为 $FFR = P_d/P_a$, 正常为 0.94 ~ 1.00。经过长期的临床实践, 目前推荐的 FFR 阈值为 0.80^[9]。

1.2 FFR 指导血运重建与患者长期预后的关系

1.2.1 单血管冠状动脉病变

Bech 等^[10]的 DEFER 研究将 325 例拟行 PCI 的单血管中度狭窄患者分为三组: (1) $FFR \geq 0.75$ 且 PCI 延迟的患者(延迟组, $n = 91$); (2) $FFR \geq 0.75$ 且立即行 PCI 的患者(执行组, $n = 90$); (3) $FFR < 0.75$ 且立即行 PCI 的患者(参考组, $n = 144$)。结果显示: (1) 2 年随访时延迟组无事件生存率为 89%, 执行组为 83%, 参考组为 78%。提示在行 PCI 前测量 FFR, 可安全有效地识别有客观缺血证据的患者, 根据患者功能选择合适的治疗方式, 并减少不必要的 PCI。(2) 5 年随访中, 延迟组无事件生存率为 80%, 执行组为 73%, 参考组为 63%^[11]。提示对于功能不显著的冠状动脉中度狭窄患者延迟 PCI 的 5 年预后较好。(3) 在 15 年的随访中, 延迟组死亡率为 33.0%, 执行组为 31.1%, 参考组为 36.1%, 三组的死亡率无明显差异^[12], 但延迟组心肌梗死发病率(2.2%)明显低于执行组(10.0%) ($RR = 0.22, 95\% CI 0.05 \sim 0.99, P = 0.03$), 提示对于缺血不显著的中度狭窄患者, 延迟 PCI 与良好的长期随访相关。因此对于缺血不显著的单血管中度狭窄患者行延迟 PCI 是安全的。

1.2.2 多血管冠状动脉病变

FAME 研究^[13]将拟行 PCI 的多支冠状动脉病变患者随机分配到血管造影组(496 例, 立即行 PCI)和 FFR 组(509 例, $FFR \leq 0.8$ 时行 PCI), 结果显示: (1) 血管造影组 1 年事件发生率为 18.3% (91 例), FFR 组为 13.2% (67 例) ($P = 0.02$)。FFR 引导的 PCI 显著降低了患者的 1 年事件发生率。(2) 血管造影组 2 年事件发生率为 22.4% (111 例), FFR 组为 17.9% (91 例) ($P = 0.08$)^[14]。(3) 血管造影组 5 年事件发生率为 31% (154 例), FFR 组为 28% (143 例) ($P = 0.31$); 5 年随访中血管造影组患者平均放置的支架数量明显高于 FFR 组(2.7 个 vs 1.9 个, $P < 0.0001$)。结果证明在多支血管病变患者中, FFR 引导的 PCI 相较于血管造影引导的 PCI 不仅可减少患者安置的平均支架数量, 而且可降低心血管事件发生率, 有更好的安全性及预后^[15]。

1.2.3 非罪犯血管与完全血运重建

在 ST 段抬高型心肌梗死(ST segment elevation myocardial infarction, STEMI)患者中, 完全血运重建术可改善患者预后。Puymirat 等^[16]的 FLOWER-MI 试验, 在 STEMI 患者罪犯病变血管行 PCI 成功后, 纳入

1 171 例至少有一条非罪犯血管狭窄 $\geq 50\%$ 的患者。该研究中, 将患者随机分配到 FFR 组($n = 590, FFR \leq 0.80$ 时行 PCI)或血管造影组($n = 581$), 1 年后, FFR 组中有 32 例(5.5%)、血管造影组中有 24 例(4.2%)出现主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular event, MACE)。提示在接受完全血运重建术的 STEMI 患者中, FFR 引导的完全血运重建在 1 年 MACE 的风险方面没有明显优于血管造影。这可能与 STEMI 患者斑块不稳定且负担过重相关。一项荟萃分析^[17]指出, STEMI 患者可能有多个破裂斑块, 且有的斑块可能对血流影响不大, 因此被 FFR 低估, 但它们可能导致随后的心肌梗死和心源性死亡。使用血管内超声和光学相干断层扫描等对冠状动脉狭窄进行更详细的成像, 可能获益更大。因此, FFR 在 STEMI 患者的使用中仍存在较大的争议。

1.3 PCI 后 FFR 测量值与患者长期预后的关系

FFR 不仅可在术前对 CHD 患者制定更加合适的 PCI 策略, 也可在术后更好地预测患者的结局。van Bommel 等^[18]的研究表明, PCI 后常规测量 FFR 安全可行。该研究中患者 PCI 后平均 FFR 为 0.90 ± 0.07 , 但在 PCI 成功的患者中, 仍有 73 例(11%)患者有 1 条以上病变冠状动脉的 $FFR \leq 0.80$, 这可能与分叉或钙化病变、糖尿病等有关。因此, PCI 后测量 FFR 并常规干预 $FFR \leq 0.8$ 的病变是有意义的。Uretsky 等^[19]提出了 PCI 前后行 FFR 检测和治疗残余缺血的策略——功能优化冠状动脉介入治疗的概念。在 PCI 成功的患者中, 功能优化冠状动脉介入治疗可识别残余缺血(有超过 1/3 的患者存在, 主要发生在支架远端, 由支架扩张不足和弥漫性疾病等引起), 进一步干预此类病变可改善缺血, 但目前仍需进一步的研究来验证功能优化冠状动脉介入治疗策略的长期效果。Collison 等^[20]开展的 TARGET-FFR 试验表明, 与血管造影组相比, 支架植入后在 FFR 引导下的进一步干预减少了 $FFR < 0.80$ 的患者比例, 但其无法显著增加 $FFR > 0.90$ 的患者比例。PCI 后低 FFR 及残余缺血的患者很常见, 且术后低 FFR 与靶血管血运重建、心源性死亡等风险独立相关, 提示 PCI 后常规测量 FFR 可预测 CHD 患者的预后^[18-22]。

1.4 FFR 的缺陷

虽然 FFR 测量已成为冠状动脉中度狭窄行 PCI 的金标准, 但其使用率不高。FFR 作为有创性压力指标, 在测试过程中使用血管舒张药物(如腺苷)诱导冠状动脉达到最大充血状态后, 需让压力导线穿过狭窄的病变部位, 通过回拉导线来确定压力下降的长度和确切的空间位置, 存在操作复杂、成本高、腺苷相关药

物不良反应(如短暂性房室传导阻滞、胸痛、低血压)等弊端^[23]。因此,上海交通大学涂圣贤团队研发了基于冠状动脉造影三维重建的定量血流比——QFR。QFR 在常规的冠状动脉造影过程中就可实现,是功能学评估领域近年来的重要突破^[24]。一项单中心回顾性研究^[25]比较了 56 条中度狭窄冠状动脉的 QFR 和 FFR,其平均 QFR 和 FFR 分别为 0.82 ± 0.10 和 0.83 ± 0.06 ,提示 QFR 与 FFR 有良好的一致性。QFR 让冠状动脉的功能性评估得到了更广泛的发展。

2 QFR 的原理和应用

2.1 QFR 测量原理

QFR 通过采集两个角度相差 $> 25^\circ$ 的造影图像进行冠状动脉的三维重建,结合心肌梗死溶栓试验帧计数血流动力学,由计算机模拟最大充血状态时狭窄冠状动脉的血流情况,从而在无压力导线的情况下计算出狭窄冠状动脉的 FFR 预测值。QFR 无需药物诱导充血,可减少手术时间、风险和成本,具有被广泛采用的潜力^[26-28]。QFR 有固定血流模型(fQFR)、对比剂血流模型(cQFR)、诱导充血血流模型(aQFR)三种模型。涂圣贤团队^[27]的 FAVOR Pilot 试验对比了三种模型指出:cQFR 与 FFR 有良好的一致性,且不需药物充血诱导,可减少手术时间、风险和成本,未来有广泛应用的潜能。

2.2 QFR 指导 PCI 与患者长期预后的关系

涂圣贤团队实施的 FAVOR III China 试验^[28],对比了 QFR 组(QFR ≤ 0.8 时行 PCI, $n = 1\ 913$)和血管造影组($n = 1\ 912$)所引导的 PCI 在 1 年内的 MACE 发生率。该试验结果显示,QFR 组 110 例患者(5.8%)和血管造影组 167 例患者(8.8%)发生了 MACE;与血管造影组相比,QFR 组引导的 PCI 改善了患者的 1 年临床结果。Song 等^[29]报道该试验 2 年后,QFR 组有 161 例患者(8.5%)发生了 MACE,而血管造影组有 237 例(12.5%)($HR = 0.66, 95\% CI 0.54 \sim 0.81, P < 0.0001$),显示了与 1 年时一致的结果。Zhang 等^[30]在 FAVOR III China 试验中发现,PCI 后实现完全血运重建与 1 年 MACE 发生率显著降低相关,而 QFR 引导的 PCI 提高了完全血运重建的可能,这改善了患者的 1 年临床结果。但其长期影响还有待考证。

Biscaglia 等^[31]的 HAWKEYE 研究,在患者行完全血运重建后做 QFR 测定,结果显示约 15% 的病例术后 QFR 不理想。PCI 后较低的 QFR 是不良事件的独立预测因子。此后 Biscaglia 等^[32]再次将 300 例患者随机分配到 QFR 组和血管造影组,各自接收基于 QFR 或冠状动脉造影引导的 PCI,在 PCI 后测量 QFR,主要终点为 PCI 后 QFR < 0.90 血管的比例。该研究中,

PCI 后 QFR 组有 12 例(6.6%)、血管造影术组有 26 例(15.1%)达到了主要终点,表明 QFR 引导的 PCI 在冠状动脉功能性重建方面优于血管造影引导的 PCI。

Hamaya 等^[33]研究了 3V-cQFR(three-vessel cQFR, 即同一 CHD 患者三支冠状动脉的 cQFR 的总和)的预后意义,在中位 2.2 年的随访期间,57 例患者(10.4%)经历了 MACE;MACE 患者三支冠状动脉的 cQFR 均低于无 MACE 患者($P < 0.05$),MACE 患者的 3V-cQFR 也低于无 MACE 患者。因此,3V-cQFR 的降低与 MACE 发生率的增加独立相关,并且 3V-cQFR 可突出动脉粥样硬化的总负担。

Lee 等^[34]在进行 FRAME-AMI 试验的同时,对纳入的急性心肌梗死患者的非罪犯血管病变进行 QFR 分析,在血管造影组中有 30.0% ($n = 60$) 的患者在 QFR > 0.80 的情况下进行了非罪犯血管的 PCI,而 FFR 组有 2.7% 的患者($n = 4$)。该研究提示 QFR 与 FFR 有良好的相关性。Tang 等^[35]对 STEMI 患者的罪犯血管行 PCI 后作 QFR 测量发现,PCI 后低 QFR 是 2 年心脏相关不良事件的独立预测因子。

3 FFR 和 QFR 的应用现状

如上所述,FFR 作为一个有创生理性功能指标,与血管造影相比,FFR 在保证患者延迟 PCI 安全的同时,通过减少支架相关的 MACE 来改善患者预后。虽然临床指南推荐,但世界各地的 FFR 使用率仍很低。而 QFR 基于三维定量冠状动脉造影,可简单快速地对相应病变进行生理功能评估,具有成本、时间及经济效率^[36]。Antoniadis 等^[37]首次指出 QFR 不仅可用于评估心外膜血管,还可常规用于评估绝大多数最大管径 ≥ 2 mm 的冠状动脉侧支,这有助于攻克目前的 PCI 难点。严重的冠状动脉病变(如 STEMI 急性期)常伴随微血管功能障碍以及较大的斑块负荷,这使得 FFR 或 QFR 在心肌梗死患者急性期中的使用受到争议。但在心肌梗死的亚急性期,不稳定性 CHD 患者非罪犯血管的微循环抵抗和腺苷诱导的充血反应与稳定性 CHD 患者相似,因此当前大部分对 QFR 和 FFR 的研究集中在稳定性 CHD 及不稳定性 CHD 患者的非罪犯血管中,这为心肌梗死亚急性期评估非罪犯血管的 FFR 或 QFR 提供了支持^[38]。对于不稳定性 CHD 患者罪犯血管的 FFR 及 QFR 评估,尚需更多的研究进一步验证。

另外一项关于 QFR 再现性的研究——QREP 研究^[39]指出,QFR 观察者、低血管造影质量和低 FFR 是重复测量 QFR 时造成较大绝对差异的独立预测因子,而临床实践中不同 QFR 观察者水平的参差不齐引起了作者的担忧,因此在未来对 QFR 观察者进行一定程

度的持续反馈和培训很有必要。

4 总结和展望

从基于冠状动脉造影的视觉解剖学评估,到基于压力变化的缺血功能学评估 FFR,再到基于冠状动脉三维重建和心肌梗死溶栓试验帧计数血流动力学的 QFR,稳定性 CHD 患者狭窄冠状动脉的功能性评估价值已被广泛认可,同时大量研究也显示了功能学指标在急性冠脉综合征患者治疗中的指导及预后价值。在功能性冠状动脉疾病诊断理念及治疗技术不断发展的今天,还有许多的新型功能学指标层出不穷,如瞬时无波比、CT-FFR 等。瞬时无波比无需药物诱导最大充血,但仍需压力导线进行有创性的测量,Sen 等^[40]指出在心脏静息无波期间,瞬时无波比与 FFR 密切相关($r = 0.9, P < 0.001$)。CT-FFR 因其无创的优势,在未来仍有较大的发展空间,但其算法的诊断效率及准确性有待进一步提高,也需更多的试验验证。本文选择 QFR 进行阐述,未来还会有 QFR 及相关 FFR 衍生指标在不同冠状动脉病变患者中的进一步研究,不断优化 CHD 患者的诊疗与预后。患者在这种由解剖学到功能学评估的转变中重新成为关注焦点。尽管新型的功能学指标不断发展,但血管造影的解剖学指标仍是 CHD 患者行 PCI 的基石,在治疗过程中不可或缺,冠状动脉的功能学评估指标距离普遍应用于临床还有很长的路要走。

参 考 文 献

- [1] Bansilal S, Castellano JM, Fuster V. Global burden of CVD; focus on secondary prevention of cardiovascular disease [J]. *Int J Cardiol*, 2015, 201 (suppl 1): S1-S7.
- [2] Gheorge A, Griffiths U, Murphy A, et al. The economic burden of cardiovascular disease and hypertension in low- and middle-income countries; a systematic review [J]. *BMC Public Health*, 2018, 18(1): 975.
- [3] 国家卫生健康委员会. 中国卫生健康统计年鉴 2020 [M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2020.
- [4] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2021 概要 [J]. *中国循环杂志*, 2022, 37(6): 553-578.
- [5] 高润霖. 我国冠心病介入治疗的进展与展望 [J]. *中华心血管病杂志*, 2019, 47(9): 675-679.
- [6] Li X, Gu D, Wang X, et al. Trends of coronary artery bypass grafting performance in a cohort of hospitals in China between 2013 and 2018 [J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2021, 14(4): e007025.
- [7] Topol EJ, Nissen SE. Our preoccupation with coronary luminology. The dissociation between clinical and angiographic findings in ischemic heart disease [J]. *Circulation*, 1995, 92(8): 2333-2342.
- [8] Pijls NH, van Son JA, Kirkeeide RL, et al. Experimental basis of determining maximum coronary, myocardial, and collateral blood flow by pressure measurements for assessing functional stenosis severity before and after percutaneous transluminal coronary angioplasty [J]. *Circulation*, 1993, 87(4): 1354-1367.
- [9] de Bruyne B, Pijls NHJ, Kalesan B, et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease [J]. *N Engl J Med*, 2012, 367(11): 991-1001.
- [10] Bech GJ, de Bruyne B, Pijls NH, et al. Fractional flow reserve to determine the appropriateness of angioplasty in moderate coronary stenosis; a randomized trial [J]. *Circulation*, 2001, 103(24): 2928-2934.
- [11] Pijls NHJ, van Schaardenburgh P, Manoharan G, et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 49(21): 2105-2111.
- [12] Zimmermann FM, Ferrara A, Johnson NP, et al. Deferral vs. performance of percutaneous coronary intervention of functionally non-significant coronary stenosis; 15-year follow-up of the DEFER trial [J]. *Eur Heart J*, 2015, 36(45): 3182-3188.
- [13] Tonino PA, de Bruyne B, Pijls NH, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention [J]. *N Engl J Med*, 2009, 360(3): 213-224.
- [14] Pijls NHJ, Fearon WF, Tonino PAL, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention in patients with multivessel coronary artery disease [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 56(3): 177-184.
- [15] van Nunen LX, Zimmermann FM, Tonino PAL, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guidance of PCI in patients with multivessel coronary artery disease (FAME): 5-year follow-up of a randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2015, 386(10006): 1853-1860.
- [16] Puymirat E, Cayla G, Simon T, et al. Multivessel PCI guided by FFR or angiography for myocardial infarction [J]. *N Engl J Med*, 2021, 385(4): 297-308.
- [17] Wald DS, Hadyanto S, Bestwick JP. Should fractional flow reserve follow angiographic visual inspection to guide preventive percutaneous coronary intervention in ST-elevation myocardial infarction? [J]. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes*, 2020, 6(3): 186-192.
- [18] van Bommel RJ, Masdjedi K, Diletti R, et al. Routine fractional flow reserve measurement after percutaneous coronary intervention [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2019, 12(5): e007428.
- [19] Uretsky BF, Agarwal SK, Vallurupalli S, et al. Prospective evaluation of the strategy of functionally optimized coronary intervention [J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(3): e015073.
- [20] Collison D, Didagelos M, Aetesam-Ur-Rahman M, et al. Post-stenting fractional flow reserve vs coronary angiography for optimization of percutaneous coronary intervention (TARGET-FFR) [J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(45): 4656-4668.
- [21] Hwang D, Yang S, Zhang J, et al. Physiologic assessment after coronary stent implantation [J]. *Korean Circ J*, 2021, 51(3): 189-201.
- [22] Hwang D, Koo B, Zhang J, et al. Prognostic implications of fractional flow reserve after coronary stenting [J]. *JAMA Network Open*, 2022, 5(9): e2232842.
- [23] Cortés C, Carrasco Moraleja M, Aparisi A, et al. Quantitative flow ratio—Meta-analysis and systematic review [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 97(5): 807-814.
- [24] 王衍, 刘雨薇, 王一彪, 等. 冠状动脉功能学评估指标定量血流分数的临床应用及进展 [J]. *中国医药*, 2022, 17(5): 764-767.
- [25] Kasinadhuni G, Batta A, Gawalkar AA, et al. Validity and correlation of quantitative flow ratio with fractional flow reserve for assessment of intermediate coronary lesions [J]. *Acta Cardiol*, 2023, 78(1): 91-98.
- [26] Tu S, Barbato E, Koszegi Z, et al. Fractional flow reserve calculation from 3-dimensional quantitative coronary angiography and TIMI frame count: a fast computer model to quantify the functional significance of moderately obstructed coronary arteries [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2014, 7(7): 768-777.
- [27] Tu S, Westra J, Yang J, et al. Diagnostic accuracy of fast computational approaches to derive fractional flow reserve from diagnostic coronary angiography: The International Multicenter FAVOR Pilot Study [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(19): 2024-2035.

- [28] Xu B, Tu S, Song L, et al. Angiographic quantitative flow ratio-guided coronary intervention (FAVOR III China): a multicentre, randomised, sham-controlled trial [J]. *Lancet*, 2021, 398(10317):2149-2159.
- [29] Song L, Xu B, Tu S, et al. 2-Year outcomes of angiographic quantitative flow ratio-guided coronary interventions [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 80(22):2089-2101.
- [30] Zhang R, Wang HY, Dou K, et al. Outcomes of functionally complete vs incomplete revascularization: insights from the FAVOR III China trial [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022, 15(24):2490-2502.
- [31] Biscaglia S, Tebaldi M, Brugaletta S, et al. Prognostic value of QFR measured immediately after successful stent implantation: the international multicenter prospective HAWKEYE study [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2019, 12(20):2079-2088.
- [32] Biscaglia S, Verardi FM, Tebaldi M, et al. QFR-based virtual PCI or conventional angiography to guide PCI: the AQVA trial [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023, 16(7):783-794.
- [33] Hamaya R, Hoshino M, Kanno Y, et al. Prognostic implication of three-vessel contrast-flow quantitative flow ratio in patients with stable coronary artery disease [J]. *EuroIntervention*, 2019, 15(2):180-188.
- [34] Lee SH, Hong D, Shin D, et al. QFR assessment and prognosis after nonculprit PCI in patients with acute myocardial infarction [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023, 16(19):2365-2379.
- [35] Tang J, Chu J, Hou H, et al. Clinical implication of QFR in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after drug-eluting stent implantation [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2021, 37(3):755-766.
- [36] 李婕, 李晓梅. 血流储备分数及其衍生指标在急性冠脉综合征中的临床应用进展 [J]. *心血管病学进展*, 2023, 44(1):44-47.
- [37] Antoniadis M, Blum M, Ussat M, et al. Standardized angiographic projections allow evaluation of coronary artery side branches with quantitative flow ratio (QFR) [J]. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2024, 50:101349.
- [38] Mejia-Renteria H, Lee JM, van der Hoeven NW, et al. Coronary microcirculation downstream non-infarct-related arteries in the subacute phase of myocardial infarction: implications for physiology-guided revascularization [J]. *J Am Heart Assoc*, 2019, 8(9):e11534.
- [39] Westra J, Sejr-Hansen M, Koltowski L, et al. Reproducibility of quantitative flow ratio: the QREP study [J]. *EuroIntervention*, 2022, 17(15):1252-1259.
- [40] Sen S, Escaned J, Malik IS, et al. Development and validation of a new adenosine-independent index of stenosis severity from coronary wave-intensity analysis: results of the ADVISE (ADenosine Vasodilator Independent Stenosis Evaluation) study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 59(15):1392-1402.

收稿日期:2024-05-20

《心血管病学进展》对投稿中表格制作的要求

表格可用全线表、省线表(包括三线表)和无线表。表格应是完整的、可独立存在的形象化语言,表格的内容应简洁直观,以数字表达为主,避免与文字表述过于重复,同时表格应具有自明性。

1. 表格的组成。(1)表序和表题:表序即表格的序号,一篇论文中如只有一个表格则表序编为表1,有两个及以上的表格,应按先后标出表的序号。序号用阿拉伯数字表示,置于表的上方。表题应准确得体、简洁精练,中间不用标点,末尾不加句号。(2)表头:对表格各行和各列单元格内容进行概括和提示的栏目,反映了表身中该栏信息的特征或属性。(3)表身:表头之外的单元格总体,是表格的主体,表身中单元格内的数值不宜带单位;表身中如果一个单元格内包含两个数据,其中一个数据应用括号,同时需要在表头或标注中说明;表身中单元格内可使用空白或一字线“—”填充,如果需要区别数据“不适用”和“无法获得”,前者可采用空白单元格,后者可采用一字线,并在正文或标注中说明这种区别。(4)表注:必要时,应将表中的符号、标记、代码,以及需要说明的事项,以最简练的文字,横排于表身下。

2. 表格制作的要求。(1)主谓清楚:表的横表头为主语,指表中所要说明的对象;纵表头为谓语,表示对主语的说明,读表的顺序为:主语→谓语→数据。特殊情况时,主、谓语可以换位,但换位后的主谓语的性质不变。作者在设计表格时,应力求科学、准确、一目了然。一个好的表格应具有语言学上的逻辑性,即主谓清楚、层次分明、标目合理。(2)数字准确:表格内的数字应准确无误,一律用阿拉伯数字,上下个位数对齐,数字中如有“±”或“~”号,则以其为中心对齐。表内不宜用“同上”“同左”“同类”词,须填入具体的数字或文字。(3)表格内的单位:表头中量和单位的标注形式应为“量的名称或符号/单位符号”;表格中涉及的单位全部相同时,宜在表的右上方统一标注。(4)表格中的统计学符号:论文中的显著性检验,只在表下注释 *P* 值是不够的,应将检验方法、计算结果及 *P* 值均列出,以便读者进一步了解实际差异的大小。

本刊编辑部