

经皮冠状动脉介入术后持续性心绞痛 发病机制及临床管理研究进展

尹伟豪¹, 高廷宝², 张金强³, 刘春雷⁴, 王盼盼⁵, 谢倩⁶

1. 临邑县中医院临盘院区急诊科, 山东 德州, 251500; 2. 临邑县中医院中心院区心病一病区, 山东 德州, 251500; 3. 临邑县中医院中心院区急诊科, 山东 德州, 251500; 4. 临邑县中医院中心院区医务科, 山东 德州, 251500; 5. 青岛黄岛区第二中医医院康复科, 山东 青岛, 266400; 6. 齐河县中医院大内科, 山东 德州, 251100

通信作者: 谢倩, E-mail: 648810907@qq.com

【摘要】 经皮冠状动脉介入治疗(PCI)是冠状动脉疾病重要的血运重建手段之一,在改善心肌缺血、缓解心绞痛症状及提高患者生活质量方面具有重要临床价值。然而,部分患者在PCI术后仍可出现持续性或反复发作性心绞痛,这不仅提示症状控制未达到预期,也给后续随访和长期管理带来挑战。现有研究认为,PCI术后心绞痛的发生机制较为复杂,并非由单一因素所致,而是结构性异常、冠状动脉功能异常及个体相关因素等多种机制共同作用的结果。近年来,随着冠状动脉功能学评估、微循环功能检测、血管内影像学技术及多模态表型分析的不断深入,临床对PCI术后持续性心绞痛的认识逐步深化,其评估思路已由单纯解剖学判断转向机制导向的综合评估,管理模式也由经验性处理逐步走向精准化和个体化。基于此,本文围绕PCI术后心绞痛的临床特征、主要发生机制、再评估路径及管理进展进行综述,以期为该类患者的临床识别、机制分层干预及长期规范化管理提供参考。

【关键词】 经皮冠状动脉介入治疗; 持续性心绞痛; 冠状动脉微循环功能障碍; 冠状动脉功能异常

【文章编号】 2095-834X(2026)05-65-07

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2026.05.011

本文著录格式: 尹伟豪, 高廷宝, 张金强, 等. 经皮冠状动脉介入术后持续性心绞痛发病机制及临床管理研究进展[J]. 当代介入医学电子杂志, 2026, 3(5): 65-71.

Advances in the pathophysiological mechanisms and clinical management of persistent angina after percutaneous coronary intervention

Yin Weihao¹, Gao Tingbao², Zhang Jinqiang³, Liu Chunlei⁴, Wang Panpan⁵, Xie Qian⁶

1. Department of Emergency Medicine, Linpan Campus, Linyi County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Dezhou 251500, Shandong, China; 2. First Department of Cardiovascular Diseases, Central Campus, Linyi County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Dezhou 251500, Shandong, China; 3. Department of Emergency Medicine, Central Campus, Linyi County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Dezhou 251500, Shandong, China; 4. Medical Affairs Department, Central Campus, Linyi County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Dezhou 251500, Shandong, China; 5. Department of Rehabilitation, The Second Traditional Chinese Medicine Hospital of Huangdao District, Qingdao 266400, Shandong, China; 6. Department of Internal Medicine, Qihe County Hospital of Traditional Chinese Medicine, Dezhou 251100, Shandong, China

Corresponding author: Xie Qian, E-mail: 648810907@qq.com

【Abstract】 Percutaneous coronary intervention (PCI) is one of the most important revascularization strategies for coronary artery disease and has substantial clinical value in improving myocardial ischemia, relieving

收稿日期: 2026-04-19

基金项目: 山东省中医药科技项目(M20251307)

angina symptoms, and enhancing patients' quality of life. However, some patients continue to experience persistent or recurrent angina after PCI, which not only indicates suboptimal symptom control but also poses challenges for subsequent follow-up and long-term management. Current evidence suggests that the mechanisms underlying post-PCI angina are complex and cannot be attributed to a single factor; rather, they result from the combined effects of structural abnormalities, coronary functional abnormalities, and individual-related factors. In recent years, with the continuous development of coronary functional assessment, microvascular function testing, intravascular imaging, and multimodal phenotyping, clinical understanding of persistent angina after PCI has progressively deepened. Accordingly, the evaluation of post-PCI angina has shifted from a purely anatomical approach to a mechanism-oriented comprehensive assessment, and its management has evolved from empirical treatment toward more precise and individualized strategies. On this basis, this review summarizes the clinical characteristics, major mechanisms, reappraisal pathways, and management advances of post-PCI angina, with the aim of providing a reference for clinical recognition, mechanism-based stratified intervention, and long-term standardized management in these patients.

【Keywords】 Percutaneous coronary intervention; Persistent angina; Coronary microvascular impairment; Coronary functional irregularities

经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)已成为冠状动脉疾病临床治疗的重要手段^[1-2]。尽管PCI能够有效改善冠状动脉狭窄并缓解缺血症状,但部分患者术后仍存在持续性或反复发作性心绞痛,并可能影响临床获益及远期预后^[3-4]。此类症状的持续存在提示,PCI术后心绞痛并不能仅以单纯解剖学重建结果加以解释,其发生发展可能涉及结构性异常、冠状动脉功能障碍及个体相关因素等多方面机制^[3]。近年来,随着冠状动脉功能学评估、微循环检测及血管内影像学技术的发展,临床对PCI术后心绞痛的认识不断深化,但其发生机制、再评估路径及管理策略仍缺乏系统梳理。基于此,本文对PCI术后心绞痛的临床特征、主要机制、再评估思路及管理进展进行综述,以期为该类患者的临床诊治及随访管理提供参考。

1 PCI术后心绞痛的临床特征

PCI术后心绞痛并非单一的临床表型,而是一组具有明显异质性的症状谱,持续性与复发性症状可在不同患者中分别出现,亦可在同一患者中交替存在。现有研究显示,PCI后短期至中期随访期间约20%~40%的患者存在持续性或复发性心绞痛^[4]。其中,PCI术后心绞痛既可表现为症状持续未缓解的残余性心绞痛,也可表现为术后一度改善后再次出现的复发性心绞痛,提示其临床表现具有一定复杂性。相关研究显示,在接受慢性完全闭塞病变介入治疗(CTO-PCI)的患者中,术后6个月仍有22%的患者存在持续性心绞痛,进一步支持了血运重建后症状负担具有明显异质性的观点^[5]。Collet等^[6]的随访分析显示,PCI术后残余性心绞痛的总体患病率为39.8%。进一步分

层后发现局灶性冠状动脉病变患者的残余性心绞痛发生率为27.5%,而弥漫性病变患者则升高至51.9%,差异有统计学意义($P=0.020$)。该结果提示,PCI术后症状负担并非均匀分布,而与病变形态特征及残余缺血背景密切相关。总体而言,PCI术后心绞痛在发生时间、症状负担、临床表现及病变背景等方面均具有显著异质性。

2 PCI术后心绞痛发生机制

2.1 结构性机制

在PCI术后持续性心绞痛的多种发生机制中,结构性异常仍是临床首先需要重点识别的原因之一。现有文献认为,其主要包括支架扩张不全、支架贴壁不良、边缘夹层、病变覆盖不完全、支架内再狭窄、血运重建不完全以及其他冠状动脉节段动脉粥样硬化进展等^[7-8]。近年来,随着血管内影像学技术的发展,结构性机制的识别已由以往侧重经验性判断逐步转向量化评估。Landmesser等^[9]基于ILUMIEN IV试验的光学相干断层成像分析发现,较小的最小支架面积及近端边缘夹层均为2年靶病变失败的独立预测因素。最小支架面积每增加1 mm²,2年靶病变失败风险下降24%,存在近端边缘夹层者,其靶病变失败风险明显升高。上述结果提示,结构性异常的评估不应仅停留于冠状动脉造影的形态学判断,还应结合血管内影像学,对支架植入质量及残余机械性异常进行更为精细的评价。另一方面,结构性机制还可表现为血运重建程度与症状缓解之间的不一致。研究显示,残余慢性完全闭塞病变与持续性心绞痛独立相关^[10]。另有研究发现PCI术后弥漫性冠状动脉疾病患者的残余性心绞痛发生率高于局灶性病变患者^[11]。上述证据提示,即

使缺血病变已获得血运重建,患者整体冠状动脉病变负荷的改善与远端灌注恢复程度亦未必同步。因而,结构性机制不应被理解为单一病变问题,而应视为一组在介入治疗后仍持续存在、并具有临床相关性的形态学异常,需结合冠状动脉造影与血管内影像学检查进行综合判读。

2.2 功能性机制

与结构性机制不同,功能性机制主要反映冠状动脉在解剖学狭窄获得改善后,血管生理功能仍未恢复正常的状态。该类机制能够解释部分患者在冠状动脉造影显示病变改善后,仍持续存在心绞痛症状的临床现象。目前已明确的具体机制包括冠状动脉微循环功能障碍、心外膜冠状动脉痉挛、微循环痉挛、内皮功能异常、弥漫性压力丢失以及冠状动脉血流储备下降等。Li等^[12]纳入 21 项研究,对 6 632 例患者进行系统评价与 Meta 分析,结果显示 PCI 术后靶血管冠状动脉微循环功能障碍的总体患病率为 41.66%,而在 TIMI 血流分级 ≤ 2 级的患者中这一比例进一步升高至 75.36%。同时,术后存在微循环功能障碍的患者,其主要不良心血管事件以及心源性死亡或因心力衰竭再住院复合终点的发生风险均显著增加。Pargaonkar等^[13]发现,此类患者中心外膜冠状动脉痉挛、冠状动脉微循环功能障碍、内皮功能异常及心肌桥的检出率均较高。该结果表明,功能性机制通常并不遵循单一异常对应单一症状的简单模式,而更常表现为多种血管运动功能异常与微循环障碍并存的复杂状态。需要注意的是,功能性异常与冠状动脉造影表现之间并不存在线性对应关系。PCI 虽可改善局部管腔狭窄,但并不能同步纠正微循环阻力异常、血管舒张和收缩功能失衡及内皮调节障碍,这也在一定程度上解释了为何解剖学改善并不必然带来症状缓解。因此,功能性机制不应被视为结构性评估之后的补充,而应作为认识 PCI 术后持续性心绞痛的重要机制。

2.3 心理及炎症机制

除结构性机制和功能性机制外,心理、炎症及自主神经调节异常等个体相关因素同样参与 PCI 术后心绞痛的发生与持续。与直接对应形态学异常或血流动力学障碍的结构性、功能性机制不同,个体相关机制更多反映患者在症状感知、炎症反应、自主神经稳态及个体易感性等方面的差异。Hu等^[14]在前瞻性研究中发现,围术期焦虑与 PCI 术后 3 个月及 6 个月生活质量下降以及后续心血管再住院风险增加相关,提示心理应激并非单纯伴随现象,而可能通过增强症状感知、加重疾病负担及影响恢复过程,参与 PCI 术后持续性症状的形成。临床研究中,焦虑、抑郁等精神心理状态常借助医院焦虑抑郁量表、广泛性焦虑量表及患者健康问卷等工具进行量化评估,以分析其与术后心绞

痛持续存在之间的关系。Chang等^[15]的随机对照研究进一步表明,心理干预可减轻 PCI 患者焦虑症状,并改善 Seattle 心绞痛量表相关维度及生活质量,从侧面支持了精神心理因素在 PCI 术后持续性心绞痛形成和维持中的作用。Iwata等^[16]基于 REAL-CAD 研究的分析显示,持续处于低度炎症状态的慢性冠脉综合征患者远期临床结局较差。尽管该研究并未将 PCI 术后持续性心绞痛作为直接观察终点,但已有证据表明,炎症反应与内皮功能障碍、微循环调节受损及血管舒张和收缩功能异常密切相关。因此,即使 PCI 已实现局部血管再通,残余炎症风险、精神心理应激及个体易感性仍可能构成持续性心绞痛存在的重要背景因素。总体而言,个体相关因素虽不直接表现为明确的结构性病变更或功能学异常,但其对症状感知、疾病体验及远期恢复均具有重要影响。

3 PCI 术后心绞痛再评估

对 PCI 术后持续性心绞痛的再评估,并非对既往检查的机械性重复,而是对持续症状背后病理基础的重新界定。在此类患者中,核心问题并不只是支架是否仍保持通畅,而是当前症状究竟主要由何种机制所驱动。

3.1 初始临床评估

再评估的首要环节是对症状表型及既往介入治疗背景进行系统梳理。PCI 术后早期出现的心绞痛或胸部不适,并不一定提示新发缺血事件,其原因可能与局部血管牵拉、器械刺激或术后短期冠状动脉血流动力学变化有关。相较之下,若患者在 PCI 术后数周至数月内反复出现劳力性或静息性胸痛,或症状呈持续性、波动性变化,则需在更广泛的临床框架下重新分析其潜在原因,将残余病变、冠状动脉功能异常及非心源性胸痛等因素一并纳入评估范围。基于此,症状再评估不应局限于对胸痛有无的简单判断,而应结合症状出现时间、诱发因素、持续时程、缓解特点及其与日常活动能力之间的关系进行综合分析。同时,还应系统回顾病变特征、既往介入策略、围术期相关事件、抗缺血药物使用情况、二级预防依从性以及心血管危险因素控制水平。当前美国和欧洲关于慢性冠状动脉疾病的相关指南均强调,患者长期管理除关注心血管事件风险外,还应重视症状负担、健康状态及治疗反应的综合评估。

3.2 解剖学与功能学再评估

在完成症状表型的重新评估与初步分层后,下一步需判断当前症状究竟主要与解剖学异常相关,还是更多由持续存在的冠状动脉生理功能紊乱所致。对于缺血可能性较高、症状较重或既往病变较为复杂的患

者,冠状动脉造影仍是解剖学再评估的重要手段,其主要目的在于识别支架内再狭窄、支架血栓形成、新发显著阻塞性病变及其他器械相关异常。现行指南及专家共识均强调,对于疑似支架失败的患者,在决定是否实施进一步介入治疗前,应首先明确其潜在机制^[17-18]。在此基础上,血管内影像学检查可进一步提供更为精细且具有定量意义的解剖学信息,有助于评估支架植入质量及残余结构性异常。需要指出的是,结构性评估的完成并不意味着再评估过程已经结束。PCI虽可纠正局灶性狭窄,但并不能同步恢复冠状动脉整体生理功能。欧洲经皮心血管介入协会关于冠状动脉生理学的专家共识已将术后生理学评估纳入PCI优化过程,并强调即使冠状动脉造影提示介入结果良好,术后仍可能存在具有临床意义的残余压力阶差、纵向压力分布异常及微循环灌注障碍^[19]。2024 年欧洲慢性冠状动脉综合征指南及其后续相关评论亦将冠状动脉功能异常纳入持续症状患者的常规评估框架^[20]。此外,正电子发射断层显像和心脏磁共振灌注成像作为非侵入性检查,尤其适用于需进一步明确缺血分布、判断是否有必要开展有创评估,或界定灌注异常范围的患者。此类检查虽不能替代有创评估,但有助于从整体灌注和功能层面对症状来源进行进一步分析。

3.3 PCI术后综合再评估

PCI术后再评估的深度与质量,并不取决于检查项目的多少,而在于能否对不同检测结果进行系统整合与机制解释,其中术后定量指标具有重要价值。Lee等^[21]研究显示,即使在造影学判定为PCI成功的患者中,仍有 33.9% 存在明显残余压力阶差,且该类患者 2 年靶血管失败发生率显著升高,在校正相关混杂因素后残余压力阶差仍为靶血管失败的独立相关因素,这提示介入治疗获得造影学成功并不等同于冠状动脉生理功能已恢复正常。Collet等^[22]进一步指出,术后血流储备分数的解读应结合不同靶血管的解剖及功能特点进行个体化判断,而不宜采用统一截值进行简单套用。Csanádi等^[23]研究表明,PCI术后传统造影参数与术后血流储备分数之间仅呈较弱相关,说明冠状动脉造影形态学改善与冠状动脉生理功能恢复并不处于同一评价层面,单纯依据管腔外观难以替代功能学评估。Groenland等^[24]的长期随访研究进一步证实,PCI术后血流储备分数 ≤ 0.90 的患者 5 年靶血管失败风险更高,提示残余生理负荷不仅影响近期疗效,也与中远期预后密切相关。同时,综合再评估亦不应局限于结构和功能层面,对于症状持续存在、且造影及功能学检查结果仍不足以完全解释其临床表现的患者,还应进一步评估精神心理状态及炎症相关背景。临床可通过相关量表评估焦虑、抑郁程度,并结合炎症风险状态综合分析其对症状持续及术后恢复的影响。因此,PCI

术后综合再评估应建立在解剖学、功能学及个体相关因素的整合基础之上,从而为机制分层及后续个体化管理提供更客观的依据。

4 PCI术后心绞痛临床管理进展

PCI术后持续性心绞痛的管理不应停留于被动对症处理,而应在机制分层基础上,将结构性异常、冠状动脉功能异常及长期二级预防纳入统一管理框架。这种主动管理旨在降低靶血管相关事件及后续心血管风险,减轻心绞痛负担,促进功能状态恢复,提高整体健康水平^[25-28],具体管理策略如下所述。

4.1 以结构性异常为主的管理策略

对于以结构性异常为主要机制的PCI术后持续性心绞痛患者,管理重点应放在病因纠正上,不宜仅依据症状进行经验性药物干预。若再评估证实存在具有临床意义的结构性异常,如支架扩张不全、支架贴壁不良、边缘夹层、病变覆盖不完全、支架内再狭窄及残余阻塞性病变等,临床处理重点即应转向对残余机械性异常的识别与优化^[28-30]。Lee等^[31]研究显示,在复杂冠状动脉病变患者中,血管内影像指导PCI较单纯造影指导PCI可降低主要终点事件发生率。Ali等^[32]研究亦表明,光学相干断层成像指导PCI可获得更大的最小支架面积。虽然两组 2 年靶血管失败发生率差异无统计学意义,但影像指导组支架血栓形成风险更低。上述证据提示,结构性异常的处理不应停留于是否再次介入的经验性判断,而应强调基于血管内影像和机制识别的程序优化。总体而言,在决定是否实施重复介入前,临床需充分明确结构异常的具体类型及其血流动力学和临床意义,从而提高后续干预的针对性。

4.2 以功能性异常为主的管理策略

当冠状动脉造影及血管内影像学检查不足以解释持续症状,或已发现的结构性异常仍不能完全对应临床表现时,临床管理重点应转向冠状动脉功能异常。此类患者的治疗关键不在于简单加用药物,而在于根据主导机制进行分层干预。对于以冠状动脉微循环功能障碍为主的患者,基础治疗仍应以危险因素控制和内皮功能改善为核心,血压、血糖、血脂、体重及吸烟状态管理均应作为综合管理的重要基础^[33]。在此基础上,可结合具体临床表型,个体化选择肾素-血管紧张素系统抑制剂、他汀类药物、 β 受体阻滞剂及部分钙通道阻滞剂^[34]。对于以血管痉挛为主的患者,钙通道阻滞剂仍是一线治疗药物,必要时可联合长效硝酸酯类药物,同时还应加强吸烟干预及情绪应激管理^[35]。Ford等^[36]研究显示,基于有创冠状动脉功能表型分层指导的个体化药物治疗,可显著改善患者 6 个月 Seattle 心绞痛量表评分,且该获益可持续至

1 年。上述结果提示,功能性异常管理的核心并非治疗手段不足,而在于能否围绕主导机制选择恰当的治疗方向。

4.3 以长期综合管理为主的随访策略

除基于结构性和功能性表型的针对性干预外,PCI术后持续性心绞痛的管理还应强调综合长期管理,其目标不应仅限于缓解心绞痛症状和减少发作次数,还应同时关注二级预防落实、整体健康状态改善及患者主观获益提升。在这一框架下,抗血小板治疗、强化降脂、危险因素控制、生活方式优化及心脏康复,均是长期管理的重要组成部分。其中心脏康复在提高运动耐力、加强危险因素控制及促进远期功能恢复方面具有明确作用^[37]。对于合并焦虑、抑郁等精神心理问题的患者,长期管理中应加强心理支持、行为干预及依从性管理。研究显示,PCI术后焦虑与生活质量下降、再住院风险增加及管理效果欠佳相关,而心理干预有助于改善症状体验和健康状态^[38]。此外,长期随访中还应重视残余炎症风险。现有指南及相关综述认为,持续低度炎症状态是慢性冠状动脉疾病远期风险管理的重要因素,因此应在规范药物治疗和危险因素控制基础上,将炎症风险纳入PCI术后持续性心绞痛患者的综合管理^[39]。基于此,对于PCI术后持续性心绞痛患者,随访评估不应仅停留于临床事件终点或影像学复查层面,还应将心绞痛发作频率、活动受限程度、整体健康状态、生活质量以及精神心理状态等多维指标纳入综合评价,以更全面地反映患者的长期获益及管理效果。

5 小结

综上所述,PCI术后持续性心绞痛并非单纯的术后残余表现,其发生发展是结构性异常、冠状动脉功能异常及宿主相关因素共同作用的结果。现有证据表明,单纯依赖解剖学评估已难以全面揭示PCI术后持续症状的病理基础,构建融合结构性与功能性评估,并适当关注心理状态及炎症背景的再评价体系,更符合当前临床诊疗实际。基于此,PCI术后持续性心绞痛的管理不应停留于经验性药物加用或重复介入层面,而应强调基于机制分层的个体化干预策略,并兼顾长期管理中的心理支持及炎症风险控制。未来,随着风险分层方法、数字健康技术及精准化管理手段的不断发展,PCI术后持续性心绞痛的评估与管理有望进一步向精细化、规范化和个体化方向推进,从而为减轻患者症状负担及改善长期临床结局提供更有力的支持。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Virani SS, Newby LK, Arnold SV, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA guideline for the management of patients with chronic coronary disease[J]. *Circulation*, 2023, 148(9): e9–e119.
- [2] Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, et al. 2024 ESC guidelines for the management of chronic coronary syndromes[J]. *Eur Heart J*, 2024, 45(36): 3415–3537.
- [3] Collison D, Copt S, Mizukami T, et al. Angina after percutaneous coronary intervention: patient and procedural predictors[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2023, 16(4): e012511.
- [4] Verreault-Julien L, Bhatt DL, Jung RG, et al. Predictors of angina resolution after percutaneous coronary intervention in stable coronary artery disease[J]. *Coron Artery Dis*, 2022, 33(2): 98–104.
- [5] Butala NM, Tamez H, Secemsky EA, et al. Predicting residual angina after chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: insights from the open-CTO registry[J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(10): e024056.
- [6] Collet C, Collison D, Mizukami T, et al. Differential improvement in angina and health-related quality of life after PCI in focal and diffuse coronary artery disease[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022, 15(24): 2506–2518.
- [7] De Luca L, Rosano GMC, Spoletoni I. Post-percutaneous coronary intervention angina: from physiopathological mechanisms to individualized treatment[J]. *Cardiol J*, 2022, 29(5): 850–857.
- [8] Ajmal M, Chatterjee A, Acharya D. Persistent or recurrent angina following percutaneous coronary revascularization[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2022, 24(12): 1837–1848.
- [9] Landmesser U, Ali ZA, Maehara A, et al. Optical coherence tomography predictors of clinical outcomes after stent implantation: the ILUMIEN IV trial[J]. *Eur Heart J*, 2024, 45(43): 4630–4643.
- [10] Yeh RW, Tamez H, Secemsky EA, et al. Depression and angina among patients undergoing chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: the OPEN-CTO registry[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2019, 12(7): 651–658.
- [11] Rubino F, Pompei G, Brugaletta S, et al. The role of physiology in the contemporary management of coronary artery disease[J]. *Heart*, 2024, 110(6): 391–398.
- [12] Li Y, Duan J, Liu H, et al. Coronary microvascular dysfunction in post-PCI target vessels: a systematic review and meta-analysis of prevalence and associated outcomes[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2025, 12: 1620204.

- [13] Pargaonkar VS, Wong CCY, Honda Y, et al. Invasive coronary function testing in patients with prior PCI who have persistent anoca[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2025, 18(8): e015344.
- [14] Hu YY, Cai YJ, Jiang X, et al. Relationship between dynamic changes of peri-procedure anxiety and short-term prognosis in patients undergoing elective percutaneous coronary intervention for coronary heart disease: a single-center, prospective study[J]. *PLoS One*, 2022, 17(4): e0266006.
- [15] Chang Z, Guo AQ, Zhou AX, et al. Nurse-led psychological intervention reduces anxiety symptoms and improves quality of life following percutaneous coronary intervention for stable coronary artery disease[J]. *Aust J Rural Health*, 2020, 28(2): 124–131.
- [16] Iwata H, Miyauchi K, Naito R, et al. Significance of persistent inflammation in patients with chronic coronary syndrome: insights from the REAL-CAD study[J]. *JACC Adv*, 2024, 3(7): 100996.
- [17] Writing group, Sibbald M, Cioffi GM, et al. Intravascular imaging in the diagnosis and management of patients with suspected intracoronary pathologies: a CJC white paper[J]. *Can J Cardiol*, 2024, 40(11): 1977–1994.
- [18] Erdogan E, Bajaj R, Lansky A, et al. Intravascular imaging for guiding in-stent restenosis and stent thrombosis therapy[J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(22): e026492.
- [19] Escaned J, Berry C, De Bruyne B, et al. Applied coronary physiology for planning and guidance of percutaneous coronary interventions: a clinical consensus statement from the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions of the European Society of Cardiology[J]. *Euro Intervention*, 2023, 19(6): 464–481.
- [20] Abramik J, Mariathas M, Felekos I. Coronary microvascular dysfunction and vasospastic angina: pathophysiology, diagnosis and management strategies[J]. *J Clin Med*, 2025, 14(4): 1128.
- [21] Lee SH, Kim J, Lefieux A, et al. Clinical and prognostic impact from objective analysis of post-angioplasty fractional flow reserve pullback[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14(17): 1888–1900.
- [22] Collet C, Johnson NP, Mizukami T, et al. Impact of post-PCI fractional flow reserve stratified by coronary artery[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023, 16(19): 2396–2408.
- [23] Csanádi B, Ferenci T, Fülöp G, et al. Clinical implications of fractional flow reserve measured immediately after percutaneous coronary intervention[J]. *Cardiovasc Drugs Ther*, 2024, 38(5): 917–925.
- [24] Groenland FTW, Ziedses des Plantas AC, Neleman T, et al. Impact of post percutaneous coronary intervention fractional flow reserve on 5-year clinical outcomes (the FFR SEARCH Study)[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2025, 105(6): 1523–1529.
- [25] Bansal A, Hiwale K. Updates in the management of coronary artery disease: a review article[J]. *Cureus*, 2023, 15(12): e50644.
- [26] Manolis AJ, Collins P, López-Sendón J. Diagnosing and treating stable angina: a contemporary approach for practicing physicians[J]. *Future Cardiol*, 2025, 21(5): 291–303.
- [27] Montone RA, Rinaldi R, Niccoli G, et al. Optimizing management of stable angina: a patient-centered approach integrating revascularization, medical therapy, and lifestyle interventions[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2024, 84(8): 744–760.
- [28] Thomas M, Jones PG, Arnold SV, et al. Interpretation of the seattle angina questionnaire as an outcome measure in clinical trials and clinical care: a review[J]. *JAMA Cardiol*, 2021, 6(5): 593–599.
- [29] Klein LW, Nathan S, Maehara A, et al. Scai expert consensus statement on management of in-stent restenosis and stent thrombosis[J]. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv*, 2023, 2(4): 100971.
- [30] Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI guideline for coronary artery revascularization: executive summary[J]. *Circulation*, 2022, 145(3): e4–e17.
- [31] Lee JM, Choi KH, Song YB, et al. Intravascular imaging-guided or angiography-guided complex PCI[J]. *N Engl J Med*, 2023, 388(18): 1668–1679.
- [32] Ali ZA, Landmesser U, Maehara A, et al. Optical coherence tomography-guided versus angiography-guided PCI[J]. *N Engl J Med*, 2023, 389(16): 1466–1476.
- [33] Abramik J, Mariathas M, Felekos I. Coronary microvascular dysfunction and vasospastic angina: pathophysiology, diagnosis and management strategies[J]. *J Clin Med*, 2025, 14(4): 1128.
- [34] Jenkins K, Pompei G, Ganzorig N, et al. Vasospastic angina: a review on diagnostic approach and management[J]. *Ther Adv Cardiovasc Dis*, 2024, 18: 17539447241230400.
- [35] Hokimoto S, Kaikita K, Yasuda S, et al. JSC/CVIT/JCC

- 2023 guideline focused update on diagnosis and treatment of vasospastic angina and coronary microvascular dysfunction[J]. Circ J, 2023, 87(6): 879–936.
- [36] Ford TJ, Stanley B, Sidik N, et al. 1-year outcomes of angina management guided by invasive coronary function testing (cormica)[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(1): 33–45.
- [37] Taylor RS, Dalal HM, McDonagh STJ. The role of cardiac rehabilitation in improving cardiovascular outcomes[J]. Nat Rev Cardiol, 2022, 19(3): 180–194.
- [38] Tang X, Liu G, Zeng YJ. Anxiety disorders following percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction: a comprehensive review of clinical manifestations and interventions[J]. World J Psychiatry, 2025, 15(12): 110290.
- [39] Mensah GA, Arnold N, Prabhu SD, et al. Inflammation and cardiovascular disease: 2025 ACC scientific statement: a report of the American college of cardiology [J]. J Am Coll Cardiol, 2025: S0735–1097(25)07555–2.