

《光学相干断层成像技术在冠心病介入诊疗中应用的中国专家共识》解读

贾海波^{1,2} 何路平^{1,2} 徐艺硕^{1,2} 于波^{1,2}

[摘要] 光学相干断层成像技术(OCT)在冠状动脉介入治疗中具有重要的指导价值,但 OCT 在我国仍存在在使用率较低且使用不规范的问题。2023 年 2 月,中华医学会心血管病学分会发布了《光学相干断层成像技术在冠心病介入诊疗中应用的中国专家共识》,主要围绕 OCT 的临床应用指征,OCT 如何指导临床决策、支架置入及结果优化,OCT 在不同病变和人群中的指导价值等内容达成共识。为了更好地理解专家共识、规范 OCT 的临床应用,本文将对其核心内容进行解读。

[关键词] 冠心病;光学相干断层成像技术;冠状动脉介入治疗;专家共识;解读

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2023.03.002

[中图分类号] R541.4 **[文献标志码]** C

Interpretation of Chinese expert consensus on the application of optical coherence tomography in the interventional diagnosis and treatment of coronary artery disease

JIA Haibo^{1,2} HE Luping^{1,2} XU Yishuo^{1,2} YU Bo^{1,2}

(¹Department of Cardiology, The 2nd Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin, 150086, China;²The Key Laboratory of Myocardial Ischemia, Chinese Ministry of Education)

Corresponding author: YU Bo, E-mail: yubodr@163.com

Abstract Optical coherence tomography(OCT) plays an important role in guiding percutaneous coronary interventions. In spite of this, the adoption of OCT remains limited in routine clinical practice and lack of standards in China. In Feb 2023, Chinese Society of Cardiology issued the "Chinese expert consensus on the application of optical coherence tomography in the interventional diagnosis and treatment of coronary artery disease", which mainly focus on clinical indication, the impact of OCT on planning procedural strategy, optimization stent implantation and percutaneous coronary intervention result and the value of OCT in different patients or lesions. In order

引用本文:贾海波,何路平,徐艺硕,等.《光学相干断层成像技术在冠心病介入诊疗中应用的中国专家共识》解读[J]. 临床心血管病杂志,2023,39(3):167-171. DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2023.03.002.

¹哈尔滨医科大学附属第二医院心内科(哈尔滨,150086)

²心肌缺血教育部重点实验室

通信作者:于波,E-mail:yubodr@163.com

- [13] Crotti L, Odening KE, Sanguinetti MC. Heritable arrhythmias associated with abnormal function of cardiac potassium channels[J]. *Cardiovasc Res*, 2020, 116(9):1542-1556.
- [14] Walsh R, Adler A, Amin AS, et al. Evaluation of gene validity for CPVT and short QT syndrome in sudden arrhythmic death[J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(15):1500-1510.
- [15] Charron P, Arad M, Arbustini E, et al. Genetic counselling and testing in cardiomyopathies: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases[J]. *Eur Heart J*, 2010, 31(22):2715-2726.
- [16] Ahmad F, McNally EM, Ackerman MJ, et al. Establishment of Specialized Clinical Cardiovascular Genetics Programs: Recognizing the Need and Meeting Standards: A Scientific Statement From the American Heart Association[J]. *Circ Genom Precis Med*, 2019, 12(6):e54.
- [17] Elliott P, Andersson B, Arbustini E, et al. Classification of the cardiomyopathies: a position statement from the European Society Of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases[J]. *Eur Heart J*, 2008, 29(2):270-276.
- [18] van Lint F, Murray B, Tichnell C, et al. Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy-Associated Desmosomal Variants Are Rarely De Novo[J]. *Circ Genom Precis Med*, 2019, 12(8):e2467.
- [19] Fressart V, Duthoit G, Donal E, et al. Desmosomal gene analysis in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy: spectrum of mutations and clinical impact in practice[J]. *Europace*, 2010, 12(6):861-868.

(收稿日期:2023-02-13)

to better understand the expert consensus and standardize the clinical practice of OCT, this paper interprets its core contents.

Key words coronary artery disease; optical coherence tomography; coronary interventions; expert consensus; interpretation

2023年2月,中华医学会心血管病学分会发布了《光学相干断层成像技术在冠心病介入诊疗中应用的中国专家共识》^[1]。与2017年发布的《光学相干断层成像技术在冠心病介入诊疗领域的应用中国专家建议》相比,此次更新版的专家共识广泛纳入最新的临床研究结果及国内外指南共识推荐,更加聚焦临床实践,旨在推广与规范光学相干断层成像技术(optical coherence tomography, OCT)在我国冠心病介入诊疗中的应用。本共识的重点及亮点内容主要体现如下。

1 共识重点内容解读

1.1 OCT 临床应用指征

作为一种基于近红外光的血管内成像方式,与血管内超声相比, OCT 的轴向分辨率更高(10~15 mm),能够对冠状动脉(冠脉)的管腔形态、血管壁内的斑块结构成分以及血栓特征等进行精准的定性与定量分析。其主要不足之处是穿透能力有限,对于部分斑块无法准确评估其斑块负荷。OCT 独特的成像特点决定了其主要的临床应用指征。

随着多项高质量 OCT 相关临床研究结果的公布,2018年 ESC/EACTS 血运重建指南以及2021年 ACC/AHA/SCAI 指南均将 OCT 用于指导和优化经皮冠脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)以及指导支架失败的治疗作为 II a 类推荐^[2-3]。此外,近年来公布的国际 ST 段抬高型心肌梗死管理指南、非 ST 段抬高型急性冠脉综合征管理指南、支架失败专家共识等冠心病领域的指南或专家共识中,均指出 OCT 可用于指导和优化冠脉介入诊疗过程^[4-6]。2018年,首部 EAPCI 腔内影像学临床应用专家共识首次对腔内影像学的临床应用指征进行了较为全面的总结表述,主要包括识别病变部位、指导和优化 PCI 以及明确支架失败的机制^[7]。

在此基础上,结合我国冠心病流行病学特征、诊疗现状以及最新循证证据,本共识进一步明确与细化 OCT 的临床应用指征,主要包括术前评估造影不能明确的病变,如血栓性病变、模糊病变以及冠脉非阻塞性心肌梗死等;指导和优化 PCI 效果,尤其是对于某些特殊病变类型的指导与优化,如钙化病变、分叉病变、急性冠脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)患者的病变等;识别介入治疗失败的原因并指导治疗策略,主要包括对支架内再狭窄(in-stent restenosis, ISR)和支架内血栓

(stent thrombosis, ST)的治疗等。

此外,随着我国冠心病二级预防和随访体系的不断完善以及“介入无残留”理念和技术的推广与应用,本共识首次指出, OCT 在支架置入后的长期安全性随访和有效性评估、指导生物可降解支架(bioresorbable scaffold, BRS)和药物涂层球囊(drug-coated balloon, DCB)置入以及评价 DCB 治疗失败等方面亦发挥着重要作用,并在相应章节根据不同病变及人群的具体特点进行了详细表述。

1.2 OCT 指导优化 PCI 标准流程

作为冠心病介入诊疗过程中最重要的部分之一,如何指导并优化支架置入的效果一直是国内外介入心血管病学专家关注的重点与热点。ILUMINEN 系列研究、DOCTORS 研究、Pan-Landon 研究、DETECT OCT 研究、iSIGHT 研究等分别从不同角度证实,与单纯造影指导相比, OCT 指导可以改变术者的治疗策略、优化 PCI 术后的即刻效果,以及获得更优的临床预后^[8-13]。欧洲腔内影像临床应用专家共识指出,腔内影像学指导非左主干病变 PCI 的术后即刻预期目标应包括:最小支架内面积 $>4.5 \text{ mm}^2$;支架膨胀率 $>80\%$;支架落脚点斑块负荷 $<50\%$;支架边缘夹层的角度 $<60^\circ$ 、长度 $<2 \text{ mm}$ 且夹层局限于内膜;无明显组织脱垂;贴壁不良的轴向距离 $<0.4 \text{ mm}$ 并且长度 $<1 \text{ mm}$ ^[7]。但当时仍缺乏统一的 OCT 指导优化 PCI 的标准化流程。

2020年 EuroPCR 期间公布的 LightLab 第一阶段研究成果,首次提出 OCT 优化 PCI 标准路径(MLD MAX),即术前应用 OCT 观察病变性质(morphology),进而制定手术策略选择合适的器械长度(length)和直径(diameter),术后再行 OCT 检查评估手术效果,包括边缘夹层(medial dissection)、支架贴壁(apposition)以及支架膨胀(expansion)情况。结果显示,与造影相比,遵循 MLD MAX 标准路径, OCT 累积改变了 88% 的治疗策略,同时可实现平均 80% 的支架膨胀率^[14]。造影与 OCT 实时融合功能(Angio Co-Registration, ACR)的开发与应用可进一步优化术者的治疗策略, OPTICO-integration 证实,与单纯造影指导相比, ACR 功能的应用可额外改变 40.7% 的复杂病变的 PCI 策略,其主要体现为支架落脚点以及支架长度的改变^[15]。

基于上述研究现状,本共识提出 OCT 指导优化 PCI 标准化流程的七步法。术前:①评估病变性

质,选择合适的预处理策略;②根据 OCT 影像,选择相对正常节段作为支架落脚点;③定量测量,确定支架尺寸。术中:④运用 ACR 功能精准指导支架置入。术后:⑤OCT 检查自动评估最小支架面积及支架膨胀率及其严重程度;⑥自动评估识别贴壁不良及其严重程度;⑦确认是否有支架边缘夹层或组织脱垂等及其严重程度。

对于不同病变性质的具体预处理方式、器械尺寸的计算方法、术后即刻效果及其严重性的分度等,在本共识中均进行了详细的文字及图表讲解。首次总结提出基于 OCT 成像特征的支架置入优化标准:①支架膨胀:相对值 $>80\%$;在非左主干病变中,最小支架横截面积绝对值 $>4.5\text{ mm}^2$;②边缘夹层:角度 $<60^\circ$ 或长度 $<3\text{ mm}$,局限于内膜且无明显血肿风险;③贴壁不良:轴向距离 $<400\text{ }\mu\text{m}$,长度 $<1\text{ mm}$;④组织脱垂:不影响血流,且脱垂面积/支架面积 $<10\%$,或者 $\geq 10\%$ 但是最小支架内血流面积 \geq 近端或远端参考面积的 90% ;⑤支架边缘:避开富含脂质区域。

1.3 基于 OCT 的“介入无残留”理念的实践与推广

虽然药物洗脱支架仍是目前国内外指南共识推荐的冠脉血运重建的首选策略,但随着对动脉粥样硬化发病机制在体研究的不断深入,介入器械的不断更新与发展,“介入无残留”理念应运而生并逐渐受到广大心血管介入医生的重视。根据病变类型的不同,其主要分为基于病变性质的 ACS 的非支架治疗、生物可降解支架的应用以及药物球囊的应用等 3 个方面的内容。

斑块侵蚀约占全部 ACS 患者的 1/3,是仅次于斑块破裂的 ACS 第二大病因。OCT 是目前唯一可在体识别斑块侵蚀的腔内影像学工具。与斑块破裂相比,斑块侵蚀的管腔狭窄程度及病变易损性相对较轻。基于上述特征,EROSION 研究首次证实了 OCT 指导的斑块侵蚀所导致的部分 ACS 患者非支架治疗的安全性和有效性^[16]。EROSION III 研究进一步证实了上述发现并对斑块破裂的个体化非支架治疗进行了初步探索^[17]。因此,本共识提出,对于 ACS 患者,建议在必要的预处理后,在患者血流动力学稳定的情况下,行 OCT 检查以明确罪犯病变的病理生理机制。对于斑块侵蚀患者,若残余狭窄 $<70\%$ 、血流动力学稳定且无进行性症状加重,可行积极抗栓的非支架置入策略。

作为“介入无残留”理念的另一重要组成部分,目前 BRS 已积累了较多的循证医学证据,研究表明在 BRS 置入过程中严格执行 PSP 原则可获得更理想的远期预后,即对病变进行充分的预扩张,准确测量血管直径和充分后扩张^[18-19],OCT 检查可充分验证 PSP 原则执行的质量及效果。本共识推

荐使用 OCT 指导和优化 BRS 的置入,推荐在 BRS 置入前应用 OCT 评估管腔形态和病变性质,根据 BRS 着陆点的血管条件情况选择支架尺寸,强调了 BRS 置入后行 OCT 检查的重要性,针对 BRS 置入后即刻出现的边缘夹层、膨胀不全、贴壁不良等情况提出了优化建议,此外,推荐在 BRS 置入后的随访观察中应用 OCT 以评估支架杆的内膜覆盖及吸收情况,识别 BRS 相关晚期并发症并指导其个体化治疗。

2018 年 ESC/EACTS 血运重建指南将 DCB 作为治疗 ISR 的 Ia 类推荐^[3],随着 DCB 治疗原位病变证据的不断累积,DCB 的应用逐渐由 ISR 扩展至原位病变,如小血管病变、分叉病变及高危(ACS 或糖尿病)患者^[20]。本共识首次指出了使用 OCT 指导优化 DCB 治疗的重要性,其主要体现为对病变预处理策略的制定、药物覆盖率的评估及术后效果评价 3 个方面。我国学者研究证明了对于血管直径 $\geq 2.5\text{ mm}$ 的原位病变,在 OCT 指导下经切割球囊处理后使用 DCB 治疗的安全性和有效性^[21]。

1.4 OCT 在支架失败中的应用

近年来,我国冠脉介入治疗数量激增,支架失败病变的再次介入治疗在临床诊疗中愈发常见,其主要包括 ISR 和 ST。与原位病变相比,支架失败病变的处理更为复杂,除要考虑导致此次发病的支架内新生病变的特征外,还要考虑原支架的情况等。介入器械的不断更新与发展(如切割球囊、准分子激光冠脉斑块消融术和震波球囊扩张术等)为支架失败的治疗提供了更多的方案选择。

与传统冠脉造影相比,腔内影像学技术,尤其是 OCT,可以对新发支架内病变、原支架情况以及支架外病变特征进行全面的评估,进而指导更优的策略制定与器械选择。国内外血运重建指南与共识均推荐应用 OCT 指导支架失败相关病变的介入治疗^[2-3,7],本共识主要介绍了 OCT 在药物洗脱支架失败中的应用价值,总结提出了 OCT 在指导 ISR 和 ST 治疗中的处理流程。

针对 ISR 病变,本共识建议行 OCT 检查明确 ISR 的发生机制及支架层数,并根据发生机制将 ISR 病变分为 5 型: I 型为机械因素,主要包括膨胀不良和支架断裂; II 型为生物因素,包括新生内膜增生和新生动脉粥样硬化; III 型为混合因素,即机械因素和生物因素并存; IV 型为多层支架相关的 ISR; V 型为支架内慢性完全闭塞性病变。基于 OCT 识别的 5 种 ISR 类型,本共识总结了标准化的处理流程。

作为目前最为精准的在体识别冠脉血栓的影像学工具,OCT 在识别 ST 的发生机制、评估 ST 的病变特点以及指导 ST 的个体化治疗方面拥有

其他影像工具无法比拟的优势。根据 ST 形成的时间不同,其发生机制也存在差异。早期 ST 主要与支架梁未覆盖、支架贴壁不良、支架膨胀不良和支架边缘夹层相关,晚期和极晚期 ST 主要与晚期支架贴壁不良、新生动脉粥样硬化、支架梁未覆盖和支架膨胀不良相关^[22-23]。本共识首次将 OCT 识别的 ST 发生机制总结为机械性因素(支架膨胀不良、支架完整性丧失和支架贴壁不良)与非机械性因素(新生内膜增生、新生动脉粥样硬化和支架边缘夹层)两大类,并针对不同的发生机制推荐了个体化的治疗方案。

2 专家共识的主要亮点

本共识由中华医学会心血管病学分会编写,综合 OCT 在冠心病介入诊疗中的临床证据,结合国内外指南、共识及专家建议,就 OCT 在指导冠心病介入中的关键问题进行了重点阐述。其主要亮点如下。

2.1 规范 OCT 在冠心病介入术中的操作流程

目前 OCT 在我国不同中心和不同术者间的使用情况存在较大差异,规范 OCT 检查的操作流程对于提升我国腔内影像学整体使用水平至关重要。本共识总结了 OCT 图像获取过程的 4P 法,即 Position(定位)、Purge(清洗)、Puff(试注)和 Pullback(回撤)。此外,根据不同的患者及病变特点,结合国内众多实践经验丰富的介入专家的临床实战经验,总结提出了在特定情况下高质量 OCT 图像获取的操作技术要点,例如,当 OCT 导管在术前无法通过病变部位时,建议应用直径 ≤ 2.0 mm 的球囊先行扩张等,可获得最大程度保持病变原始特征的 OCT 影像,以便准确评估病变性质及制定治疗策略。针对狭窄严重无法获得清晰图像、为减少成像时对比剂用量等特殊情况进行了操作要点说明,共识从术者、操作、器械及患者相关角度总结了影响获取高质量影像的常见因素,明确了 OCT 操作过程中的并发症及注意事项。本共识总结了 OCT 图像获取中的要点及细节,以解决 OCT 在临床应用中的实际问题。

2.2 明确 OCT 在不同病变类型中的指导价值

除 MLD MAX 标准化流程外,在本共识中,专家组针对 ACS 患者、钙化病变、分叉病变、弥漫病变等高危人群及复杂病变类型,结合各人群/病变的特征及介入术中的重点及难点,分别总结归纳,提出了 OCT 指导其介入治疗的要点与流程。例如,建议在应用 OCT 明确 ACS 患者罪犯病变性质后选择个体化的治疗策略;强调应用 OCT 评估钙化形态的重要性,结合钙化的长度、角度、厚度、深度等特征选择不同的预处理策略;基于 3D-OCT 重建和 ACR 制定分叉病变的支架置入策略,优化支架置入效果,以获得最优的分叉脊部血运重建;在

弥漫病变中,借助 OCT 明确弥漫病变范围及参考血管直径,确定合适的支架落脚点,必要时可联合功能学评估,综合指导最佳策略制定与器械选择。本共识明确了 OCT 在不同病变类型中的应用价值,有助于心脏介入医生处理临床中常见且棘手的复杂病变相关问题。

2.3 提出 OCT 在高危斑块识别与个体化干预中的作用

除罪犯病变外,冠心病患者非罪犯高危斑块的早期识别与干预同样至关重要。如何准确识别高危斑块也一直是冠心病二级预防领域的热点与难点问题。本共识对多项高质量临床研究中高危斑块的定义进行了总结归纳,得到高危斑块的主要表现为小管腔面积、大坏死核心、薄纤维帽以及巨噬细胞浸润。临床实践中可通过 OCT 检查对非罪犯斑块的易损性进行定性与定量的个体化评估,早期识别高危斑块,进而对其采取强化药物治疗、预防性介入干预以及加强出院后随访等个体化的治疗方案,从而推动冠心病患者二级预防的战线前移,改善患者的临床预后。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 光学相干断层成像技术在冠心病介入诊疗中应用的中国专家共识[J]. 中华心血管病杂志, 2023, 51(2): 109-124.
- [2] Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. Circulation, 2022, 145(3): e18-e114.
- [3] 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.
- [4] Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology(ESC)[J]. Eur Heart J, 2018, 39(2): 119-177.
- [5] Collet JP, Thiele H, Barbato E, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation[J]. Eur Heart J, 2021, 42(14): 1289-1367.
- [6] Stefanini GG, Alfonso F, Barbato E, et al. Management of myocardial revascularisation failure: an expert consensus document of the EAPCI[J]. EuroIntervention, 2020, 16(11): e875-e890.
- [7] Räber L, Mintz GS, Koskinas KC, et al. Clinical use of

- intracoronary imaging, Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions [J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(35):3281-3300.
- [8] Wijns W, Shite J, Jones MR, et al. Optical coherence tomography imaging during percutaneous coronary intervention impacts physician decision-making; ILLUMIEN I study [J]. *Eur Heart J*, 2015, 36(47):3346-3355.
- [9] Ali ZA, Maehara A, Génereux P, et al. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ILLUMIEN III: OPTIMIZE PCI): a randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2016, 388(10060):2618-2628.
- [10] Jones DA, Rathod KS, Koganti S, et al. Angiography Alone Versus Angiography Plus Optical Coherence Tomography to Guide Percutaneous Coronary Intervention; Outcomes From the Pan-London PCI Cohort [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018, 11(14):1313-1321.
- [11] Meneveau N, Souteyrand G, Motreff P, et al. Optical Coherence Tomography to Optimize Results of Percutaneous Coronary Intervention in Patients with Non-ST-Elevation Acute Coronary Syndrome; Results of the Multicenter, Randomized DOCTORS Study (Does Optical Coherence Tomography Optimize Results of Stenting) [J]. *Circulation*, 2016, 134(13):906-917.
- [12] Lee SY, Kim JS, Yoon HJ, et al. Early Strut Coverage in Patients Receiving Drug-Eluting Stents and its Implications for Dual Antiplatelet Therapy: A Randomized Trial [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2018, 11(12):1810-1819.
- [13] Chamié D, Costa JR Jr, Damiani LP, et al. Optical Coherence Tomography Versus Intravascular Ultrasound and Angiography to Guide Percutaneous Coronary Interventions: The iSIGHT Randomized Trial [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2021, 14(3):e009452.
- [14] Croce K, Wollmuth J, Mathew R, et al. LightLab study [R]. *EuroPCR*, 2020.
- [15] Leistner DM, Riedel M, Steinbeck L, et al. Real-time optical coherence tomography coregistration with angiography in percutaneous coronary intervention-impact on physician decision-making: The OPTICO-integration study [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2018, 92(1):30-37.
- [16] Jia H, Dai J, Hou J, et al. Effective anti-thrombotic therapy without stenting; intravascular optical coherence tomography-based management in plaque erosion (the EROSION study) [J]. *Eur Heart J*, 2017, 38(11):792-800.
- [17] Jia H, Dai J, He L, et al. EROSION III: A Multicenter RCT of OCT-Guided Reperfusion in STEMI With Early Infarct Artery Patency [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022, 15(8):846-856.
- [18] Haddad K, Tanguay JF, Potter BJ, et al. Longer Inflation Duration and Predilation-Sizing-Postdilation Improve Bioresorbable Scaffold Outcomes in a Long-term All-Comers Canadian Registry [J]. *Can J Cardiol*, 2018, 34(6):752-758.
- [19] Ortega-Paz L, Capodanno D, Gori T, et al. Predilation, sizing and post-dilation scoring in patients undergoing everolimus-eluting bioresorbable scaffold implantation for prediction of cardiac adverse events; development and internal validation of the PSP score [J]. *EuroIntervention*, 2017, 12(17):2110-2117.
- [20] Jeger RV, Eccleshall S, Wan Ahmad WA, et al. Drug-Coated Balloons for Coronary Artery Disease; Third Report of the International DCB Consensus Group [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(12):1391-1402.
- [21] Li L, Zhao L, Wang J, et al. Optical coherence tomography-guided drug coated balloon in non-small de novo coronary artery lesions: a prospective clinical research [J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(10):11617-11624.
- [22] Adriaenssens T, Joner M, Godschalk TC, et al. Optical Coherence Tomography Findings in Patients With Coronary Stent Thrombosis: A Report of the PRESTIGE Consortium (Prevention of Late Stent Thrombosis by an Interdisciplinary Global European Effort) [J]. *Circulation*, 2017, 136(11):1007-1021.
- [23] Souteyrand G, Amabile N, Mangin L, et al. Mechanisms of stent thrombosis analysed by optical coherence tomography; insights from the national PESTO French registry [J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(15):1208-1216.

(收稿日期:2022-11-01)