

· 临床研究 ·

光学相干断层扫描三步法优化冠状动脉支架再狭窄介入治疗的初步研究

袁晓航, 张颖倩, 章明, 潘谢添, 荆晶, 陈韵岱, 高磊*

(中国人民解放军总医院第六医学中心心血管病医学部, 北京 100853)

【摘要】 目的 对光学相干断层扫描(OCT)精准指导下三步法优化冠状动脉支架再狭窄介入治疗进行初步的探究。**方法** 选取2019年2月至2021年2月在中国人民解放军总医院第一医学中心就诊的32例冠状动脉支架内再狭窄患者作为研究对象,回顾性分析其临床基线资料、手术数据、OCT数据及随访结果。采用SPSS 13.0软件进行数据分析。根据数据类型,组间比较分别采用 t 检验及 χ^2 检验。**结果** 32例患者的平均年龄(59.8 ± 11.1)岁。男性30例,女性2例。所有患者平均左室射血分数为(58.3 ± 7.6)%。经皮冠状动脉介入治疗的靶血管为前降支27处,回旋支4处,右冠5处。根据Mehran分型,I型13处、II型9处、III型10处及IV型4处。OCT指导“三步法”治疗支架内再狭窄病变手术成功率为100.0%(32/32)。OCT显示,术前最小管腔面积为(1.9 ± 0.8)mm²,面积狭窄率为(67.0 ± 11.0)%,术后最小管腔面积(5.0 ± 1.3)mm²,面积狭窄率为(24.0 ± 10.5)%。术中使用药物涂层球囊治疗25处,使用药物洗脱支架治疗10处,单纯使用普通球囊扩张处理1处。无患者在术后住院期间发生手术相关并发症及术后心血管不良事件,无心肌梗死及死亡发生。32例患者中,6个月内发生心绞痛患者5例(15.6%),其中再次血运重建患者1例(3.1%);非心源性死亡患者1例(3.1%)。**结论** OCT三步法指导支架内再狭窄介入治疗安全、有效。

【关键词】 光学相干断层成像;支架内再狭窄;经皮冠状动脉介入治疗

【中图分类号】 R543.3⁺1 **【文献标志码】** A **【DOI】** 10.11915/j.issn.1671-5403.2022.05.069

Optimization of interventional treatment of coronary in-stent restenosis by OCT three-step algorithm: a preliminary study

YUAN Xiao-Hang, ZHANG Ying-Qian, ZHANG Ming, PAN Xie-Tian, JING Jing, CHEN Yun-Dai, GAO Lei*

(Senior Department of Cardiology, Sixth Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

【Abstract】 Objective To optimize the interventional treatment of coronary in-stent restenosis (ISR) by three-step algorithm with the precise guidance of optical coherence tomography (OCT). **Methods** This retrospective study was conducted in 32 ISR patients in the First Medical Center of Chinese PLA General Hospital from February 2019 to February 2021. A retrospective analysis was made of the clinical baseline data, surgical data, OCT data and follow-up outcomes. SPSS 13.0 was used for statistical analysis. Data comparison between groups was performed using t -test or χ^2 test depending on data type. **Results** The average age of 32 patients (30 males, 2 female) was (59.8 ± 11.1) years. The mean left ventricular ejection fraction of all patients was (58.3 ± 7.6)%. Percutaneous coronary intervention (PCI) targeted 27 left anterior descending arteries, 4 left circumflex arteries, and 5 right coronary arteries. According to Mehran's classification, 13 was of pattern I, 9 of pattern II, 10 of pattern III, and 4 of pattern IV. The success rate of OCT-guided "three-step method" for ISR was 100.0% (32/32). OCT showed that the preoperative minimum lumen was (1.9 ± 0.8) mm² with an area stenosis rate of (67.0 ± 11.0)%, and the postoperative minimum lumen area was (5.0 ± 1.3) mm² with an area stenosis rate of (24.0 ± 10.5)%. Intraoperative DCB was used in 25 cases, DES in 10 cases, and ordinary balloon dilation in 1 case. No postoperative complications, postoperative cardiovascular adverse events, myocardial infarction and death occurred during the postoperative hospitalization. Among the 32 patients, 5 (15.6%) developed angina within 6 months, including 1 (3.1%) revascularization. One patient (3.1%) died of non-cardiac causes. **Conclusion** The three-step OCT guided interventional therapy for in-stent restenosis is safe and effective.

【Key words】 optical coherence tomography; in-stent restenosis; percutaneous coronary intervention

收稿日期: 2021-08-21; 接受日期: 2021-09-17

基金项目: 国家自然科学基金(81970443);首都临床特色应用研究项目(Z171100001017158)

通信作者: 高磊, E-mail: nkgaolei2010@126.com

This work was supported by National Natural Science Foundation of China (81970443), and Research on the Application of Clinical Characteristics in Beijing (Z171100001017158).

Corresponding author: GAO Lei, E-mail: nkgaolei2010@126.com

冠状动脉粥样硬化性心脏病 (coronary artery disease, CAD) 是威胁我国公众健康的重大疾病。经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 是治疗冠心病的主要措施之一, 2018 年我国冠心病患者平均植入支架 1.46 个, 且随着时间的发展有增多趋势^[1]。虽然支架技术在不断迭代发展, 但是支架内再狭窄 (in-stent restenosis, ISR) 发生率仍占 PCI 治疗的 10% 左右^[2]。并且 ISR 的发生与支架放置时间成正相关^[3], 所以随着时间的推移发生 ISR 的患者将越来越多, 这也使得 ISR 成为目前心血管疾病介入领域的研究热门。

目前, 临床多用冠状动脉造影 (coronary angiography, CAG) 评估冠状动脉结构和指导 PCI。但 CAG 只能显示靶血管的二维管腔影像, 对于 ISR 病变无法准确地评估其管腔面积、再狭窄斑块特点。专家共识推荐识别支架内再狭窄发生的机制并制定再狭窄的治疗策略^[4]。腔内影像学技术特别是光学相干断层成像 (optical coherence tomography, OCT) 可以帮助识别 ISR 病变性质, 既往研究显示, 与 CAG 相比, OCT 指导介入可降低心源性猝死和再次血运重建等事件发生率^[5]。2018 年欧洲心脏病学会/欧洲心胸外科协会心肌血运重建指南推荐 OCT 指导支架优化 (IIa)^[4], 欧洲专家共识中也提到 OCT 应用于明确 ISR 的发生机制^[6], 但目前我国还没有形成公认的标准化的 OCT 指导治疗 ISR 的流程。本研究旨在总结临床经验, 形成 OCT 精准指导“三步法”优化 ISR 介入治疗流程并初步探究其治疗效果。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2019 年 2 月至 2021 年 2 月在中国人民解放军总医院第一医学中心治疗的 32 例 ISR 患者作为研究对象, 回顾性分析其临床基线资料、手术数据、OCT 数据及随访结果。纳入标准: 18~80 岁, 性别不限, 存在明确的心肌缺血症状和 (或) 客观的证据, 经冠状动脉造影明确诊断为支架内再狭窄, 且术中行 OCT 检查。排除标准: 术中未完成三步法及术后无法完成 6 个月随访的患者。分析患者的基线特征: 年龄、性别、体质量指数、高血压、糖尿病、高脂血症、慢性肾功能不全、慢性心功能不全、冠状动脉搭

桥术史、吸烟史、植入支架后的服药史 (阿司匹林、氯吡格雷、替格瑞洛和他汀类药物) 以及 OCT 数据 (术前及术后最小管腔面积、狭窄率以及再狭窄斑块性质)。根据 Mehran 分型^[7] 将本研究病例进行分型: I 型, 局灶型 (<10 mm), 细分为连接型、边缘型、单一局灶型和多点局灶型; II 型, 支架内弥漫型 (>10 mm, 局限于狭窄支架内部); III 型, 增殖型 (>10 mm, 超出支架边缘); IV 型, 完全闭塞型。患者术前均签署手术知情同意书。所有程序均按照《赫尔辛基宣言》(2013 年修订) 中规定的道德原则进行。

1.2 OCT 与手术流程

1.2.1 OCT 图像采集和分析 本研究采用雅培 ILUMIEN OPTIS 光学相干断层扫描血管内成像系统采集 OCT 图像, 采用非球囊阻断技术, 沿导丝将 Dragonfly 导管送至距狭窄支架远端 5 mm 处定位, 推注造影剂后自动回拉成像, 回撤速度为 18 mm/s, 旋转速度为 180 帧/s。定量和定性的光学相干断层扫描分析由高年资心血管内科医师离线进行。

1.2.2 手术流程与三步法定义 该方法分三步进行, 所有患者均经右桡动脉入路, 选用 6 F 指引导管, 待导管到位后送入工作导丝, 然后采用 OCT 指导“三步法”介入治疗流程。

第一步: 评估 ISR 机制。如果 OCT 导管可以通过 ISR 的狭窄部位, 则行首次 OCT 检查并根据影像结果判断 ISR 发病机制, 即内膜增殖、支架膨胀不全、支架贴壁不良或支架断裂等, 根据不同的 ISR 发病机制初步制定相应的预处理策略^[8]。对于机械性原因造成的 ISR, 主要包括支架膨胀不全、原支架尺寸小和支架断裂等, 使用高压球囊扩张、激光或旋磨等。对于生物性原因造成的 ISR, 主要包括内膜增生 (neointimal hyperplasia, NIH) 和新生动脉粥样硬化 (neoatherosclerosis, NA), 使用顺应性或非顺应性球囊对病变处进行预扩张, 如果球囊没有完全扩张, 可以考虑选择棘突球囊或切割球囊等对病变部位再次处理。若 OCT 导管未通过狭窄部位, 则在行首次 OCT 检查前用小直径预扩球囊进行预扩张后再进行上述步骤。

第二步: 评估预处理效果。在对病变位置预处理后即刻行第 2 次 OCT 检查, 通过 OCT 检查的影像结果评估预处理效果。若管腔狭窄有所改善, 则根据第 2 次 OCT 结果所示, 当出现血管壁无夹层, 或

者仅有 A、B 型夹层,心肌梗死溶栓治疗(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)血流Ⅲ级,残余狭窄≤30%时使用药物涂层球囊(drug-coated balloon, DCB)^[9],否则使用药物洗脱支架(drug-eluting stents, DES)。根据 OCT 所示管腔大小与病变长度,术者决定 DES 或 DCB 的大小和长度。如果第 2 次 OCT 示预处理后管腔狭窄未改善,则再次进行预处理操作后再行 OCT 评估,满意之后进行上述步骤。

第三步:指导优化治疗及评估并发症。DES 或 DCB 处理后,再次进行第 3 次 OCT 检查评估 DES 或 DCB 治疗效果,当有以下指标时则无需进一步优化处理:(1)最小管腔面积≥80%的参考血管面积;(2)DES 支架贴壁完全;(3)支架膨胀良好的最小支架面积/最大支架面积≥0.7;(4)无血栓、内膜脱垂和影响血流的夹层。如果有不良并发症发生则通过进一步的治疗后再次行 OCT 评估。

1 例典型操作实例如图 1 所示,患者为中年男性,ISR 性质为纤维斑块,经 3 次 OCT 指导后治疗效果满意。

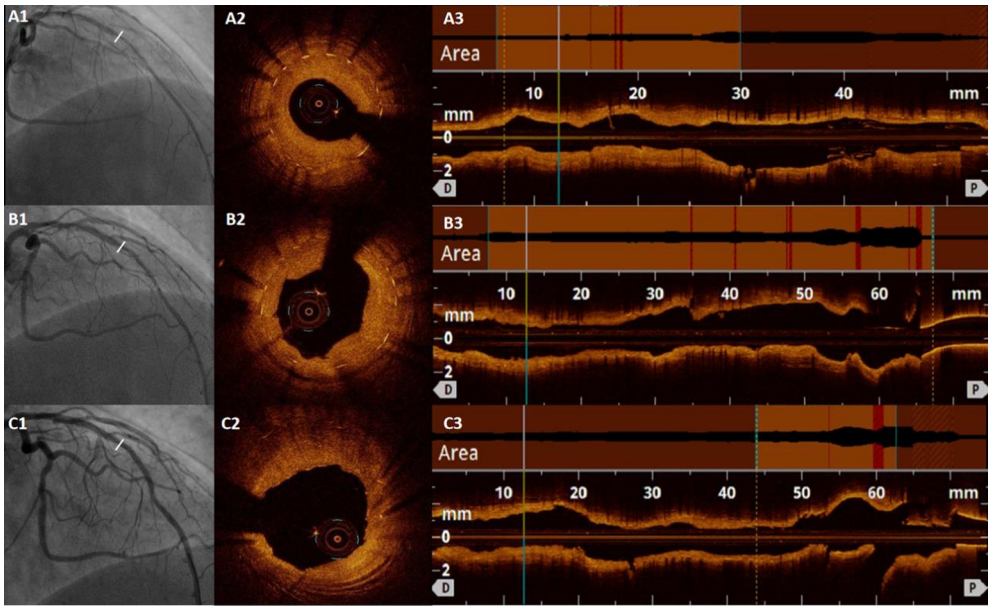


图 1 患者 ISR 性质为均质性纤维斑块,术中严格按照文中所述三步法操作

Figure 1 ISR of the patient was characterized by homogeneous fibrous plaques, and the operation was strictly carried out according to the three-step procedure described in the article.

A1-A3: preoperative angiographic and OCT images of the patient showed diffuse stenosis in the stent in the middle portion of the patient's anterior descending artery, characterized by homogeneous fibrous plaques. B1-B3: according to the first OCT, the mechanism of stent restenosis in this case was neointimal increment, and then the cut balloon was used for pre-dilation. After dilation, the angiography and examination were performed again, which showed that the pre-dilation effect was satisfactory and the stenosis of annular fibrous plaques was improved. Based on the results of this OCT, DCB was decided to be used for treatment. C1-C3: angiographic examination and OCT examination were performed immediately after treatment with 2.75 mm×26.00 mm DCB, showing that the minimum lumen area and stenosis rate met the criteria of surgical success, and there was no thrombi, or dissection, or TIMI Ⅲ.

ISR: in-stent restenosis; OCT: optical coherence tomography; DCB: drug-coated balloon; TIMI: thrombolysis in myocardial infarction.

1.2.3 手术成功标准 支架植入术后或药物球囊处理后,靶血管管腔残余狭窄<20%或最小管腔面积>4.5 mm²,TIMI 血流Ⅲ级^[7];住院期间无死亡、心肌梗死及急性靶病变血运重建等重要临床并发症。

1.3 PCI 手术并发症

观察术中是否发生并发症,包括慢血流或无复流、冠状动脉穿孔、夹层、侧支血管(直径>2 mm)丢失和远端完全闭塞。慢血流或无复流是指冠状动脉造影结果显示冠状动脉存在心肌灌注不足,但无器质性损害^[10]。

1.4 术后随访

术后 6 个月电话随访,记录主要不良心血管事件,包括心源性死亡、急性心肌梗死、靶血管再次血运重建、支架血栓事件和心绞痛的发生情况。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 13.0 统计软件进行数据分析。计量资料用均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 *t* 检验。计数资料用例数(百分率)表示,采用 χ^2 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 纳入患者的一般资料

纳入患者 32 例,其中男性 30 例,女性 2 例;ISR 病变靶血管共 36 处,年龄 32~74 (59.8 ± 11.1) 岁;合并高血压 17 例,高血糖 13 例,高血脂 11 例;无既往慢性肾功能不全,慢性心功能不全 2 例(6.3%),无冠状动脉搭桥术史;平均左室射血分数为 (58.3 ± 7.6)%。患者在术前长期服用阿司匹林以及氯吡格雷等药物,其中服用阿司匹林 31 例(96.9%)、氯吡格雷 24 例(75.0%)、替格瑞洛 6 例(18.8%)、他汀类药物 21 例(65.6%)。

2.2 纳入患者的 PCI 手术情况

根据 OCT 指导,本研究所述“三步法”治疗 ISR 病变手术即刻成功率为 100.0% (32/32)。对于 ISR 治疗的靶血管中,前降支占 75.0% (27/36)、回旋支占 11.1% (4/36)、右冠占 13.9% (5/36);根据 Mehran 分型, I 型 13 处、II 型 9 处、III 型 10 处、IV 型 14 处;在行首次 OCT 前使用预扩张球囊 14 例(38.9%);首次 OCT 后,根据结果行预扩张处理中,使用普通球囊 32 处(88.9%)、使用切割球囊 14 处(38.9%)、使用棘突球囊 7 处(19.4%);行第 2 次 OCT 检查评估预处理结果后,复查 OCT 扩张不满意患者 1 例,复用切割球囊扩张;根据第 2 次 OCT 结果制定下一步治疗,使用 DCB 治疗 25 处(69.4%)、使用 DES 治疗 10 处(27.8%)、单纯使用普通球囊扩张处理 1 处(2.8%);行第 3 次 OCT 检查术后情况,结果未发生穿孔、血栓、小夹层、大夹层、远端闭塞、慢血流和侧支闭塞等且 TIMI III 级的靶病变 35 处(97.2%), 1 例患者在 DCB 术后 OCT 显示有 $>60^\circ$ 的 C 型夹层,植入 DES 覆盖病变,复查 OCT 示病变无血栓、无夹层及 TIMI III 级。

2.3 纳入患者的 OCT 检查结果

由 OCT 检查图像可得,OCT 可显示不同的再狭窄类型组织特征。OCT 分析再狭窄组织结构特征均质性为 18 处(50.0%),异质性为 13 处(36.1%),分层性为 5 处(13.9%);高背向散射 23 处(63.9%),低背向散射 13 处(36.1%);术前最小管腔面积为 (1.9 ± 0.8) mm^2 , 术后为 (5.0 ± 1.3) mm^2 , 差异有统计学意义 ($P < 0.0001$);术前管腔狭窄率 (67.0 ± 11.0)%, 术后为 (24.0 ± 10.5)%, 差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。

2.4 纳入患者的术后并发症发生情况及随访结果

32 例患者术后住院观察期间均未发生手术相关并发症及院内心血管不良事件。出院后 6 个月内发生心绞痛 5 例(15.6%),再次血运重建 1 例

(3.1%),非心源性死亡患者 1 例(3.1%)。

3 讨 论

ISR 与原位斑块发生发展机制不同,识别 ISR 的发病机制与斑块性质对于治疗 ISR 至关重要。ISR 的机制是众多因素共同作用的结果,包括生物因素及机械因素相关因素。其中机械因素主要是支架膨胀不良和支架贴壁不良,生物因素包括局部炎症导致侵袭性新内膜增生和晚期新动脉粥样硬化^[8]。OCT 因其高分辨率被称为“光学活检”,能更精确地显示正常血管和病变部位血管的微观结构。

本研究共收集了 32 例患者 36 处 ISR 病变的 PCI 治疗信息,并均采用 OCT 指导的“三步法”进行治疗,手术即刻成功率 100.0%,术后 6 个月随访结果显示不良心血管事件发生较少。因此,OCT 指导的三步法对于改善术后即刻管腔情况及预后都有较为满意的效果。

目前国内外对于 OCT 优化 PCI 做了很多研究,在较早的 CLI-OPCI 试验中,OCT 被证实可指导制定手术策略,35% 的患者发现了需要进一步干预的不良特征,OCT 指导与心肌梗死或心源性死亡的风险显著降低相关^[11]。近期的 Pan-London 队列研究中,OCT 指导下的 PCI 死亡率及院内主要心血管不良事件发生率低于造影指导的 PCI 治疗^[12]。目前,MLD-MAX^[13] 标准路径被认为是 OCT 指导的原位病变 PCI 的标准化流程。LIGHTLAB 研究初步结果显示,OCT 指导的 PCI 标准化流程可改变 88% 单纯造影指导下的 PCI 治疗决策。因此,OCT 指导对介入手术带来了巨大的优化价值。

在 ISR 的病变的治疗中,OCT 可以清楚地显示出 ISR 的狭窄斑块性质与管腔具体情况,并指导术者对 ISR 病变进行预处理与治疗策略的选择,另外 OCT 也可对靶病变介入治疗术后即刻效果进行评估^[14]。但目前国内 OCT 的普及率较低,对于 OCT 指导的 ISR 治疗还没形成公认的专家共识流程。本研究目的就在于初步探究出一套 OCT 指导 ISR 治疗的标准化流程,即本研究所述的 OCT 指导“三步法”治疗 ISR。在三步法中的各项处理均参考以往的研究,首先,根据首次 OCT 示狭窄性质选择合适的预处理措施,如高压球囊扩张、旋磨以及激光处理等^[15]。第二步,预处理后根据第 2 次 OCT 结果制定具体的治疗策略。我们根据既往研究结论并结合此次预处理后 OCT 结果进行决策;DCB 血管成形术可较好抑制增生的内膜组织,所以对于单纯的内膜增生性 ISR 病变 DCB 血管成形术是相对较好的治

疗策略^[16]; DES 重复植入则适用于支架断裂、新生动脉粥样硬化、支架边缘斑块进展以及预处理后出现较大夹层等^[17]。第三步,根据术后即刻第3次 OCT 结果来决定是否需要进一步优化处理。经过上述三步法处理后,可最大程度保证 ISR 手术的精确与完善。

综上,本研究结果初步表明 OCT 三步法指导支架再狭窄介入治疗安全、有效。但本研究属于回顾性研究,存在诸如缺乏对照数据、病例数量少及随访时间较短等不足之处,尚需要进一步的随访及扩大样本量的研究来进一步证实 OCT 指导“三步法”治疗 ISR 的安全性和有效性。

【参考文献】

[1] 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 2020 概要[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(6): 25. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2021.06.001.
Writing Committee of Report on Cardiovascular Health and Diseases in China. Report on Cardiovascular Health and Diseases Burden in China: an updated summary of 2020[J]. Chin Circ J, 2021, 36(6): 25. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2021.06.001.

[2] Otsuka F, Vorpahl M, Nakano M, *et al.* Pathology of second-generation everolimus-eluting stents *versus* first-generation sirolimus- and paclitaxel-eluting stents in humans[J]. Circulation, 2014, 129(2): 211–223. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.001790.

[3] Nakamura D, Yasumura K, Nakamura H, *et al.* Different neointimal sclerosis patterns in drug-eluting and bare-metal stent restenosis-optical coherence tomography study[J]. Circ J, 2019, 83(2): 313–319. DOI: 10.1253/circj. CJ-18-0701.

[4] 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.

[5] Kuku KO, Ekanem E, Azizi V, *et al.* Optical coherence tomography-guided percutaneous coronary intervention compared with other imaging guidance: a meta-analysis[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2018, 34(4): 503–513. DOI: 10.1007/s10554-017-1272-2.

[6] Lorenz R, 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. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy285.

[7] Mehran R, Dangas G, Abizaid AS, *et al.* Angiographic patterns of in-stent restenosis: classification and implications for long-term outcome[J]. Circulation, 1999, 100(18): 1872–1878. DOI: 10.1161/01.CIR.100.18.1872.

[8] Shlofmitz E, Iantorno M, Waksman R. Restenosis of drug-eluting stents: a new classification system based on disease mechanism to guide treatment and state-of-the-art review[J]. Circ Cardiovasc

Interv[J]. 2019, 12(8): e007023. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.118.007023.

[9] 陈韵岱, 王建安, 刘斌, 等. 药物涂层球囊临床应用中国专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2016, 2(2): 61–67. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2016.02.001.
Chen YD, Wang JA, Liu B, *et al.* Consensus of Chinese experts on clinical application of drug-coated balloon[J]. Chin J Intervent Cardiol, 2016, 2(2): 61–67. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2016.02.001.

[10] Kloner RA, Ganote CE, Jennings RB. The “no-reflow” phenomenon after temporary coronary occlusion in the dog[J]. J Clin Invest, 1974, 54(6): 1496–1508. DOI: 10.1172/JCI107898.

[11] Prati F, Di Vito L, Biondi-Zoccai G, *et al.* Angiography alone *versus* angiography plus optical coherence tomography to guide decision-making during percutaneous coronary intervention: the Centro per la Lotta contro l’Infarto-Optimisation of Percutaneous Coronary Intervention (CLI-OPCI) study[J]. EuroIntervention, 2012, 8(7): 823–829. DOI: 10.4244/EIJV8I7A125.

[12] 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. DOI: 10.1016/j.jcin.2018.01.274.

[13] Ali ZA, Galoughi KK, Mintz GS, *et al.* Intracoronary optical coherence tomography: state of the art and future directions[J]. EuroIntervention, 2021, 17(2): e105–e123. DOI: 10.4244/EIJ-D-21-00089.

[14] 赵琳琳, 于波. 冠状动脉血管内成像研究进展[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2018, 20(6): 659–662. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2018.06.027.
Zhao LL, Yu B. Advances in coronary angiography[J]. Chin J Geriatr Heart Brain Ves Dis, 2018, 20(6): 659–662. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2018.06.027.

[15] Shlofmitz E, Ali ZA, Maehara A, *et al.* Intravascular imaging-guided percutaneous coronary intervention: a universal approach for optimization of stent implantation[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2020, 13(12): e008686. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.008686.

[16] Lee SY, Hong MK, Shin DH, *et al.* Mechanisms of postintervention and nine-month luminal enlargement after treatment of drug-eluting instent restenosis with a drug-eluting balloon[J]. Am J Cardiol, 2014, 113(9): 1468–1473. DOI: 10.1016/j.amjcard.2014.01.424.

[17] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 心血管病影像学组. 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[J]. 中华心血管病杂志, 2017, 45(1): 5–12. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2017.01.003.
Interventional Cardiology Group, Cardiology Imaging Group, Chinese Society of Cardiology. Chinese Expert Suggestions of optical coherence tomography in interventional diagnosis and treatment of coronary heart disease[J]. Chin J Cardiol, 2017, 45(1): 5–12. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2017.01.003.