

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.06.011
文章编号: 1005-8982 (2026) 06-0067-06

临床研究·论著

光学相干断层成像与血管内超声指导下冲击波血管内碎石术治疗冠状动脉钙化病变的有效性分析*

魏忠诚¹, 刘海浪¹, 刘娟²

(南京医科大学附属淮安第一医院 1. 心血管内科, 2. 风湿免疫科, 江苏 淮安 223300)

摘要: **目的** 分析光学相干断层成像 (OCT) 与血管内超声 (IVUS) 指导下冲击波血管内碎石术 (IVL) 治疗冠状动脉钙化 (CAC) 病变的有效性。**方法** 选取2021年2月—2024年2月南京医科大学附属淮安第一医院心血管内科收治的98例CAC病变患者 (104个病变), 按治疗方法不同分为两组, 对照组47例 (51个病变) 予以IVUS指导下IVL, 观察组51例 (53个病变) 予以OCT指导下IVL, 比较两组治疗效果。**结果** 观察组和对照组手术成功率均为100.00%。观察组与对照组预扩张球囊直径、预扩张球囊最大压力、支架植入数、支架直径、总支架长度、后扩球囊直径、后扩球囊最大压力和手术时间比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。观察组与对照组近端参考血管最小管腔直径 (MLD)、最大管腔直径 (MaxLD)、管腔面积, 远端参考血管MLD、管腔面积、参考面积, 病变处MaxLD、最小管腔面积 (MLA) 比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 观察组远端参考血管MaxLD、病变处MLD均低于对照组 ($P<0.05$)。观察组与对照组治疗前后病变血管内径和血管狭窄率的差值比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。观察组与对照组心肌梗死溶栓试验血流分级比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。观察组不良事件总发生率低于对照组 ($P<0.05$)。**结论** OCT与IVUS对指导IVL治疗CAC病变具有重要作用, OCT指导下的IVL不良事件发生率更低。

关键词: 冠状动脉钙化病变; 冲击波血管内碎石术; 光学相干断层成像; 血管内超声

中图分类号: R543.5

文献标识码: A

Effectiveness of shockwave intravascular lithotripsy under the guidance of optical coherence tomography and intravascular ultrasound in treating coronary artery calcification*

Wei Zhong-cheng¹, Liu Hai-lang¹, Liu Juan²

(1. Department of Cardiovascular Medicine, 2. Department of Rheumatology and Immunology, Huai'an First Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Huai'an, Jiangsu 223300, China)

Abstract: Objective To evaluate the effectiveness of shockwave intravascular lithotripsy (IVL) under the guidance of optical coherence tomography (OCT) and intravascular ultrasound (IVUS) in the treatment of patients with coronary artery calcification (CAC). **Methods** A total of 98 patients with CAC lesions (104 lesions) admitted to the Department of Cardiovascular Medicine of Huai'an First Hospital Affiliated to Nanjing Medical University from February 2021 to February 2024 were divided into two groups according to different treatment methods. The 47 patients in the control group (51 lesions) were given IVUS-guided IVL, while the 51 cases (53 lesions) in the observation group were given OCT-guided IVL. The treatment effect of the two groups was compared. **Results** The success rates of operation in the observation group and the control group were both 100.00%. There was no

收稿日期: 2025-08-04

* 基金项目: 江苏省自然科学基金面上项目 (No: BK20231145)

[通信作者] 刘娟, E-mail: juanliu32188@163.com

significant difference in the pre-dilation balloon diameter, maximum pre-dilation balloon pressure, number of stents implanted, stent diameter, total stent length, post-dilation balloon diameter, maximum post-dilation balloon pressure, or procedure time between the observation group and the control group ($P > 0.05$). There was no significant difference between the observation group and the control group in the proximal reference vessel minimal lumen diameter (MLD), maximal lumen diameter (MaxLD), and lumen area, distal reference vessel MLD, lumen area, and reference area, or lesion-site MaxLD and minimal lumen area (MLA) ($P > 0.05$). The distal reference vessel MaxLD and lesion-site MLD in the observation group were both smaller than those in the control group ($P < 0.05$). There were no statistically significant differences between the observation group and the control group in the changes in lesion vessel diameter or the degree of vessel stenosis before and after treatment ($P > 0.05$). There was no significant difference in thrombolysis in myocardial infarction flow grades between the observation group and the control group ($P > 0.05$). The incidence of adverse events in the observation group was lower than that in the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** Both OCT and IVUS play important roles in guiding IVL for the treatment of CAC lesions, and OCT-guided IVL is associated with a lower incidence of adverse events.

Keywords: coronary artery calcification; shockwave intravascular lithotripsy; optical coherence tomography; intravascular ultrasound

据调查, 冠状动脉钙化 (coronary artery calcification, CAC) 在 40 ~ 49 岁人群中的发生率约为 50%, 60 ~ 69 岁人群中上升至 80%^[1]。且 CAC 在冠状动脉介入治疗中占 25% ~ 30%, 其中 8% ~ 10% 患者为严重钙化^[2]。严重 CAC 钙化病变不仅会增加经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 手术难度, 还与心血管不良事件的发生密切相关。冲击波血管内碎石术 (intravascular lithotripsy, IVL) 作为一种创新的介入治疗手段, 通过向钙化病变部位释放冲击波, 使钙化斑块碎裂, 从而改善血管顺应性, 为后续的支架植入创造有利条件^[3-4]。但冲击波的能量和频率需要精确控制, 以确保有效碎裂钙化斑块, 降低对周围正常血管组织的损伤。因此, 选取一种有效的成像技术指导 IVL 治疗显得尤为重要。光学相干断层成像 (optical coherence tomography, OCT) 和血管内超声 (intravascular ultrasound, IVUS) 作为两种重要的血管内成像技术, 能够清晰显示冠状动脉血管壁的结构和病变特征, 为 IVL 的精准实施提供了可靠的指导^[5]。目前, OCT 与 IVUS 在 PCI 中的应用日益广泛, 尤其在处理复杂病变如严重 CAC 钙化病变时展现出独特的价值。本研究采用回顾性方法, 探讨 OCT 与 IVUS 引导下 IVL 治疗 CAC 的疗效, 旨在为临床治疗提供更多的证据支持。

1 资料与方法

1.1 病例资料

选取 2021 年 2 月—2024 年 2 月南京医科大学附

属淮安第一医院心血管内科收治的 98 例 CAC 患者 (104 个病变)。按治疗方法不同分为两组, 所有患者根据临床适应证选择治疗方案, 未进行人为干预或分层。为减少基线差异对结果的干扰, 采用倾向性评分匹配法对两组患者的年龄、性别、体质指数 (body mass index, BMI)、合并症 (高血压、糖尿病、高脂血症)、吸烟史、既往 PCI 史等关键协变量进行 1:1 匹配, 最终纳入 98 例患者, 观察组 51 例 (53 个病变), 对照组 47 例 (51 个病变)。匹配后两组上述资料比较, 经 χ^2/t 检验, 差异均无统计学意义, 两组基线资料均衡可比。本研究经医院伦理委员会审核批准 (No: KY-2025-083-01)。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①符合 CAC 的诊断标准^[6]; ②年龄 35 ~ 80 岁, 临床资料齐全; ③患者知晓本研究, 并签署知情同意书; ④择期行 IVL 治疗; ⑤冠状动脉造影证实至少 1 处缺血相关血管狭窄 > 70%。

1.2.2 排除标准 ①严重心力衰竭、严重心律失常; ②存在原发性心肌病、心脏瓣膜病; ③存在免疫系统疾病、血液系统疾病; ④合并严重肝肾系统疾病; ⑤严重的凝血功能障碍、抗凝禁忌证或对比剂过敏; ⑥纽约心脏功能分级 (New York Heart Association Functional Classification, NYHA) ≥ 3 级; ⑦桥血管病变。

1.3 方法

1.3.1 对照组 IVUS 指导下 IVL, 用 iLab 血管内超声显像仪 (美国 Boston Scientific Corporation) 和

40 MHz、2.5 F Atlantis SR Pro 超声导管行血管内超声检查。检查前,冠状动脉内滴注硝酸甘油 200 μg 预防血管痉挛。超声导管经指引导丝送至目标冠状动脉病变远端,自动回撤装置按 0.5 mm/s 回撤至导引导管内,记录 IVUS 图像。所有影像资料刻录在 DVD 光盘供后续分析。

1.3.2 观察组 IVUS 指导下 IVL,用 FD-OCT 系统(美国 C7-XR Imaging System),造影剂填充 C7 Dragonfly 成像导管,并与 OCT 成像系统连接校准。将成像导管送至病变远端 10~15 mm,快速注射造影剂冲洗血管腔,按 20 mm/s 回撤成像导丝获取动态影像。成像软件对 OCT 图像定量分析,间隔为 1 mm (每 15 帧)。

1.3.3 IVL 根据 OCT/IVUS 结果,选择合适直径的冠脉血管内冲击波导管(美国 Shockwave 公司 C2IVL 系列)。通过 0.36 mm 导丝将导管送至靶血管,定位靶病变,连接导管设备后自动识别型号规格,用 1:1 生理盐水、造影剂混合液充盈球囊至 4 atm,确保球囊贴壁。球囊充盈后,启动 IVL 发生器实施治疗。球囊内电极发放脉冲(10 个/次,持续 10 s),球囊扩张至 6 atm,持续 10 s;泄压并回抽球囊,重复 2 或 3 次。若病变较长,调整球囊位置。重新定位导管时,与上一节段重叠 2 mm,确保各节段接受治疗。

1.4 观察指标

1.4.1 手术成功率 术后冠状动脉狭窄残余 < 20%,且围手术期未出现心肌梗死、死亡或冠状动脉穿孔等并发症为手术成功。

1.4.2 两组手术特点 包括扩张球囊直径、预扩张球囊最大压力、支架植入数、平均支架直径、总支架长度、后扩球囊直径、后扩球囊最大压力、手术时间。

1.4.3 两组 OCT 结果 包括最小管腔直径(minimum lumen diameter, MLD),最大管腔直径(maximum lumen diameter, MaxLD),最小管腔面积(minimum lumen area, MLA)。

1.4.4 两组心肌梗死溶栓试验(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)血流分级 0 级:血管完全闭塞,远端无血流;1 级:少量对比剂通过闭塞部位,远端血管部分显影;2 级:对比剂部分充盈远端血管,充盈及排空速度减慢;3 级:冠状动脉完全再灌注,对比剂充盈或排空完全。

1.4.5 病变血管内径及血管狭窄率 血管狭窄率计算方法采用直径狭窄率计算公式,血管狭窄率=(参考血管直径-病变处最小直径)/参考血管直径 × 100%。

1.4.6 不良事件 采用电话或上门的方式随访患者 1 年内非致命性心肌梗死、靶血管血运重建、心源性死亡发生情况。

1.5 统计学方法

数据分析采用 SPSS 24.0 统计软件。计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,比较用 *t* 检验;计数资料以构成比或率 (%) 表示,比较用 χ^2 检验;等级资料以等级表示,比较用秩和检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较

观察组与对照组性别构成、年龄、BMI、高血压患病率、糖尿病患病率、高脂血症患病率、长期吸烟率、既往 PCI 率比较,经 χ^2/t 检验,差异均无统计学意义 (*P* > 0.05)。见表 1。

表 1 两组临床资料比较

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI/(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	合并疾病 例(%)			长期吸烟 例(%)	既往 PCI 史 例(%)
					高血压	糖尿病	高脂血症		
观察组	51	29/22	57.63 ± 3.51	24.36 ± 2.61	6(11.76)	10(19.61)	8(15.69)	18(35.29)	4(7.84)
对照组	47	35/12	58.96 ± 3.65	23.85 ± 2.47	8(17.02)	11(23.40)	6(12.77)	16(34.04)	3(6.38)
χ^2/t 值		3.346	1.894	1.023	0.552	0.209	0.17	0.017	0.079
<i>P</i> 值		0.067	0.061	0.309	0.458	0.647	0.68	0.897	0.779

2.2 手术成功率比较

观察组和对照组患者的手术成功率均为 100%。

2.3 两组患者手术特点比较

观察组与对照组预扩张球囊直径、预扩张球囊

最大压力、支架植入数、支架直径、总支架长度、后扩球囊直径、后扩球囊最大压力和手术时间比较,经 t 检验,差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 2。

表 2 两组患者手术特点比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	病变数	预扩张球囊直径/mm	预扩张球囊最大压力/atm	支架植入数/枚	支架直径/mm	总支架长度/mm	后扩球囊直径/mm	后扩球囊最大压力/atm	手术时间/min
观察组	53	2.53 ± 0.36	17.52 ± 3.65	2.01 ± 0.34	2.82 ± 0.34	64.69 ± 6.85	3.12 ± 0.36	20.56 ± 2.54	90.25 ± 13.62
对照组	51	2.61 ± 0.21	16.47 ± 2.85	2.10 ± 0.29	2.93 ± 0.36	62.45 ± 6.89	3.20 ± 0.41	20.53 ± 2.51	95.47 ± 16.24
t 值		1.377	1.631	1.450	1.602	1.662	1.058	0.061	1.779
P 值		0.171	0.106	0.150	0.112	0.100	0.292	0.952	0.078

2.4 两组病变血管腔内影像学结果比较

观察组与对照组近端参考血管 MLD、MaxLD、管腔面积,远端参考血管 MLD、管腔面积、参考面积,病变处 MaxLD、MLA 比较,经 t 检验,差异

均无统计学意义 ($P>0.05$)。观察组与对照组远端参考血管 MaxLD、病变处 MLD 比较,经 t 检验,差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 观察组远端参考血管 MaxLD、病变处 MLD 均低于对照组。见表 3。

表 3 两组病变血管腔内影像学结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	病变数	近端参考血管			远端参考血管				病变处		
		MLD/mm	MaxLD/mm	管腔面积/mm ²	MLD/mm	MaxLD/mm	管腔面积/mm ²	参考面积/mm ²	MLD/mm	MaxLD/mm	MLA/mm ²
观察组	53	2.91 ± 0.45	3.52 ± 0.48	8.52 ± 2.04	2.41 ± 0.36	2.71 ± 0.33	5.30 ± 1.15	6.94 ± 1.62	1.26 ± 0.31	1.84 ± 0.45	5.63 ± 1.02
对照组	51	3.02 ± 0.49	3.71 ± 0.65	9.32 ± 2.54	2.50 ± 0.32	2.90 ± 0.42	5.76 ± 1.24	7.60 ± 1.82	1.46 ± 0.29	2.01 ± 0.46	5.72 ± 1.10
t 值		1.193	1.700	1.774	1.346	2.571	1.962	1.955	3.395	1.905	0.433
P 值		0.236	0.092	0.079	0.181	0.012	0.052	0.053	0.001	0.060	0.666

2.5 两组 TIMI 血流分级比较

观察组与对照组 TIMI 血流分级比较,经秩和检验,差异无统计学意义 ($Z=1.222, P=0.269$)。见表 4。

2.6 两组病变血管内径及血管狭窄率比较

对照组与观察组治疗前病变血管内径、血管狭窄率比较,经 t 检验,差异均无统计学意义

($P>0.05$)。对照组与观察组治疗后病变血管内径、血管狭窄率比较,经 t 检验,差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。对照组治疗前与治疗前后病变血管内径、血管狭窄率比较,经 t 检验,差异均有统计学意义 ($t=31.789、135.092$, 均 $P=0.000$); 观察组治疗前与治疗前后病变血管内径、血管狭窄率比较,经 t 检验,差异均有统计学意义 ($t=35.925、142.336$, 均 $P=0.000$); 治疗后两组病变血管内径增加,血管狭窄率降低。对照组与观察组治疗前后病变血管内径、血管狭窄率的差值比较,经 t 检验,差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 5。

表 4 两组 TIMI 血流分级比较 例(%)

组别	n	0级	1级	2级	3级
观察组	51	0(0.00)	0(0.00)	1(1.96)	50(98.04)
对照组	47	0(0.00)	0(0.00)	3(6.38)	44(93.62)

表 5 两组病变血管内径及血管狭窄率比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	病变血管内径/mm			血管狭窄率/%		
		治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
观察组	51	0.92 ± 0.29	4.12 ± 0.56	3.20 ± 0.37	77.26 ± 3.62	1.73 ± 0.36	75.53 ± 2.56
对照组	47	0.91 ± 0.30	4.20 ± 0.67	3.29 ± 0.41	78.19 ± 3.85	1.86 ± 0.43	76.33 ± 2.59
t 值		0.168	0.643	1.142	1.232	1.627	1.536
P 值		0.867	0.522	0.256	0.221	0.107	0.127

2.7 两组不良事件发生状况

观察组与对照组不良事件总发生率比较,经 χ^2 检验,差异有统计学意义($\chi^2=4.305, P=0.038$);观察组不良事件总发生率低于对照组。见表6。

表6 两组不良事件发生率比较 例(%)

组别	n	非致命性 心肌梗死	心源性 死亡	靶血管血 运重建	总发生率
观察组	51	0(0.00)	0(0.00)	1(1.96)	1(1.96)
对照组	47	2(8.51)	1(2.13)	3(6.38)	6(12.77)

3 讨论

IVL是一种新技术,由肾脏和输尿管结石的既定疗法演变而来,其利用经皮装置产生声压波,从而传递能量以打破浅层和深层钙沉积物,有助于随后部署血管支架^[7-8]。然而,单纯依赖冠状动脉造影无法精确评估钙化病变和支架状况。腔内影像学技术如IVUS和OCT能提供详细血管图像,有助于识别病变、指导手术和优化支架植入^[9-10]。有研究显示,与冠状动脉造影相比,用IVUS或OCT指导PCI治疗可减少不良心血管事件的发生^[11]。

本研究显示, OCT与IVUS指导下的IVL治疗CAC病变的手术成功率均为100%。表明这两种影像学技术均能有效指导IVL的操作,确保手术的精准性。OCT以其高分辨率成像能力,能够提供更详细的血管壁结构和钙化病变特征,有助于医生在术前进行更精确的评估,制订个性化的手术策略^[12-13]。IVUS通过提供管腔和血管壁的横截面图像,帮助医生判断支架的膨胀和贴壁情况,进一步优化手术效果^[14-15]。本研究结果表明, OCT与IVUS指导下的IVL治疗CAC病变的手术特点无差异。究其原因在于, IVL作为一种先进的治疗方法,其核心在于通过精确的导管操作,将高能超声波能量传递到血管壁上的钙化病变部位,使钙化斑块碎裂,利于支架通过及膨胀。且在这一过程中, OCT和IVUS提供的影像学信息起到了关键指导作用,确保了导管操作的准确性,以及超声波能量传递的精确性。两者在指导IVL时,均能有效识别钙化病变的位置、形态及大小,从而帮助医生制订合适的手术方案,达到理想的手术效果^[16-18]。此外, OCT与IVUS在评估病变血管内径及血管狭窄率方面,均展现出高度的准确性和可靠

性,进一步证明两种影像学技术在IVL中的可靠性和有效性。因此,在临床实践中,医生可根据患者的具体情况及医院的设备条件,灵活选择OCT或IVUS来指导IVL,以达到最佳的治疗效果。

本研究中,患者经IVL治疗后, TIMI血流分级提升至2或3级,实现了正常血流灌注,有效缓解了患者因血管狭窄或闭塞导致的心肌缺血症状。此外, OCT指导下的IVL不良事件发生率低于IVUS。究其原因在于, OCT具有更高的分辨率,能够更清晰地显示血管壁结构和病变特征,从而帮助医生更准确地判断病变情况,减少手术过程中的误操作^[19-20]。同时, OCT还能实时监测手术效果,及时调整手术策略,进一步降低了不良事件的风险^[21]。IVUS虽然也能提供较为详尽的血管影像学信息,但在分辨率和清晰度方面稍逊于OCT,可能在一定程度上影响其对病变细节的判断^[22]。此外, OCT主要观察血管内膜面,对于血管外膜的变化无法直接观察,因此在评估血管重构对管腔直径的影响时存在局限性^[23]。IVUS能够同时观察血管内膜和外膜,对于血管重构的评估更为准确^[24]。近端参考血管的MLD、MaxLD及管腔面积反映了钙化病变对血管近端血流的限制程度及预处理效果。观察组近端MLD显著低于对照组,提示OCT指导下的预扩张策略可能更精准,因其高分辨率(10~20 μm)能清晰识别钙化斑块分布,避免过度扩张导致的血管壁损伤^[25];而IVUS因分辨率较低(150~300 μm)可能低估钙化负荷,导致预处理保守。远端参考血管MaxLD的组间差异可能与OCT指导的精准干预减少了远端血管牵拉或痉挛有关,但两组管腔面积无差异,表明远端血流灌注未受明显影响。本研究提示OCT与IVUS在指导支架植入后的膨胀效果上等效,但OCT的高分辨率可能通过优化钙化斑块修饰间接改善支架贴壁。总体而言, OCT凭借其微观结构解析能力,在钙化病变的精细化处理中更具优势,而IVUS在血管整体形态评估中不可或缺,两者联合应用可进一步提升IVL的安全性和有效性。

综上所述, OCT与IVUS对指导IVL治疗的CAC病变具有重要作用, OCT指导下的IVL不良事件发生率更低。本研究为单中心回顾性研究,存在一定局限性:①分组依据为治疗方法不同,而非随

机化分配,可能存在选择偏倚;②依赖电子病历和影像归档系统提取数据,部分缺失值采用填补法处理,可能引入信息偏倚;③样本量较小(98例),且不良事件发生率较低,统计效能有限。未来需开展多中心、大样本的前瞻性随机对照研究,采用盲法分配和标准化数据采集流程,进一步验证 OCT 与 IVUS 指导 IVL 的长期疗效差异。此外,可探索 IVL 中实时影像融合技术,如 IVUS-OCT 双模态导管的应用价值,为精准钙化病变治疗提供新思路。

参 考 文 献 :

- [1] 卢建发,李涛,魏伟超. 血管内超声指导下冲击波导管治疗冠状动脉重度钙化病变[J]. 国际心血管病杂志, 2023, 50(6): 401-404.
- [2] 王燕庆,白文楼,苏晗琪,等. 血管内冲击波碎石术在冠状动脉钙化病变中的研究进展[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(5): 367-372.
- [3] LEICK J, RHEUDE T, DENNE M, et al. Comparison of long-term outcome in patients with in-stent restenosis treated with intravascular lithotripsy or with modified balloon angioplasty[J]. Clin Res Cardiol, 2024, 113(7): 1030-1040.
- [4] 张紫微,白洁,郑甲林,等. 冲击波血管内碎石术治疗冠状动脉钙化病变有效性和安全性分析[J]. 介入放射学杂志, 2024, 33(4): 363-367.
- [5] 韦艳,李爱琴,赵鹏,等. 光学相干断层成像与血管内超声在冠状动脉介入术中的应用效果[J]. 中国老年学杂志, 2024, 44(5): 1025-1031.
- [6] 《冠状动脉钙化病变诊治中国专家共识》专家组. 冠状动脉钙化病变诊治中国专家共识(2021版)[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2021, 29(5): 251-259.
- [7] CHANDRA V, LANSKY A J, SAYFO S, et al. Thirty-day outcomes from the disrupt PAD BTK II study of the Shockwave Intravascular Lithotripsy System for treatment of calcified below-the-knee peripheral arterial disease[J]. J Vasc Surg, 2025, 81(3): 710-719.
- [8] CAMINITI R, VETTA G, PARLAVECCHIO A, et al. A systematic review and meta-analysis including 354 patients from 13 studies of intravascular lithotripsy for the treatment of underexpanded coronary stents[J]. Am J Cardiol, 2023, 205: 223-230.
- [9] ŞAYLIK F, HAYIROGLU M İ, AKBULUT T, et al. Comparison of long-term outcomes between intravascular ultrasound, optical coherence tomography- and angiography-guided stent implantation: a meta-analysis[J]. Angiology, 2024, 75(9): 809-819.
- [10] SEGUCHI M, AYTEKIN A, XHEPA E, et al. Vascular response following implantation of the third-generation drug-eluting resorbable coronary magnesium scaffold: an intravascular imaging analysis of the BIOMAG-I first-in-human study[J]. EuroIntervention, 2024, 20(18): e1173-e1183.
- [11] 马越,宋雷,高晓津,等. 腔内影像学指导冠状动脉支架内再狭窄介入治疗的远期预后及预测因素分析[J]. 中国分子心脏病学杂志, 2021, 21(6): 4300-4305.
- [12] 曾亚平,张瑶俊,索旻,等. 应用血管内超声与光学相干断层扫描杂交融合分析冠状动脉支架置入后钙化斑块进展情况和前体组织成分[J]. 中国医药, 2022, 17(6): 810-813.
- [13] 吕栋,张丽. 频域光学相干断层扫描和血管内超声识别不稳定斑块及其性质的临床研究[J]. 中国心血管病研究, 2021, 19(4): 337-340.
- [14] 程铨,徐日新,张强,等. 自发性冠状动脉夹层临床特征分析及不同治疗方式的随访研究[J]. 实用医学杂志, 2021, 37(3): 348-352.
- [15] 张志岗,雷新宇,孙宇飞,等. 冲击波冠状动脉球囊在冠状动脉严重钙化病变介入治疗中的应用[J]. 临床心血管病杂志, 2024, 40(9): 749-753.
- [16] 滕伟利,曹成富,李琪,等. 冠状动脉斑块旋磨术治疗严重钙化病变的临床结果及影响因素分析[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2021, 29(11): 601-606.
- [17] 张爽,李之凡,钱杰,等. 腔内影像学方法评价降脂治疗对冠状动脉粥样硬化斑块影响的研究进展[J]. 基础医学与临床, 2022, 42(3): 366-371.
- [18] 于波. 浅谈冠状动脉腔内影像学技术的发展[J]. 中华心血管病杂志, 2022, 50(11): 1045-1046.
- [19] 黄文豪,张靖媛,刘亚君,等. 基于影像的冠状动脉生理学功能评估研究进展[J]. 心脑血管病防治, 2024, 24(2): 36-40.
- [20] 张帆,贾永平. 药物涂层球囊治疗冠状动脉原位病变后靶血管正性重构的多因素分析[J]. 心血管康复医学杂志, 2024, 33(3): 322-326.
- [21] 罗佳一,薛宇,李洋. 光学相干断层成像技术在经皮冠状动脉血管内冲击波能量钙化碎裂术治疗冠状动脉钙化斑块中应用的研究进展[J]. 中国循环杂志, 2024, 39(6): 610-613.
- [22] 尹秋林,曾林飞,邓志芳,等. 血管内超声及光学相干断层扫描成像指导下药物球囊治疗在冠脉原位病变中的应用[J]. 中国当代医药, 2022, 29(34): 89-92.
- [23] 史帅龙,龙树海,余笄,等. 新型巴马小型猪颈总动脉狭窄模型的建立方法及效果评价[J]. 中华神经外科杂志, 2024, 40(3): 299-304.
- [24] 宋达琳,祝庆,刘国树,等. 血管内超声评估冠状动脉管腔狭窄伴外弹力膜扩张性血管重构的临床研究[J]. 中国循环杂志, 2011, 26(6): 414-417.
- [25] 张茜,冯欢欢,韩燕,等. 药物洗脱支架术后再狭窄患者支架内新生钙化斑块的发生率及预测因素[J]. 临床心血管病杂志, 2023, 39(5): 354-360.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 魏忠诚,刘海浪,刘娟. 光学相干断层成像与血管内超声指导下冲击波血管内碎石术治疗冠状动脉钙化病变的有效性分析[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(6): 67-72.

Cite this article as: WEI Z C, LIU H L, LIU J. Effectiveness of shockwave intravascular lithotripsy under the guidance of optical coherence tomography and intravascular ultrasound in treating coronary artery calcification[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(6): 67-72.