

• 论 著 •

# 血管内超声指导冠状动脉小血管疾病药物球囊的临床应用

刘玉龙, 张 杨, 李 玉, 陈雪宁, 王亚玲\*

(河北医科大学第二医院鹿泉院区心血管内科, 河北 石家庄 050200)

**[摘要]** **目的** 分析血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS)指导冠状动脉小血管疾病(small vessel coronary artery disease, SVD)药物球囊(drug-coated balloons, DCB)的临床应用效果。**方法** 回顾性分析2020年6月—2022年6月在河北医科大学第二医院住院的不稳定型心绞痛患者284例,其中IVUS指导组(IVUS组)142例,单纯冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)指导组(CAG组)142例。比较IVUS和单纯CAG评估DCB治疗SVD的即刻及远期影像学结果及临床事件。**结果** IVUS作为一种高分辨率的图像引导技术,能够比CAG提供更详细的血管内部结构信息。结果显示,IVUS组较CAG组,预处理球囊直径更大 $[(2.38 \pm 0.25) \text{ mm vs. } (2.25 \pm 0.34) \text{ mm}, P < 0.05]$ ,预扩张更充分,即刻残余狭窄率更低 $[(13.18 \pm 6.40) \% \text{ vs. } (16.74 \pm 6.55) \%, P < 0.05]$ ,DCB直径更大 $[(2.46 \pm 0.25) \text{ mm vs. } (2.24 \pm 0.33) \text{ mm}, P < 0.05]$ ,长度更长 $[(24.09 \pm 4.84) \text{ mm vs. } (21.67 \pm 4.08) \text{ mm}, P < 0.05]$ ,远期残余狭窄程度更低 $[(8.22 \pm 10.66) \% \text{ vs. } (16.39 \pm 13.66) \%, P < 0.05]$ 。**结论** IVUS指导DCB治疗SVD较单纯CAG指导具有更好的影像学及临床效果。

**[关键词]** 心绞痛;不稳定型;冠状血管;超声检查;药物球囊 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.07.010

**[中图分类号]** R541.4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2025)07-0802-06

## Clinical application of intravascular ultrasound-guided drug-coated balloons in small-vessel coronary artery disease

LIU Yu-long, ZHANG Yang, LI Yu, CHEN Xue-ning, WANG Ya-ling\*

(Department of Cardiovascular Medicine, Luquan Branch of the Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050200, China)

**[Abstract]** **Objective** To analyze the clinical application effect of intravascular ultrasound (IVUS)-guided drug-coated balloons (DCB) in the treatment of small-vessel coronary artery disease (SVD). **Methods** A retrospective analysis was conducted on 284 patients with unstable angina hospitalized at the Second Hospital of Hebei Medical University from June 2020 to June 2022. Patients were divided into two groups: the IVUS-guided group (IVUS group,  $n=142$ ) and the coronary angiography (CAG)-guided group (CAG group,  $n=142$ ). Immediate and long-term imaging outcomes and clinical events of DCB treatment for SVD between IVUS and simple CAG evaluation were compared. **Results** IVUS, as a high-resolution imaging technique, provided more detailed vascular structural information than CAG. The IVUS group demonstrated larger pre-treatment balloon diameter  $[(2.38 \pm 0.25) \text{ mm vs. } (2.25 \pm 0.34) \text{ mm}, P < 0.05]$ , more sufficient pre-dilation, including lower immediate residual stenosis  $[(13.18 \pm 6.40) \% \text{ vs. } (16.74 \pm$

[收稿日期]2024-11-09

[基金项目]河北省医学科学研究课题计划(20220988)

[作者简介]刘玉龙(1990—),男,河北邢台人,河北医科大学第二医院鹿泉院区主治医师,医学硕士,从事心血管内科疾病诊治研究。

\* 通信作者。E-mail: wangyaling81@163.com

6.55)%,  $P < 0.05$ ], larger DCB diameter [(2.46 ± 0.25) mm vs. (2.24 ± 0.33) mm,  $P < 0.05$ ], longer DCB length [(24.09 ± 4.84) mm vs. (21.67 ± 4.08) mm,  $P < 0.05$ ], and reduced long-term residual stenosis [(8.22 ± 10.66)% vs. (16.39 ± 13.66)%,  $P < 0.05$ ]. **Conclusion** IVUS-guided DCB for the treatment of SVD yields superior imaging and clinical outcomes compared with CAG guidance alone.

**[Key words]** angina; unstable; coronary vessels; ultrasonography; drug-coated balloons

冠状动脉粥样硬化性心脏病(冠心病)是全球人口的主要死亡原因<sup>[1]</sup>。目前,心脏支架植入治疗已成为治疗冠心病的主要手段。随着药物洗脱支架数量的增加,支架内再狭窄的问题越来越严重<sup>[2]</sup>。近年来,药物球囊(drug-coated balloons, DCB)已作为一种新的介入治疗技术用于冠心病患者<sup>[3]</sup>。一些临床研究表明,DCB对治疗冠状动脉病变是有效和安全的<sup>[4-5]</sup>。血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS)是一种重要的血管成像技术,通过将超声探头置入血管内,能够提供血管壁的详细图像,帮助判断斑块性质、评估血管直径、指导支架植入、及时发现并发症等,是目前冠状动脉组织学评估的金标准,很大程度的弥补了冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)的不足<sup>[6]</sup>。多项研究表明,与单纯的CAG相比,CAG联合IVUS指导经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)术后不良事件的发生率更低,可明显改善患者预后<sup>[7-8]</sup>。冠状动脉小血管疾病(small vessel coronary artery disease, SVD)通常采用PCI治疗<sup>[9]</sup>,但SVD是一个复杂的病变亚群,与不良心血管事件的风险增加有关<sup>[10]</sup>。DCB在SVD中的应用越来越受指南推荐<sup>[11-12]</sup>,但因为小血管具有的解剖学特征,单纯CAG指导在一定程度上受到术者主观判断较强,术后即刻及远期预后可能受到一定的影响。因此本研究进行了系统的回顾和分析来比较IVUS指导和单纯CAG指导DCB治疗SVD中的影像学及临床效果。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性分析2020年6月—2022年6月在河北医科大学第二医院住院的不稳定型心绞痛患者。IVUS指导组(IVUS组)纳入142例患者,单纯CAG指导组(CAG组)纳入142例患者。纳入标准:经CAG证实符合小血管(血管直径 < 3.0 mm)DCB植入指征<sup>[13]</sup>。排除标准:①采用DCB治疗支架内再狭窄;②急性ST段抬高型心肌梗死;③严重钙化病变;④病变治疗前或DCB血管成形术后需要植入支架;⑤对碘造影剂过敏或药物不耐受。

本研究经河北医科大学第二医院伦理委员会审批通过(伦理号:2021-R375)。

## 1.2 方法

**1.2.1 手术过程** 手术前所有患者均依据临床指南给予阿司匹林、替格瑞洛或氯吡格雷双联抗血小板预处理,并达到负荷剂量(阿司匹林 300 mg、替格瑞洛 180 mg 或氯吡格雷 300 mg),此外,手术中静脉注射肝素 100 U/kg,以维持活化凝血时间 > 250 s。手术中球囊的大小和充气压力都由操作者决定选择。根据CAG结果,满足以下3个标准被认为是预扩张的必要条件:①预扩张后冠状动脉TIMI血流分级3级,②无血流限制性夹层;③残余狭窄 ≤ 30%。然后使用紫杉醇涂层(3 μg/mm<sup>2</sup>)药物球囊导管(eQuent Please™, B. Braun Melsungen AG, Berlin, Germany)将药物输送至血管壁,再次CAG检查,所有病变在DCB治疗后的观察时间均为10 min,10 min后,如果残余狭窄 < 30%且无血流限制性夹层,结束手术,否则将补救性植入支架。术后继续维持双联抗血小板6~12个月。

**1.2.2 CAG测量** 采用医生视觉评估分析基线前、基线后和随访的CAG结果。使用填充造影剂导管的外径进行校准,从单一最差视图获得最小管腔直径(minimal lumen diameter, MLD)和直径狭窄率。

**1.2.3 程序和图像分析** 为防止冠状动脉痉挛,在IVUS检查前,需要向冠状动脉内注射硝酸甘油0.2 mg,然后用IVUS(Optimistic, Boston Scientific, USA, 40 MHz)以0.5 mm/s的速度检查和分析病变血管。数据如外部弹性膜面积、MLD和最小管腔面积使用波士顿科学图像查看器工作系统自动生成,并由2位术者独立观察,如果不满意系统自动确定的数据,通过手动校准。IVUS图像分析主要根据美国心脏病学会(American College of Cardiology, ACC)和欧洲心脏病学会冠状动脉IVUS检测指南进行分析<sup>[14-15]</sup>。中膜夹层是指在IVUS中夹层的深度到达外弹性膜<sup>[16]</sup>。

**1.3 临床结果及随访程序** 接受DCB血管成形术的患者在门诊或电话进行随访,以了解DCB治疗12个月后心肌缺血症状的改善、靶病变的血运重

建、急性心肌梗死和心血管死亡。本研究所有患者均接受 DCB 血管成形术且在术后 3~6 个月复查 CAG。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 25.0 统计软件分析数据。所有数据采用 Shapiro-Wilk 正态性检验判断其正态分布情况,符合正态分布的计量资料比较采用独立样本 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料以中位数和四分位数间距[M(QR)]表示,比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料比较采用  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结 果

2.1 2 组一般资料比较 2 组性别、年龄、既往病史、吸烟、左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、病变血管直径、病变血管长度、病变血管部位差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。与 CAG 组比较,IVUS 组出现单支病变和三支病变的患者比例相对较高,双支病变的比例相对较低,随访时间较长,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 1。

表 1 2 组基线特征比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics between the two groups

( $n = 142$ )

组别	男性	年龄	糖尿病	高血压	高脂血症	吸烟	LVEF
	(例数,%)	( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	(例数,%)	(例数,%)	(例数,%)	(例数,%)	( $\bar{x} \pm s$ ,%)
IVUS 组	97(51.1)	55.9±10.25	54(54.0)	76(54.7)	54(55.1)	65(46.8)	58.81±10.22
CAG 组	93(48.9)	56.82±9.16	46(46.0)	63(45.3)	44(44.9)	74(53.2)	58.70±9.47
$\chi^2/t$ 值	0.254	0.777	0.988	2.381	1.558	1.141	0.213
<i>P</i> 值	0.614	0.438	0.320	0.123	0.212	0.285	0.832
组别	病变血管直径	病变血管长度	造影随访时间	病变血管数量(例数,%)			
	( $\bar{x} \pm s$ ,mm)	( $\bar{x} \pm s$ ,mm)	( $\bar{x} \pm s$ ,月)	单支病变	双支病变	三支病变	
IVUS 组	2.64±0.23	16.74±7.73	4.25±2.50	81(57.0)	35(24.6)	26(18.3)	
CAG 组	2.52±0.44	16.25±3.45	4.00±2.30	68(47.9)	54(38.0)	20(14.1)	
$\chi^2/t$ 值	0.511	1.538	2.990	5.973			
<i>P</i> 值	0.609	0.124	0.003	0.050			
组别	病变血管部位(例数,%)						
	左前降支	左回旋动脉	右冠状动脉	对角支	顿缘支	后降支	左心室后支
IVUS 组	31(21.8)	21(14.8)	18(12.7)	25(17.6)	21(14.8)	21(14.8)	5(3.5)
CAG 组	29(20.4)	19(13.4)	22(15.5)	27(19.0)	17(12.0)	23(16.2)	5(3.5)
$\chi^2/t$ 值				1.156			
<i>P</i> 值				0.979			

2.2 2 组预处理和 DCB 比较 所有患者均使用棘突球囊,2 组患者棘突球囊扩张压力和棘突球囊扩张时间差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),与 CAG 组比

较,IVUS 组棘突球囊直径较大,DCB 选择长度更长,直径更大,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 2 组预处理及 DCB 比较

Table 2 Comparison of predilation and DCB data between the two groups

( $n = 142, \bar{x} \pm s$ )

组别	病变预处理			DCB 特点	
	棘突球囊直径(mm)	棘突球囊扩张压力(atm)	棘突球囊扩张时间(s)	DCB 长度(mm)	DCB 直径(mm)
IVUS 组	2.38±0.25	7.17±1.88	13.87±3.77	24.09±4.84	2.46±0.25
CAG 组	2.25±0.34	7.13±0.93	13.37±3.38	21.67±4.08	2.24±0.33
<i>t</i> 值	3.635	0.187	1.178	4.563	6.252
<i>P</i> 值	<0.001	0.852	0.240	<0.001	<0.001

1 atm=101.325 kPa

2.3 2 组术后即刻夹层及残余狭窄比较 2 组所有夹层分型和植入补救性支架差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。2 组均有 2 例 C 型夹层,CAG 组因 C 型夹层而补救性植入支架 2 例,IVUS 组因 C 型夹层而补救性植入支架 1 例,1 例血流未受影响,观察后未补救性植入支架。术后即刻 2 组残余狭窄均小

于 30%,CAG 组残余狭窄率大于 IVUS 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 3。

2.4 随访结果 2 组 MACE 事件发生率差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。随访时,CAG 组残余狭窄高于 IVUS 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 4。

表3 2组术后即刻夹层及残余狭窄比较

Table 3 Comparison of immediate postoperative dissection and residual stenosis between the two groups

(n=142)

组别	夹层分型(例数,%)			残余狭窄 ( $\bar{x} \pm s, \%$ )	补救性支架 (例数,%)	
	无夹层	A	B			C
IVUS组	40(28.2)	71(50.0)	29(20.4)	2(1.4)	13.18±6.40	1(0.7)
CAG组	36(25.4)	71(50.0)	33(23.2)	2(1.4)	16.74±6.55	2(1.4)
$\chi^2/t$ 值		0.469			6.590	0.337
P 值		0.926			<0.001	0.562

表4 2组随访结果比较

Table 4 Comparison of follow-up results between the two groups

(n=142)

组别	随访主要不良心血管事件(例数,%)			随访残余狭窄( $\bar{x} \pm s, \%$ )
	急性心肌梗死	靶病变血运重建	心血管死亡	
IVUS组	0(0.0)	2(1.4)	0(0.0)	8.22±10.66
CAG组	1(0.7)	3(2.1)	0(0.0)	16.39±13.66
$\chi^2/t$ 值		1.602		5.612
P 值		0.449		<0.001

### 3 讨 论

本研究比较分析了IVUS和单独CAG指导下使用DCB治疗SVD的术后即刻、术后随访影像学及临床结果。目的是使用IVUS根据血管外部弹力膜来确定管腔直径和病变长度,以优化DCB的直径和病变覆盖范围。近年来,腔内影像学的普及以及临床使用,显著改善冠心病患者预后<sup>[6-8,17]</sup>。2021年美国心脏协会发布的最新指南,IVUS被列为II a类推荐<sup>[18]</sup>。

IVUS指导具有的优势<sup>[19-20]</sup>:①预处理球囊直径更大,预扩张更充分,术后即刻残余狭窄率更低;②DCB选择直径更大,长度较长,更充分且全面的药物覆盖病变,有效防止病变两端的再狭窄;③即刻及远期残余狭窄程度更低。

采用IVUS指导的PCI能够显著降低术后不良心血管事件的发生,这主要归因于IVUS可以提供详细的三维形态信息,有助于更精确地评估血管、斑块和支架的情况<sup>[21-22]</sup>。本研究结果显示,IVUS指导和CAG指导的DCB的短期结果都是有效和安全的。但是,IVUS组对管腔面积评估更直观、更充分,管腔面积更大,因此采用较大直径的预处理球囊,预处理更充分,术后即刻残余狭窄率更低。最佳的病变预扩张准备可以降低DCB术后再狭窄事件发生率<sup>[23-24]</sup>,棘突球囊较单纯预扩张球囊更倾向于改善预处理结果<sup>[25-26]</sup>。经IVUS评估的,预处理过程中棘突球囊的选择直径更大。

但是更大直径的预处理球囊在保证更好的预处

理结果和预后同时,也伴随更高的血管破裂、穿孔和夹层的风险。本研究结果显示,2组患者发生夹层的比例均较高,但C级及以上夹层较低,差异无统计学意义。早期研究显示,A型和B型夹层在药物球囊血管成形术后是安全的<sup>[27-29]</sup>,而C型夹层则更容易进行性加重。晚期管腔扩大与夹层皮瓣的再附着和愈合有关,推测一定程度的夹层,可以使药物更好地吸收药物,有助于降低晚期再狭窄<sup>[30-31]</sup>。但C型及以上的夹层,可能会导致血流受限,进一步加重病情,导致补救性支架植入。本研究2组患者在预处理过程中C型以上夹层发生较少的原因,推测可能与术中预扩张的压力有关,2组患者术中采用的均是预扩张球囊小压力原则。

从术后即刻及远期随访结果看,术后即刻及术后随访影像学检查提示,IVUS组的残余狭窄程度较低,与CAG组有显著性差异,说明IVUS指导下的治疗更有效,这主要得益于IVUS组使用了更大直径、更长长度的DCB,这使药物能够更有效地覆盖内皮细胞,并更完整地覆盖病变,同时使用IVUS可以更加准确的判断夹层程度,更有效指导药物球囊使用同时避免血流受限风险,这有利于患者的长期预后。以往研究显示,在小血管原位冠状动脉病变中,DCB治疗的PCI取得了良好的效果<sup>[32-33]</sup>,如果通过IVUS对病变进行全面评估,有助于选择更合适的预处理球囊及DCB,从而优化DCB的植入效果,并降低并发症发生率。

IVUS作为一种高分辨率的图像引导技术,能够比CAG提供更详细的血管内部结构信息。

IVUS可以更准确地评估病变信息,更充分的预处理,更好的指导DCB使用,以及更好的术后即刻和随访结果。与CAG指导相比,具有明显的优势。

尽管如此,本研究仍存在一些局限性,例如样本量较小、单中心回顾性研究等。因此,未来需要进行更大规模的多中心前瞻性研究,以验证本研究的结果。

综上所述,IVUS指导DCB治疗SVD较单纯CAG指导具有更好的影像学及临床结果。

#### [参考文献]

- [1] GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019; A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. *Lancet*, 2020, 396(10258): 1204-1222.
- [2] Bajeu IT, Niculescu AG, Scafa-Udriște A, et al. Intrastent restenosis: A comprehensive review[J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(3): 1715.
- [3] Camaj A, Leone PP, Colombo A, et al. Drug-coated balloons for the treatment of coronary artery disease: A review[J]. *JAMA Cardiol*, 2025, 10(2): 189-198.
- [4] Jeger RV, Farah A, Ohlow MA, et al. Long-term efficacy and safety of drug-coated balloons versus drug-eluting stents for small coronary artery disease (BASKET-SMALL 2): 3-year follow-up of a randomised, non-inferiority trial[J]. *Lancet*, 2020, 396(10261): 1504-1510.
- [5] Scheller B, Ohlow MA, Ewen S, et al. Bare metal or drug-eluting stent versus drug-coated balloon in non-ST-elevation myocardial infarction: The randomised PEPCAD NSTEMI trial[J]. *EuroIntervention*, 2020, 15(17): 1527-1533.
- [6] Maehara A. Intravascular imaging to guide percutaneous coronary intervention will be mandatory soon [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2022, 15(6): e012120.
- [7] Hannan EL, Zhong Y, Reddy P, et al. Percutaneous coronary intervention with and without intravascular ultrasound for patients with complex lesions: Utilization, mortality, and target vessel revascularization [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2022, 15(6): e011687.
- [8] De Maria GL, Testa L, De La Torre Hernandez JM, et al. A multi-center, international, randomized, 2-year, parallel-group study to assess the superiority of IVUS-guided PCI versus qualitative angio-guided PCI in unprotected left main coronary artery (ULMCA) density: Study protocol for OPTIMAL trial [J]. *PLoS One*, 2022, 17(1): e0260770.
- [9] Wong P, Lau KW, Lim YL, et al. Stent placement for non-STD/BENESTENT lesions: A critical review [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2000, 51(2): 223-233.
- [10] Wybraniec MT, Banka P, Bochenek T, et al. Small vessel coronary artery disease: How small can we go with myocardial revascularization? [J]. *Cardiol J*, 2021, 28(5): 767-778.
- [11] 陈韵岱,邱春光,唐强,等.药物涂层球囊临床应用中国专家共识(第二版)[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2023, 31(6): 413-426.
- [12] Her AY, Shin ES, Bang LH, et al. Drug-coated balloon treatment in coronary artery disease: Recommendations from an Asia-Pacific Consensus Group [J]. *Cardiol J*, 2021, 28(1): 136-149.
- [13] Jeger RV, Eccleshall S, Ahmad WAW, et al. Drug-coated balloons for coronary artery disease, third international DCB consensus group [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(12): 1391-1402.
- [14] Mintz GS, Nissen SE, Anderson WD, et al. American College of Cardiology clinical expert consensus document on standards for acquisition, measurement and reporting of intravascular ultrasound studies (IVUS). A report of the American College of Cardiology task force on clinical expert consensus documents [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 37(5): 1478-1492.
- [15] Di Mario C, Corge G, Peters R, et al. Clinical application and image interpretation in intracoronary ultrasound. Study group on intracoronary imaging of the working group of coronary circulation and of the subgroup on intravascular ultrasound of the working group of echocardiography of the European Society of Cardiology [J]. *Eur Heart J*, 1998, 19(2): 207-229.
- [16] Saito Y, Kobayashi Y, Fujii K, et al. CVIT 2025 clinical expert consensus document on intravascular ultrasound [J]. *Cardiovasc Interv Ther*, 2025, 40(2): 211-225.
- [17] Choi IJ, Lim S, Choo EH, et al. Impact of intravascular ultrasound on long-term clinical outcomes in patients with acute myocardial infarction [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14(22): 2431-2443.
- [18] 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]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 145(3): e18-e114.
- [19] Ko YG. Intravascular ultrasound improves the outcomes of drug-coated balloon angioplasty by providing precise vessel dimensions for optimal device size selection [J]. *Eur Heart J*, 2024, 45(42): 4544-4545.
- [20] Gao XF, Ge Z, Kong XQ, et al. Intravascular ultrasound vs angiography-guided drug-coated balloon angioplasty: The ULTIMATE III Trial [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2024, 17(13): 1519-1528.
- [21] Ali ZA, Maehara A, Généreux P, et al. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI): A randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2016, 388(10060): 2618-2628.
- [22] 血管内超声在冠状动脉疾病中应用的中国专家共识专家组. 血管内超声在冠状动脉疾病中应用的中国专家共识(2018)

- [J].中华心血管病杂志,2018,46(5):344-351.
- [23] Tanaka A, Latib A, Jabbour RJ, et al. Impact of angiographic result after predilatation on outcome after drug-coated balloon treatment of in-stent coronary restenosis[J]. *Am J Cardiol*, 2016, 118(10):1460-1465.
- [24] Konishi H, Habara M, Nasu K, et al. Impact of optimal preparation before drug-coated balloon dilatation for de novo lesion in patients with coronary artery disease[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2022, 35:91-95.
- [25] Kufner S, Joner M, Schneider S, et al. Neointimal modification with scoring balloon and efficacy of drug-coated balloon therapy in patients with restenosis in drug-eluting coronary stents: A randomized controlled trial[J]. *J Am Coll Cardiol Interv*, 2017, 10(13):1332-1340.
- [26] Zhang YB, Liu HD, Xing JH, et al. Safety and efficacy of drug-coated balloons in patients with acute coronary syndromes and vulnerable plaque [J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2022, 28:10760296221130063.
- [27] Gitto M, Leone PP, Gioia F, et al. Coronary artery dissection in drug-coated balloon angioplasty: Incidence, predictors, and clinical outcomes[J]. *Am J Cardiol*, 2025, 239:28-35.
- [28] Huber MS, Mooney JF, Madison J, et al. Use of a morphologic classification to predict clinical outcome after dissection from coronary angioplasty[J]. *Am J Cardiol*, 1991, 68(5):467-471.
- [29] Hui L, Shin ES, Jun EJ, et al. Impact of dissection after drug-coated balloon treatment of de novo coronary lesions: Angiographic and clinical outcomes[J]. *Yonsei Med J*, 2020, 61(12):1004-1012.
- [30] Sogabe K, Koide M, Fukui K, et al. Optical coherence tomography analysis of late lumen enlargement after paclitaxel-coated balloon angioplasty for de-novo coronary artery disease[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 98(1):e35-e42.
- [31] Yamamoto M, Hara H, Kubota S, et al. Predictors of late lumen enlargement after drug-coated balloon angioplasty for de novo coronary lesions[J]. *EuroIntervention*, 2024, 20(9):602-612.
- [32] Jeger RV, Farah A, Ohlow MA, et al. Drug-coated balloons for small coronary artery disease (BASKET-SMALL 2): An open-label randomised non-inferiority trial[J]. *Lancet*, 2018, 392(10150):849-856.
- [33] Tang Y, Qiao S, Su X, et al. Drug-coated balloon versus drug-eluting stent for small-vessel disease: The RESTORE SVD China randomized trial[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018, 11(23):2381-2392.

(本文编辑:赵丽洁)