

• 心脏介入 Cardiac intervention •

支架影像增强显影指导冠状动脉开口病变介入治疗临床应用

张 蛟, 段媛媛, 魏玉杰, 荆丽敏, 贾小伟, 徐 瑞, 刘惠亮

【摘要】 目的 探讨数字平板血管造影机支架影像增强显影(SBS)技术在指导冠状动脉开口病变介入治疗中的应用效果。**方法** 收集 2012 年 3 月至 2014 年 10 月期间武警部队总医院采用经皮冠状动脉介入治疗(PCI)的连续 55 例冠状动脉开口病变患者的临床资料,对 58 个开口病变植入支架前后作 SBS 检查和血管内超声(IVUS)验证。根据支架完全膨胀和精确定位相关标准评价 SBS 检查和 IVUS 验证结果。**结果** 对比 IVUS 验证结果,SBS 技术精确指导 PCI 手术中 48 个(48/58,82.8%)病变的支架定位,同时检测到 8 个(8/58,13.8%)病变为支架膨胀不全。SBS 技术预测支架膨胀不全的特异度为 100%,灵敏度为 80%。SBS 检测到的支架管腔最小面积(MSA)与 IVUS 验证的 MSA 呈明显正相关($r=0.95, P<0.001$)。**结论** SBS 技术是一种简便易行、能精确提供植入支架定位及支架完全膨胀信息的方法,可常规应用于 PCI 术治疗冠状动脉开口病变,尤其适用于那些无法开展 IVUS 检查的临床中心。

【关键词】 支架影像增强显影;血管内超声;冠状动脉开口病变;支架释放优化

中图分类号:R528.1 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2015)-08-0662-06

Clinical application of enhanced visualization of the coronary stent by using stent boost subtract technique in guiding percutaneous coronary intervention for coronary artery ostial lesions ZHANG Jiao, DUAN Yuan-yuan, WEI Yu-jie, JING Li-min, JIA Xiao-wei, XU Rui, LIU Hui-liang. Department of Cardiology, General Hospital of Chinese People's Armed Police Forces, Beijing 100039, China

Corresponding author: LIU Hui-liang, E-mail: 15011558161@163.com

【Abstract】 Objective To discuss the application of stent boost subtract (SBS) technique of digital flat panel angiography in guiding interventional treatment of coronary artery ostial lesions. **Methods** The clinical data of a total of 55 consecutive patients with coronary artery ostial lesion, who were admitted to General Hospital of Chinese People's Armed Police Forces during the period from March 2012 to October 2014 to receive percutaneous coronary intervention (PCI), were included in this study. SBS inspection and intravascular ultrasound (IVUS) verification of 58 coronary artery ostial lesions were conducted before and after the stent implantation for ostial lesions. According to the related standard concerning the full expansion and precise position of the stent, the results of SBS inspection and IVUS verification were evaluated. **Results** Compared with the IVUS results of verification, SBS technique precisely guided the stent positioning for 48 lesions (82.8%) during the performance of PCI, meanwhile, incomplete expansion of stent was detected in 8 lesions (13.8%). The specificity and sensitivity of SBS technique in predicting the incomplete expansion of stent were 100% and 80.0% respectively. Meanwhile, the minimum stent lumen area (MSA) detected by SBS showed a significant positive correlation with the MSA measured by IVUS ($r=0.95, P<0.001$). **Conclusion** SBS technique is a simple and accurate means to provide important information about the stent positioning and expansion. SBS can be routinely used in PCI for coronary artery ostial lesions; it is especially useful in those medical centers that are not able to carry out IVUS examination. (J Intervent

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2015.08.003

作者单位: 100039 北京 武警部队总医院心内科(张 蛟、魏玉杰、荆丽敏、贾小伟、刘惠亮)、南一科(段媛媛);
武警部队浙江总队机关门诊部内科(徐 瑞)

通信作者: 刘惠亮 E-mail: 15011558161@163.com

Radiol, 2015, 24: 662-667)

【Key words】 stent boost subtract imaging; intravascular ultrasound; coronary ostial lesion; optimization of stent deployment

冠状动脉开口病变一直是经皮冠状动脉介入治疗(PCI)的难点。与非开口病变相比,开口病变介入处理过程更复杂、更危险。支架植入位置不理想使得支架覆盖病变不完全以及支架膨胀不充分,均有可能造成灾难性后果^[1-4]。因此,实现支架精确定位与充分膨胀对改善支架植入效果、治疗开口部位狭窄病变有着重要意义^[5-6]。血管内超声(IVUS)在评价冠状动脉开口斑块特征、管腔大小及真正开口位置方面具有传统冠状动脉造影不可比拟的优势^[7]。目前 IVUS 是评判支架膨胀是否充分的金标准^[8-10]。然而 IVUS 使用昂贵、耗时及操作完成需要经过特殊培训等局限性,使其临床常规应用受到限制^[11];更重要的是,支架释放前 IVUS 无法直接实时指导支架精确定位。支架影像增强显影(stent boost subtract, SBS)是新近发展的一种影像技术,它是在冠状动脉造影基础上,根据动态矫正采集的连续帧图像叠加转化成数字电影,最后得到支架与血管壁增强影像,从而改善支架可视性。本研究旨在以 IVUS 为金标准,评价 SBS 技术在指导冠状动脉开口病变 PCI 治疗中支架定位和膨胀的效果。

1 材料与方法

1.1 临床资料

收集筛选 2012 年 3 月至 2014 年 10 月期间武警部队总医院收治的连续 467 例冠心病患者,最终入选 55 例冠状动脉开口病变患者,均在 SBS 和 IVUS 引导下成功实施 PCI 手术。入选标准:距冠状动脉开口 3 mm 内的原发性冠状动脉粥样硬化病变,如主动脉-冠状动脉开口(左冠状动脉开口和右冠状动脉开口)病变、非主动脉-冠状动脉开口(前降支、回旋支及中间支开口)病变,同时临床检查提示病变需支架植入治疗,且病变不累及近端或远端边支血管。排除标准:任何有违支架植入原则或单纯行球囊扩张未植入支架患者。本研究经武警部队总医院伦理委员会批准,所有入选患者均签署知情同意书。

1.2 手术过程

PCI 术前评估每例患者基线资料、症状特征、病变数量及开口病变特征等。3 名有经验的介入医师操作手术,所有关于手术策略、材料选择等均由术

者决定,但术者并不了解 SBS 和 IVUS 资料收集情况。术中 SBS 和 IVUS 资料收集由 2 名独立观察员离线进行,所有资料评估均须他们一致同意,同时他们并不知晓临床及手术特征。

1.3 SBS 技术

采用 Allura Xper FD 20/10 型数字平板血管造影机(荷兰 Philips 医疗系统公司)动态矫正的 X 线透视显影技术增强冠状动脉支架植入的可视化水平,并监测支架与血管的关系。具体操作步骤:球囊通过导引导管进入冠状动脉开口,球囊的 2 个标记物放在支架两端,先在不注入对比剂情况下空踩曝光 3 s,再注入对比剂曝光 3 s,SBS 将根据动态补偿采集的连续帧图像自动叠加转换成数字电影来显示支架,随后图像自动转入工作站,通过专门软件在术前实时分析支架与冠状动脉开口位置的关系,术后分析支架膨胀与贴壁情况。支架最小直径、支架边缘直径通过分析软件自动获取,同时计算获得对称指数(最小直径/最大直径),每个 SBS 影像可从 2 个垂直体位作出评估。按照椭圆形计算支架管腔最小面积(MSA)。根据支架完全膨胀和精确定位相关标准(表 1)评价 SBS 检查结果。

表 1 支架完全膨胀和精确定位标准

SBS 技术下支架完全膨胀标准^[11-12]

- ①无局部扩张不充分或支架柱凸起,无支架连续性中断的影像学征象;
- ②最小支架直径>参考直径 70%;
- ③最小支架直径>2.0 mm

IVUS 技术下支架完全膨胀标准^[13-14]

- ①裸金属支架(BMS)MSA>6.5 mm²,药物洗脱支架(DES)MSA>5.0 mm²;
- ②MSA>90%远端参考血管面积或>80%平均参考血管面积;
- ③无严重夹层、壁间血肿及靶病变完全覆盖

SBS/IVUS 技术下支架精确定位标准

- ①靠近远端(支架近端边缘距病变开口);
- ②靠近近端(支架近端边缘突出病变开口>1 mm);
- ③精确定位(支架近端边缘在病变开口 1 mm 之内)

注:MSA:支架管腔最小面积

1.4 IVUS 验证

SBS 检查后立即作 IVUS 检查验证。采用 Volcano 血管内超声仪(鹰眼探头,美国 Volcano Therapeutics 公司),按照标准流程对术前术后病变部位进行验证。超声仪导管探头放置于超出病变或支架 5 mm 处,动脉推注 100~200 μg 硝酸甘油后开

始以 0.5 mm/s 速度自动回撤超声导管至病变或支架近端 5 mm 处,同时记录影像数据。至少由一名经验丰富的技师或医师操作 IVUS 检查并对结果作出解释。以支架近端和远端边缘管腔作为参考面积计算 MSA。对称指数定义为最小支架直径/最大支架直径。支架边缘夹层、血肿及支架贴壁不良由经验丰富的操作者肉眼评估。根据支架完全膨胀和精确定位相关标准(表 1)评价 IVUS 验证结果。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件分析所有统计资料。资料连续变量用均数±标准差表示,SBS-MSA 与 IVUS-MSA 之间关系用直线相关回归分析,同时计算 SBS 对支架膨胀评估的灵敏度和特异度。 $P<0.05$ 视为有统计学意义。

2 结果

收集 2012 年 3 月至 2014 年 10 月期间武警部队总医院通过 PCI 治疗的 88 例冠状动脉开口病变患者资料,最终入选 55 例(58 个开口病变接受支架植入,同时完成 SBS 检查和 IVUS 验证)(图 1)。排除原因包括分叉血管受累而植入双支架(9 例)、无法行 IVUS 检查(12 例)、冠状动脉旁路移植术(5 例)、严重手术并发症(1 例)、急性心肌梗死罪犯血管仅作血栓抽吸或球囊扩张(2 例)、SBS 图像质量较差(3 例)、IVUS 图像质量差(1 例)。入选患者基线资料见表 2。

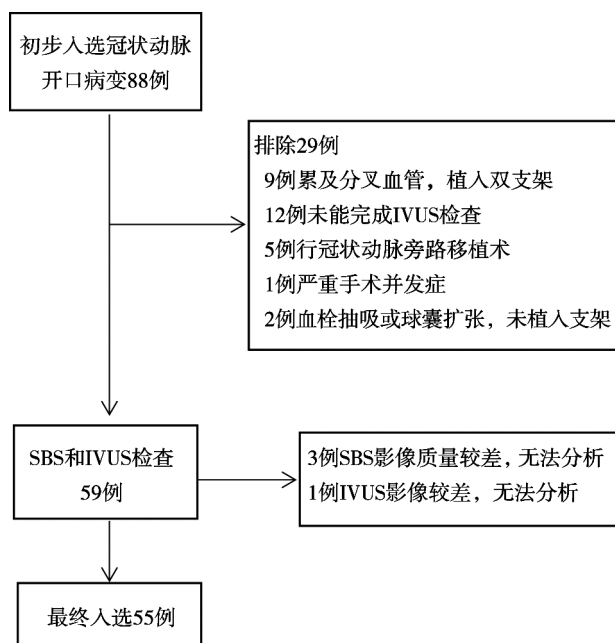


图 1 研究入选流程图

表 2 患者临床基线资料

项目	患者数(n=55)
年龄/岁	65.4±13.9
男性	36(65%)
糖尿病	19(35%)
高血压	39(71%)
高脂血症	45(82%)
吸烟	34(62%)
PCI 史	13(24%)
冠状动脉旁路移植术史	8(15%)
慢性肾功能不全	4(7%)
慢性心力衰竭	9(16%)
ST 段抬高型心肌梗死	3(5%)
非 ST 段抬高型心肌梗死	11(20%)
不稳定型心绞痛	34(62%)
稳定型心绞痛	7(13%)

冠状动脉开口病变特征及支架相关信息见表 3。开口病变大多在前降支,其次是右冠状动脉。37 个病变(64%)属非主动脉-冠状动脉开口病变,21 个病变(36%)属真正的主动脉-冠状动脉开口病变。53 个病变植入单支架,5 个病变串联植入双支架。42 个病变植入药物洗脱支架,16 个病变植入裸支架。平均支架直径为 3.5 mm,长度为 12.9 mm。

表 3 冠状动脉开口病变特征及相关 PCI 资料

项目	病变数(n=58)
冠状动脉开口病变位置	
左主干	8(14%)
右冠状动脉	13(22%)
前降支	37(64%)
回旋支	11(19%)
中间支	2(3%)
介入手术特征	
支架数量/枚	1.2±0.7
裸支架/枚(%)	16(28%)
药物洗脱支架/枚(%)	42(72%)
平均支架长度/mm	6.1±1.3
平均支架直径/mm	3.5±0.5
旋磨	5(9%)

SBS 定量测量 55 例患者 58 个病变 PCI 数据显示,平均参考血管直径为(3.5±0.5) mm,支架最小直径为(2.9±0.8) mm,MSA 为(8.3±1.9) mm² (表 4)。根据 SBS 技术下支架完全膨胀和精确定位标准,8 个病变为支架膨胀不全(表 5)。IVUS 定量验证结果显示 10 个病变为支架膨胀不全,3 个病变为支架膨胀形态不对称。为此,对这些病变进行高压后扩并追加植入第 2 个支架。

SBS 检测到的 MSA 与 IVUS 验证的 MSA 呈明显正相关($r=0.95, P<0.001$)(图 2)。SBS 检测到 8 个病变为支架膨胀不全,SBS 预测支架膨胀不全特异度为 100%,灵敏度为 80%;阳性预测值为 100%,阴

表 4 支架测量数据比较

项目	数值
SBS 测量	
最小支架直径/mm	2.9±0.8
SBS-MSA/mm ²	8.3±1.9
对称指数	0.79±0.8
IVUS 测量	
IVUS-MSA/mm ²	9.1±2.3
对称指数	0.77±0.9

表 5 SBS 与 IVUS 判断支架膨胀的对照

SBS 测量	IVUS 测量	
	膨胀充分	膨胀不充分
膨胀充分	48	2
膨胀不充分	0	8

性预测值为 96%。支架植入术后全部 220 个 IVUS 影像资料分析提示,SBS 能很好地指导支架精确定位。48 个病变(82.8%)的支架定位是精确的,6 个(10.3%)靠近远端,4 个(6.9%)靠近近端。

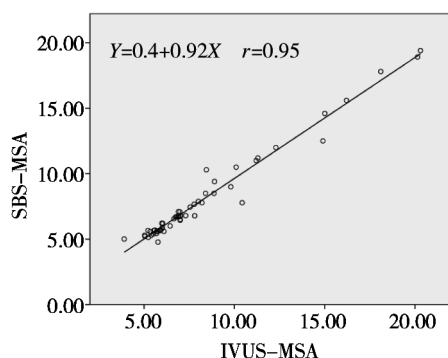


图 2 SBS 测量 MSA 与 IVUS 测量 MSA 呈正相关

3 讨论

本研究结果显示 SBS 检测到的 MSA 与 IVUS 验证的 MSA 呈明显正相关;SBS 预测支架膨胀不全特异度为 100%,灵敏度为 80%;SBS 还能很好地指导支架精确定位。因此,SBS 技术有助于指导 PCI 术治疗冠状动脉开口病变。

冠状动脉开口病变 PCI 手术以其高风险性一直倍受争议^[14]。影像工具在开口病变 PCI 术中占有重要地位。冠状动脉造影在评估管腔内部及植入支架等方面有局限性(尤其在开口病变)。IVUS 在评估管腔大小、斑块成分及并发症方面的能力毋庸置疑,始终是指导开口病变 PCI 术的金标准^[15-18],但 IVUS 需要很长学习曲线,同时会增加手术时间和费用。目前也有一些技术用于指导开口病变 PCI 术,但均存在局限性,有的甚至会带来灾难性后果^[19-22]。无论何种技术,真正用于指导开口病变 PCI 术之前,均有一个很长的学习过程。冠状动脉造影指导开口

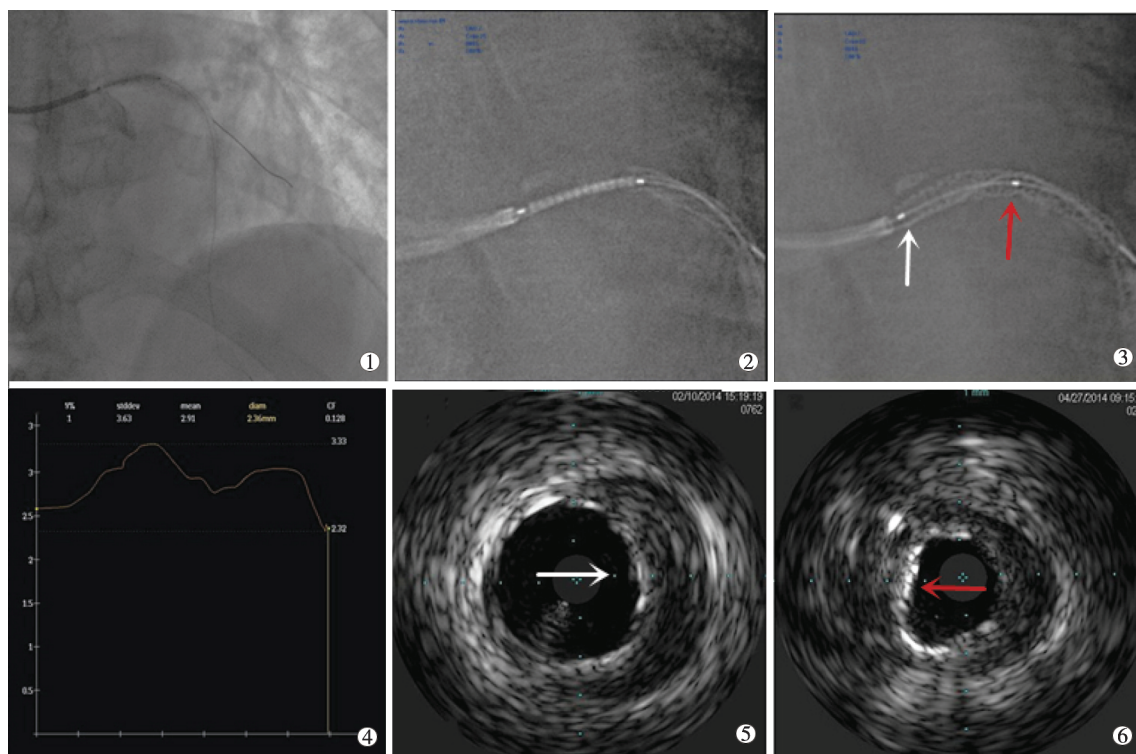
病变 PCI 术是最常见的,但有研究显示其经常会发生支架移位(靠近近端或远端)^[6],尤其是在主动脉-冠状动脉开口病变,导引导管通常会轻微进入靶血管,导致造影不能清晰地显示支架位置(图 3①)。

SBS 技术是新近出现的利用动态矫正的 X 线透视显影技术,可以清晰地显示支架轮廓及支架与血管壁的关系。此外,该技术无需额外增加手术器械,无需特殊培训,当然也不会明显增加射线量和手术时间^[23]。目前该技术在评估支架位置及膨胀方面的能力已得到验证^[24-25]。与冠状动脉造影定量分析(QCA)和 IVUS 相比,SBS 技术可进一步提高对支架膨胀不全的辨别。有研究结果显示这 3 项技术在辨别支架最小直径方面有很好的相关性,尤其是 SBS 技术辨别支架的能力与 IVUS 相关性更高^[26]。也有研究证实 SBS 技术能很好地指导开口病变 PCI 术^[27-28]。本研究旨在进一步验证 SBS 技术指导冠状动脉开口病变 PCI 术的能力,结果显示 SBS 可在手术不同阶段为术者提供重要信息(球囊与支架定位,是否需要后扩),从而简化手术流程;更重要的是这些信息对 PCI 手术过程至关重要。Tanaka 等^[29]研究得出 SBS 技术在评价支架膨胀方面的灵敏度仅为 33%;然而本研究结果却达 80%。入选病变类型不同可能是得出不同结论的重要原因。因为相比较而言,冠状动脉开口病变 PCI 术中支架随心脏跳动的幅度会更小些,从而能获得质量更高的 SBS 影像。

通常情况下,冠状动脉造影无法对开口病变 PCI 术中支架变形及支架不完全膨胀作出正确判断,而 SBS 技术以其优化支架可视性优势可清楚地显示开口病变重要信息。从本组 1 例 SBS 指导冠状动脉开口病变 PCI 术可见,标准 SBS 技术流程或追加对比剂的影像可以清晰显示支架释放前后近端、远端位置及支架不完全膨胀信息(图 3②③④),结果均经由 IVUS 验证(图 3⑤⑥)。

本研究局限性在于单中心研究,样本量相对较小,其结果尚需更大样本量研究加以验证。SBS 技术自身也存在局限:尽管增强了支架图像质量,但在严重钙化病变、支架串联轴段的信噪比减少;无法显示管腔信息;相对增加了患者和术者射线暴露剂量(尽管剂量非常低)。此外,由于伦理问题,本研究无法就入选患者是否行 SBS 技术作随机安排。同时,SBS 技术目前只能应用于 Philips 数字平板血管造影机。

PCI 术治疗冠状动脉开口病变,目前仍具有挑



①冠状动脉造影无法清晰显示支架位置;②SBS 技术能在支架释放前清晰显示支架定位;③支架释放后 SBS 清楚显示支架轮廓,左主干开口病变被完全覆盖(白色箭头),两支架重叠处支架膨胀不完全(红色箭头);④SBS 对支架进行定量检测;⑤IVUS 验证左主干开口病变被完全覆盖(白色箭头);⑥IVUS 验证两支架重叠处支架膨胀不完全(红色箭头)

图 3 SBS 指导冠状动脉左主干开口病变 PCI 手术

战性。影像工具在选择 PCI 手术策略方面的地位举足轻重。SBS 技术操作简单快捷,在支架定位、支架完全膨胀和优化支架贴壁方面兼具优势,可以常规应用于 PCI 治疗冠状动脉开口病变,尤其适用于那些无法开展 IVUS 检查的临床中心。

[参考文献]

- [1] Lemos PA, Hoyer A, Goedhart D, et al. Clinical, angiographic, and procedural predictors of angiographic restenosis after sirolimus-eluting stent implantation in complex patients: an evaluation from the Rapamycin-Eluting Stent Evaluated At Rotterdam Cardiology Hospital (RESEARCH) study[J]. Circulation, 2004, 109: 1366-1370.
- [2] Mavromatis K, Ghazzal Z, Veleard E, et al. Comparison of outcomes of percutaneous coronary intervention of ostial versus nonostial narrowing of the major epicardial coronary arteries[J]. Am J Cardiol, 2004, 94: 583-587.
- [3] Freeman M, Clark DJ, Andrianopoulos N, et al. Outcomes after percutaneous coronary intervention of ostial lesions in the era of drug-eluting stents[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2009, 73: 763-768.
- [4] Hur SH, Kang SJ, Kim YH, et al. Impact of intravascular ultrasound-guided percutaneous coronary intervention on long-term clinical outcomes in a real world population[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2013, 81: 407-416.
- [5] Jokhi P, Curzen N. Percutaneous coronary intervention of ostial lesions[J]. EuroIntervention, 2009, 5: 511-514.
- [6] Dishmon DA, Elhaddi A, Packard K, et al. High incidence of inaccurate stent placement in the treatment of coronary aorto-ostial disease[J]. J Invasive Cardiol, 2011, 23: 322-326.
- [7] Puri R, Kapadia SR, Nicholls SJ, et al. Optimizing outcomes during left main percutaneous coronary intervention with intravascular ultrasound and fractional flow reserve the current state of evidence[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2012, 5: 697-707.
- [8] Sonoda S, Morino Y, Ako J, et al. Impact of final stent dimensions on long-term results following sirolimus-eluting stent implantation: serial intravascular ultrasound analysis from the sirius trial[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 43: 1959-1963.
- [9] Fujii K, Carlier SG, Mintz GS, et al. Stent underexpansion and residual reference segment stenosis are related to stent thrombosis after sirolimus-eluting stent implantation: an intravascular ultrasound study[J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 45: 995-998.
- [10] Cook S, Wenaweser P, Togni M, et al. Incomplete stent apposition and very late stent thrombosis after drug-eluting stent implantation[J]. Circulation, 2007, 115: 2426-2434.
- [11] Orford JL, Lerman A, Holmes DR. Routine intravascular ultrasound guidance of percutaneous coronary intervention: a

- critical reappraisal[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 43: 1335-1342.
- [12] Koolen JJ, van het Veer M, Hanekamp CE. StentBoost image enhancement: first clinical experience[J]. Medicamundi, 2005, 49: 4-8.
- [13] Park SJ, Kim YH, Park DW, et al. Impact of intravascular ultrasound guidance on long-term mortality in stenting for unprotected left main coronary artery stenosis[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2009, 2: 167-177.
- [14] Jakabcin J, Spacek R, Bystron M, et al. Long-term health outcome and mortality evaluation after invasive coronary treatment using drug eluting stents with or without the IVUS guidance. Randomized control trial. HOME DES IVUS[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2010, 75: 578-583.
- [15] Chieffo A, Park SJ, Valgimigli M, et al. Favorable long-term outcome after drug-eluting stent implantation in nonbifurcation lesions that involve unprotected left main coronary artery. A multicenter registry[J]. Circulation, 2007, 116: 158-162.
- [16] Al-Lamee R, Ielasi A, Latib A, et al. Comparison of long-term clinical and angiographic outcomes following implantation of bare metal stents and drug-eluting stents in aorto-ostial lesions[J]. Am J Cardiol, 2011, 108: 1055-1060.
- [17] Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, et al. 2011 ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 58: e44-e122.
- [18] 王敬萍, 李保, 安健, 等. 冠状动脉血管内超声在冠状动脉介入治疗中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2009, 18: 57-59.
- [19] Fischell TA, Saltiel FS, Foster MT, et al. Initial clinical experience using an ostial stent positioning system (Ostial Pro) for the accurate placement of stents in the treatment of coronary aorto-ostial lesions[J]. J Invasive Cardiol, 2009, 21: 53-59.
- [20] Kern MJ, Ouellette D, Frianeza T. A new technique to anchor stents for exact placement in ostial stenoses: the stent tail wire or Szabo technique[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2006, 68: 901-906.
- [21] 莫海亮, 吴铿, 游琼, 等. 前降支开口病变经皮冠状动脉介入治疗两种不同术式的临床结果观察[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2013, 21: 158-161.
- [22] 高展, 杨跃进, 陈纪林, 等. 药物洗脱支架精确定位与贯穿左冠状动脉主干治疗冠状动脉前降支口部病变的对照研究[J]. 中华心血管病杂志, 2008, 36: 113-117.
- [23] Jin Z, Yang S, Jing L, et al. Impact of StentBoost subtract imaging on patient radiation exposure during percutaneous coronary intervention[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2013, 29: 1207-1213.
- [24] Okabe T, Kawamura A, Maekawa Y, et al. Can intravascular ultrasound guidance modify the efficacy of drug-eluting stent over bare-metal stent in an aorto-ostial lesion? [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2011, 12: 105-110.
- [25] Hassan AK, Bergheanu SC, Stijnen T, et al. Late stent malapposition risk is higher after drug-eluting stent compared with baremetal stent implantation and associates with late stent thrombosis [J]. Eur Heart J, 2010, 31: 1172-1180.
- [26] Kang SJ, Mintz GS, Park DW, et al. Mechanisms of in-stent restenosis after drug-eluting stent implantation intravascular ultrasound analysis[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2011, 4: 9-14.
- [27] Agostoni P, Verheye S. Novel self-expanding stent system for enhanced provisional bifurcation stenting: Examination by StentBoost and intravascular ultrasound[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2009, 73: 481-487.
- [28] Agostoni P, Verheye S. Bifurcation stenting with a dedicated biolimus-eluting stent: X-ray visual enhancement of the final angiographic result with "StentBoost Subtract" [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2007, 70: 233-236.
- [29] Tanaka N, Pijls NH, Koolen JJ, et al. Assessment of optimum stent deployment by stent boost imaging: comparison with intravascular ultrasound[J]. Heart Vessels, 2013, 28: 1-6.

(收稿日期:2015-01-13)

(本文编辑:边 皓)