

• 心脏介入 Cardiac intervention •

支架精显技术在冠状动脉支架植入术中的应用

刘伟丽, 廉哲勋, 李大成, 张 岩, 徐美玲, 孟 真, 蔡俊辉, 杨 红,
谭好飞, 李燕超, 付军桦

【摘要】 目的 探讨冠状动脉造影定量分析(QCA)、支架精显(StentViz)和血管内超声(IVUS)在经皮冠状动脉介入术(PCI)中评价支架可视性和膨胀性的应用。**方法** 收集 2016 年 5 月至 2018 年 11 月同时接受 StentViz 和 IVUS 检查的 PCI 患者 30 例。分别在 QCA、StentViz 和 IVUS 图像中对植入的 33 枚支架最小直径、最大直径进行测量,计算支架偏心指数,并进行不同方法间比较分析。对 33 枚支架共 143 幅 StentViz 影像作支架可视性分级评价。**结果** QCA 测量的支架最小直径、最大直径均显著大于 StentViz、IVUS 测量($P<0.05$),支架偏心指数均显著低于 StentViz、IVUS 测量($P<0.05$);StentViz 测量的上述指标与 IVUS 测量比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。StentViz 与 IVUS 测量的支架最小直径相关性($r=0.956$)优于 QCA 与 IVUS 测量的相关性($r=0.776$)。StentViz 测量的支架最小直径与 QCA 测量相比,同 IVUS 测量具有更好的一致性。143 幅 StentViz 图像中支架可视性评价显示,支架显示优 82.1%(评分 4 分),良 15.3%(2~3 分),差 2.6%(0~1 分)。**结论** StentViz 可显著提高冠状动脉内支架可视性,与 QCA 相比在测量支架直径方面同 IVUS 具有更好的相关性和一致性。

【关键词】 冠状动脉造影定量分析; 支架精显技术; 血管内超声; 经皮冠状动脉介入术
中图分类号:541.4 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2020)-07-0659-05

Application of enhanced stent visualization technology in coronary artery stent implantation LIU Weili, LIAN Zhexiong, LI Dacheng, ZHANG Yan, XU Meiling, MENG Zhen, QI Junhui, YANG Hong, TAN Haofei, LI Yanchao, FU Junhua. Interventional Operation Room, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao, Shandong Province 266003, China

Corresponding author: FU Junhua, E-mail: fuyauwangjiayun@163.com

【Abstract】 Objective To discuss the application of quantitative coronary angiography(QCA), enhanced stent visualization technology(StentViz) and intravascular ultrasound(IVUS) in evaluating the visibility and expansibility of stent during the performance of percutaneous coronary intervention(PCI). **Methods** A total of 30 admitted patients, who received both StentViz and IVUS checks during PCI procedure, were enrolled in this study. The minimum diameter and the maximum diameter of the 33 implanted stents were measured on the QCA, StentViz and IVUS images respectively. The eccentricity index of the stent was calculated. The comparative analysis was conducted by using different methods. A total of 143 StentViz images of 33 stents were used to evaluate the visibility rating of the stents. **Results** The minimum stent diameter and maximum stent diameter measured by QCA were significantly higher than those measured by StentViz or by IVUS (both $P<0.05$), while the eccentricity index of the stent measured by QCA was remarkably lower than that measured by StentViz or by IVUS(both $P<0.05$). No statistically significant differences in the minimum stent diameter, maximum stent diameter and stent eccentricity index existed between StentViz mensuration and IVUS mensuration($P>0.05$). The correlation of stent minimum diameter between StentViz mensuration and IVUS mensuration($r=0.956$) was better than that between QCA mensuration and IVUS mensuration($r=0.776$). The StentViz mensuration and IVUS mensuration had better consistency in estimating the stent minimum diameter

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2020.07.004

作者单位: 266003 山东 青岛大学附属医院介入手术室(刘伟丽、张 岩、徐美玲、孟 真、蔡俊辉、杨 红、谭好飞、李燕超、付军桦)、心血管内科(廉哲勋)、PET/CT 中心(李大成)

通信作者: 付军桦 E-mail: fuyauwangjiayun@163.com

when compared with QCA mensuration. The evaluation of stent visualization degree of clarity of 33 stents displayed on the 143 StentViz images showed that excellent visualization was obtained in 82.1% of 33 stents (scoring of 4 points), fine visualization in 15.3% of 33 stents (scoring of 2-3 points) and poor visualization in 2.6% of 33 stents (scoring of 0-1 point). **Conclusion** StentViz can strikingly improve the visualization of stent in the coronary arteries. Compared with QCA mensuration, the StentViz mensuration and IVUS mensuration have better relevance and consistency in estimating the stent diameter. (J Intervent Radiol, 2020, 29: 659-663)

【Key words】 quantitative analysis of coronary angiography; stent visualization technology; intravascular ultrasound; percutaneous coronary intervention

冠状动脉支架问世以来,临床医师在经皮冠状动脉介入术(PCI)中主要通过冠状动脉造影时视觉评估法确定支架定位和支架膨胀情况^[1]。然而,随着药物洗脱支架广泛应用,冠状动脉支架小梁设计得越来越薄,使支架在 X 线下的显影越来越差,不能予以精确显示,给术者带来很大困难^[2]。血管内超声(IVUS)检查能够精确测定血管直径,是目前公认的评估支架植入金标准^[3],但其应用明显增加手术时间、医疗费用及潜在并发症风险,因此未广泛应用于临床。支架精显(StentViz)技术是近年问世的一种增强支架可视性的新技术,能够高质量显示支架和导丝细节,实时评价支架膨胀情况。本研究旨在探讨冠状动脉造影定量分析(QCA)、StentViz 和 IVUS 等 3 种技术在冠状动脉支架植入术中评价支架可视性和膨胀性的应用。

1 材料与方法

1.1 研究对象

收集 2016 年 5 月至 2018 年 11 月就诊于青岛大学附属医院并接受 StentViz 和 IVUS 检查的 PCI 患者 30 例。其中男 20 例,女 10 例,年龄 41~84 (67.2±8.3)岁;共植入支架 33 枚(左冠状动脉主干 3 枚、左冠状动脉前降支 18 枚、左冠状动脉回旋支 5 枚、右冠状动脉 7 枚;5%为 A 型病变,29%为 B 型病变,34%为 B2 型病变,32%为 C 型病变。33 枚支架植入术后血管造影均显示心肌梗死溶栓(TIMI)后血流分级为 3 级。

1.2 冠状动脉造影、StentViz、IVUS 检测

采用 Innova 2100 DSA 系统(美国通用公司)行冠状动脉造影,多体位造影清晰显示狭窄病变。PCI 术后即刻至少在 2 个垂直投照体位行 StentViz 检查,评价支架植入情况,自动边缘检测算法作相关参数检测;具体操作过程:将带有标记点的球囊置于支架内,曝光帧数设置为 30 帧/s,不注入对比剂

空踩曝光 1 s,选取中间一帧图像作为计算蒙片,经 StentViz 技术处理获得 2 幅支架精显影像(一幅支架内可见导丝,一幅去除支架内导丝);StentViz 检测后即行 IVUS 检测,采用 iLabTM 操作系统(美国 Boston 科技公司),导管为 OptiCrossTM (3.0 F,40 MHz),自动回撤速度 0.5 mm/s,图像采集速度 30 帧/s。

1.3 数据检测和处理

分别测量每枚支架在 QCA、StentViz、IVUS 图像上最小直径、最大直径,并计算支架偏心指数,支架偏心指数=(最大支架直径-最小支架直径)/最大支架直径。每项数据均由 2 名医师独立测量同一体位图像并取平均数获取。2 名临床工作 10 年以上心血管介入医师对 33 枚支架共 143 幅 StentViz 影像作图像质量分析。根据支架可视性评分系统主观判断支架可视性^[4];支架小梁结构和导丝精确显示为优,评分为 4 分;支架小梁结构和导丝精确显示为良,评分为 2~3 分;支架小梁结构和导丝精确显示为差,影响术者判断,评分为 0~1 分,最终结果以 2 名医师协商一致为准,见图 1。

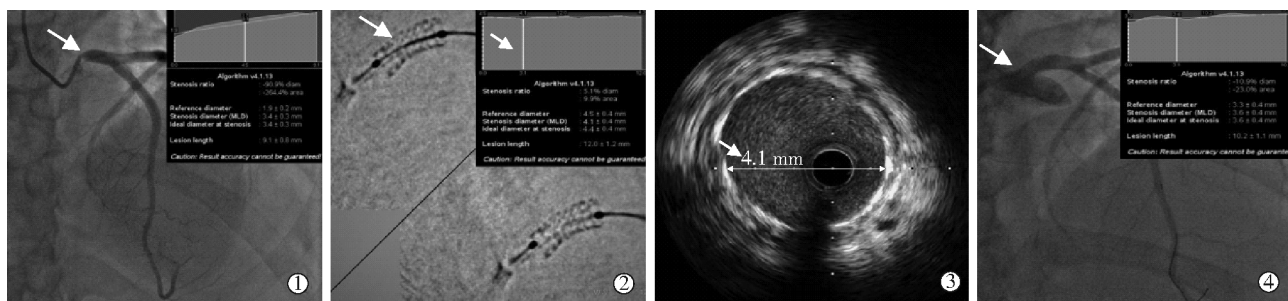
1.4 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。计量数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较用单因素方差分析,组间两两比较用 SNK 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用 Pearson 相关性分析法分析 QCA、StentViz、IVUS 测量的最小支架直径相关性,GraphPad Prism 5.0 软件计算并绘制 Bland-Altman 图,完成 3 种方法一致性分析。

2 结果

2.1 3 种方法定量检测数据

QCA 测量的支架最小直径、最大直径均显著大于 StentViz、IVUS 测量($P < 0.05$),支架偏心指数均显著小于 StentViz、IVUS 测量($P < 0.05$);StentViz 测量的支架最小直径、最大直径、支架偏心指数与 IVUS



①冠状动脉头位造影显示左主干开口部 91%狭窄(箭头);②StentViz 技术精确显示植入的 4.0 mm×12 mm 支架最小直径处(箭头);③IVUS 示支架植入后最小直径处(箭头);④支架植入术后冠状动脉头位造影显示左主干开口部(箭头)

图 1 StentViz 指导冠状动脉左主干开口部支架植入术

测量比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

表 1 支架最小直径、最大直径和支架偏心指数比较 $\bar{x}\pm s$

显像技术	测量支架/枚	最小支架直径/mm	最大支架直径/mm	支架偏心指数
QCA	33	3.03±0.49 ^{a,b}	3.30±0.57 ^{a,b}	0.08±0.03 ^{a,b}
StentViz	33	2.69±0.54	3.17±0.55	0.15±0.04
IVUS	33	2.67±0.53	3.09±0.54	0.14±0.02

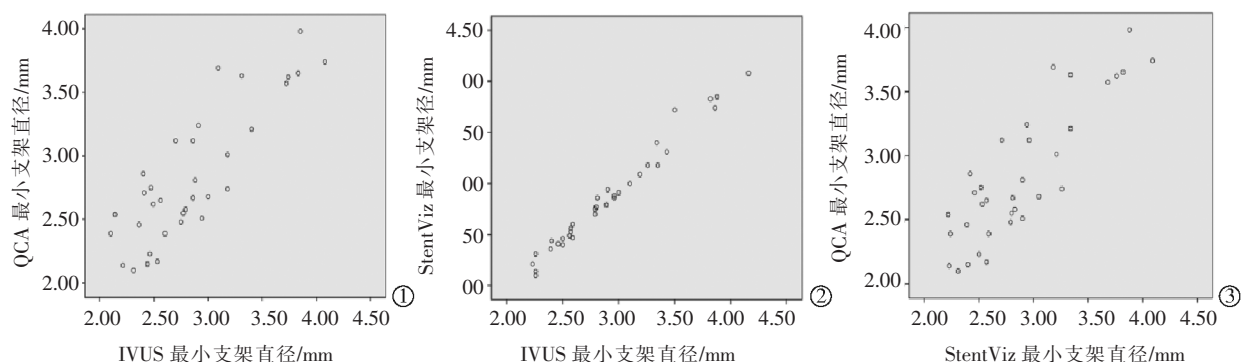
^a 与 StentViz 相比, $P<0.05$; ^b 与 IVUS 相比, $P<0.05$

2.2 3 种方法相关性和一致性分析

QCA 与 IVUS 测量的支架最小直径散点图见图 2①, Pearson 相关性分析显示 $r=0.776, P<0.001$; StentViz 与 IVUS 测量的支架最小直径散点图见图

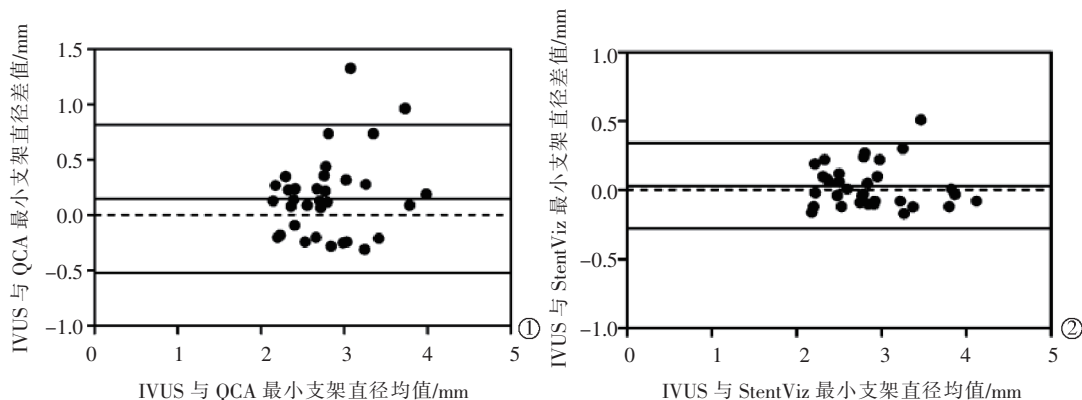
2②, $r=0.956, P<0.001$; QCA 与 StentViz 测量的支架最小直径散点图见图 2③, $r=0.746, P<0.001$ 。StentViz 与 IVUS 测量的支架最小直径相关性, 优于 QCA 与 IVUS 测量的相关性。

QCA 与 IVUS 测量的支架最小直径 Bland-Altman 散点图见图 3①, 偏倚为 0.146, 95% 一致性界限为 -0.527~0.819; StentViz 与 IVUS 测量的支架最小直径 Bland-Altman 散点图见图 3②, 偏倚为 0.032, 95% 一致性界限为 -0.278~0.341; StentViz 测量的支架最小直径与 QCA 测量相比, 同 IVUS 测量具有更好的一致性。



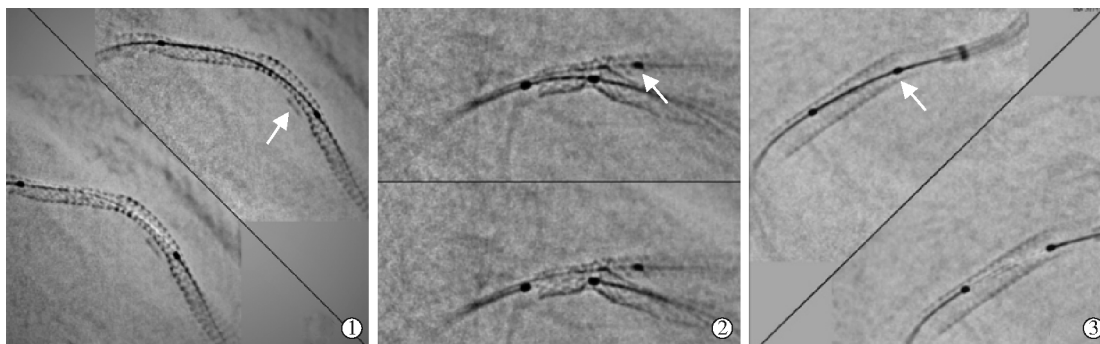
①QCA 与 IVUS 支架最小直径散点图;②StentViz 与 IVUS 支架最小直径散点图;③QCA 与 StentViz 支架最小直径散点图

图 2 3 种方法测量支架最小直径散点图



①QCA 与 IVUS 测量的支架最小直径 Bland-Altman 散点图;②StentViz 与 IVUS 测量的支架最小直径 Bland-Altman 散点图

图 3 支架最小直径 Bland-Altman 散点图



①StentViz 精确显示左前降支串联支架小梁和钙化(箭头);②StentViz 受对角支导丝干扰,造成 DK-Crush 术式中对角支架远端小梁显示良(箭头);③StentViz 受右冠状动脉中后扩球囊与支架线性成角影响,造成右冠状动脉支架小梁显示差(箭头),影响判断

图 4 StentViz 对冠状动脉支架可视性显示

2.3 StentViz 图像质量评价

StentViz 影图像质量分析显示,143 幅图像中支架可视性显示为优 82.1%,评分为 4 分(图 4①);良 15.3%,评分为 2~3 分(图 4②);差 2.6%,影响术者判断,评分为 0~1 分(图 4③)。

3 讨论

已有研究表明,即使在药物洗脱支架时代,支架扩张不全或贴壁不良仍为支架内再狭窄或血栓形成的重要危险因素^[5-6]。心脏介入医师渴望在 X 线透视下精确判断支架定位和支架膨胀情况,然而新型药物洗脱支架厚度越来越薄,材料不透 X 线性弱,传统冠状动脉造影技术不能充分显影支架,易导致支架定位不准确和高估支架扩张情况。IVUS 是一种结合超声技术和导管技术的腔内影像学技术,不仅可反映管腔形态、管壁结构和管壁病变性质,对支架显示也较准确,被公认为评价冠状动脉支架是否膨胀完全、是否贴壁的金标准^[3]。然而由于 IVUS 需要经专业培训的人员操作,专属配置医用耗材费用较高,使得患者医疗成本提高,PCI 手术时间增加,且 IVUS 检查过程中可能会引起相应冠状动脉痉挛和血栓栓塞等并发症^[7-8],目前国内很多医院未广泛应用 IVUS。StentViz 技术是美国通用公司推出、近年发展的可对支架结构及其与周围关系增强显影的介入影像新技术。主要通过对球囊标志点和导丝的双识别矫正 X 线透视显影,一次采集可同时获得一幅带有导丝的支架精显影像和一幅去除导丝伪影的支架精显影像。StentViz 可显著提高冠状动脉支架的可视性,成像快速、简单,不需要再次推注对比剂,且不增加患者费用。报道显示支架精显技术不会明显增加手术时间^[9-10],对患者辐射剂量仅增加 3.7%^[11]。

本研究通过 QCA、StentViz 与 IVUS 对比显示,QCA 测量的支架最小直径、最大直径明显大于 StentViz、IVUS 测量,支架偏心指数明显小于 StentViz 和 IVUS,表明 QCA 过高估计了支架膨胀性。支架偏心指数用于评价支架的标准指标对称性和扩张程度^[12]。支架小梁和支架内不规则,可导致 QCA 测量的支架内直径偏大^[13]。Blasini 等^[14]报道分析 225 例植入支架患者,发现 QCA 测量的支架最小直径比 IVUS 测量平均大 0.4 mm,经高压球囊后扩张,QCA 和 IVUS 测量数值趋于接近,提示单纯依靠 QCA 很难判断支架扩张不全。然而本研究显示,StentViz 测量的支架最小直径、最大直径及支架偏心指数与 IVUS 差异无统计学意义,StentViz 与 IVUS 测量的支架最小直径具良好相关性($r=0.956$, $P<0.001$),且明显优于 QCA 与 IVUS 相关性($r=0.776$, $P<0.001$)。这与 Mishell 等^[15]应用飞利浦支架增强显影技术 StentBoost 与 IVUS 所作分析类似,即 StentBoost 与 IVUS 相关性明显优于 QCA 与 IVUS。本研究 StentViz 与 IVUS 测量的支架最小直径相关性优于 Mishell 等报道($r=0.75$, $P<0.001$)。

对 QCA、StentViz 与 IVUS 测量的支架最小直径 Bland-Altman 一致性分析显示,QCA 与 IVUS 偏倚明显大于 StentViz 与 IVUS(0.146 对 0.032),QCA 与 IVUS 95%一致性界限为 -0.527~0.819,StentViz 与 IVUS 95%一致性界限为 -0.278~0.341,表明 StentViz 测量的支架最小直径与 QCA 相比,同 IVUS 测量的结果具有更好的一致性,可相互替代。Davies 等^[16]报道显示 StentBoost 与 IVUS 也具有较好的一致性,本研究结果与之类似。

StentViz 可明显提高支架的可视性,增强支架小梁精确显示,这有助于指导支架精确定位、支架

扩张和贴壁情况评价。本研究采用主观判断支架可视性评分系统评价 143 幅支架图像,结果 82.1% 支架显示为优,评分 4 分,15.3% 显示为良,评分 2~3 分,2.6% 显示为差,评分 0~1 分,即 97.4% 支架图像可满足临床要求,能为手术医师提供精确的支架影像。本研究中有 4 例串联支架,支架间重叠过长或过短均会增加支架内再狭窄或血栓形成风险,因此支架间重叠部分精确定位对支架可视性要求极高。StentViz 技术可较好地用于指导串联支架植入。

本研究以 IVUS 为金标准,显示 StentViz 测量的支架直径与 IVUS 无显著性差异,两种方法具有较高的相关性和一致性,97.4% StentViz 图像可满足手术医师要求。此外 StentViz 成像快,不明显增加手术时间,不增加患者医疗成本,适合作为 PCI 重要辅助技术,指导是否需行支架内高压球囊后扩张,有望在不具备 IVUS 应用情况下代替 IVUS。关于 StentViz 指导下 PCI 术能否降低支架内再狭窄,提高靶病变重建率,降低主要心脏不良事件发生率,还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] Biscaglia S, Tumscitz C, Tebaldi M, et al. Enhanced stent visualization systems during PCI: a case series and review of literature[J]. J Cardiol Cases, 2015, 12: 1-5.
- [2] 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.
- [3] 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, 46:344-351.
- [4] Wiesinger B, Stutz A, Schmehl J, et al. Comparison of digital flat-panel detector and conventional angiography machines: evaluation of stent detection rates, visibility scores, and dose-area products[J]. AJR Am J Roentgenol, 2012, 198: 946-954.
- [5] 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.
- [6] Pal N, Din J, O'kane P. Contemporary management of stent failure: part one[J]. Interv Cardiol, 2019, 14: 10-16.
- [7] 张蛟,段媛媛,魏玉杰,等. 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[J]. 介入放射学杂志, 2015, 24: 662-667.
- [8] Nicosia A, van der Giessen WJ, Airiian SG, et al. Is intravascular ultrasound after coronary stenting a safe procedure? Three cases of stent damage attributable to ICUS in a tantalum coil stent[J]. Cathet Cardiovasc Diagn, 1997, 40: 265-270.
- [9] Sarno G, Garg S, Gomez-Lara J, et al. Intravascular ultrasound radiofrequency analysis after optimal coronary stenting with initial quantitative coronary angiography guidance: an ATHEROREMO sub-study[J]. EuroIntervention, 2011, 6: 977-984.
- [10] 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.
- [11] Fysal Z, Hyde T, Barnes E, et al. Evaluating stent optimisation technique (StentBoost®) in a dedicated bifurcation stent (the Tryton™) [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2014, 15:92-96.
- [12] Gorge G, Haude M, Ge J, et al. Intravascular ultrasound after low and high inflation pressure coronary artery stent implantation [J]. J Am Coll Cardiol, 1995, 26: 725-730.
- [13] Fitzgerald PJ, Oshima A, Hayase M, et al. Final results of the can routine ultrasound influence stent expansion (CRUISE) study [J]. Circulation, 2000, 102: 523-530.
- [14] Blasini R, Neumann FJ, Schmitt C, et al. Comparison of angiography and intravascular ultrasound for the assessment of lumen size after coronary stent placement: impact of dilation pressures [J]. Cathet Cardiovasc Diagn, 1997, 42: 113-119.
- [15] Mishell JM, Vakharia KT, Ports TA, et al. Determination of adequate coronary stent expansion using StentBoost, a novel fluoroscopic image processing technique[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2007, 69: 84-93.
- [16] Davies AG, Conway D, Reid S, et al. Assessment of coronary stent deployment using computer enhanced X-ray images - validation against intravascular ultrasound and best practice recommendations[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2013, 81: 419-427.

(收稿日期:2019-09-15)

(本文编辑:边 皓)