

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2019.05.021

宝石能谱 CT 评估冠状动脉介入治疗术后支架内成像质量的研究 *

王利良 林 朋 韦 宏 李 涛 李光男[△]

(哈尔滨医科大学附属第四医院 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 目的:探讨宝石能谱 CT 用于冠状动脉支架内成像质量评估的应用价值。**方法:**回顾分析 56 例冠状动脉支架植入后患者,按照支架厚度及直径分成四组。采用宝石能谱 CT 对冠状动脉成像及同时进行冠状动脉造影患者的影像学资料,通过分析宝石能谱 CT 的冠状动脉的成像质量,与冠状动脉造影进行对比,得出宝石能谱 CT 用于冠状动脉介入治疗术后支架内成像质量评估的价值。**结果:**宝石能谱 CT 显示支架内再狭窄的敏感度为 100%,特异度为 98.6%,阴性预测值为 100%。直径 ≥ 3 mm 的支架内成像质量优于直径 <3 mm 的支架。但支架直径和厚度对宝石能谱 CT 支架内成像质量的可评估率没有差异。**结论:**宝石能谱 CT 均能提供优秀的冠状动脉支架内成像质量,采用宝石能谱 CT 替代冠状动脉造影术可对冠脉支架术后支架内影像进行评估。

关键词: 宝石能谱 CT; 冠状动脉介入治疗; 成像质量; 支架厚度; 支架直径

中图分类号: R541.4; R814.42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6273(2019)05-890-04

Evaluation of Gemstone Energy Spectrum Computed Tomography for the In-stent Imaging Quality after Percutaneous Coronary Intervention*

WANG Li-liang, LIN Peng, WEI Hong, LI Tao, LI Guang-nan[△]

(The fourth affiliated hospital of Harbin medical university, Harbin, Heilongjiang, 150001, China)

ABSTRACT Objective: To explore the application value of gemstone energy spectrum CT for evaluating the quality of coronary stent imaging. **Methods:** The imaging data of 56 patients after coronary artery stent implantation were retrospectively analyzed. The study group was divided into four groups according to the thickness and diameter of the stent. By analyzing the imaging quality of coronary artery with gemstone energy spectrum CT and comparing with coronary angiography, the value of gemstone energy spectrum CT in evaluating the quality of in-stent imaging after percutaneous coronary intervention. **Results:** The sensitivity, specificity and negative predictive value of in-stent restenosis of gemstone energy spectrum CT were 100%, 98.6% and 100%, respectively. IQ score for stent diameter ≥ 3 mm was significantly higher than that for stent diameter <3 mm for stents with both thick struts and thin struts. However, there is no difference in the evaluation rate of in-stent imaging quality between the diameter and thickness of the stent. **Conclusion:** Gemstone energy spectrum CT can provide excellent in-stent imaging quality. Gemstone energy spectrum CT can be used to evaluate in-stent imaging after coronary stenting instead of coronary angiography.

Key words: Gemstone Energy Spectrum CT; Coronary interventional therapy; Imaging quality; Stent thickness; Stent diameter

Chinese Library Classification(CLC): R541.4; R814.42 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2019)05-890-04

前言

目前,非侵入性的冠状动脉 CT 血管成像(Coronary CT angiography, CCTA)可用于冠状动脉支架术后评估^[1],采用 320 排 CT 发现冠状动脉介入治疗术后支架内再狭窄(In-stent restenosis, ISR)的敏感性为 90%,特异性为 96%^[2]。然而,CCTA 时的射束硬化、部分容积效应、运动伪影、几何效应对成像影响很大,支架直径 <3 mm 的近似无法评估,导致评估支架内成像困难^[3]。侵入性的冠状动脉造影是最可靠的评价支架的方法,缺点是手术的有创性和高额费用。因此,需要更佳的 CT 血管成像

设备来评估冠脉支架内成像质量。

Discovery CT 750HD 是采用全新宝石探测器的高清 CT (HDCT)设备,拥有一系列独特的技术,使其具有低剂量高清成像、能谱成像和动态 500 排成像特点,实现了全身 0.23 mm 的极限空间分辨率和类 MRI 的软组织低密度分辨率,宝石能谱 CT 能够有效抑制金属硬化伪影清晰显示 3 mm 以下冠状动脉支架内部的结构,显著抑制金属硬化伪影的干扰,为心脏能量成像、斑块性质的鉴别及金属伪影的消除提供了全新有效的手段^[4]。因此,本研究采用宝石能谱 CT 评估支架内成像质量,并探讨了其应用价值,结果如下。

* 基金项目:黑龙江省卫生和计划生育委员会科研项目(2014-376);国家自然科学基金项目(81671746)

作者简介:王利良(1977-),男,医学学士,研究方向:冠心病治疗,E-mail: -hljwl2006@163.com

[△] 通讯作者:李光男,硕士,主治医师,主要研究方向:冠心病介入治疗,E-mail: liguangnan@hrbmu.edu.cn

(收稿日期:2018-11-06 接受日期:2018-11-28)

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择既往已经接受冠脉支架治疗至少一个月的患者行宝石能谱 CTA 检查,发现异常再次进行冠状动脉造影的患者,分析从 2016 年 1 月至 2017 年 12 月住院的 56 例患者的 98 处支架。其中,男性 31 例,女性 24 例,年龄 42-76 岁。厚壁支架定义为支架壁厚 $\geq 140\ \mu\text{m}$,CYPHER 支架;薄壁支架厚度 $<140\ \mu\text{m}$,FIREBIRD 支架。进行 HDCT 的排除标准:慢性肾病(肾小球滤过率 $<50\ \text{mL/min/1.73 m}^2$);对比剂过敏;房颤或者其他不规则的心律;不能配合屏住呼吸或者其他无法进行 CTA 检查的患者。本研究被医院伦理委员会批准。

1.2 仪器与方法

采用 GE 公司 Discovery CT 750HD,心率 ≥ 70 次/分的病人口服普萘洛尔 10-20 mg。检查前过度紧张或者焦虑的病人口服地西泮片 2.5-5 mg。对比剂以 3-5 mL/s 弹丸式注射至右侧肘前静脉,对比剂总量根据体重、扫描时间和心率($21\ \text{mg I}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)。先采用 12 mL 对比剂进行弹丸式预注射,再以注射生理盐水 20 mL,确认包括升主动脉在内的检查区域。对比剂到达升主动脉后开始扫描大约 3 秒,从气管叉至膈面,参数:准直器宽度 $64\times 0.625\ \text{mm}$,机架转速 350 ms,管球电压 100-120 kV。将原始数据在心动周期 75%相位上进行横断面图像重组,并传入 GE Health Care AW4.5 工作站,进行横断面的多层面重建(Multiplanar reconstruction,MPR)和曲面重建(Curved-planar reconstruction,CPR)及冠状动脉树血管分析,用于图像质量及诊断评价。

1.3 CCTA 图像评价

图像质量评分由两名专业技术人员进行评估。冠状动脉 CTA 的图像质量(IQ)被可视化分成五个等级:(1)优(支架和支架内流明可以区分,无需改动);(2)良(支架和支架内流明清晰,几乎不需要修饰);(3)适中(支架和支架内流明部分清晰,需要适当的修饰);(4)欠佳(支架和支架内流明模糊,需要大量的人为修饰,只有部分能用于评估);(5)差(没有评估价值)。评分 1-3 分定义为可用于评估,评分 4-5 分则没有诊断价值,不能用于评估。

重建的 CCTA 支架段分成如下 4 个等级,1 级:没有或者只有轻微的新生血管内膜增生;2 级:有轻度的新生血管内膜增生,但没有显著的狭窄($<50\%$ 狭窄);3 级:有中等程度的新生血管内膜增生并存在明显的狭窄($\geq 50\%$ 狭窄);4 级:新生内膜增生严重导致重度狭窄或者完全堵塞($\geq 75\%$ 狭窄或者闭塞)。3 级和 4 级被认定为支架内再狭窄(ISR)。

1.4 冠状动脉造影术

侵入性冠状动脉造影术(Invasive coronary angiography,I-CA)按照标准程序进行,至少获得 4-6 个不同角度的图像来评估每个主要血管和主要分支,由两名专业技术人员进行评估,节段按照管腔直径狭窄百分比(%DS)分成四个等级。在冠状动脉造影术中支架节段管腔直径狭窄百分比 $\geq 50\%$ 定义为支架内再狭窄。CCTA 诊断支架内再狭窄的诊断是与冠状动脉造影术结果相比较得出的。

1.5 统计学处理

应用 SPSS 16.0 统计学软件对本研究的数据进行分析,计

量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用 t 检验;计数资料以百分比表示并应用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。ISR 敏感度、特异度、阳性预测值及阴性预测值。其计算公式分别为:敏感度=真阳性/(真阳性+假阴性);特异度=真阴性/(真阴性+假阳性);阳性预测值=真阳性/(真阳性+假阳性),阴性预测值=真阴性/(真阴性+假阳性)。

2 结果

2.1 宝石能谱 CT 冠状动脉成像及冠状动脉造影检查的结果

总计 98 枚支架采用 HDCT 评估(平均每个患者 1.75 枚支架),43 枚在左冠状动脉前降支,35 枚在右冠状动脉,20 枚在左回旋支。98 枚支架均是药物洗脱支架,包括 52 枚厚壁支架,平均直径和平均长度分别为 $2.99\pm 0.33\ \text{mm}$ 和 $20.93\pm 5.50\ \text{mm}$,43 枚支架(43.88%)直径小于 3.0 mm。

2.2 宝石能谱 CT 对 ISR 成像质量的准确性

98 枚支架中,7 枚(7.14%)因为 IQ 差不能用于评估,IQ 值为 4 和 5。其余 91 枚支架中,有 12 枚诊断为 ISR,IQ 在 1-3 分。12 枚通过 ICA 诊断为 ISR (1 枚位于断裂部位,11 枚是单纯的 ISR)。79 枚支架经过 ICA 未见 ISA。在可以评估的支架中,HDCT 支架内 ISR 的可评估率约为 93%,敏感度为 100%,特异度为 98.6%,阳性预测值为 91.67%,阴性预测值为 100%。

2.3 宝石能谱 CT 对支架成像质量的评估

所有的支架区分为直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 的厚壁支架、直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 的薄壁支架、直径 $<3\ \text{mm}$ 的厚壁支架、直径 $<3\ \text{mm}$ 的薄壁支架。厚壁支架的厚度为 $\geq 140\ \mu\text{m}$ 。并且根据不同支架壁厚度和直径进行组间 IQ 评分的比较(表 1 和表 2)。按照支架直径比较,厚壁直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 的支架内 IQ 值比厚壁直径 $<3\ \text{mm}$ 的 IQ 值明显升高(平均 IQ: 2.03 ± 1.03 vs. 2.70 ± 0.86 , $P<0.05$);薄壁直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 的支架内 IQ 值比薄壁直径 $<3\ \text{mm}$ 的 IQ 值明显升高(平均 IQ: 1.85 ± 0.82 vs. 2.62 ± 0.97 , $P<0.05$)。按照支架壁厚度比较,直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 的厚壁支架内 IQ 值与直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 的薄壁支架内 IQ 值之间没有显著差异(平均 IQ: 2.03 ± 1.03 vs. 1.85 ± 0.82 , $P>0.05$);直径 $<3\ \text{mm}$ 的厚壁支架内 IQ 值比直径 $<3\ \text{mm}$ 的薄壁支架内 IQ 值之间没有显著差异(平均 IQ: 2.70 ± 0.86 vs. 2.62 ± 0.97 , $P>0.05$)。

计算得出支架成像质量 IQ=1-3 分的可评估率,厚壁直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 的支架、厚壁直径 $<3\ \text{mm}$ 、薄壁直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 、薄壁直径 $<3\ \text{mm}$ 的可评估率依次是 93.1%、91.3%、96.2%和 90%,分析发现按照直径和厚度分成的四组在 IQ 可评估率上没有差别($P=0.871$)。即便不考虑支架壁厚度,按照直径 $\geq 3\ \text{mm}$ 和 $<3\ \text{mm}$ 进行比较,IQ 可评估率也没有显著差别($P=0.364$)。

3 讨论

随着医学影像技术的快速发展,冠脉动脉 CTA 技术凭借其无创性和先进性已经广泛应用于冠状动脉狭窄的评估,其能够提供较高质量的冠状动脉狭窄、肌桥、支架和桥血管的图像^[9]。本研究采用宝石能谱 CT 评估潜在 ISR 的有症状和无症状病人,只有 7 枚支架(7.14%)无法用于评估。以前的研究证实多排 CT 能有有效的评估冠状动脉内狭窄,敏感性(59-100%)、特异性(74-96%)、阳性(77-79%)预测价值、阴性预测价值(95-100%)

和准确度(71-94%)均很高^[26],但其对支架直径 3 mm 以下的冠脉支架内部结构显示不清。而宝石能谱 CT 能够有效抑制金属硬化伪影的干扰,清晰显示直径 3 mm 以下冠状动脉支架内部的结构,使以往 CT 很难显示的支架内软斑块所致的再狭窄的

检出率得到明显提高,能够较准确地反映患者冠状动脉支架内腔情况,不仅图像清晰,而且诊断准确率较高,具有较高的应用价值^[78]。

表 1 不同类型支架内成像质量(IQ)积分分布表

Table 1 Distribution of the Image Quality Score

IQ score	≥ 3 mm thick strut stent	<3 mm thick strut stent	≥ 3 mm thin strut stent	<3 mm thin strut stent
	(n=29)	(n=23)	(n=26)	(n=20)
1	11	2	10	3
2	9	6	11	5
3	7	13	4	10
4	1	1	1	1
5	1	1	0	1

表 2 不同类型支架内成像质量(IQ)积分比较

Table 2 Comparisons of the Image Quality Score between different types of strut stent

		P value
≥ 3 mm thick strut stent	<3 mm thick strut stent	0.041
≥ 3 mm thin strut stent	<3 mm thin strut stent	0.034
≥ 3 mm thick strut stent	≥ 3 mm thin strut stent	0.824
<3 mm thick strut stent	<3 mm thin strut stent	0.974

*Fisher test.

与传统 ICA 相比,宝石能谱 CT 具有经济性和无创性的优势。尤其是疑似冠心病的情况下,CCTA 表现出非常高的经济性,即便是 CCTA 检查后再进行 ICA,也能体现其经济性^[9]。宝石能谱 CT 心脏扫描成像的辐射剂量比传统的 64 排螺旋 CT 扫描降低了 90%,心脏成像剂量仅为 0.8-3 mSv,平均剂量 1.8 mSv^[10]。甚至可以对先天性心脏病的儿童进行心肌增强扫描,同时降低辐射损伤和造影剂肾病的潜在风险^[11]。由于采用 β 受体阻滞剂和 / 或镇静剂来获取最佳心率,84% 的患者在一次心动周期内完成检查。既往许多研究采用非螺旋模式时把心率的控制在 ≤ 60 次 / 分,虽然对成像的质量有所帮助,却增加了螺旋模式的比例和平均放射量^[12]。本研究将非螺旋模式的心率控制在 ≤ 70 次 / 分,不但减少了对比剂的剂量、屏气持续时间、伪影,并且减少了辐射剂量,显著提高了心脏冠脉血管成像的安全性,为实现冠心病高危人群的常规筛查、体检及早期诊断提供了可能^[13]。

CYPHER 支架和 FIREBIRD 支架是国内曾使用最广泛的西罗莫司洗脱支架。研究表明 CYPHER 支架和 FIREBIRD 支架在支架内血栓形成、全因死亡、心肌梗死、全因死亡和心肌梗死复合终点、靶病变血运重建、靶血管血运重建和主要心脏不良事件方面没有明显差异,安全性和有效性均相当^[14,15]。以往的研究探讨支架直径对 IQ 的影响较多,而对支架壁厚度与 IQ 关系的研究甚少。有研究以支架壁厚度 $\geq 140 \mu\text{m}$ 为厚壁支架,但随着支架工艺的提高,目前绝大多数的支架的厚度多为 80-100 μm ,如 FIREBIRD 支架壁厚为 86 μm 。因此,本研究将厚壁支架的厚度定义为 $\geq 140 \mu\text{m}$ 。支架壁厚 $\geq 140 \mu\text{m}$ 的支架有 Multi-Link Zeta(150 μm)、CYPHER(140 μm)二种。最近报道称 CYPHER 支架内管腔发生晚期追赶现象或新发动脉硬化^[16],

导致支架贴壁不良和内膜化不全,不完全内膜化会出现药物洗脱支架晚期血栓形成^[17,18]。尽管 CYPHER 支架已经不再销售,但有大量病人曾经植入过该支架,目前仍有很多研究在继续对 CYPHER 支架进行观察^[19,20]。

本研究可能受以下因素的影响。首先,由高密度材料如金或钛制成的支架壁厚度为 100-140 μm ,可能由于射线束硬化而导致不良的图像质量^[21]。本研究没有采用金或钛制成的支架,发现支架内 IQ 与支架壁厚度之间没有相关性。ICA 目前还不能作为冠脉支架术后随访的常规方法,血管内超声或者 OCT 能够提供更加准确的管腔直径或其他特征^[22,23]。宝石能谱 CT 在很长一段时间内仍用于评估冠脉管腔变化。

本研究的局限性首先是入选的支架都是药物洗脱支架,没有记录和分析支架重叠及分叉等复杂情况,由于诸如此类的更复杂的过程可能导致更强的伪影,评估支架内腔可能变得具有挑战性^[24]。其次,放射剂量相对较高。对于心率 ≤ 70 次 / 分的患者采用非螺旋模式,接受的放射量非常少。而采用药物干预后,心率仍 >70 次 / 分的患者采用螺旋模式,需要进行多个心动周期进行放射来提高数据质量,因此接受较多的放射照射。由于放射与肿瘤的长期风险相关,减少放射量是非常重要的^[25]。再次,该研究没有分析两个品牌支架结构的差异,冠状动脉支架断裂已被确定为 ISR 的危险因素之一,药物洗脱支架患者晚期血栓形成的诊断率约为 3 %^[26]。尸检中发现支架断裂者占 29 %^[27]。本研究是一项单中心研究,样本相对较小,如果把不可评估的支架也算在内,那么总体的敏感度和特异性将明显减低。因此,本结果存在部分局限性,尚需要更大的前瞻性和随机对照试验来明确宝石能谱 CT 在冠状动脉支架内成像质量中的评估和诊断价值^[28-30]。

综上所述,宝石能谱 CT 可显著提高冠状动脉支架成像质量,对支架内成像质量的评估有着高敏感性、特异性和阴性预测价值。无论支架壁厚度和支架直径差异,宝石能谱 CT 均能提供优秀的冠状动脉支架内成像质量。因此,可以采用宝石能谱 CT 替代冠状动脉造影术对冠脉支架术后支架内影像进行评估。

参考文献(References)

- [1] 中华医学会放射学分会心胸学组.心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用中国指南[J].中华放射学杂志, 2017, 51(10): 732-743
- [2] Wan YL, Tsay PK, Chen CC, et al. Coronary in-stent restenosis: predisposing clinical and stent-related factors, diagnostic performance and analyses of inaccuracies in 320-row computed tomography angiography [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2016, Jun; 32 Suppl 1: 105-115
- [3] De Graaf FR, Schuijf JD, van Velzen JE, et al. Diagnostic accuracy of 320-row multidetector computed tomography coronary angiography to noninvasively assess in-stent restenosis [J]. Invest Radiol, 2010, 45 (6): 331-340
- [4] 杨智超, 王晓云, 王立峰, 等. 宝石能谱 CT 的功能特点及心血管检查的临床应用 [J]. 现代生物医学进展, 2015, (13): 2543-2547
- [5] 关长旭, 宋瑞娟, 刘智君, 等. 宝石能谱 CT 冠状动脉成像对心肌桥 - 壁冠状动脉的诊断价值 [J]. 实用医学影像杂志, 2016, 17(5): 433-436
- [6] 宋淮, 周立强, 徐开鹏. 宝石能谱 CT 对冠心病患者冠状动脉成像的研究[J]. 南昌大学学报(医学版), 2013, (07): 49-51, 69
- [7] 沈松鹤, 赵森, 朱鸢翔, 等. 宝石能谱 CT 心脏高清与非高清扫描方式对冠状动脉支架显示清晰度的影响 [J]. 医学影像学杂志, 2018, (09): 1452-1456
- [8] Fang J, Zhang D, Wilcox C, et al. Metal implants on CT: comparison of iterative reconstruction algorithms for reduction of metal artifacts with single energy and spectral CT scanning in a phantom model [J]. Abdom Radiol (NY), 2017, 42(3): 742-748
- [9] Westwood M, Al M, Burgers L, et al. A systematic review and economic evaluation of new-generation computed tomography scanners for imaging in coronary artery disease and congenital heart disease: Somatom Definition Flash, Aquilion ONE, Brilliance iCT and Discovery CT750 HD[J]. Health Technol Assess, 2013, 17(9): 1-243
- [10] 陈奕男, 秦将均, 覃群, 等. 宝石能谱 CT 冠脉成像在隐匿型冠心病冠状动脉粥样斑块性质判断中的价值 [J]. 现代生物医学进展, 2016, (11): 2159-2161
- [11] Liu Z, Song L, Yu T, et al. Application of low dose radiation and low concentration contrast media in enhanced CT scans in children with congenital heart disease [J]. Int J Clin Pract, 2016, 70 Suppl 9B: B22-8
- [12] Takuma Tsuda, Hideki Ishii, Satoshi Ichimiya, et al. Assessment of In-Stent Restenosis Using High-Definition Computed Tomography With a New Gemstone Detector [J]. Circ J, 2015, 79(7): 1542-1548
- [13] 李杰生, 黄洲, 符平仲, 等. 宝石能谱 CT 冠状动脉成像用于体检的意义评价[J]. 中国医学创新, 2018, (18): 70-74
- [14] 窦克非, 尹栋, 吴元, 等. 成功置入 FIREBIRD 支架和 CYPHER 支架远期临床疗效比较: 单中心注册研究分析结果 [J]. 中国循环杂志, 2012, 27(2): 99-102
- [15] Yu M, Zhou YJ, Wang ZJ, et al. A comparison of clinical outcomes of Chinese sirolimus-eluting stents versus foreign sirolimus-eluting stents for the treatment of coronary artery disease [J]. Neth Heart J, 2011, 19(10): 418-422
- [16] Iijima R, Araki T, Nagashima Y, et al. Incidence and predictors of the late catch-up phenomenon after drug-eluting stent implantation [J]. Int J Cardiol, 2013, 168(3): 2588-2592
- [17] Yamanaga K, Tsujita K, Shimomura H, et al. Serial intravascular ultrasound assessment of very late stent thrombosis after sirolimus-eluting stent placement [J]. J Cardiol, 2014, 64(4): 279-284
- [18] Franzone A, Zaugg S, Piccolo R, et al. A randomized multicenter trial comparing the XIENCE everolimus eluting stent with the CYPHER sirolimus eluting stent in the treatment of female patients with de novo coronary artery lesions: The SPIRIT WOMEN study [J]. PLoS One, 2017, 12(8): e0182632
- [19] Hyogo M, Sawada T, Shiraishi J, et al. Nine-year follow-up of progressive peri-stent contrast staining after Cypher sirolimus-eluting stent implantation: a case report [J]. Cardiovasc Interv Ther, 2017, 32 (3): 279-286
- [20] Ten Haaf M, Appelman Y, Wijns W, et al. Frequency of Stent Thrombosis Risk at 5 Years in Women Versus Men with Zotarolimus-Eluting Compared with Sirolimus-Eluting Stent [J]. Am J Cardiol, 2016, 118(8): 1178-1186
- [21] Scholtz JE, Hedgire S, Ghoshhajra BB. Technical Aspects, Interpretation, and Body of Evidence for Coronary Computed Tomography Angiography [J]. Radiol Clin North Am, 2019, 57(1): 13-23
- [22] Trabattoni D, Fabbicchi F, Andreini D, et al. Huge positive remodeling and incomplete stent apposition late after Cypher stent implantation: angiography and optical coherence tomography comparison with a Xience V stent in the same patient [J]. Minerva Cardioangiol, 2016, 64(4): 497-498
- [23] Maehara A, Matsumura M, Ali ZA, et al. IVUS-Guided Versus OCT-Guided Coronary Stent Implantation: A Critical Appraisal [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2017, 10(12): 1487-1503
- [24] Ropp A, Lin CT, White CS. Coronary computed tomography angiography for the assessment of acute chest pain in the emergency department: evidence, guidelines, and tips for implementation [J]. J Thorac Imaging, 2015, 30(3): 169-175
- [25] Miglioretti DL, Lange J, van den Broek JJ, et al. Radiation-Induced Breast Cancer Incidence and Mortality From Digital Mammography Screening: A Modeling Study [J]. Ann Intern Med, 2016, 164 (4): 205-214
- [26] Aoki J, Nakazawa G, Tanabe K, et al. Incidence and clinical impact of coronary stent fracture after sirolimus-eluting stent implantation [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2007, 69(3): 380-386
- [27] Nakazawa G, Finn AV, Vorpahl M, et al. Incidence and predictors of drug-eluting stent fracture in human coronary artery a pathologic analysis [J]. J Am Coll Cardiol, 2009, 54(21): 1924-1931
- [28] Tesche C, De Cecco CN, Vliegenthart R, et al. Coronary CT angiography-derived quantitative markers for predicting in-stent restenosis [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2016, 10(5): 377-383
- [29] Amanuma M, Kondo T, Sano T, et al. Assessment of coronary in-stent restenosis: value of subtraction coronary computed tomography angiography [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2016, 32(4): 661-670
- [30] Hasegawa A, Lee Y, Takeuchi Y, et al. Automated Classification of Calcification and Stent on Computed Tomography Coronary Angiography Using Deep Learning [J]. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi, 2018, 74(10): 1138-1143