

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2021.15.018

冠状动脉血管内超声对冠心病患者冠状动脉病变的诊断 及冠脉支架置入术的指导价值分析*

刘彦波¹ 王欢² 方志荣¹ 沈雅庭¹ 刘丽丽¹

(1 东部战区海军医院心血管内科 浙江 舟山 316000; 2 空军军医大学西京医院心血管内科 陕西 西安 710032)

摘要 目的:探讨冠状动脉血管内超声(IVUS)对冠心病(CHD)患者冠状动脉病变的诊断及冠脉支架置入术(PCI)的指导价值。**方法:**选择2017年1月至2019年1月我院收治的200例CHD患者,其中急性冠脉综合征(ACS)115例,慢性心肌缺血综合征(CIS)85例;经冠脉造影证实单支病变患者62例(单支组),双支病变患者81例(双支组),三支及以上病变患者57例(多支组)。比较不同冠脉病变支数、病变程度CHD患者斑块性质、管腔面积、外弹力膜面积、斑块面积、斑块负荷、狭窄率。随机将115例ACS患者分为观察组(58例)和对照组(57例),比较两组PCI手术支架置入率、达标率以及手术前后管腔面积、斑块面积、斑块负荷、狭窄率。PCI术后随访12个月,比较两组术后再狭窄和主要不良心脏事件(MACE)发生情况。**结果:**200例患者共检出415块斑块,ACS组颈动脉斑块性质以低回声斑居多,CIS组以等、高回声斑居多($P<0.05$),ACS组管腔面积小于CIS组,斑块面积、斑块负荷、狭窄率高于CIS组($P<0.05$)。多支组斑块性质以低回声斑居多,双支组以等回声斑居多,单支组以高回声斑居多($P<0.05$)。管腔面积随着冠脉病变支数的增加而降低,斑块面积、斑块负荷、狭窄率随着冠脉病变支数的增加而升高($P<0.05$)。观察组支架置入率、达标率、术后管腔面积高于对照组,斑块面积、斑块负荷、狭窄率低于对照组($P<0.05$)。观察组PCI术后12个月再狭窄率、MACE发生率低于对照组($P<0.05$)。**结论:**冠状动脉IVUS可较为准确地评估冠脉病变程度,相较于传统的冠状动脉造影,基于冠状动脉IVUS指导PCI手术可提高手术效果。

关键词:冠状动脉;血管内超声;冠心病;急性冠脉综合征;冠脉支架置入术

中图分类号:R541.4;R445.1 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2021)15-2888-05

Analysis of Diagnostic Value of the Intravascular Ultrasound in the Diagnosis of Coronary Artery Disease and Guiding Value of Stent Implantation in Patients with Coronary Heart Disease*

LIU Yan-bo¹, WANG Huan², FANG Zhi-rong¹, SHEN Ya-ting¹, LIU Li-li¹

(1 Department of Internal Medicine-Cardiovascular, Eastern Theater Naval Hospital, Zhoushan, Zhejiang, 316000, China;

2 Department of Internal Medicine-Cardiovascular, Xijing Hospital of Air Force Military Medical University,
Xi'an, Shaanxi, 710032, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the diagnostic value of intravascular ultrasound (IVUS) in coronary artery disease (CHD) patients and the guiding value of PCI. **Methods:** 200 CHD patients admitted to our hospital from January 2017 to January 2019 were selected. There were 115 cases of acute coronary syndrome (ACS) and 85 cases of chronic myocardial ischemia syndrome (CIS). 62 patients with single-vessel lesion (single-vessel group), 81 patients with double-vessel lesion (double-vessel group), and 57 patients with three-vessel lesion or more (multiple-vessel group) confirmed by coronary angiography. The differences of plaque nature, lumen area, outer elastic membrane area, plaque area, plaque load and stenosis rate were compared among CHD patients with different number of coronary artery lesions and lesion degree. 115 ACS patients were randomly divided into observation group (58 cases) and control group (57 cases). The stent placement rate, compliance rate, and the changes and differences in lumen area, plaque area, plaque load, stenosis rate before and after PCI were compared between the two groups. All patients were followed up for 12 months, postoperative restenosis and major adverse cardiac events (MACE) were compared between the two groups. **Results:** A total of 415 plaques were detected in 200 patients. In ACS group, hypoechoic plaques were the most common, while isoechoic plaques and hyperechoic plaques were more common in CIS group ($P<0.05$). The lumen area of ACS group was smaller than that of CIS group, and the plaque area, plaque load and stenosis rate were higher than that of CIS group ($P<0.05$). In the multi vessel group, hypoechoic plaques were more common, isoechoic plaques were more common in the double vessel group, and hyperechoic plaques in the single vessel group ($P<0.05$). The lumen area decreased with the increase of the number of coronary lesions, while the plaque area, plaque load and stenosis rate increased with the increase of the

* 基金项目:浙江省医药卫生科技计划项目(2016KY4015)

作者简介:刘彦波(1975-),男,硕士,主治医师,研究方向:心血管疾病, E-mail: bykg126@126.com

(收稿日期:2021-02-05 接受日期:2021-02-28)

number of coronary lesions ($P < 0.05$). The stent implantation rate, compliance rate and lumen area in the observation group were higher than those in the control group, while the plaque area, plaque load and stenosis rate were lower than those in the control group ($P < 0.05$). The restenosis rate and MACE incidence in the observation group were lower than those in the control group 12 months after PCI ($P < 0.05$).

Conclusion: Compared with the traditional coronary angiography, coronary IVUS has a high value in the assessment of the degree of coronary artery lesions, and guiding PCI can improve the surgical effect.

Key words: Coronary artery; Intravascular ultrasound; Coronary heart disease. Acute coronary syndrome; Percutaneous coronary intervention

Chinese Library Classification(CLC): R541.4; R445.1 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2021)15-2888-05

前言

冠心病(CHD)是导致中老年人死亡的主要原因,近年来随着社会老龄化,CHD住院率不断增加,病死率持续增长,给社会和家庭带来沉重的负担^[1,2]。冠脉支架置入术(PCI)灌注治疗作为血运重建方式之一,创伤小、操作相对简单,是目前临床挽救缺血心肌、保护心功能的首选治疗手段^[3,4]。评估冠脉病变程度,明确病变长度、形态、斑块性质,对于如何选择支架,支架放置位置等具有较高指导意义^[5]。冠脉造影仅能观察血管腔径,无法观察管壁病变,由于透射方位影响,冠脉造影可能通过对血管狭窄程度无法准确诊断^[6]。血管内超声(IVUS)是无创性的超声技术和有创性的导管技术相结合,可明确冠脉造影无法确诊的病例,指导PCI治疗,评价冠脉介入治疗疗效以及术后再狭窄等,在冠脉系统疾病中具有较高应用价值^[7,8]。本研究拟探讨冠状动脉IVUS在CHD冠脉病变程度以及PCI指导的应用价值,旨在为临床诊断和治疗提供指导。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择2017年1月至2019年1月我院收治的200例CHD患者,纳入标准:①符合CHD相关诊断标准^[9];②行IVUS检查,无IVUS检查禁忌症资料完整;③IVUS图像清晰,无转动、环晕伪像。排除标准:①先天性心脏病、风湿性心脏病、瓣膜病等其它心脏疾病;②主动脉夹层、主动脉瘤患者;③既往心脏手术病史患者;④合并恶性肿瘤、外周血管病变、严重肝功能不全者。患者男124例,女76例,年龄53~73岁,平均 (64.23 ± 4.13) 岁,体质指数(body mass index, BMI) $21 \sim 27$ kg/m²,平均 (24.12 ± 1.35) kg/m²,基础疾病:高血压67例,糖尿病95例,高脂血症83例,吸烟史42例。根据冠脉造影结果提示病变累及支数将患者分为单支组(62例),双支组(81例),多支组(三支及以上病变,57例)。根据指南CHD分类标准^[9]将患者分为急性冠脉综合征(ACS)115例(ACS组),慢性心肌缺血综合征(CIS)85例(CIS组)。本研究获得我院伦理会批准,患者及其家属均知情同意签署同意书。

1.2 IVUS 检查

所有患者于冠状动脉造影结束后行IVUS检查,H749I-LAB220C270血管内超声系统(美国Boston Scientific公司),IVUS探头(美国Volcano公司)外径2.9F,频率25MHz,分辨率100-250 μ m。含肝素生理盐水排除保护鞘气泡化,避免血栓形成,生理盐水预冲洗机械导管,0.014英寸引导导丝送至靶血

管远端,冠脉内注入硝酸甘油200 μ g避免冠脉痉挛,送入机械旋转式血管内超声导管至病变血管远端至少10 mm处,沿导丝将IVUS探头送至病变远端,连接超声显像仪,开始自动回撤,回撤速度0.5 mm/s,记录IVUS图像。

自动回撤系统经计算机图像重建处理,获得管腔中心长轴图像测量冠状动脉病变长度、分布,短轴图像观察冠脉结构和病变。根据斑块内回声判断斑块软硬程度,以周围血管外膜或外膜组织为参考。将斑块分为低回声斑块(即传统的脂质斑块)、等回声斑块(即传统的纤维斑块)、高回声斑块(即传统的钙化斑块)。定量分析:测量冠脉管腔横截面积、外弹力膜面积,计算斑块面积=管腔横截面积-外弹力膜面积,斑块负荷=斑块面积/外弹力膜面积。测量参考段管腔横截面积,最小管腔横截面积,计算管腔狭窄率=(参考段管腔横截面积-最小管腔横截面积)/参考段管腔横截面积 $\times 100.00\%$ 。

1.3 PCI 手术

115例ACS患者行PCI手术治疗,随机分为两组,观察组(58例)在IVUS指导下行PCI手术,对照组(57例)采用常规桡动脉路径检查指导PCI手术。术前3 d给予负荷剂量阿司匹林(300 mg/次,1次/d)+氯吡格雷(300 mg/次,1次/d)口服、负荷剂量肝素(根据体重计算,100 μ g/kg)治疗。观察组根据IVUS图像确定梗死相关动脉,了解病变部位血栓负荷和残余狭窄,对照组病人采用常规桡动脉路径开始检查。由我科2名具有丰富介入操作经验的主任医师选择适宜型号支架,按参照血管和支架1:1.1比例的直径置入支架,填充覆盖在管腔周边,检查管腔与远近端支架匹配效果。术后次日给予双联抗血小板治疗(阿司匹林100 mg+氯吡格雷75 mg)并维持至术后1年,并配合他汀类、硝酸酯类、抗凝、血管紧张素转换酶抑制剂类以及 β -受体阻滞剂药物、质子泵抑制剂联合治疗。PCI前后进行IVUS检查,比较手术前后管腔狭窄率、管腔面积、斑块面积、斑块负荷,以及支架置入达标率与置入率。支架置入达标判断标准:梗死相关冠脉管腔狭窄残留 $\leq 20\%$;支架内腔最小径/最大径 > 0.7 ;支架小梁与血管壁黏附无空隙^[10]。术后电话随访1年,每3个月一次,记录随访期间支架再狭窄率以及主要不良心脏事件(MACE)发生情况。MACE定义为^[11]:非致死性心肌梗死、心绞痛、靶血管再次血运重建、需要住院治疗的心力衰竭和心源性死亡。

1.4 统计学分析

计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示采用独立样本t检验或单因素方差分析组间差异性。以率(%)表示计数资料,采用 χ^2 检验。所有统计均采用双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。以上数据分析采用SPSS

25.0 完成。

2 结果

2.1 ACS 组和 CIS 组冠状动脉病变诊断比较

200 例患者共检出 415 块斑块, 其中 ACS 组 242 块,

CIS173 块。ACS 组颈动脉斑块性质以低回声斑居多, CIS 组以等、高回声斑居多, 两组差异显著 ($P<0.05$), ACS 组管腔面积小于 CIS 组, 斑块面积、斑块负荷、狭窄率高于 CIS 组 ($P<0.05$), 外弹力膜面积比较无统计学差异 ($P>0.05$), 见表 1。

表 1 ACS 组和 CIS 组冠状动脉病变诊断比较

Table 1 Comparison of diagnosis of coronary artery disease between the ACS group and the CIS group

Groups	Plaque properties[n(%)]			Lumen area (mm ²)	Outer elastic membrane area(mm ²)	Plaque area (mm ²)	Plaque load (%)	Stenosis rate (%)
	Low echo plaque	Isoechoic plaques	Hyperechoic plaques					
ACS group(n=115)	133(54.96)	82(33.88)	27(11.16)	3.65± 0.57	13.24± 4.16	9.65± 2.58	71.24± 9.35	74.35± 5.16
CIS group(n=85)	60(34.68)	62(35.84)	51(29.48)	4.20± 0.64	13.17± 4.98	7.24± 2.35	58.42± 6.32	55.34± 3.07
t/ χ^2	27.049			13.265	0.268	16.352	10.243	9.358
P	0.000			0.000	0.914	0.000	0.000	0.000

2.2 不同冠脉病变支数 CHD 患者冠状动脉病变诊断比较

200 例患者共检出 415 块斑块, 其中单支组 73 块, 双支组 157 块, 多支组 185 块。多支组斑块性质以低回声斑居多, 双支组以等回声斑居多, 单支组以高回声斑居多 ($P<0.05$)。管腔面

积随着冠脉病变支数的增加而降低, 斑块面积、斑块负荷、狭窄率随着冠脉病变支数的增加而升高 ($P<0.05$), 外弹力膜面积在不同冠脉病变支数组之间无统计学差异 ($P>0.05$), 见表 2。

表 2 不同冠脉病变支数 CHD 患者冠状动脉病变诊断比较

Table 2 Comparison of diagnosis of coronary artery disease of CHD patients with different coronary artery lesions

Groups	Plaque properties[n(%)]			Lumen area (mm ²)	Outer elastic membrane area(mm ²)	Plaque area (mm ²)	Plaque load (%)	Stenosis rate (%)
	Low echo plaque	Isoechoic plaques	Hyperechoic plaques					
Single vessel group(n=62)	17(23.29)	19(26.03)	37(50.68)	4.28± 0.73	13.20± 4.25	7.51± 2.01	56.46± 5.19	52.84± 3.09
Double vessel group(n=81)	59(37.58)	60(38.22)	38(24.20)	4.02± 0.61 [°]	13.21± 4.26 [°]	8.34± 2.21 [°]	66.42± 6.98 [°]	67.42± 3.95 [°]
Multi vessel group(n=57)	117(63.24)	65(35.14)	3(1.62)	3.25± 0.49 ^{°°}	13.22± 4.15 ^{°°}	10.25± 2.95 ^{°°}	75.05± 10.15 ^{°°}	79.25± 6.16 ^{°°}
F/ χ^2	113.189			13.265	0.268	16.352	10.243	9.358
P	0.000			0.000	0.813	0.000	0.000	0.000

Note: compared with single-vessel group, [°] $P<0.05$; compared with double-vessel group, ^{°°} $P<0.05$.

2.3 支架置入率、达标率和 PCI 前后管腔面积、斑块面积、斑块负荷、狭窄率变化

观察组支架置入率为 94.83%(55/58), 达标率为 86.21%(50/58), 高于对照组的 80.70%(46/57)、70.18%(40/57)($\chi^2=5$ 。

365、4.343, $P=0.021$ 、0.037)。两组 PCI 术后管腔面积较术前增加 ($P<0.05$), 斑块面积、斑块负荷、狭窄率较术前降低 ($P<0.05$), 观察组术后管腔面积大于对照组, 斑块面积、斑块负荷、狭窄率低于对照组 ($P<0.05$), 见表 3。

表 3 PCI 前后管腔面积、斑块面积、斑块负荷、狭窄率差异($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Differences in lumen area, plaque area, plaque load and stenosis rate before and after PCI ($\bar{x} \pm s$)

Groups	Time	Lumen area(mm ²)	Outer elastic membrane area(mm ²)	Plaque area(mm ²)	Plaque load(%)	Stenosis rate(%)
Observation group (n=58)	Before PCI	3.62± 0.53	13.21± 4.13	9.62± 2.58	71.22± 9.24	73.42± 5.12
	After PCI	5.02± 0.72 ^{ab}	13.42± 4.79	4.24± 1.31 ^{ab}	31.59± 5.15 ^{ab}	13.34± 2.98 ^{ab}
Control group (n=57)	Before PCI	3.65± 0.55	13.25± 4.38	9.79± 2.68	71.59± 9.75	73.68± 5.42
	After PCI	4.42± 0.62 ^a	13.34± 4.47	6.31± 1.29 ^a	47.30± 4.69 ^a	32.16± 3.86 ^a

Note: compared with before PCI, ^a $P<0.05$; compared with control group, ^b $P<0.05$.

2.4 PCI 术后再狭窄和 MACE 发生情况

观察组术后再狭窄率为 1.72%, 低于对照组的 5.26% ($P <$

0.05), 观察组 MACE 非致死性心肌梗死、心绞痛发生率低于对照组 ($P < 0.05$), 见表 4。

表 4 术后再狭窄和 MACE 发生率差异 [例(%)]

Table 4 Differences between postoperative restenosis and MACE [n(%)]

Groups	n	Restenosis rate	MACE occurrence			
			Non fatal myocardial infarction	Angina pectoris	Revascularization again	Heart failure
Observation group	58	1(1.72)	1(1.72)	1(1.72)	0(0.00)	1(1.72)
Control group	57	3(5.26)	3(5.26)	3(5.26)	2(3.51)	2(3.51)
χ^2		3.896	3.896	3.896	2.063	0.501
P		0.048	0.048	0.048	0.151	0.479

3 讨论

CHD 病理生理基础为冠脉粥样硬化型斑块发生破裂, 继发血栓导致急性或亚急性心肌梗死。PCI 是急性心肌梗死发病 12 h 内的首选治疗方法之一^[13], 可快速拯救梗死冠脉, 降低患者病死率, 但是 PCI 术后仍有较高支架内再狭窄率, 影响患者远期生存^[14]。PCI 术前评价冠脉病变程度, 根据病变情况选择合适支架置入对提高 PCI 手术成功率, 改善患者预后具有重要价值^[15]。冠脉造影是评估冠脉病变程度的金标准, 但对冠脉内管壁病变、斑块性质无法准确评估^[16]。CTA 受冠脉血管正性重构、体位、造影位置等影响, 准确性不高^[17]。

IVUS 将微型超声探头置入心血管, 通过显示血管断面形态, 实现血管内成像目的^[18]。IVUS 可精确观察管腔形态、直径、病变部位、性质和严重程度, 提高对冠脉病变的认知以及对介入治疗的指导价值^[19,20]。本研究结果显示 IVUS 可对冠脉斑块性质进行有效鉴别, 精确测量管腔面积、斑块面积, 评估斑块负荷和管腔狭窄率。ACS 组斑块性质以低回声斑块为主, 低回声斑块内新生血管增多, 易导致斑块内出血, 增加斑块不稳定性, 具有较高破裂、堵塞血管风险^[21,22], 这与 ACS 冠脉粥样硬化病变的特征相吻合。不同冠脉病变支数患者斑块性质也不尽相同, 表现为多支病变者斑块性质以低回声为主, 单支病变者以高回声为主, 王言憬等人^[23]观察易损斑块患者冠脉病变支数、冠脉造影 Gensini 评分、ACS 发生率均高于非易损斑块组, 提示 IVUS 评估冠脉斑块性质与冠脉病变程度有较好一致性。

IVUS 通过超声探头可精确测量管腔内径、面积, 与 CTA 比较具有更高的准确性, 在定量分析冠脉病变程度方面更具优势^[24]。本研究 ACS 组管腔面积明显较 CIS 组缩小, 斑块面积、斑块负荷、狭窄率明显增高, 说明 IVUS 测量管腔面积、斑块面积、斑块负荷、狭窄率可以作为评估冠脉病变、心肌梗死程度的定量指标。姚静等人^[25]报道指出斑块厚度和斑块面积对斑块稳定性有较大影响。本研究发现冠脉病变支数越多, 管腔面积越小, 斑块面积、负荷以及管腔狭窄率越高, 分析原因为随着冠脉病变程度的加重累及范围越广, 斑块面积和负荷不断增加, 管腔逐渐缩小。

IVUS 在冠脉病变性质和程度评估, 血管直径、狭窄程度测量的优势决定其在 PCI 指导中具有较高应用价值^[26]。相关报道指出 IVUS 可明确冠脉病变长度, 斑块负荷, 对 PCI 支架型号、

大小的选择有较高的参考价值, 可提高支架置入准确性, 保证支架置入后完全膨胀, 覆盖病变部位^[27,28]。本研究观察组支架置入率、PCI 手术达标率高于对照组, 提示 IVUS 指导下 PCI 手术可提高手术成功率。观察组 PCI 术后 12 个月 ACS 患者再狭窄率、MACE 发生率低于对照组, 提示 IVUS 指导 PCI 手术具有满意的长期效果。PCI 支架达标以支架小梁与管壁之间良好贴壁为评价标准, 支架小梁与管壁之间无血流通过提示贴壁良好, IVUS 可清晰显示支架小梁与管壁是否有血流通过, 评估支架置入效果^[29,30]。本研究结果显示 PCI 术后管腔面积较术前增加, 斑块面积、斑块负荷、狭窄率较术前降低, 说明 IVUS 定量参数可为手术效果评价提供客观的信息和参考。但 IVUS 无法评估血管功能学状态, 受分辨率限制, 对斑块薄层纤维帽、微小血栓、脂质核心等结构难以分辨, 临床应与其它影像手段结合以提供更完整腔内影像学信息。

综上, 冠状动脉 IVUS 可准确评估冠脉病变程度, IVUS 指导下 PCI 手术效果较好, 可降低 MACE 发生风险, IVUS 定量参数可用于冠脉病变、PCI 疗效评估。

参考文献 (References)

- [1] Wirtz PH, von Känel R. Psychological Stress, Inflammation, and Coronary Heart Disease[J]. Curr Cardiol Rep, 2017, 19(11): 111
- [2] Song Y, Dang Y, Wang P, et al. CHD is Associated With Higher Grades of NAFLD Predicted by Liver Stiffness [J]. J Clin Gastroenterol, 2020, 54(3): 271-277
- [3] Zhou G, Yang W, Li L. Effects of Percutaneous Coronary Intervention on Viable Myocardium and Heart Function of Diabetic Patients With Chronic Total Occlusion [J]. J Comput Assist Tomogr, 2017, 41(5): 757-761
- [4] Sawant AC, Bhardwaj A, Banerjee K, et al. Fractional flow reserve guided percutaneous coronary intervention results in reduced ischemic myocardium and improved outcomes[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2018, 92(4): 692-700
- [5] 亢爱春, 李阳, 李汉华, 等. NLR 与 NSTE-ACS 冠脉病变程度及 PCI 术后心血管终点事件的相关性 [J]. 河北医药, 2020, 42(8): 1206-1209
- [6] Yudi MB, Sharma SK, Tang GHL, et al. Coronary Angiography and Percutaneous Coronary Intervention After Transcatheter Aortic Valve Replacement[J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 71(12): 1360-1378
- [7] 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
- [8] Mintz GS, Lefèvre T, Lassen JF, et al. Intravascular ultrasound in the evaluation and treatment of left main coronary artery disease: a consensus statement from the European Bifurcation Club[J]. EuroIntervention, 2018, 14(4): e467-e474
- [9] 王蔚文. 临床疾病诊断与疗效判断标准 [M]. 科学技术文献出版社, 2010: 184-185
- [10] 万明勇, 郑春华, 范剑峰. 血管内超声与冠状动脉造影对指导冠状动脉支架置入术的对比研究 [J]. 医学综述, 2015, 21 (17): 3228-3230
- [11] 丛占春, 赵昕, 荆全民. 急性 ST 段抬高型心肌梗死患者靶血管非梗死相关病变处理策略选择及预后 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2018, 26(5): 247-254
- [12] Liu W, Wang T, Sun P, et al. Expression of Hcy and blood lipid levels in serum of CHD patients and analysis of risk factors for CHD[J]. Exp Ther Med, 2019, 17(3): 1756-1760
- [13] Tehrani BN, Basir MB, Kapur NK. Acute myocardial infarction and cardiogenic shock: Should we unload the ventricle before percutaneous coronary intervention?[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2020, 63 (5): 607-622
- [14] 张洪, 肖蕾. 益气通脉方对急性心肌梗死 PCI 术后炎症因子及血管再狭窄影响[J]. 辽宁中医药大学学报, 2020, 22(1): 132-135
- [15] Doenst T, Haverich A, Serruys P, et al. PCI and CABG for Treating Stable Coronary Artery Disease: JACC Review Topic of the Week[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(8): 964-976
- [16] von Knebel Doeberitz PL, De Cecco CN, Schoepf UJ, et al. Coronary CT angiography-derived plaque quantification with artificial intelligence CT fractional flow reserve for the identification of lesion-specific ischemia[J]. Eur Radiol, 2019, 29(5): 2378-2387
- [17] 王庆国, 孟捷, 李念云, 等. 智能期相联合 SSF 技术改善冠状动脉 CTA 图像运动伪影[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(4): 669-672
- [18] Shi C, Luo X, Guo J, et al. Three-Dimensional Intravascular Reconstruction Techniques Based on Intravascular Ultrasound: A Technical Review[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2018, 22(3): 806-817
- [19] Zakharov AS, Michurova MS, Terekhin SA, et al. Intravascular ultrasound with virtual histology in assessment of atherosclerotic plaque composition in patients with coronary artery disease and type 2 diabetes mellitus[J]. Ter Arkh, 2019, 91(12): 41-46
- [20] Matthews SD, Frishman WH. A Review of the Clinical Utility of Intravascular Ultrasound and Optical Coherence Tomography in the Assessment and Treatment of Coronary Artery Disease [J]. Cardiol Rev, 2017, 25(2): 68-76
- [21] 许亚飞, 谢文. 颈动脉低回声斑块超声造影分级与斑块硬度的相关性[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2019, 5(1): 53-56
- [22] Zamani M, Skagen K, Scott H, et al. Carotid Plaque Neovascularization Detected With Superb Microvascular Imaging Ultrasound Without Using Contrast Media[J]. Stroke, 2019, 50(11): 3121-3127
- [23] 王言憬, 勇强, 刘欣, 等. 冠状动脉病变程度与颈动脉粥样硬化斑块易损性相关性研究[J]. 中国超声医学杂志, 2019, 35(7): 601-604
- [24] 毛幼林, 袁义强, 王瑞敏, 等. 冠状动脉血管内超声在冠心病冠状动脉病变特点及冠状动脉支架置入术中的应用[J]. 中国临床医生杂志, 2019, 47(2): 170-172
- [25] 姚静, 徐丽美, 杨雪, 等. 冠状动脉血管内超声对粥样斑块稳定性危险因素评估[J]. 中国临床医学影响杂志, 2019, 30(9): 625-628
- [26] Okutsu M, Horio T, Tanaka H, et al. Predictive performance of dual modality of computed tomography angiography and intravascular ultrasound for no-reflow phenomenon after percutaneous coronary stenting in stable coronary artery disease [J]. Heart Vessels, 2018, 33 (10): 1121-1128
- [27] 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
- [28] 徐占领. 冠状动脉血管内超声检查对冠心病冠脉支架置入术的应用价值[J]. 安徽医药, 2019, 23(4): 665-668
- [29] 洪泰连, 李治国, 王斌, 等. 术前血管内超声指标对冠状动脉内介入治疗患者长期预后影响[J]. 临床军医杂志, 2020, 48(5): 577-580
- [30] Hong SJ, Mintz GS, Ahn CM, et al. Effect of Intravascular Ultrasound-Guided Drug-Eluting Stent Implantation: 5-Year Follow-Up of the IVUS-XPL Randomized Trial [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(1): 62-71