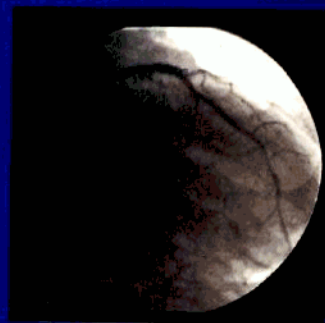
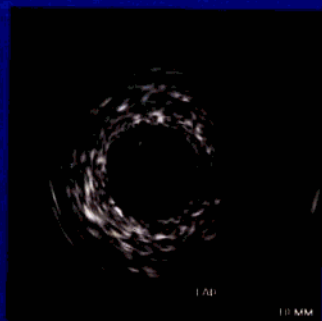


OCT Application in PCI

OCT 在 PCI 中的应用

论文汇编



R654

Academic Dissertation Selection

PDG

G
O
N
G
S
I
J
I
R
N
J
I
E

2000

有关LightLab Imaging



Lightlab影像公司主要开发OCT 成像系统。OCT是一项高新的技术，具有革命性、高速的影像特征。它使用先进的光子学原理进行成像与器官描述。“我们的任务是帮助医生对包括心脏病和癌症等各种疾病作更早更准确的诊断。”

OCT 已经成为一项精深的课题，得到世界范围的研究。它具有显著的特征，在各种国际科学与医学会议上进行研究讨论。LightLab影像公司已经获得部分专利。

公司于1998年2月成立。主席Akira Masuda，首席执行官Tetsuaki Tanimura, M.D.

OCT开发与应用，得到来自麻省理工、哈佛、林肯实验室的志愿者加盟， Carl Zeiss有限公司的行政人员及员工也提供了宝贵的卫生服务及医疗设备开发的知识，另外还有制造与市场推广的公司，如Hewlett—Packard、Agilent Technologies、 Boston Scientific以及 C.R. Bard。

Lightlab影像公司有着强大的智力支持，它的技术获取源有麻省理工、哈佛大学、马萨诸塞州总医院、Tufts大学、Zeiss基金会等，同时也获得了为数众多的内部开发专利。

开发的背景

血管内光学干涉断层成像系统的开发及制造商为LightLab Imaging公司，于1998年发明OCT技术。由James Fujimoto博士、Mark Brezinski医学博士、Eric Swanson理学硕士开发成功用于癌症和冠状动脉疾病的高解析度的图像诊断技术。

OCT 技术为生物体内组织断面图像化的无创伤/低创伤技术。在眼科领域已经由Carl Zeiss公司（德国）开发的 820 nm 的波长的产品在眼底和网膜病变的临床观察方面得到了广泛的应用。另外，消化系统方面与内腔镜的组合的系统，还有循环系统方面的成像系统都得到了很好的开发。

目前，在医学上以同样的目的，利用超音波的医疗器械在临床上得到了广泛的应用。

不同于血管内超音波（IVUS）使用的超音波，OCT采用高亮度发光二极管（SLED），利用SLED产生的近红外线（波长1,300nm），将光分成两个部分，一部分对对象物进行照射、另一部分在一定条件下对反射镜进行照射。通过反射光的干涉得到了平面图像。由于与超音波的波长比较，光的波长非常短，LightLab Imaging公司开发的OCT在血管内成像方面实现了约10倍的解析度。⁽¹⁾

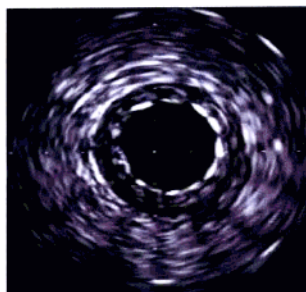


图1：IVUS图像

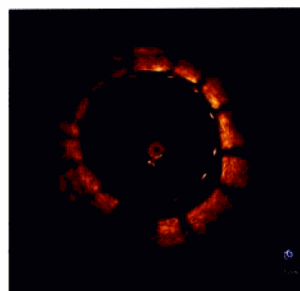


图2：OCT图像

利用解剖得到的主动脉及非血管组织的生物体外的研究及动脉的生物体内研究提示，脂质组织、水媒组织、钙化病变能通过OCT得到很好的识别⁽²⁾。另外，在OCT的图像上，含脂质丰富的脂质核心与纤维组织之间能够被明确判别，因此对纤维帽的厚度可以容易的进行测量⁽³⁾。通过对尸体的冠状动脉所得信息进行对照，确认了冠状动脉的OCT图像的形态学特征与实际断面组织特征的一致性^(4, 5)。

比较OCT图像和IVUS图像，OCT图像更能显示内膜壁的微细结构，对含有脂质的斑块（特别是脆弱斑块）能够明确识别⁽²⁾。具有以上特点的OCT，通过今后的图像处理技术的进步和研究资料的积累，组织特性的诊断信息等。期待能成为提供更为详细的图像解析信息的系统。

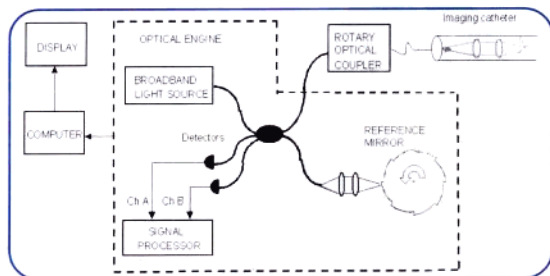
光学相干断层成像技术的基本原理

张少松 (LightLab Imaging, Inc. USA)

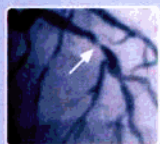
光学相干断层成像技术 (Optical Coherence Tomography), 简称OCT, 是继X射线, CT, MRI和超声诊断技术之后的又一种新的医学断层成像方法。它集光学技术、半导体激光技术、超灵敏探测技术和计算机图像处理技术之大成, 能够获得生物组织内部微观结构的高分辨率图像。

1991年, 美国麻省理工学院 (MIT) 的Fujimoto教授的研究小组在科学杂志 (Science) 上首次报导了关于OCT的开创性工作。这一技术立即受到普遍关注, 各国的研究者纷纷加入这一技术的研究行列中来。在过去十几年的时间里, OCT取得了长足的进步。OCT系统的成像速度、图像分辨率和信噪比等性能得到不断的提高。与以往的成像技术相比, OCT具有以下突出优点: 它利用对人体无害的红外线作光源, 采用相干技术的原理实现断层成像, 具有极高的分辨率; 并且不需要复杂的数学计算和图像重建, 可实现即时成像。

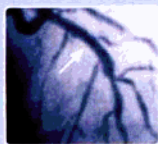
LightLab OCT系统是利用近红外线光源的短程相干特性对活体组织内部结构断层成像, 其空间分辨率达到10~20微米。它有两个光源, 主光源是超亮度发光二极管 (SLD), 发射宽带近红外线光 (中心波长=1310nm, 带宽400nm)。此外, 当超亮度发光二极管工作时, 第二个光源发出低功率红色激光束, 作为成像探头末端发射的 (不可见) 近红外线的指示光。近红外线直接从扫描仪上通过光纤及探头到达人体组织。组织反向散射回来的光波被探头收集, 同内部相干信号结合, 从而生成组织内部微观结构的高解析度图像 (见附图)。



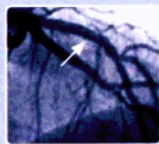
第二代心扉药物洗脱支架，更佳的柔顺性和推送力……



术前



术后



4年随访

更易到达病变

- 更有力的推送系统
- 更柔顺的支架平台

更充分的循证医学支持其安全性和有效性

- 所有大规模临床试验显示的主要心血管不良事件(MACE)均小于10%^{1,2}
- 显著降低支架丢失、再狭窄及靶病变血运重建(TLR)^{1,3}

……助您成功战胜更多冠脉挑战病变！

心扉超越
NEW Cypher select
一次成功介入 一生受益无穷



上海新华路660号
万宝国际商务中心3楼
电话: (8621) 62826988
传真: (8621) 62826495
邮政编码: 200052

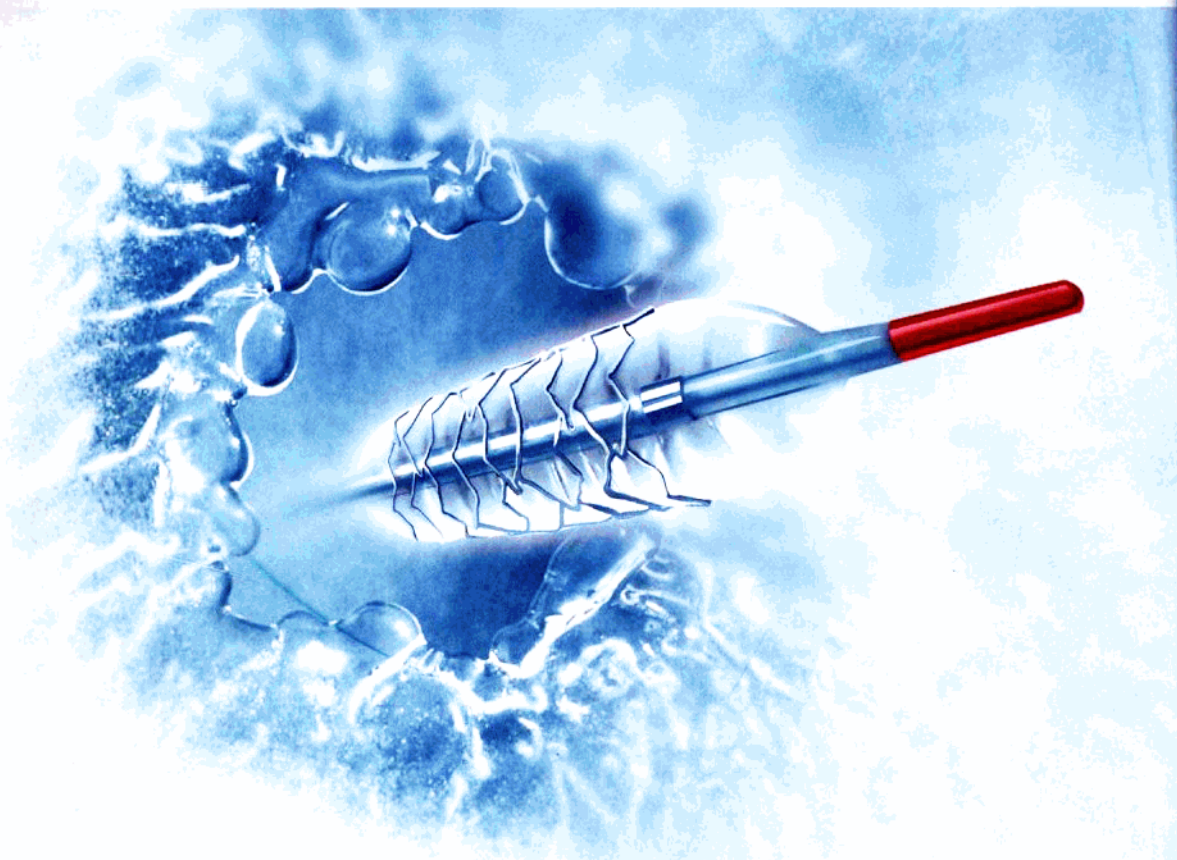
北京市朝阳区工体北路甲2号
盈科中心B座2层
电话: (8610) 65392966
传真: (8610) 65393399
邮政编码: 100027

广州市先烈中路69号
东山广场主楼2607房
电话: (8620) 87321940, 87321943
传真: (8620) 87321915
邮政编码: 510095

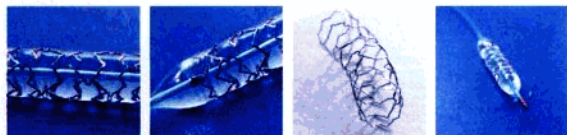
沈阳市和平区和平路69号
总统一大厦2102室
电话: (8624) 23812056
传真: (8624) 23812060
邮政编码: 110003

生产商: 荷兰Cordis Europa N.V.
注册号: SDA(2002)3461293(第)
广告审批号: 国医械广审(文)第2004110350号
产品名称: CYPHER Selectimus 涂层支架
销售商: 强生(上海)医疗器械有限公司

1. Morice MC et al. N Engl J Med 2002;346:1773-80. 2. Moses J et al. N Engl J Med 2003;349:1315-23. 3. Schrofer J et al. Lancet 2003;361:103-10. 4. PIM 4-year results presented at ACC 2004. 5. PIM 4-year results presented at ACC 2004.



Firebird 雷帕霉素洗脱支架系统



输送导管采用仿生设计。

超滑涂层，使支架如鱼一般快速游至病变部位。

支架表层所覆盖药物，对防止再狭窄有效而无毒。

微创医疗器械（上海）有限公司

地址：上海浦东张江高科技园区牛顿路501号 邮编：201203

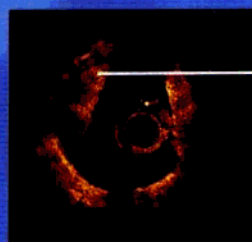
电话：+86-21-3895 4600 传真：+86-21-5080 1305

客户服务热线：8008208265

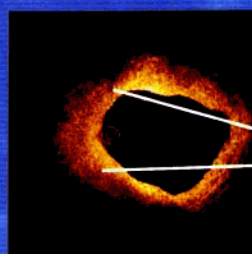
电子邮箱：cs@microportmedical.com

网址：www.microportmedical.com

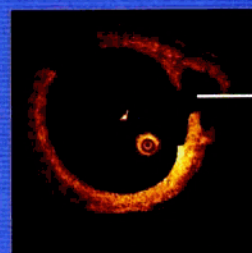
- 高解像度
 - 10-20 μm
- 实时影像
 - 旋转成像模式
 - 15fps, 256 lines/frame
 - 1-5 mm/s 回拉速度
- 数字化系统结构
 - 数字信号处理
 - 数字视频及 CD 存储
 - 照片打印
- 简洁设计



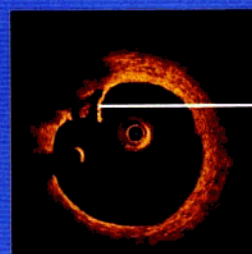
管腔内大块血栓



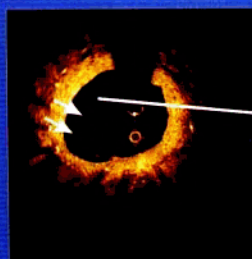
管腔壁大量纤维斑块



细小的侧支循环



明显的内膜撕裂



支架内的再狭窄



目 录

光学干涉断层成像在冠心病介入中的应用价值	陈步星等 1
光学相干断层成像评价药物洗脱支架与金属裸支架后内膜增殖	陈步星等 5
光学干涉断层成像在冠心病介入诊断与治疗中的应用	韩志刚等 9
经皮冠状动脉内支架术后支架周围结构特征的光学干涉断层成像分析 韩志刚等	13
OCT 和 IVUS 在冠状动脉病变诊断中的对比研究	姜铁民等 16
OCT 病例报告	北京电力医院心内科 20
前降支肌桥血管内超声和 OCT 对比观察（附 1 例报告）	姜铁民等 23
血管内光学干涉断层成像（OCT）在急性冠状动脉综合征中的应用 ——与血管内超声（IVUS）对比	晏沐阳 胡大一等 25
光学干涉断层成像在冠心病介入治疗中的应用价值	陈步星 胡大一 30
冠状动脉粥样斑块的检测：IUVS 和 OCT 对比	杨庭树 33
丰桥心脏中心使用光学干涉断层成像系统的临床报告	Takahiko Suzuki 35
血管内 OCT 评估冠脉内支架	B E Bouma 等 38

CONTENT

Optical coherence tomography	1
Optical coherence tomography Intravascular Optical Coherence Tomography	
<i>Opens a Window Onto Coronary Artery Disease</i>	8
Optical Coherence Tomography (OCT) Potential of a New	
High-Resolution Intracoronary Imaging Technique	14
Optical Coherence Tomography for ultrahigh resolution in vivo imaging	19
High resolution in vivo intra-arterial imaging with	
optical coherence tomography	26
Assessment of Coronary Intima-Media Thickness by Optical Tomography	
----Comparison With Intravascular Ultrasound----	32
Optical Coherence Tomography for identifying unstable coronary plaque	37
In Vivo Endoscopic Optical Biopsy with Optical Coherence Tomography	49
Characterization of Human Atherosclerosis by	
Optical Coherence Tomography	52
Comparative endoluminal visualization of TAXUS crush-stenting	
at 9 months follow-up by intravascular ultrasound and Optical	
Coherence Tomography	58
Intracoronary Imaging with Optical Coherence Tomography after	
Cutting Balloon Angioplasty for In-stent Restenosis	63
Visualization of Coronary Atherosclerotic Plaques in Patients Using Optical	
Coherence Tomography Comparison With Intravascular Ultrasound	65
Quantification of Macrophage Content in Atherosclerotic Plaques by	
Optical Coherence Tomography	71
Optical Coherence Tomography as a Tool for Percutaneous	
Coronary Interventions	78
Optical Coherence Tomographic elastography technique for measuring	
deformation and strain of atherosclerotic tissues	83
In Vivo Characterization of Coronary Atherosclerotic Plaque	
by use of Optical Coherence Tomography	90

光学干涉断层成像在冠心病介入中的应用价值

陈步星 马凤云 罗维 谢文丽 赵希哲 孙淑红 王枫 郭旭梅 褚晓雯

北京电力医院心内科

[摘要] 目的 应用光学干涉断层成像(OCT)技术评价冠状动脉内粥样斑块、血管对置入支架后即刻和中远期的反应。方法 20例冠心病患者,有22支血管在完成冠状动脉造影或介入治疗后进行OCT成像。同时获取23个支架OCT成像,在23个支架中有15个为支架术后4~35个月随访,其中7个为雷帕霉素药物洗脱支架,8个为金属裸支架,另外8个为支架置放后即刻成像。结果 入选的20例患者均成功进行OCT检查,并获取22支冠状动脉和23个支架满意的图像。通过OCT成像清晰地显示8处纤维斑块、3处钙化斑块、9处富含脂质斑块、2处血栓形成、斑块破裂3处及血管壁上夹层、粥样硬化斑块微小裂口和夹层等。7个置入雷帕霉素药物洗脱支架后OCT随访发现,均未发现有明显再狭窄,支架表面

有少量内膜覆盖,部分支架表面没有内膜覆盖,其中1个支架血管出现瘤样扩张、支架与血管壁分离、支架表面没有内膜覆盖,有1个支架没有充分扩张。8个金属裸支架后用OCT随访发现,所有置入金属裸支架后支架表面内膜增殖明显,其中有3个支架因为内膜过度增殖而出现再狭窄,并再次接受介入治疗。8个支架术后即刻OCT检查显示,与血管壁均贴良好、支架扩张充分有3个支架,4个支架充分扩张,但可见到斑块裂片通过支架网眼突入管腔,1个支架支撑杆分布不均,可见支架与血管壁分离,在8个支架中有2个为支架内套叠支架。结论 OCT成像技术可清晰显示各种冠状动脉粥样斑块情况,并可用于评价冠状动脉介入治疗的效果。

[关键词] 冠状动脉疾病;断层成像;支架;斑块

Clinical value of optical coherence tomography for percutaneous coronary interventions

Chen Bu-xing, Ma Feng-yun, Luo Wei, et al. Department of cardiology, Beijing Electric Power Hospital, Beijing 100073, China

[Abstract] **objective** To evaluate coronary artery atherosclerotic plaque, immediate and middle or long-term characteristic vascular responses to coronary stenting by optical coherence tomography(OCT). **Methods** Twenty patients with 22 coronary-vessel diseases were performed OCT after coronary angiography or percutaneous coronary interventions(PCI). The OCT images of 23 stents were obtained, including 7 drug-eluting stents(DES) and 8 bare metal stents(BMS) after PCI with 4~35 months, and 8 stents immediately after PCI. **Results** The OCT images of all 22 vessels and 23 stents were successfully acquired. The OCT images can visualize 8 fibrous plaque, 9 lipid-rich plaque, 3 calcium plaque, 2 thrombosis, 3 plaque rupture and microstructure of vessel dissection. The OCT images visualized seven DES with less neointimal proliferation of surfaces of stent struts, some struts without neointimal coverage, 1 stent with underdeployed

struts, and 1 stent with irregular stent strut separation, stent malapposition with dilated coronary artery in the stented segment. The OCT images showed all 8 BMS with significant neointimal proliferation of surfaces of stent struts, including 3 stents with restenosis caused by significant neointimal proliferation treated by repeat PCI. The OCT images of 8 stents immediately after PCI were obtained, including 3 stents with good apposition, 4 stents with tissue prolapse between stent struts, and 1 stent with malapposition. OCT provided striking visualization of both the doubled stent layer in 2 stent in stent. **Conclusions** OCT imaging can clearly detect different types of atherosclerotic plaques, and it will provide new intravascular imaging modality for the interpretation of percutaneous coronary interventions.

Key Words coronary artery disease; tomography; stent; plaque

自2001年开始国外首次报道应用光学干涉断层成像(Optical Coherence Tomography, OCT)技术在人体冠状动脉内获得清晰图像以来^[1],OCT技术在冠心病介入领域中应用

报道逐渐增多。我们于2005年7月至11月对20例冠心病患者在冠状动脉造影检查或介入治疗后即刻进行OCT检查,评价OCT技术在冠心病介入治疗中的应用价值。

资料与方法

1. 病例选择: 自2005年7月至11月, 对20例冠心病患者在冠状动脉造影检查或介入治疗后即刻进行OCT检查, 用OCT成像技术评价冠状动脉粥样硬化斑块情况, 同时也对置入支架后即刻血管腔改变及置入支架后4~35个月支架表面内膜增殖情况进行评价。20例患者中男16例, 女4例, 年龄41~78岁, 平均58岁±17岁, 其中13例患者为支架术后随访。总共有22支血管接受OCT检查, 其中LAD11支, RCA5支, LCX6支。在22支血管中, 总共有23个支架接受OCT成像, 15个为支架术后随访, 其中7个为雷帕霉素药物洗脱支架术后6~29个月, 8个为金属裸支架后4~35个月, 另外8个为支架置放后即刻成像。排除入选标准为左主干病变、冠状动脉开口病变及完全闭塞病变。

2. OCT检查方法: 入选患者13例采用经左桡动脉途径, 8例采用经右股动脉途径, 冠状动脉造影结束后更换6F指引导管, 沿导管送入0.014英寸的导引钢丝至目标血管的远端, 再沿导引钢丝送入4F Helios阻断球囊导管(Lightlab Imaging, Inc)至血管远端, 退出导引钢丝, 送入1.4F成像导丝至目标部位, 并与OCT系统(Lightlab Imaging, Inc)相连, 在目标部位近端用低压力泵(0.3~0.5大气压)(LIDI, Lightlab Imaging, Inc)扩张Helios阻断球囊, 阻断血流, 并通过Helios阻断球囊导管用肝素化生理盐水以每秒0.5ml的速度注入冠状动脉内, 排除目标血管的血液后进行OCT成像。启动OCT系统, 用视频显示器实时成像, 成像速度15贴帧/秒, 成像导丝以1~1.5mm/秒速度自动回撤并动态成像, 每次成像血管长度30~45mm, 根据情况可对血管远、中和近段血管进行成像。

3. 图像分析: 成像结束后应用OCT系统内的软件进行定量分析, 分析各类型斑块情况, 纤维斑块的OCT成像特征是均一的强信号区; 纤维钙化斑块的特征是边界很好勾画轮廓的弱信号区, 边界明显; 富含脂质斑块的特征是边界模糊的弱信号区^[2]; 同时测定纤维帽的厚度、是否有血栓形成、是否有斑块破裂、

血管内撕裂和夹层等, 并测定支架支撑杆表面内膜增殖厚度、支架是否充分扩张、支架贴壁情况及支架术后是否有斑块通过支架网眼突入管腔等。

结果

1. 总体进行OCT检查情况: 入选的20例患者均成功进行OCT成像, 共有22支冠状动脉成功进行OCT检查并获取满意图像。置入的23个支架也获得了满意的OCT图像。8例患者在进行OCT检查过程中因使用阻断球囊导管而出现一过性心绞痛发作, 其中1例患者在进行右冠状动脉OCT检查时出现一过性II度房室传导阻滞, 操作结束后心绞痛及II度房室传导阻滞即刻消失。所有患者在进行OCT操作过程中未出现与之有关的合并症。

2. OCT对各类型斑块检测情况: 通过OCT成像技术, 可以清晰地显示8处纤维斑块, 3处纤维钙化斑块及9处富含脂质斑块, 血栓形成2处、斑块破裂3处、同时可以检出血管内撕裂和夹层等(图1~6)。

3. OCT对药物洗脱支架和金属裸支架随访情况: 对置入的15个支架术后4~35个月患者用OCT随访, 其中7个为雷帕霉素药物洗脱支架, 8个为金属裸支架。7个置入雷帕霉素药物洗脱支架后OCT随访发现, 均未发现有明显再狭窄, 支架表面有少量内膜覆盖(图7), 部分支架表面没有内膜覆盖(图8), 其中1个支架血管出现瘤样扩张、支架与血管壁分离、支架表面没有内膜覆盖, 有1个支架没有充分扩张(图9)。8个金属裸支架后用OCT随访发现, 所有置入金属裸支架后支架表面内膜增殖明显(图10), 其中有3个支架因为内膜过度增殖而出现再狭窄(图11), 并再次接受介入治疗, 再次置入药物洗脱支架。从OCT结果上看药物洗脱支架与金属裸支架术后随访比较, 药物洗脱支架内膜增殖少, 降低再狭窄的发生率, 但是药物洗脱支架置入后6~9个月, 个别甚至到29个月, 部分支架支撑杆表面没有内膜覆盖。

4. OCT评价支架术后即刻情况: 对8个支架术后即刻OCT检查显示, 与血管壁均贴良好、支架扩张充分有3个支架(图12), 4个

支架充分扩张,但可见到斑块裂片通过支架网眼突入管腔(图13,14),1个支架支撑杆分布不均,可见支架与血管壁分离(图15),在8个支架中有2个为支架内套叠支架(图16)。

讨论

冠状动脉粥样硬化性心脏病发病率逐年增加,也是当前主要死亡原因之一,其中大部分是由于急性冠状动脉综合征(ACS)引起。ACS多数发生冠状动脉血管狭窄小于50%,主要是由于不稳定的粥样硬化斑块破裂和血栓形成引起的,如何早期识别不稳定斑块是当前研究的热点。目前临床应用较多的是血管内超声成像(Intravascular Ultrasound, IVUS),然而常规冠状动脉造影和血管内超声对血管微小结构变化提供价值有限,不能评价小于100 μm 以下的薄纤维帽的易损斑块的认定和诊断。

OCT成像技术是近几年刚刚出现的血管内成像技术,随着资料的增加和研究的深入,OCT成像技术在临床应用日趋成熟。OCT与超声成像原理有些类似,但它是利用近红外线从组织反射回来的不同光学信号进行组织分析成像,因而成像速度快。OCT的最大优势在于它的高分辨率,到目前为止,它是最高分辨率的血管内成像技术,分辨率大约为10 μm ,比血管内超声成像分辨率高10倍,接近观察到组织水平,可以从组织水平清晰显示动脉粥样硬化斑块,观察到冠状动脉微小结构变化,早期离体研究显示OCT检测的斑块特征与组织学比较有良好相关,能够清晰地显示血管壁的三层结构,利用OCT可以在组织水平观察到组织的二维和三维成像^[2,3]。OCT成像导管与血管内超声导管比较,OCT导管内仅有单一光纤组成,不需要传感器,因而成像导管小,目前最小导管为0.014英寸。

2001年开始国外首次报道应用OCT技术在人体冠状动脉内获得高清晰图像,并与IVUS比较,OCT检测支架支点之间组织脱垂的分辨率优于IVUS^[1]。此后研究报道应用OCT评价患者冠状动脉粥样硬化斑块,OCT与IVUS比较,OCT对于富含脂质斑块、纤维斑

块、内膜增殖等方面优于IVUS,OCT能够识别IVUS检测到的特征外,还能提供额外细致的组织结构信息,如富含脂质斑块、纤维斑块、钙化斑块、细微血管壁上夹层、血栓、粥样硬化斑块微小裂口、富含脂质斑块、纤维斑块、钙化等^[4,5]。随着冠心病介入技术的飞速发展,近几年接受冠状动脉内植入支架手术的患者逐年增加,对支架治疗效果的评价是当前大家关注焦点。2003年Bouma等^[6]报道39例患者42个支架分别应用IVUS和OCT进行成像,通过对组织撕裂、组织脱垂及支架未贴壁方面进行比较,结果显示OCT观察冠状动脉内支架置入情况明显优于IVUS。

我们对20例冠心病患者进行OCT成像,清晰地观察到了冠状动脉血管壁上出现细微血管壁上夹层、血栓形成、粥样硬化斑块微小裂口、富含脂质斑块、纤维斑块、钙化斑块、斑块破裂等,并可以对血管狭窄进行定量分析、测定斑块大小、纤维帽厚度等,并依此判断是否为易损斑块,帮助选择治疗方案。对13例支架治疗后患者OCT成像发现,OCT成像可清晰地显示支架支撑杆及支架表面内膜增殖情况。置入药物洗脱支架后OCT随访发现支架表面内膜覆盖少,部分支架表面没有内膜覆盖;而金属裸支架后通过OCT检查所有支架表面均有内膜明显增殖,部分支架内膜过度增殖导致再狭窄。对于置入支架后即刻OCT成像可以清晰显示支架是否完全贴壁、支架是否完全扩张、组织撕裂、组织脱垂和支架支撑杆是否分布均匀等,这些结果都是造影发现不了的情况,是冠状动脉造影和IVUS所无法比拟的。在药物洗脱支架的时代,应用OCT评价支架治疗效果是其它检查手段无法替代的。

从有限的资料可以看出,OCT成像系统可以清晰显示各种冠状动脉硬化斑块的特征,评价支架后(尤其是药物洗脱支架)支架是否未贴壁、支架位置是否不良、组织撕裂、组织脱垂、支架内再狭窄及观察血栓等均有重要临床意义。OCT有望成为评价不稳定斑块、评价支架治疗效果的理想手段。有关OCT在临床方面应用不足之处,主要是OCT成像导丝

由光纤组成,容易折断损害,操作应格外小心,需要对成像导丝进一步改善;另外在做OCT时为了防止红血球引起光的散射,需要

对血液进行排除,如对左主干病变、开口病变和心功能较差患者不适宜OCT检查。

参考文献

1. Jung IK, Tearney G, Bouma B. Visualization of tissue prolaps between coronary stent struts by optical coherence tomography; comparison with intravascular ultrasound. *Circulation*, 2001, 104: 2754.
2. Yabushita H, Bouma BE, Houser SL, et al. Characterization of human atherosclerosis by optical coherence tomography. *Circulation*, 2002, 106: 1640-5.
3. Patwari P, Weissman NJ, Boppart SA, et al. Assessment of coronary plaque with optical coherence tomography and high-frequency ultrasound. *Am J Cardiol*, 2000, 85: 641-4.
4. Jang IK, Tearney GJ, MacNeill B, ET AL. In vivo

characterization of coronary atherosclerotic plaque by use of optical coherence tomography. *Circulation*, 2005, 111: 1551-5.

5. Jang IK, Bouma BE, Kang DH, et al. Visualization of coronary atherosclerotic plaques in patients using optical coherence tomography; comparison with intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol*, 2002, 39: 604-9.

6. Bouma BE, Tearney GJ, Yabushita H, et al. Evaluation of intracoronary stenting by intravascular optical coherence tomography. *Heart*, 2003, 89: 317-20.

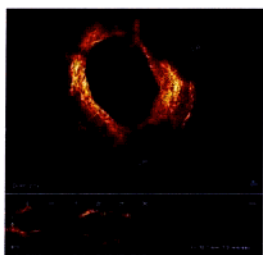


图1 OCT图像显示边界模糊的低信号区为脂质斑块(LP表示脂质斑块),时钟3~5点之间的强信号区为纤维斑块



图2 OCT显示边界清楚的低信号区为钙化斑块,纤维帽厚度为70微米(时钟4~5点之间)

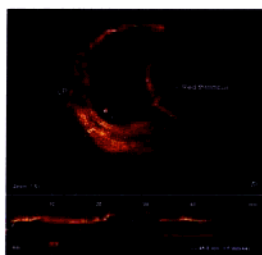


图3 OCT可见巨大血栓及脂质斑块(Red thrombus; 红色血栓, LP: 脂质斑块)

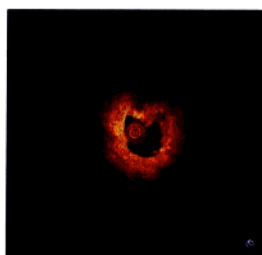


图4 OCT显示管腔高度狭窄,时钟6~11点显示强信号区的纤维斑块,边界不清的低信号区为表面破裂的脂质斑块(红色箭头表示)

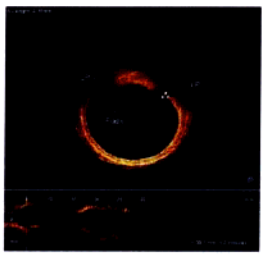


图5 OCT图像可见脂质斑块(LP),纤维帽厚度180微米,并有斑块裂片突入血管腔(Flaps)

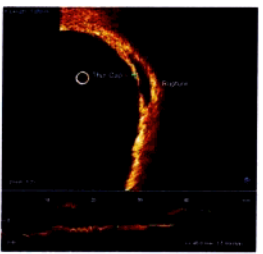


图6 右冠状动脉中段可见斑块破裂,纤维帽较薄(厚度50微米)

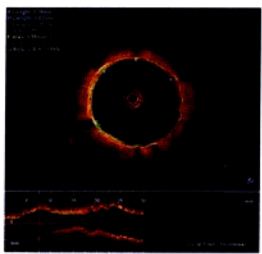


图7 药物支架术后6个月OCT可清晰显示支架,支架表面有内膜覆盖,内膜厚度为0.16mm,直径再狭窄为7.38%,面积再狭窄11.59%

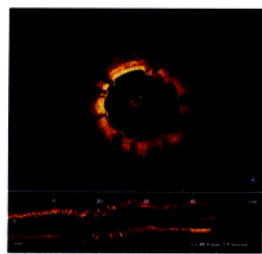


图8 OCT显示药物洗脱支架后6个月支架支撑杆与内膜之间有少量内膜增生

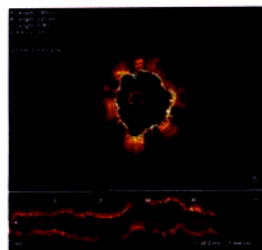


图9 OCT显示支架未充分扩张

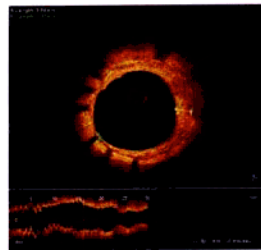


图10 OCT显示金属裸支架后9个月支架内膜增殖,最大厚度0.54mm,最小厚度0.07mm

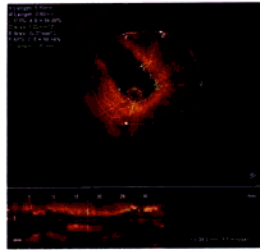


图11 金属裸支架5个月后再狭窄

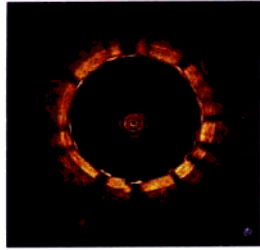


图12 置入支架后OCT显示支架贴壁良好

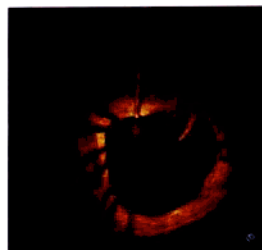


图13 支架后OCT显示斑块组织通过网眼突入管腔

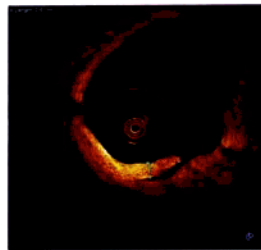


图14 置入支架后OCT显示纤维斑块撕裂,斑块突入管腔

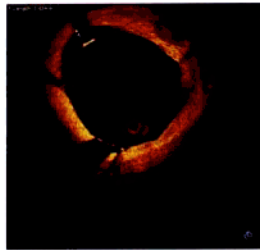


图15 OCT显示支架支撑杆分布不均,支架贴壁不良(A表示支架与血管壁距离为0.43mm)

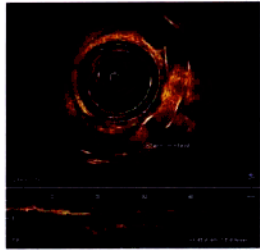


图16 支架内套叠支架OCT图像

光学相干断层成像评价药物洗脱支架与金属裸支架后内膜增殖

北京电力医院心内科

陈步星 马风云 罗维 赵希哲 孙淑红 王枫 郭旭梅 褚晓雯

[摘要] 目的 应用光学相干断层成像(OCT)技术比较冠状动脉内药物洗脱支架(DES)和金属裸支架(BMS)治疗后内膜增殖情况。方法 10例接受DES和BMS治疗的冠心病患者,经过支架治疗后5~30个月,复查冠状动脉造影,造影结束后对12支血管13个支架进行血管内OCT成像,应用OCT成像设备固有软件对支架治疗后的内膜增殖情况进行定量分析,比较DES和BMS对内膜增殖的影响。结果 1例前降支病变血管置入DES术后29个月出现急性前壁心肌梗死,冠状动脉造影显示支架正常,血流通畅,但OCT检查发现支架支撑杆与血管壁分离,支架支撑杆表面有陈旧血栓形成。1例前降支病变置入BMS后30个月,造影复查未见再狭窄,OCT结果显示支架直径再狭窄31.55%,面积再狭窄为46.03%。其余8例患者为置入支架后5~9个月,6个为DES,5个为BMS。对这8例患者支架术后内膜增殖情况进行比较,

结果显示BMS最大内膜增殖厚度明显高于DES[(1.06 ± 0.58) mm比(0.14 ± 0.55) mm, P=0.004], BMS管腔直径丢失和面积丢失均明显高于DES[分别为(1.73 ± 1.07) mm比(0.23 ± 0.11) mm, P=0.007; (5.95 ± 4.15) mm²比(0.77 ± 0.34) mm², P=0.013], BMS直径再狭窄和面积再狭窄也明显高于DES[分别为(46.96 ± 28.17)%比(8.01 ± 3.30)%, P=0.005; (62.04 ± 33.81)%比(12.67 ± 4.62)%, P=0.006]。置入BMS支撑杆表面均有内膜覆盖,而DES后内膜增殖少,部分支架支撑杆表面没有内膜覆盖。结论 OCT成像显示DES对内膜增殖影响明显小于BMS。OCT作为一种新的血管内成像技术可用于评价冠状动脉介入治疗效果。

[关键词] 冠状动脉疾病; 断层成像; 支架

Evaluation of intimal proliferation of drug-eluting stent and bare metal stent by use of optical coherence tomography

Chen Bu-xing, Ma Feng-yun, Luo Wei, et al. Department of Cardiology, Beijing Electric Power Hospital, Beijing 100073, China

Corresponding author: Chen Bu-xing, Email: chbux@sohu.com

[Abstract] objective To compare neointimal proliferation of drug-eluting stent(DES) with bare metal stent(BMS) by optical coherence tomography(OCT). **Methods** Ten patients with coronary artery disease implanted intracoronary stents 5~30 months ago were repeated coronary angiography. After angiography, 12 coronary vessels with 13 intracoronary stents were performed OCT imaging. OCT Images were quantitatively analyzed to compare neointimal proliferation of DES with BMS after stenting. **Results** One patient with DES in left anterior descending(LAD) artery occurred acute anterior myocardial infarction after 29 months stenting, repeat angiography was normal in LAD, and OCT images showed irregular stent strut separation, stent malapposition, old thrombus surrounding the surfaces of stent struts. One patient with BMS in LAD was repeat angiography without restenosis 30 months later, and OCT images showed 31.55% restenosis in diameter and 46.03% restenosis in cross-sectional area. The other 8 patients with coronary stenting was followed-up by OCT after 5~9 months stenting, including 6 DES and 5

BMS. The neointimal proliferation measured by OCT after DES and BMS was compared. The results of OCT images showed maximal intimal proliferation thickness of BMS was significantly higher than DES [(1.06 ± 0.58) mm vs (0.14 ± 0.55) mm, $P=0.004$], luminal late loss in diameter and cross-sectional area in BMS were higher than DES [(1.73 ± 1.07) mm vs (0.23 ± 0.11) mm, $P=0.007$; (5.95 ± 4.15) mm² vs (0.77 ± 0.34) mm², $P=0.013$, respectively], and stent restenoses in diameter and cross sectional area in BMS were also greatly higher than DES [$(46.96 \pm 28.17)\%$ vs $(8.01 \pm 3.30)\%$, $P=0.005$; $(62.04 \pm 33.81)\%$ vs $(12.67 \pm 4.62)\%$, $P=0.006$, respectively]. All BMS strut surfaces were covered by neointimal coverage, but some strut surfaces of DES were uncovered. **Conclusions** According to OCT analysis, neointimal formation in DES was significantly less than in BMS. OCT imaging will provide new intravascular imaging modality for the interpretation of percutaneous coronary interventions.

Key Words coronary artery disease; tomography; stent

自2001年开始国外首次报道应用光学相干断层成像(Optical coherence tomography, OCT) OCT技术在人体冠状动脉内获得清晰图像以来^[1], OCT技术在冠心病介入领域中应用报道逐渐增多,但对置入药物洗脱支架和金属裸支架后应用OCT随访观察支架内膜情况国内外未见报道。我们于2005年7月29日至8月25日对10例冠心病患者置入药物洗脱支架和金属裸支架后5~30个月进行冠状动脉造影复查,造影结束后对置入支架的冠状动脉进行OCT成像检查,比较药物洗脱支架和金属裸支架对内膜增殖的影响。

一、资料与方法

1. 病例选择 2005年7月29日至8月25日,对10例冠心病经过冠状动脉内支架治疗后5~30个月的患者复查冠状动脉造影,造影

结束后对其进行OCT成像检查。10例患者中,男性7例,女性3例,平均年龄 60 ± 11 (41~71)岁。总共有12支血管接受OCT检查,其中LAD6支, RCA3支, LCX3支。12支血管共置入支架13个,其中置入雷帕霉素药物洗脱支架7个,置入金属裸支架6个,具体情况见表1。

表1. 10例支架置入术后OCT随访患者的临床基本资料

病例序号	性别	年龄 (岁)	置入支架类型	支架直径 (mm)	支架长度 (mm)
1	男	44	DES	3.0	28
2	男	70	DES	3.0	8
3	女	68	DES	2.5	33
4	女	63	DES	3.0	18
			DES	3.0	23
			DES	3.0	28
			DES	3.0	23
5	男	58	BMS	3.0	18
6	女	70	BMS	3.0	18
7	男	58	BMS	3.5	24
8	男	44	BMS	3.0	24
9	男	71	BMS	3.5	21
10	男	55	BMS	3.5	13

注:LAD,前降支;LCX回旋支,p为近端,d为远端;RCA,右冠状动脉;DES,雷帕霉素药物洗脱支架;BMS,金属裸支架。

2、OCT检查方法 冠状动脉造影结束后更换6F指引导管,沿导管送入0.014英寸的导引钢丝至目标血管的远端,再沿导引钢丝送入4F Helios阻断球囊导管(Lightlab Imaging, Inc)至血管远端,退出导引钢丝,送入1.4F成像导丝至目标部位,并与OCT系统(Lightlab Imaging, Inc)相连,在目标部位近端用低压力泵(0.3~.5大气压)(LID1, Lightlab Imaging, Inc)扩张Helios™阻断球囊,阻断血流,并通过Helios阻断球囊导管用肝素化生理盐水以每秒0.5ml的速度注入冠状动脉内,排除目标血管的血液后进行OCT成像。启动OCT系统,用视频显示器实时成像,成像速度15帧/秒,成像导丝以1~1.5mm/秒速度自动回撤并动态成像,每次成像血管长度30~45mm,根据情况可对血管远、中和近段血管进行成像。成像结束后应用OCT系统内的软件进行定量分析,

分析支架支撑杆表面内膜最大增殖厚度、测定所置入支架的直径和截面积、置入支架内膜增殖后最小管腔直径和最小管腔截面积,并计算支架术后管腔丢失情况。

3、统计学处理:采用SPSS 11.5统计软件进行统计学处理, $P < 0.05$ 被认为有统计学意义。

结果

对12支血管共进行34次OCT成像检查,其中有7次成像图像不理想,主要原因为血管内血液没有清除干净。置入的13个支架均获得高清晰OCT图像。在操作过程无1例死亡、严重心律失常、心肌梗死、夹层和血栓等严重合并症。

10例患者中有2例为支架术后29和30个月进行OCT检查,其余8例为支架术后5~9个月进行OCT检查。1例前降支病变置入药物

表2.OCT比较药物洗脱支架与裸支架对内膜增殖的影响

支架类型	DES (n=6)	BMS (n=5)	P值
支架直径(mm)	2.92 ± 0.20	3.30 ± 0.27	0.026
支架长度(mm)	25.50 ± 5.24	18.80 ± 4.09	0.045
距离复查时间(月)	7.50 ± 1.64	7.40 ± 1.82	0.926
最大内膜增殖厚度(mm)	0.14 ± 0.55	1.06 ± 0.58	0.004
测量支架直径(mm)	2.80 ± 0.46	3.44 ± 0.31	0.026
测量管腔直径(mm)	2.57 ± 0.40	1.71 ± 1.02	0.088
管腔丢失(mm)	0.23 ± 0.11	1.73 ± 1.07	0.007
直径再狭窄(%)	8.01 ± 3.30	46.96 ± 28.17	0.005
测量支架横截面积(mm ²)	6.51 ± 2.03	9.32 ± 2.09	0.051
测量管腔横截面积(mm ²)	5.75 ± 1.81	3.37 ± 3.38	0.169
截面再狭窄(%)	12.67 ± 4.62	62.04 ± 33.81	0.006
截面积丢失(mm ²)	0.77 ± 0.34	5.95 ± 4.15	0.013

支架 ($3.0 \times 8\text{mm}$, Cypher) 后 29 个月出现急性前壁心肌梗死, 择期复查冠状动脉造影, 造影结果显示前降支血管血流通畅, 支架内未见再狭窄病变, 但 OCT 检查发现前降支支架支架贴壁不良, 支架周围有陈旧血栓。1 例前降支病变置入金属裸支架 ($3.5 \times 24\text{mm}$, S7, Medtronic) 后 30 个月复查冠状动脉造影未见支架再狭窄, OCT 显示支架内最大内膜增殖厚度为 0.7mm , 管腔最小直径 2.56mm , 管腔最小面积 5.91 mm^2 , 支架直径狭窄 31.55% , 面积狭窄 46.03% (见图 1)。对其余 8 例置入 6 个药物洗脱支架和 5 个金属裸支架后 5~9 个月患者有关 OCT 结果进行比较分析 (见表 2)。从表 2 可以看出置入药物洗脱支架和金属裸支架距 OCT 检查时间一样, 金属裸支架与药物洗脱支架相比, 支架直径大、长度小, 但金属裸支架内最大内膜增殖厚度、管腔直径和面积丢失、管腔直径和面积再狭窄均明显高于药物洗脱支架。从 OCT 成像上看置入 6 个金属裸支架支撑杆表面均有内膜覆盖, 其中有 3 个支架出现明显再狭窄 (见图 2), 而置入 7 个药物洗脱支架后内膜增殖少 (见图 3), 确实降低介入后近期再狭窄的发生率, 但是药物洗脱支架置入后 6~9 个月, 个别甚至到 29 个月, 部分支架支撑杆表面没有内膜覆盖 (见图 4)。同时从 OCT 清晰地显示 1 例药物洗脱支架和 1 例金属裸支架跨越分支血管部位的支架支撑杆表面有陈旧血栓包绕 (图 5、6)。

讨论

OCT 原理与超声成像类似, 它是利用近红外线从组织反射回来的不同光学特征进行组织分析成像, 成像速度快, 分辨率高, 到目前为止, 它是最高分辨率的血管内成像技术, 分辨率大约为 $10\text{ }\mu\text{m}$, 比血管内超声成像 (IVUS) 分辨率高 10 倍, 接近观察到组织水平, 可以从组织水平清晰显示动脉粥样硬化斑块, 观察到冠状动脉微小结构变化, 早期离体研究显示 OCT 检测的斑块特征与组织学比较有良好相关, 能够清晰地显示血管壁的三层结构, 利用 OCT 可以在组织水平观察到组织的二维和三维成像^[2,3]。

2001 年开始首次在人体上应用 OCT 技术清楚显示冠状动脉内图像以来^[1], 有关应用 OCT 成像技术研究报道开始增加, 早期研究主要用于评价患者冠状动脉粥样硬化斑块特征, OCT 对于富含脂质斑块、纤维斑块、内膜增殖、微血管壁上夹层、血栓、粥样硬化斑块微小裂口和纤维帽厚度测量等方面优于 IVUS^[4,5]。随着冠心病介入技术的飞速发展, 接受冠状动脉内植入支架手术的患者逐年增加。评价支架术后即刻和中远期效果就显得非常重要。2003 年 Bouma 等^[6]报道 39 例患者 42 个支架分别应用 IVUS 和 OCT 进行成像, 通过对组织撕裂、组织脱垂及支架未贴壁方面进行比较, 结果显示 OCT 观察冠状动脉内支架置入情况明显优于 IVUS。为克服金属裸支架术后内膜过度增殖而导致的再狭窄, 近年来应用药物洗脱支架在减少再狭窄方面取得可喜进步, 但是置入药物洗脱支架后由于支架表面内膜覆盖不全引起晚期血栓的报道逐渐增多^[7,8]。如何检测药物洗脱支架术后内膜覆盖情况是当前大家关注的焦点。当前应用 OCT 技术检测药物洗脱支架和金属裸支架表面内膜覆盖情况, 国内外均未见文献报道。本研究应用 OCT 清楚显示金属裸支架术后 5~9 个月引起最大内膜增殖厚度、最小管腔直径和截面积的丢失和再狭窄率方面均明显高于药物洗脱支架, 从 OCT 检查结果也说明药物洗脱支架可明显减少再狭窄的发生率。但是从另一方面 OCT 也清楚显示药物洗脱支架术后 5~9 个月, 部分支架支撑杆表面没有内膜覆盖, 其中 1 例患者在药物洗脱支架术后 29 个月出现心肌梗死, OCT 发现支架支撑杆与血管壁分离, 支撑杆表面有血栓覆盖。这些结果也说明药物洗脱支架术后长期抗血小板治疗的重要性, 究竟需要服用抗血小板药物氯比格雷多长时间目前也没有明确的答案。从有限的样本和临床研究资料提示, 在药物洗脱支架的时代, OCT 用于评价支架治疗效果是其它检查手段无法替代的。有关 OCT 在临床方面应用不足之处, 主要是 OCT 成像导丝由光导纤维组成, 容易折断损害, 操作应格外小心, 需要对成像导丝进一步改善; 另外在做