

下肢动脉腔内治疗的现状与评估

崔进国, 刘晶磊

作者单位: 050081 石家庄, 中国人民解放军联勤保障部队第980医院放射介入诊疗中心

作者简介: 崔进国(1955-), 男, 大学本科, 主任医师, 博士生导师, 研究方向: 介入治疗。E-mail: cuijinguo2005@163.com



崔进国, 主任医师, 博士生导师, 享受国务院特殊津贴, 担任中国医师协会介入医学专业委员会常委、中国研究型医院协会血管外科分会常委、全军介入医学专业委员会副主任委员、河北省医学会介入医学分会主任委员。获全军和省部级科学技术进步奖4项, 其中一等奖1项, 二等奖3项。发表学术论文50余篇, 其中SCI论文10篇, 承担全军和省部级科研课题3项, 在介入治疗布加氏综合征、肝硬门脉高压并消化道出血、顽固性腹水、周围血管狭窄闭塞性疾病方面有专长。

〔摘要〕 随着血管腔内治疗器材的不断创新, 腔内治疗已逐渐成为下肢动脉狭窄闭塞性疾病的主要治疗模式。由于股腘动脉具有特殊的生物力学特点, 即便是最新一代的镍钛合金支架, 其远期通畅率仍不理想。由于药物涂层技术在抑制下肢动脉内膜过度增生中的作用, 载药器械逐渐成为高级别临床应用的推荐, 尤其适合股腘动脉长段病变、钙化病变、再狭窄病变及膝下病变等。理想的血管准备包括减容手段的合理应用以及球囊扩张模式优化等, 可进一步避免或减少球囊扩张或支架植入后的血管再狭窄和再干预率, 因此下肢动脉应规范血管腔内治疗, 严格把握适应证, 在实践和创新中切实提高疗效。

〔关键词〕 下肢; 动脉闭塞; 腔内治疗; 血管准备; 载药器具

〔中图分类号〕 R 543 〔文献标识码〕 A 〔文章编号〕 1674-3806(2020)03-0226-05

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2020.03.04

Status and evaluation of endovascular treatment of lower extremity artery CUI Jin-guo, LIU Jing-lei. Radiation Interventional Diagnosis and Treatment Center, the 980th Hospital of the Joint Logistic Support Force of the Chinese People's Liberation Army, Shijiazhuang 050081, China

〔Abstract〕 With the continuous innovation of endovascular treatment equipment, endovascular treatment has gradually become the main treatment mode for arterial stenosis and occlusion diseases of lower limbs. Due to the bio-mechanical characteristics of the femoral-popliteal artery in its special parts, the long-term patency rate is still unsatisfactory even for the latest generation of nickel-titanium alloy stents. In view of the role of drug coating technology in inhibiting intimal hyperplasia of lower limb arteries, drug-carrying devices have gradually become recommendations for high-level clinical applications, especially suitable for long-segment lesions of femoral-popliteal artery, calcified lesions, restenosis lesions and infrapatellar lesions. Moreover, ideal vascular preparation includes reasonable application of volume reduction measures and optimization of balloon dilation mode, which can further avoid vascular restenosis after balloon dilation or stent implantation or reduce the re-intervention rate. Therefore, endovascular treatment of lower extremity artery should be standardized, and the indications should be strictly controlled, and curative effect should be effectively improved in practice and innovation.

〔Key words〕 Lower limbs; Arterial occlusion; Endovascular treatment; Vascular preparation; Drug-carrying appliance

外周动脉缺血性疾病(peripheral artery disease, PAD)是临床发病率较高, 危害人类健康的一种疾

病, 相关文献显示该病在全球成人中的发病率约为12%, 且70岁以上的人群中发病率可达20%, 在糖

尿病患者中 PAD 的发病率会升高 3~4 倍。在治疗方面,随着血管腔内器材的发展及技术水平的提高,腔内介入治疗已逐渐成为 PAD,特别是下肢动脉狭窄闭塞性疾病的主要治疗方式。

1 股腘动脉 (femoral-popliteal artery, FPA) 支架成形术的临床应用

FPA 慢性闭塞性疾病是引起 PAD 的常见原因。FPA 在下肢屈曲时可出现多种机械变形,特别是在内收肌裂孔和膝下腘动脉段区域,FPA 经历弯曲、扭转和压缩的程度明显。这些机械变形可导致 FPA 血管壁损伤及血流紊乱,是下肢动脉闭塞性疾病发生及发展的关键因素^[1~3]。当 FPA 发生狭窄闭塞且存在重症下肢缺血 (critical limb ischemia, CLI) 时,则需通过血管腔内治疗或旁路手术进行血运重建干预。与旁路手术相比,血管腔内治疗具有创伤小、手术时间短、术后恢复快等优点,目前已逐渐成为 PAD 临床治疗的首选方法。但由于 FPA 具有高动态力学的独特环境,支架植入的通畅率偏低。虽然新一代镍钛合金支架提高了 FPA 支架的耐久性 & 通畅性,但文献报道 FPA 支架植入后 1 年的通畅率为 43%~90%,且长段 FPA 支架植入后再狭窄和二次干预率普遍高于旁路手术^[4~6]。FPA 在下肢屈曲位时经历的多种机械变形是金属支架面临的主要问题,近年来多个生产厂家针对 FPA 部位的特殊性开发出了不同的镍钛合金支架,但仍没有一款支架可完美适应 FPA 的径向变形、轴向压缩、弯曲和扭转的变化。有研究^[7]在体外试验台测试支架机械性能基础上,通过人体尸体模型和动脉内标记物的方法,对 7 款市售的 FPA 支架 (Absolute Pro、Supera、Innova、Zilver、Smart Control、Smart Flex 和 Viabahn) 进行了测试,评估在 FPA 收肌管段植入不同厂家支架后,支架未覆盖段 (指支架近心段及远心段) 和支架覆盖段 FPA 的轴向压缩、径向变形、弯曲和扭转的变化范围,最后研究者使用自创的机械性能综合评分系统 (Combined Mechanical Compatibility Score, CMCS) 对下肢屈曲位时 7 款支架给 FPA 带来的形变做出了总的评估。但由于哪些形变在病理生理学中起到更重要的作用尚不明确,所以所有形变都被设定了相同的权重。但总的来说,没有一款支架能适应所有的 FPA 变形,Supera 是形变最兼容的支架,而 Smart Flex 支架引起的形变加重最大,Absolute Pro 对这些形变的限制最小,Smart Control 支架对 FPA 形变的整体限制最大。目前尚不清楚限制这些机械形变对动脉功能和愈合是否有积极或消极的影响。一方面,由

更硬的支架产生的更直的动脉形态可能有助于形成更多的层流模式;另一方面,僵硬的支架在四肢弯曲时,支架末端与柔软管壁产生局部高应力会损伤动脉壁,并可能导致有害的细胞和生化反应,最终导致内膜增生,重建失败。因此笔者结合自己的经验认为 FPA 支架应用应取谨慎的态度。

2 下肢动脉载药器材的应用

随着近年来下肢动脉载药器材的研发以及其在临床中的应用,印证了它具有可抑制动脉内膜的作用,从而进一步获得了高级别的应用推荐^[8,9]。

2.1 药物涂层球囊 (drug coated balloon, DCB) 在股腘动脉病变中的应用 FemPac 试验是从 2004 年开始的多中心随机对照试验,共入组 87 例患者,DCB 组与标准经皮血管腔内成形术 (percutaneous transluminal angioplasty, PTA) 组病变长度相对较短 (47 mm vs 40 mm, $P=0.45$)。术后 6 个月造影复查,DCB 组与 PTA 组比较,DCB 组的管腔丢失 [(0.5 ± 1.1) mm vs (1.0 ± 1.1) mm, $P=0.031$] 及再干预率 (20.0% vs 33.3%, $P=0.002$) 较低^[10]。

2.2 DCB 在长段股腘动脉病变中的应用 AcoArt I 试验是在国内多中心开展的随机对照试验,共入组 200 例病变较长患者 [DCB 组病变长度 (147 ± 110) mm, PTA 组病变长度 (152 ± 109) mm, $P=0.78$], 术后 6 个月 DCB 组与标准 PTA 组平均管腔丢失分别为 (0.05 ± 0.73) mm 和 (1.15 ± 0.89) mm, 两组比较差异有统计学意义 ($P<0.001$); 相应的再狭窄率分别为 22.5% 和 70.8% ($P<0.001$); 术后 1 年再干预率分别为 7.2% 和 39.6% ($P<0.001$); 术后 24 个月两组一期通畅率分别为 64.6% 和 31.4% ($P<0.001$), 显示 DCB 组具有更低的再干预率 (58.9% vs 86.5%, $P<0.001$)^[11,12]。CNSEQUENT 试验共入组 152 例患者,DCB 组与标准 PTA 组病变长度分别为 (137 ± 122) mm 和 (126 ± 82) mm。DCB 组术后 6 个月管腔丢失低于 PTA 组 (0.35 mm vs 0.72 mm, $P=0.006$); DCB 组 12 个月靶病变再干预率也低于 PTA 组 (17.8% vs 37.7%, $P=0.008$); 随访 2 年,两组的再狭窄率分别为 48.4% 和 72.3% ($P=0.006$)^[13,14]。可见 DCB 在长段股腘动脉病变中也可有较好的通畅率和较低的再干预率。

2.3 DCB 在钙化病变中的应用 目前腔内治疗的主要难点为钙化斑块与下肢动脉腔内治疗后再狭窄、再干预率密切相关。PACIFIER 试验入组患者 85 例,DCB 组和 PTA 组的股腘动脉病变平均长度分别为 (70 ± 53) mm 和 (66 ± 55) mm, 而病变钙化比

例分别为 63.6% 和 66.0%; 术后 6 个月血管造影显示 DCB 组晚期管腔丢失显著降低 (-0.01 mm vs 0.65 mm , $P=0.001$) 且可获得更低的再狭窄率 (8.6% vs 32.4%, $P=0.01$)^[15]。如果 DCB 联合斑块旋切等减容治疗, 则能更好地降低术后再狭窄率及再干预率。

2.4 DCB 在支架再狭窄 (in-stent restenosis, ISR) 中的应用 ISR 一直是下肢动脉腔内治疗术后的主要问题。FAIR 研究是将 119 例股动脉再狭窄患者随机分为 DCB 组和 PTA 组, 病变长度分别为 (82.3 ± 70.9) mm 和 (81.1 ± 66.2) mm, 慢性完全闭塞病变 (chronic total occlusion, CTO) 分别为 24.2% 和 33.3%; 中重度钙化分别占 30.7% 和 19.3%; 术后 6 个月随访彩超发现 DCB 组复发性再狭窄率低于对照组 (15.4% vs 44.7%, $P=0.002$); 术后 6 个月两组免于再干预率比较差异有统计学意义 (96.4% vs 81.0%, $P=0.012$), 术后 12 个月 DCB 组免于再干预率仍高于对照组 (90.8% vs 52.6%, $P<0.0001$)^[16]。

2.5 DCB 在膝下病变中的应用 膝下动脉纤细、病变弥漫且大多钙化明显, 标准 PTA 术后再狭窄发生率较高, 因此研究者们希望 DCB 能在膝下病变中继续发挥优势。DEBATE-BTK 研究入组 132 例患者, 总计 158 处病变被随机分为 DCB 组和标准 PTA 组, 术后 1 年复查 DCB 组再狭窄率为 27%, 而 PTA 组为 74% ($P<0.001$), 靶血管病变再干预率两组分别为 18% 和 43% ($P=0.002$), DCB 组表现优势明显^[17]。但是在 INPACT DEEP 的研究中, DCB 组较标准 PTA 组在 1 年管腔丢失或靶血管病变再干预率中无明显优势, 并且 DCB 组截肢率更高, 这引起了人们的担忧。有大样本分析表明在膝下动脉病变中, DCB 组与标准 PTA 组间靶血管病变再干预率、截肢率或死亡率均无显著差异, DCB 组仅在晚期管腔丢失方面显著降低^[18]。因此在膝下动脉病变中, DCB 的疗效需进一步研究观察。

2.6 药物洗脱支架 (drug-eluting stent, DES) 在下肢动脉病变中的应用 常规 PTA 或支架治疗膝下动脉病变再狭窄率相当高, 但是随着 DES 在下肢动脉的应用以及支架载药浓度、载药方式的调整, DES 于下肢动脉病变治疗中也取得了较好的临床效果。Eluvia 研究入组 62 例患者的病变长度平均为 (200 ± 10) mm, CTO 为 79%, 中重度钙化占 42%, 远段股动脉和腘动脉的支架植入率分别为 76% 和 44%; 术后 12 个月随访结果通畅率可达 87%, 效果理想^[19]。在膝下动脉病变中 DES 亦显现出较好的疗效, Spiliopoulos 等^[20] 回顾性分析 DES 在 214 例糖尿病患者膝下动脉病

变中的应用, 术后随访 1、5、10 年免于截肢率分别为 94.9%、90.4%、90.4%, 免于再干预率分别为 79.7%、55.2%、49.7%。药涂器材在下肢动脉病变中取得了较好的临床疗效, 但考虑到目前载药器材应用的局限性, 仍应严格把握手术适应证和规范腔内操作治疗, 以期得到更好的疗效和安全性。

3 膝下动脉腔内治疗新理念

泛大西洋协作组织 (Trans-Atlantic Inter-Society Consensus, TASC) 有关膝下动脉病变的更新指南中指出, 膝下动脉血运重建成功的指标是足部可获得直向直线血流。Taylor 等^[21,22] 于 1987 年提出基于解剖学的肢体三维供血分布概念, 该概念最早为整形外科的皮瓣移植、组织修复等提供了较好的理论基础。2006 年 Attinger 等提出足部的“Angiosome”概念后, 众多的学者开始探讨在“Angiosome”概念指导下行 Rutherford 5、6 级缺血患者的血管重建术 [旁路重建术 (Bypass) 或腔内成形术], 近 10 余年许多学者完善了“Angiosome”理念指导的膝下动脉成形术, 所有的临床结果均显示, 于“Angiosome”概念指导下的靶血管直接开通组病例的保肢率、创面愈合率均显著高于非靶血管开通组 (间接血运开通)^[23,24]。但是, 膝下动脉病变开通术所依据的“Angiosome”理念源于足部正常的动脉分支血供分布, 而对于已长时间足部组织破损的 Rutherford 5、6 级缺血患者, 会因局部病理改变而发生靶病变区域的供血分布变异。Utsunomiya 等^[25] 在 2012 年为膝下动脉腔内治疗提出足部“创面染色”的评价标准, 在其回顾性研究中显示术后获得足部创面良好染色者和未获得足部良好染色的病例 3 年的保肢率分别为 96.4% 和 56.8%。2017 年 Utsunomiya 等^[26] 又进行了多中心前瞻性研究, 结果显示在创面愈合率上创面有效血管染色组和无明显染色组分别为 79.6% 和 46.5%, 据此进一步提出了“创面有效的血管染色”为膝下动脉病变腔内治疗的最终目标。2018 年 Do 等^[27] 提出“Angiographosome”理念, 即术中于 DSA 造影指导下行靶病变区有效血供重建。并把“Angiographosome”理论体系归纳为: (1) 直向血运: 指与“Angiosome”一致的供血分布, 胫前或胫后动脉造影即可获得创面完整的血管染色。(2) 经 Loop 环血运: 对于 II 型足弓的病变, 创面位于闭塞足弓一侧, 即通过 Loop 环开通闭塞的足底弓或足背弓后可直接获得创面完整的血管染色, 重建此闭塞的足弓即可。(3) 分水岭血运: 对于一部分创面位于足背弓或足底弓和腓动脉分支供血交界处, 想要获得创面完整的血管染色需要开通邻近

的两个分支。(4)变异血运:经过膝下多分支选择性正侧位造影,可能显示出完全区别于“Angiosome”理念的创面有效供血分支,血运重建可能需要多分支分别进行,特别是腓动脉的重建。总之,“Angiographosome”理论体系指导所得出的关于 Rutherford 5、6 级缺血患者膝下动脉重建术的终极目标为创面获得直线供血分支的完整血管染色。

4 下肢动脉腔内治疗的血管准备

DCB 的出现不仅改变了下肢动脉尤其是股腘段病变血管腔内治疗的理念及行为模式,并且一定程度上减少了支架的植入,已成为当前血管腔内治疗的新趋势。但达到这一目标的前提是理想的血管准备。血管准备的策略:优化血管准备的前提是尽可能地在真腔内开通闭塞段动脉。为减少或避免普通球囊血管成形术(plain old ballon angioplasty, POBA)治疗所致夹层,需要注重球囊的合理选择和扩张模式的优化。多数研究者认为,硬化病变的不均质性是夹层形成的最主要原因,因为扩张过程中不同部位位于径向、轴向上的应力是存在差异的,从而导致斑块撕裂。因此认为优化 POBA 治疗的基本原则为尽可能对管腔在低压条件下行缓慢且均匀的扩张。于是,低压球囊应运而生,球囊的囊壁设计和材质选择可以使球囊在扩张时不会完全顺应管壁的形态,从而在一定程度上降低了不同部位的应力差异,达到降低扩张压力的目的。巧克力球囊(美国 Medtronic),在球囊表面附有网格状的镍钛合金约束结构。其设计原理在理论上符合低压、缓慢且均匀的扩张原则。切割球囊(Boston Scientific 公司),因球囊壁上纵向均匀排列 3~4 根金属条,借此可以确保在径向扩张上受力的均衡性。此外,可选择不同直径的普通球囊进行递增扩张,可以使球囊始终在低压状态下缓慢而均匀地展开,从而解决了扩张压力不均衡的问题。另一受关注的血管准备问题是管腔有效减容,分为斑块减容和血栓减容两种。长段病变中,经常可见中短段闭塞合并大量血栓负荷的复合型病变。对于此类病变可先行经皮机械血栓清除术(percutaneous mechanical thrombectomy, PMT)或导管溶栓术(catheter directed thrombolysis, CDT),将长段病变转化为中短段病变后进行治疗,是减少支架植入的理想模式。球囊扩张后弹性回缩的发生多数是因为钙化病变所致,可影响 DCB 药物向血管壁的渗透,导致疗效降低^[28]。相比单纯 DCB 治疗,斑块旋切加抗再狭窄治疗(directional atherectomy and anti-restenosis therapy, DAART)可以提升对钙化病变严重血管的疗效,尤其适用于

支架植入相对禁忌的股总动脉和腘动脉病变^[29,30]。

5 结语

综上所述,虽然优化的血管准备以及 DCB 治疗的确减少了许多不必要的支架植入,但在长段动脉闭塞中由于病变性质的多样化、开通质量的不确定性以及对血管准备结果的判断可能存在偏差的情况下,支架的作用仍应受到重视。

参考文献

- 1 Desyatova A, MacTaggart J, Romarowski R, et al. Effect of aging on mechanical stresses, deformations, and hemodynamics in human femoropopliteal artery due to limb flexion[J]. Biomech Model Mechanobiol, 2018, 17(1):181-189.
- 2 Desyatova A, Poulson W, Deegan P, et al. Limb flexion-induced twist and associated intramural stresses in the human femoropopliteal artery[J]. J R Soc Interface, 2017, 14(128). pii: 20170025.
- 3 Poulson W, Kamenskiy A, Seas A, et al. Limb flexion-induced axial compression and bending in human femoropopliteal artery segments[J]. J Vasc Surg, 2018, 67(2):607-613.
- 4 Chang CH, Lin JW, Hsu J, et al. Stent revascularization versus bypass surgery for peripheral artery disease in type 2 diabetic patients-an instrumental variable analysis[J]. Sci Rep, 2016, 6:37177.
- 5 Darling JD, McCallum JC, Soden PA, et al. Results for primary bypass versus primary angioplasty/stent for lower extremity chronic limb-threatening ischemia[J]. J Vasc Surg, 2017, 66(2):466-475.
- 6 Sinha Roy A, Banerjee RK, Back LH, et al. Delineating the guidewire flow obstruction effect in assessment of fractional flow reserve and coronary flow reserve measurements[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2005, 289(1):H392-H397.
- 7 Rodés-Cabau J, Gutiérrez M, Courtis J, et al. Importance of diffuse atherosclerosis in the functional evaluation of coronary stenosis in the proximal-mid segment of a coronary artery by myocardial fractional flow reserve measurements[J]. Am J Cardiol, 2011, 108(4):483-490.
- 8 Feldman DN, Armstrong EJ, Aronow HD, et al. SCAI consensus guidelines for device selection in femoral-popliteal arterial interventions[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2018, 92(1):124-140.
- 9 Bailey SR, Beckman JA, Dao TD, et al. ACC/AHA/SCAI/SIR/SVM 2018 Appropriate Use Criteria for Peripheral Artery Intervention: A Report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Heart Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, and Society for Vascular Medicine[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(2):214-237.
- 10 Werk M, Langner S, Reinkensmeier B, et al. Inhibition of restenosis in femoropopliteal arteries: paclitaxel-coated versus uncoated balloon; femoral paclitaxel randomized pilot trial[J]. Circulation, 2008, 118(13):1358-1365.
- 11 Jia X, Zhang J, Zhuang B, et al. Acotec Drug-Coated Balloon Catheter: Randomized, Multicenter, Controlled Clinical Study in

- Femoropopliteal Arteries: Evidence From the AcoArt I Trial [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016,9(18):1941-1949.
- 12 Xu Y, Jia X, Zhang J, et al. Drug-coated balloon angioplasty compared with uncoated balloons in the treatment of 200 Chinese patients with severe femoropopliteal lesions: 24-month results of AcoArt I[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2018, 11(23): 2347-2353.
- 13 Tepe G, Gögebakan Ö, Redlich U, et al. Angiographic and clinical outcomes after treatment of femoro-popliteal lesions with a novel paclitaxel-matrix coated balloon catheter[J]. Cardiovasc Interv Radiol, 2017, 40(10):1535-1544.
- 14 Albrecht T, Waliszewski M, Roca C, et al. Two-year clinical outcomes of the CONSEQUENT trial: can femoropopliteal lesions be treated with sustainable clinical results that are economically sound? [J]. Cardiovasc Interv Radiol, 2018, 41(7):1008-1014.
- 15 Werk M, Albrecht T, Meyer DR, et al. Paclitaxel-coated balloons reduce restenosis after femoro-popliteal angioplasty: evidence from the randomized PACIFIER trial[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2012, 5(6):831-840.
- 16 Krankenberg H, Tübler T, Ingwersen M, et al. Drug-coated balloon versus standard balloon for superficial femoral artery in-stent restenosis: the randomized femoral artery in-stent restenosis (FAIR) trial [J]. Circulation, 2015, 132(23):2230-2236.
- 17 Liistro F, Porto I, Angioli P, et al. Drug-eluting balloon in peripheral intervention for below the knee angioplasty evaluation (DEBATE-BTK): a randomized trial in diabetic patients with critical limb ischemia[J]. Circulation, 2013, 128(6):615-621.
- 18 Cassese S, Ndrepepa G, Liistro F, et al. Drug-Coated Balloons for Revascularization of Infrapopliteal Arteries: A Meta-Analysis of Randomized Trials[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9(10):1072-1080.
- 19 Bisdas T, Beropoulos E, Argyriou A, et al. 1-year all-comers analysis of the eluvia drug-eluting stent for long femoropopliteal lesions after suboptimal angioplasty[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2018, 11(10):957-966.
- 20 Spiliopoulos S, Theodosiadou V, Katsanos K, et al. Long-term clinical outcomes of infrapopliteal drug-eluting stent placement for critical limb ischemia in diabetic patients[J]. J Vasc Interv Radiol, 2015, 26(10):1423-1430.
- 21 Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories(angiosomes) of the body: experimental studies and clinical applications[J]. Br J Plast Surg,1987,40(2):113-141.
- 22 Taylor GI, Pan WR. Angiosomes of the leg: Anatomic study and clinical implications[J]. Plast Reconstr Surg, 1998,102(3):599-616.
- 23 Verzini F, De Rango P, Isema G, et al. Results of the “endovascular treatment first” policy for infrapopliteal disease[J]. J Cardiovasc Surg(Torino),2012,53(1 Suppl 1):179-188.
- 24 Alexandrescu V, Vincent G, Azdad K, et al. A reliable approach to diabetic neuroischemic foot wounds: below-the-knee angiosome-oriented angioplasty[J]. J Endovasc Ther,2011,18(3):376-387.
- 25 Utsunomiya M, Nakamura M, Nakanishi M, et al. Impact of wound blush as an angiographic end point of endovascular therapy for patients with critical limb ischemia[J]. J Vasc Surg, 2012,55(1):113-121.
- 26 Utsunomiya M, Takahara M, Iida O, et al. Wound Blush Obtainment Is the Most Important Angiographic Endpoint for Wound Healing[J]. JACC Cardiovasc Interv,2017,10(2):188-194.
- 27 Do CS, Herman KC, Gallo V, et al. Angiographosome-Directed Revascularization[J]. Endovascular Today,2018,17(5):52-58.
- 28 Fanelli F, Cannavale A, Gazzetti M, et al. Calcium burden assessment and impact on drug-eluting balloons in peripheral arterial disease[J]. Cardiovasc Interv Radiol, 2014, 37(4):898-907.
- 29 Stavroulakis K, Schwindt A, Torsello G, et al. Directional atherectomy with antirestenotic therapy vs drug-coated balloon angioplasty alone for common femoral artery atherosclerotic disease[J]. J Endovasc Ther, 2018, 25(1):92-99.
- 30 Stavroulakis K, Schwindt A, Torsello G, et al. Directional atherectomy with antirestenotic therapy vs drug-coated balloon angioplasty alone for isolated popliteal artery lesions [J]. J Endovasc Ther, 2017,24(2):181-188.

[收稿日期 2020-03-23][本文编辑 吕文娟 余 军]