·老年周围血管疾病治疗专栏·

下肢动脉硬化闭塞症患者腔内治疗术后支架内再狭窄的原因和治疗进展

武雪亮[1],屈明[1],薛军[1*],郭飞[1],韩磊[1],王立坤[2],郑月宏[3]
(河北北方学院附属第一医院:[1]血管腺体外科,[2]超声医学科,张家口 075061;[3]中国医学科学院北京协和医院血管外科,北京 100730)

【摘 要】 不断更新的镍钛合金支架使得下肢动脉硬化闭塞症(LEASO)患者的腔内治疗出现了革命性的改变,但仍有半数股腘动脉支架植入术患者出现支架内再狭窄(ISR)。ISR常见于长段复杂病变,原因和机制也较复杂,其治疗主要包括非手术治疗和血管再通治疗。非手术治疗包括戒烟、控制血糖、血脂、血压、抗凝、积极锻炼和药物治疗。血管再通治疗包括传统开放手术、Forgart导管取栓术、导管内接触性溶栓、经皮腔内血管成形术(PTA)、血管成形及支架植入术(PTAS)、经皮腔内斑块切除术、准分子激光斑块消蚀术(ELA)和血管腔内短距离放射治疗(EVBT)等。目前临床多采用复合治疗,以期取得更好的中远期疗效,降低再干预率,本文综述了ISR原因和血管再通治疗方面的研究进展。

【关键词】 动脉硬化;支架;股动脉;治疗结果
【中图分类号】 R654.4 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2018.08.144

Causes of in-stent restenosis following endovascular treatment in patients with lower extremity atherosclerotic occlusive disease and research progress in its treatment

WU Xue-Liang[1], QU Ming[1], XUE Jun[1*], GUO Fei[1], HAN Lei[1], WANG Li-Kun[2], ZHENG Yue-Hong[3]
([1]Department of Vascular and Glandular Surgery, [2]Department of Ultrasonic Medicine, First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou 075061, China; [3]Department of Vascular Surgery, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China)

【Abstract】 In-stent restenosis (ISR) occurs in half of the patients treated with stenting of femoral and popliteal artery for lower extremity arteriosclerotic occlusive disease despite revolutionized treatment of lower extremity arteriosclerosis obliterans (LEASO) as a result of the continuous renewal of Ni-Ti alloy stent. ISR, occurring commonly at long and complicated lesions with complex causes and mechanisms, is treated non-surgically and with vascular recanalization. Non-surgical treatment includes quitting smoking, control of blood sugar, blood lipids and blood pressure, anticoagulation, and active exercise, and medication. Vascular recanalization consists of conventional open surgery, Forgart catheter thrombectomy, intraductal contact thrombolysis, percutaneous transluminal angioplasty (PTA), percutaneous transluminal angioplasty and stenting (PTAS), and percutaneous plaque resection, excimer laser atherectomy (ELA), and endovascular brachytherapy (EVBT). Combined therapy is mainly used clinically to obtain better medium- and long-term treatment outcomes and reduce the occurrences of reintervention. In this article, we reviewed the causes of ISR and research progress in vascular recanalization treatment.

【Key words】 arteriosclerosis; stent; femoral artery; treatment outcome
Corresponding author: *XUE Jun*, *E-mail*: *yfyxuejun@163.com*

随着我国居民生活水平提高、饮食结构改变、老龄化的加剧,下肢动脉硬化闭塞症(lower extremity arteriosclerosis obliterans, LEASO)的发病率逐年增高,且呈现年轻化趋势[1]。LEASO的病理基础是动脉粥样硬化,在此基础上管腔变性、狭窄、血栓形成和闭塞而致下肢慢性缺血。除药物保守治疗外,主要治疗方法包括旁路血管重建术和腔内介入治疗[2]。尽管镍钛合金支架不断被更新,腔内治疗出现了革命性的改变,但仍有半数的股腘动脉支架植入术患者出现支架内再狭窄(in-stent restenosis, ISR)[3]。

收稿日期:2018-05-03;修回日期:2018-06-12
通信作者:薛军,E-mail:yfyxuejun@163.com

1 ISR的原因

ISR的原因和机制较复杂,包括动脉硬化本身进展、术后抗凝治疗不充分、支架植入引发斑块重建、血管内膜持续受压造成平滑肌细胞迁移、增生和大量细胞外基质形成及各种炎性细胞因子的释放等,这些因素均可导致管腔再狭窄和闭塞[4,5]。

糖尿病、冠心病、高血压、高血脂等基础疾病及吸烟是ISR重要的诱发因素,血管开通后血糖、血脂水平如未得到有效控制,机体持续高血糖和高血脂可导致脂质逐步沉积于血管内皮细胞,从而使得动脉壁硬化、血栓形成而诱发ISR。吸烟可导致血管内皮细胞损伤和血清一氧化碳浓度升高,一氧化碳浓度升高能刺激内皮细胞释放生长因子,促使平滑肌细胞向内膜逐步迁移和增生,参与动脉硬化的形成。大量吸烟也可使血中低密度脂蛋白(low density lipoprotein,LDL)易于氧化,形成氧化LDL,从而加重管腔的病变。LEASO治疗后抗凝治疗不充分可致机体长期处于高凝状态,导致脂质沉积,形成血栓而再次导致管腔狭窄和闭塞。此外,手术操作或治疗后血管内膜损伤、增生可致管腔狭窄,亦是ISR的重要原因。内皮素(endothelin,ET)释放增加、一氧化氮(nitric oxide,NO)等活性物质释放减少是ISR早期的主要病理。此外,血清C-反应蛋白(C-reactive protein,CRP)、白细胞介素-1(interleukin-1,IL-1)、IL-6、IL-8、IL-18、肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor-α, TNF-α)和干扰素(interferon-γ, IFN-γ)均被证实参与动脉硬化和管腔再狭窄的发生过程[6]。

2 ISR的治疗

目前ISR的治疗主要包括非手术治疗和血管再通治疗。非手术治疗包括戒烟、控制血糖、血脂、血压、抗凝、积极锻炼和药物治疗。血管再通治疗包括传统开放手术(人工血管取栓+吻合口成形、自体大隐静脉再移植、股深动脉成形+自体干细胞移植等)、Forgart导管取栓术、导管内接触性溶栓、经皮腔内血管成形术(percutaneous transluminal angioplasty,PTA)、血管成形及支架植入术(percutaneous transluminal angioplasty and stenting,PTAS)、经皮腔内斑块切除术、准分子激光斑块消蚀术(excimer laser atherectomy,ELA)和血管腔内短距离放射治疗(endovascular brachytherapy,EVBT)等。随着腔内技术不断发展及各项微创器械的问世,血管腔内治疗较传统开放手术更具合理性和优越性[7]。

2.1 药物治疗

药物治疗主要包括抗血小板、扩张血管等药物。临床常用的抗血小板药物有阿司匹林、氯吡格雷和沙格雷酯等,阿司匹林通过诱导环氧合酶-1(cyclooxygenase-1,COX-1)失活,抑制血栓素A2(thromboxane A2,TXA2)的合成发挥抗血小板功能。氯吡格雷通过抑制二磷酸腺苷(adenosine diphosphate,ADP)与受体特异性结合,选择性抑制ADP诱导的血小板聚集。同时通过阻断血小板激活后级联反应的放大,抑制非ADP诱导的血小板聚集。沙格雷酯是5-羟色胺2(5-hydroxytryptamine 2,5-HT2)受体阻滞剂,通过阻滞5-HT2受体而抑制血小板聚集和血管内皮收缩,从而发挥抗血栓作用。目前,多项研究证实[8,9],阿司匹林联合氯吡格雷能有效预防LEASO术后ISR的发生,尤其流出道较差的患者更适用,它相对单一药物治疗,疗效更明显且术后出血风险低。而沙格雷酯在出血等不良事件方面有更大的优势,因而多被用于伴消化性溃疡等出血风险较高的患者。此外,西洛他唑、前列地尔作为扩血管药物,可改善血流量,减轻症状,亦可用于ISR的预防和治疗。

2.2 Forgart导管取栓术

Forgarty导管取栓术是治疗急性动脉栓塞的标准方法,其克服了传统血管切开取栓手术的局限性,具有以下优势:(1)术前、术中血管造影可清晰显示栓塞平面及取栓效果;(2)术中可监测球囊形状,调整球囊压力,避免压力过大或不足引起血管壁损伤及异位栓塞;(3)减少术后溶栓药使用量,降低出血风险。不足之处是仍属有创操作,对血管内皮有一定损伤,且仅适于继发性血栓,对新鲜血栓则不适合[10]。

2.3 导管内接触性溶栓

导管内接触性溶栓是将导管的侧孔段置于血栓内,使尿激酶等溶栓药物均匀且保持足够的浓度从侧孔流出与血栓充分接触,最大限度发挥溶栓作用,对于伴有复杂血栓且病变较长的动脉狭窄段,再通率可达80%~90%,较传统溶栓方法优势更明显,能暴露动脉真正狭窄范围,缩短支架长度,减少植入支架数目,且对血管内皮损伤较小,并发症少,可降低ISR风险。刘洪等[11]对35例LEASO患者行接触性溶栓治疗后总有效率为91.40%,再通率为82.85%。同时溶栓时还可辅以球囊扩张、支架植入等对血栓进行机械性挤压,溶栓后给予充分的抗凝和抗血小板持续治疗,能提高溶栓的速度和成功率。但近期有颅脑、胃肠等活动性出血史患者禁用。

2.4 球囊扩张

球囊扩张治疗仍是应用最广泛的 PTA，目前对 ISR 的治疗，临床选用改进的球囊技术，如药物洗脱球囊（drug eluting balloon，DEB）、冷冻球囊血管成形和切割球囊血管成形术（cutting balloon angioplasty，CBA）。

DEB 表面附有活性药物，进入管腔后被激活并释放作用于血管壁，抑制细胞有丝分裂和内膜增生，适用于小直径管腔、病变部位弯曲活动度大及长管径区域。Liistro 等[12]研究比较了 DEB 和普通球囊治疗糖尿病患者股浅及近端腘动脉间再狭窄的中远期疗效，1 年后 2 组再狭窄率分别为 19.5% 和 71.8%，干预率分别为 13.6% 和 31.0%，表明 DEB 较普通球囊能明显减少再狭窄率和再干预率，远期通畅率令人满意。Jongsma 等[13]亦证实在股腘动脉段应用 DEB 可明显降低术后 6 ~ 12 个月的靶病变血管重建（target lesion revascularizition，TLR）和 ISR。冷冻球囊血管成形的作用机制为在球囊扩张狭窄病变段的同时，将球囊冷却至浅低温状态（－10℃左右）而作用于血管壁，诱导平滑肌细胞凋亡，抑制细胞有丝分裂和内膜增殖。目前研究证实短期效果明显，适用于近关节部位、股腘动脉病变段，但中远期疗效仍处于循证阶段，尚无指南明确推荐应用。

CBA 的特点是扩张和切割同时进行，在扩张过程中随着压力增加，球囊上的刀刃切割斑块表面内膜，降低内膜阻力后继续向前扩张，与常规球囊扩张相比，CBA 能减少血管弹性回缩、减轻内皮损伤并有效扩张管腔，具有良好的早、中期通畅率，但不足之处是顺应性差，回缩球囊后刀刃不能完全回缩，有误切正常血管壁的风险，操作时需注意[14]。

2.5 PTAS

尽管支架植入有效弥补了球囊扩张成形术后血管弹性回缩致狭窄残留的不足，预防动脉夹层的发生，其短期获益明显，但仍有可能发生迟发型支架内血栓形成、内膜增生导致 ISR，因此，改进支架性能、抑制内膜增生是腔内治疗领域新的研究方向。

药物洗脱支架（drug eluting stent，DES）是在 DEB 的基础上发展的，目前已成功用于冠状动脉和腘动脉的介入治疗，其代表是 Zilver PTXDES，内附药物为紫杉醇，能在局部血管壁环境中保持稳定浓度，有效抑制细胞有丝分裂、细胞外基质形成及平滑肌细胞增殖。Zeller 等[15]对 108 例腘动脉行 Zilver PTXDES 的前瞻性队列研究结果表明，6、12、24 个月的血管通畅率分别为 95.7%、78.8% 和 69.1%，未再次干预的比率分别为 96.2%、81.0% 和 70.8%，12 个月内约 1.2% 患者支架断裂，其效果远高于普通球囊治疗。目前仍缺乏 DES 的大规模随机对照试验，其远期效益还需进一步研究。

覆膜支架中应用最广泛的是 Viabanh，其附着的可膨胀聚四氟乙烯材料能隔绝平滑肌细胞及新生内膜组织穿过裸支架向腔内迁移，防止细胞渗透，从根本上阻止内膜增生，且材料内侧腔面有肝素涂层，能减少血栓形成风险，从而达到治疗 ISR 的目的。此外，覆膜支架顺应性较好，能减少因病变段的压迫、拉伸及扭转造成的支架断裂，因而有广阔的前景。Gorgani 等[16]对 27 例股浅动脉支架成形术后 ISR 患者，给予球囊扩张成形后行 Viabanh 覆膜支架成形术，一期通畅率为 63%，术后 14 个月内无新发 ISR 病例。但置入支架时一定要充分预扩张，务必使支架完全展开，而且支架与病变血管直径要相匹配，这样可使支架两端能更好地贴合血管壁，达到治疗效果。

生物可降解支架是为了兼顾支架植入抑制动脉壁弹性回缩、药物涂层抑制内膜增生和免于支架断裂的风险而设计的。其主体多使用可降解的、免疫反应较少的聚乳酸、多聚糖等有机大分子聚合物。目前生物可降解支架广泛应用于冠状动脉介入治疗，其对下肢动脉成形术后 ISR 的治疗相关报道较少，仍需多中心大样本的实验数据支持。

2.6 经皮腔内斑块切除术

普通球囊扩张甚至切割仅仅是把内膜及斑块挤压成型，其血管壁弹性回缩极易导致血管成形术后 ISR，而经皮腔内斑块切除术则在扩张管腔的同时将管壁内附的斑块也一并切除，因而更彻底，目前临床应用广泛的有 SilverHawk 和 Rotarex 旋切系统。该项技术最大的优势在于将动脉内增生组织或斑块切除取出，恢复血流，不需再次植入支架，亦不存在支架断裂问题，但弊端就是术中出现斑块组织脱落导致远端动脉急性缺血和栓塞，且斑块切除后可能导致的创伤修复和炎性反应又可能导致再次狭窄，尽管术中预防性置入保护伞装置，但仍有远端栓塞风险。Shammas[17]对 41 例接受 SilverHawk 治疗的股腘动脉 ISR 患者进行随访，结果表明需要干预的远端栓塞发生率为 7.3%，支架内急性血栓形成占 4.9%，无装置相关并发症发生，12 个月内需再次干预占 31.7%。表明经皮斑块切除术成功率较高，血栓和栓塞等并发症发生率不高、安全性尚可。但其再次干预治疗率较高，考虑与斑块切除后局部创伤修复及炎症导致内膜增生有关。Gu 等[18]应用 SilverHawk治疗 49 例下肢动脉 ISR 和 24 例闭塞患

者,术中预防性置入保护伞,手术成功率100%,随访时间23.5~10.4个月,约83.3%患者症状明显改善,证实SilverHawk系统对ISR病变的近期效果满意,但仍缺乏中长期的随访。

2.7 ELA和EVBT

ELA是通过激光去除管腔内残余的增生组织,其利用血管内斑块组织对波长为308 nm激光的特殊吸收效应,使病变斑块变成小于25 nm的碎片,从而达到溶解消蚀血管内斑块和血栓效果[19]。Dippel等[20]报道的一项多中心前瞻性随机对照临床研究中,共纳入250例下肢ISR患者,其中ELA+PTA组169例,平均病变长度19.6 cm,完全闭塞30.5%;单纯球囊组81例,平均病变长度19.3 cm,完全闭塞36.8%,联合组和单纯球囊组手术成功率分别为93.5%和82.7%,差异具有统计学意义($P=0.01$)。随访6个月,2组患者无需再干预率分别为73.5%和51.8%。ELA于2016年被国家食品药品监督管理局批准上市,目前已有应用于下肢动脉狭窄病变的相关报道,近期效果理想,有不错的前景[21,22]。

EVBT作用于病变段内膜能阻断细胞复制周期,抑制细胞增殖,降低再狭窄的发生率。国外研究表明EVBT对腘动脉病变的近期疗效较好,但中远期疗效暂无多中心大样本研究的支持,国内该项技术目前仍处于空白。

2.8 基因治疗

基因治疗是目前ISR新的研究思路,其理念是将抑制基因、凋亡基因通过基因定位转移技术导入病变段管壁细胞,抑制平滑肌细胞增殖,或将具有抗凝、纤溶功能的基因导入人工血管或支架内,防止血栓形成。虽然ISR的基因治疗预示着良好的前景,但由于涉及基因定位转移、转染等先进技术,要求较高,因而还需长时间的摸索。

综上所述,随着各类新器械、新材料的研发试用,对LEASO腔内治疗后发生的ISR,临床多采用复合治疗,以期取得更好的中远期疗效,降低再干预率,如溶栓导管接触性溶栓+球囊扩张、接触性溶栓+球囊扩张+支架植入成形术、DEB、SilverHawk斑块切除+DEB、ELA+DEB等。尽管上述新方法均取得了较好的近期疗效,但目前仍没有一种腔内治疗或复合治疗方式得到临床循证支持,中远期复发率和再干预率仍有待证实。此外,各种治疗方式对内膜的损伤致内膜增生及炎症不可避免,也会对狭窄周围正常管腔有损伤。因而在ISR问题未得到完全有效的解决之前,临床医师必须严格掌握治疗适应证。对LEASO而言,治疗的绝对适应证是重度间歇性跛行和严重肢体缺血者,即Fontaine Ⅱb期或Rutherford 3级以上的动脉病变。换言之,对LEASO的治疗要根据患者的临床症状而非单纯靠影像学表现,不能单纯将影像学上的狭窄作为血管再通的治疗依据,需制定个体化治疗策略。

【参考文献】

[1] Medhekar AN, Mix DS, Aquina CT, *et al*. Outcomes for critical limb ischemia are driven by lower extremity revascularization volume, not distance to hospital[J]. J Vasc Surg, 2017, 66(2): 476-487. DOI: 10.1016/j.jvs.2017.01.062.

[2] 张结, 陈学明, 李晨宇, 等. 杂交手术治疗下肢广泛动脉硬化闭塞性疾病的疗效[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2015, 7(1): 37-40. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2015.01.011.
Zhang J, Chen XM, Li CY, *et al*. Efficacy of hybrid operation on patients with multilevel arteriosclerosis obliterans of lower extremities[J]. Chin J Vasc Surg(Electron Ed), 2015, 7(1): 37-40. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2015.01.011.

[3] Armstrong EJ, Saeed H, Alvandi B, *et al*. Nitinol self-expanding stents *vs* balloon angioplasty for very long femoropopliteal lesions[J]. J Endovasc Ther, 2014, 21(1): 34-43. DOI: 10.1583/13-4399MR.1.

[4] Krishnan P, Tarricone A, K-Rama P, *et al*. Intravascular ultrasound guided directional atherectomy *versus* directional atherectomy guided by angiography for the treatment of femoropopliteal in-stent restenosis[J]. Ther Adv Cardiovasc Dis, 2018, 12(1): 17-22. DOI: 10.11 77/1753944717745509.

[5] Srimuruga B, Sigler M, Sankar NM, *et al*. In-stent restenosis: surgical and histopathological perspective[J]. Asian Cardiovasc Thorac Ann, 2018, 26(2): 114-119. DOI: 10.1177/02184923 18754741.

[6] 史作磊, 王坤, 于振海. 下肢动脉硬化闭塞症手术或介入治疗后血管再狭窄的影响因子[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2014, 6(3): 183-186. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2014.03.023.
Shi ZL, Wang K, Yu ZH. Influencing factors of restenosis after operation or interventional therapy for arteriosclerosis obliterans of lower extremities[J]. Chin J Vasc Surg(Electron Ed), 2014, 6(3): 183-186. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2014.03.023.

[7] Idemoto A, Okamoto N, Tanaka A, *et al*. Impact of angioscopic evaluation for femoropopliteal in-stent restenosis before and after excimer laser atherectomy[J]. Vasc Endovasc Surg, 2017, 51(5): 335-337. DOI: 10.1177/1538574417707900.

[8] 苏少飞, 李全成, 陈林宝, 等. 抗凝联合抗血小板预防糖尿病下肢动脉硬化闭塞症支架植入后再狭窄的效果观察[J]. 中国糖尿病杂志, 2017, 25(3): 218-221. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6187.2017.03.006.
Su SF, Li QC, Chen LB, *et al*. Effect of anticoagulation combined with antiplatelet on the prevention of restenosis after stent implantation in diabetic patients with lower limb arteriosclerosis obliterans[J]. Chin J Diabetes, 2017, 25(3): 218-221. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6187.2017.03.006.

[9] 杜昕, 任昊, 郭伟, 等. 下肢动脉粥样硬化闭塞性病变介入治疗的现状及前景[J]. 中华实验外科, 2017, 34(5): 894 - 897. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9030.2017.05.060.
Du X, Ren H, Guo W, *et al*. The endovascular therapy of peripheral atherosclerotic artery disease: where we are and where is the future[J]. Chin J Exp Surg, 2017, 34(5): 894 - 897. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9030.2017.05.060.

[10] 李建军, 王晓白, 张红, 等. 比较应用 Forgarty 导管取栓术和大腔导管血栓抽吸术治疗急性下肢动脉栓塞[J]. 中国介入影像与治疗学, 2012, 9(6): 427 - 430.
Li JJ, Wang XB, Zhang H, *et al*. Comparison of Forgarty catheter embolectomy and percutaneous large-lumen catheter aspiration embolectomy in the treatment of acute lower extremity arterial embolism[J]. Chin J Interv Imaging Ther, 2012, 9(6): 427 - 430.

[11] 刘洪, 栗力, 李阳, 等. 下肢动脉硬化闭塞症术后再闭塞的治疗[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2014, 6(2): 79 - 82. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2014.02.006.
Liu H, Li L, Li Y, *et al*. Treatment of re-occlusion after surgery for arteriosclerosis obliterans in lower limbs[J]. Chin J Vasc Surg (Electron Ed), 2014, 6(2): 79 - 82. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2014.02.006.

[12] Liistro F, Angioli P, Porto I, *et al*. Paclitaxel-eluting balloon *vs* standard angioplasty to reduce recurrent restenosis in diabetic patients with in-stent restenosis of the superficial femoral and proximal popliteal arteries: the DEBATE-ISR study[J]. J Endovasc Ther, 2014, 21(1): 1 - 8. DOI: 10.1583/13-4420R.1.

[13] Jongsma H, Bekken JA, de Vries JP, *et al*. Drug-eluting balloon angioplasty *versus* uncoated balloon angioplasty in patients with femoropopliteal arterial occlusive disease[J]. J Vasc Surg, 2016, 64(5): 1503 - 1514. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.05.084.

[14] Iezzi R, Posa A, Santoro M, *et al*. Cutting balloon angioplasty in the treatment of short infrapopliteal bifurcation disease[J]. J Endovasc Ther, 2015, 22(4): 485 - 492. DOI: 10.1177/1526602815594250.

[15] Zeller T, Dake MD, Tepe G, *et al*. Treatment of femoropopliteal in-stent restenosis with paclitaxel-eluting stents[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2013, 6(3): 274 - 281. DOI: 10.1016/j.jcin.2012.12.118.

[16] Gorgani F, Telis A, Narakathu N, *et al*. Long-term outcomes of the Viabahn stent in the treatment of in-stent restenosis in the superficial femoral artery[J]. J Invasive Cardiol, 2013, 25(12): 670 - 674.

[17] Shammas NW. Femoropopliteal in-stent restenosis: gaining ground with excimer laser and drug-coated balloons[J]. J Endovasc Ther, 2018, 25(1): 89 - 91. DOI: 10.1177/1526602817749587.

[18] Gu Y, Malas MB, Qi L, *et al*. A comparative study of percutaneous atherectomy for femoropopliteal arterial occlusive disease[J]. Int Angiol, 2017, 36(4): 340 - 345. DOI: 10.23736/S0 392-9590.17.03797-X.

[19] Nishino M, Mori N, Takiuchi S, *et al*. Indications and outcomes of excimer laser coronary atherectomy: efficacy and safety for thrombotic lesions — The ULTRAMAN registry[J]. J Cardiol, 2017, 69(1): 314 - 319. DOI: 10.1016/j.jjcc.2016.05.018.

[20] Dippel EJ, Makam, Kovach R, *et al*. Randomized controlled study of excimer laser atherectomy for treatment of femoropopliteal in-stent restenosis: initial results from the EXCITE ISR trial (EXCImer Laser Randomized Controlled Study for Treatment of FemoropopliTEal In-Stent Restenosis)[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(1Pt A): 92 - 101. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.09.009.

[21] 谷涌泉, 崔世军, 齐一侠, 等. 准分子激光消蚀治疗膝下动脉硬化闭塞所致缺血 1 例[J]. 介入放射学杂志, 2017, 26(6): 490 - 491. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2017.06.003.
Gu YQ, Cui SJ, Qi YX, *et al*. Endovascular excimer laser atherectomy for the treatment of lower extremity ischemia caused by atherosclerotic occlusion below knee joint: report of one case[J]. J Interv Radiol, 2017, 26(6): 490 - 491. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2017.06.003.

[22] 车武强, 蒋雄京, 邹玉宝, 等. 准分子激光斑块消蚀术治疗股浅动脉支架闭塞一例[J]. 中国循环杂志, 2016, 31(12): 1224. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2016.12.024.
Che WQ, Jiang XJ, Zou YB, *et al*. Excimer laser plaque ablation in the treatment of superficial femoral artery occlusion: a case report[J]. Chin J Circ, 2016, 31(12): 1224. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2016.12.024.

(编辑: 王彩霞)