



doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.06.019
http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1005-6947.2017.06.019
Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(6):789-794.

· 文献综述 ·

下肢动脉硬化闭塞症腔内介入治疗的研究进展

尹智明 综述 余朝文 审校

(蚌埠医学院第一附属医院 血管外科, 安徽 蚌埠 233000)

摘要

近几年,随着诊疗技术的发展,腔内介入治疗日益成熟,已逐步代替传统外科手术,成为治疗下肢动脉硬化闭塞症(ASO)的主要手术方式。腔内介入治疗下肢ASO的疗效确切,加上技术上的创新,其优势更加稳固,笔者通过阅读大量相关文献,对腔内介入治疗下肢ASO的进展进行总结,并对其发展前景进行探讨。

关键词

闭塞性动脉硬化; 下肢; 血管内操作; 综述文献
中图分类号: R654.3

Progress of endovascular intervention for arteriosclerosis obliterans of lower extremities

YIN Zhiming, YU Chaowen

(Department of Vascular Surgery, the First Affiliated Hospital, Bengbu Medical College, Bengbu, Anhui 233000, China)

Abstract

With the development of technologies in recent years, endovascular intervention has increasingly matured and gradually taken the place of traditional surgery as a main treatment modality for lower limb arteriosclerosis obliterans (ASO). The efficacy of endovascular intervention in treatment of lower limb ASO is demonstrable, and the technological innovations make its superiority more and more strengthened. Here, the authors, after a comprehensive relevant literature review, extract the achievements from the related clinical trials, and discuss its development prospects.

Key words

Arteriosclerosis Obliterans; Lower Extremity; Endovascular Procedures; Review
CLC number: R654.3

下肢动脉硬化闭塞症(arteriosclerosis obliterans, ASO)是目前常见病,该病的主要病理变化为下肢大、中型动脉血管的粥样硬化病变,动脉粥样物质不断扩大,严重情况下会继发血栓形成,从而引起动脉管壁狭窄、闭塞,这样就会使肢体出现慢性或急性缺血等症状^[1]。其发病

率逐年增高,根据美国1999—2000年人群调查显示其在≥40岁人群的发病率为4%,≥70岁则上升至15%^[2]。由于该病是一种全身性疾病,形成原因较复杂,其预后差,致残率、病死率都很高,治疗难度大,因此患者的生活质量同时受到极大的影响。腔内治疗凭借其创伤小、疗效好、安全、适用范围广以及术后恢复速度快等优点获得了广泛关注^[3]。腔内治疗下肢ASO存在众多难题,其术后再狭窄率较高,国外研究发现术后1年再狭窄率可达40%~60%^[4]。目前,随着各种新材料、新技术、新器械的应用,血管腔内治疗技术日益成

收稿日期: 2017-03-30; 修订日期: 2017-06-16。

作者简介: 尹智明,蚌埠医学院第一附属医院硕士研究生,主要从事血管外科方面的研究。

通信作者: 尹智明, Email: 297887224@qq.com

熟,更突显出其优势。笔者对目前腔内治疗的新进展做一总结。

1 股腘动脉长段闭塞治疗中支架成形与球囊扩张(PTA)的选择

支架成形术在治疗股浅动脉或近段腘动脉短段闭塞方面疗效较好,至于长段病变,支架成形术与PTA两者孰优孰劣,仍未分出胜负;然而目前新的研究发现,无论是短段还是长段,支架成形术都有其绝对优势。Laird等^[5]的一项研究支持了这一观点,该研究所选取206例来自不同医学中心的患者作为研究对象,并根据病变段的不同,研究对象被随机分为PTA治疗组与镍钛合金支架治疗组。研究随访1年得出结果,所治疗血管再次干预率支架组为12.7%,PTA组54.8% ($P<0.0001$),3年之后的随访得出,两组间无差异(10.0% vs. 9.3%, $P=0.71$),两组主要不良事件两组间也无统计学差异(75.2% vs. 75.2%, $P=0.98$)。术后3年非研究的血管再次治疗情况,支架组效果更好(75.5% vs. 41.8%, $P<0.0001$)。由以上研究不难看出,对于长段的闭塞,选择支架进行腔内治疗,远期疗效确切,这就给今后临床医生在选择膝上动脉病变的治疗方法时,有理可依。

2 流出道条件较差的下肢ASO治疗研究新进展

无流出道显影的下肢ASO患肢,无论是选择传统的外科搭桥手术还是PTA,都具有一定挑战性,而对于PTA治疗此类疾病似乎可以看到希望。丁明超等^[6]做一研究:研究对象为远端无流出道的病变,所有患者都有不同程度的静息痛,或者伴有不同程度足部溃疡和坏疽,经过PTA治疗后,术后随访1、3、6、12个月患肢足趾皮温、跛行距离、踝肱指数(ABI)、趾肱指数(TBI)等,术前术后相比较,观察上述指标变化情况,并根据患者实际情况行相关影像学检查,分析复查结果得出,通过PTA治疗的患者术后1、3、6、12个月相关指标较术前有显著改善($P<0.05$),例如:足趾皮温、跛行距离、ABI、TBI等;术后12个月经过手术治疗的病变血管再狭窄率为39.5% (15/38),保肢率为81.6% (31/38),病变血管通畅率为55.3% (21/38)。因此,对于无流出道显影的病变段的治疗,PTA术有其绝对优势,并且其近期

疗效可靠,并发症少;能有效缓解其临床症状,从而弥补了其再狭窄的缺点,并能控制病情的进一步恶化,从而能显著提高缺血肢体的保全率,提高患者的生活质量。然而PTA在治疗这种情况时,需具备一定前提条件的,首先要确保患者远端无明显溃烂,其次导丝能成功开通患者血管闭塞段,最后就是防止其复发,做到以上几点,PTA治疗无流出道显影的下肢动脉硬化闭塞症患肢成功率会更高。通过解剖学的研究,胡骥琼等^[7]也证实了这一点,他们选择膝上截肢新鲜离体标本,首先向动脉中灌注红色乳胶,对相关动脉进行解剖,观察其病理改变,并观察其侧支分布规律;另一方面,选取收治的ASO患者进行研究,这些患者主要临床症状为静息痛,同时完善相关检查,并进行适合的手术治疗;对新鲜离体标本的解剖学实验结果显示,所解剖的动脉管腔僵硬,动脉粥样板块充满管腔,腓肠动脉主要开口于主干动脉,膝盖周围的侧支循环较差,而小腿肌群内可见较丰富的侧支循环,而对于收治的5例ASO患者的临床应用结果为,5例手术均较成功,从临床表现上来看,术后患肢皮温是逐渐增高的,术后患肢的血氧饱和度明显较术前增加,术后随访可以发现,患者下肢临床症状较前明显好转,体征较前明显减少。因此,侧支循环的构建在晚期ASO的治疗方面是有效的,这给无流出道显影的晚期ASO患者带来了希望。

对于下肢ASO治疗,无流出道显影的闭塞患肢一直是治疗的难点所在,但是通过研究可以发现采用PTA术,可明显缓解患者的临床症状,疗效显著,大大降低截肢率,提高患者生活质量;同时,研究发现,通过对患肢侧支循环的构建,在治疗晚期ASO患肢的疗效方面,也有其优势。

3 药物涂层球囊(DEB)在治疗下肢动脉硬化闭塞症中的研究

DEB导管系统是目前研究的热点,它的出现,解决了因球囊扩张成形术在治疗下肢动脉硬化闭塞症所导致的术后再狭窄。DEB在治疗动脉狭窄性病变的作用机制方面,其药理作用是通过抑制内膜增生,从而达到其药效。紫杉醇是当前研究的热点,也是目前最常用的涂层药物,紫杉醇在细胞进行有丝分裂时抑制微管蛋白聚集,这样细胞的有丝分裂将被阻断,细胞的增值也就难以实现,从而起到预防术后再狭窄^[8-9]。关于DEB导管

系统的临床疗效,国外在这方面做了很多研究,通过研究发现DEB在治疗小动脉狭窄时,其术后再狭窄率为5.5%,而裸球囊治疗小动脉的再狭窄率为31%,两者的差距是显而易见的^[10-11]。国外通过深入的研究发现,DEB相比裸球囊而言,其治疗后的血管增生厚度较裸球囊小,血管增生厚度的降低,可反应其疗效较好^[8]。国外针对DEB做了一项单中心研究,该中心收集了该医院3年共50例患者,这些患者都是膝下动脉狭窄并且通过DEB治疗的,6例患者失随访,在研究的44例患者中平均动脉狭窄长度为 (113.4 ± 55.4) mm,经过治疗后6个月及12个月的通畅率分别为90.4%和62.2%,平均随访时间为 (13.9 ± 3.5) 个月,病死率为8.1%,ABI值从 0.45 ± 0.04 上升至 0.88 ± 0.07 ,膝上截肢率为2.5%,膝下截肢率为13.5%,研究^[12]表明,药涂球囊成形术对于膝下动脉狭窄性病变是有效的。对于DEB治疗股腘动脉狭窄的研究,来自全球临床研究德国研究中心治疗亚组的一项研究:该研究将所收集的476例患者随机分成两组,DEB治疗组和普通球囊治疗组,并对两组患者进行人口统计学、临床及病变特征匹配,结果显示两组研究对象12个月的主要通畅率分别为80%、58% ($P=0.015$)和综合安全终点率分别为94%、72% ($P=0.001$),两组主要不良事件相似。结论为DEB在治疗股腘动脉狭窄病变是安全有效的^[13]。Rosenfield等^[14]的一项关于DEB和一般球囊治疗股腘动脉病变的研究中,两者通畅率为65.2%、52.6% ($P=0.02$)。还有很多类似的研究得出此结论^[15-17]。DEB的优势是显而易见的,它不仅可以减少再狭窄率,而且可以得到预想的疗效,但是,对于治疗复杂的血管病变的临床疗效,缺乏更深入的临床研究^[18]。

4 药物洗脱支架(DES)在治疗膝上股腘动脉病变的研究进展

紫杉醇在小剂量时不但具有微管动力稳定作用,细胞在有丝分裂时也会被其干扰,因此,平滑肌细胞的增值、迁移也就理所当然的被限制,紫杉醇的这种药理作用在腔内支架植入术后再狭窄的预防方面是有一定研究价值的,目前国内尚没有相关的临床研究,现对国外的相关研究做一分析。针对紫杉醇DES的研究,Dake等^[19]的研究选择的支架是经过紫杉醇涂层的钛合金自膨支架,并根据患者的临床症状的严重程度分级或

病变段支架术后再狭窄进行分组,按时随访。结果显示,在这些使用紫杉醇涂层的支架病变中,病变段平均长度为 (99.5 ± 82.1) mm,1年的Kaplan-Meier分析无事件生存率为89.0%,在血管通畅情况方面,其术后一期通畅率为86.2%,对于支架的安全性及并发症方面,其1年支架断裂率仅为1.5%,临床症状明显改善,ABI、Rutherford分级、步行距离/速度评分也明显较前好转($P<0.001$)。结论:对于膝上股腘全程和再狭窄病变,紫杉醇DES无疑是一个不错的选择,因为它是安全、有效的,并且,通过1年的随访更能够从解剖学和临床疗效上证实,DES在腔内介入方面将很好的应用前景。Dake等^[20]将紫杉醇DES和PTA±金属裸支架(BMS)治疗的股腘动脉病变患者作为研究对象,患者患肢病变长度约 (65 ± 40) mm,这些患者中,有120例患者在行PTA失败后,及时随机分入临时植入DES组($n=61$)或临时植入BMS组($n=59$)再进行研究,对于病变段的治疗疗效,一期DES组的1年无临床事件生存率为90.4%、82.6% ($P=0.004$)和一期通畅率为83.1%、32.8% ($P<0.001$),由此可以证明其疗效确切,并且安全。同时发现临时植入DES组和临时植入BMS组术后1年的远期通畅率分别为89.9%和73.0%,前者通畅率更高($P=0.01$)。通过分析研究结果可以发现:(1)一期DES组相比PTA组临床疗效更佳(88.3% vs. 75.8%, $P<0.001$);(2)临时植入DES组的一期通畅率(89.9% vs. 73.0%, $P=0.01$)和临床收益率(90.5% vs. 72.3%, $P=0.009$)都明显好于临时植入BMS组;(3)支架断裂率(DES和BMS组)为0.9%(4/457)。通过以上研究可以发现,紫杉醇涂层支架在治疗股腘动脉病变时,其术后12个月疗效明显好于PTA±BMS,其优势是显而易见的。Rastan等^[21]一项来自多中心的随机对照试验研究将西罗莫司DES与BMS的临床疗效进行对比,从而发现西罗莫司DES组在无事件生存率、截肢率方面明显优于BMS组,并且远期病变处再手术率明显降低,病变严重的部位同时也适用。对于膝下动脉的病变,仍是治疗的难点,Rastan等^[22]对DES和一般支架在治疗膝下动脉病变的疗效进行了对比,两者1年后的一次通畅率分别为80.6%、55.6% ($P=0.004$)。

通过以上研究可以看出药物洗脱支架在膝上股腘动脉病变的疗效确切,对于膝下动脉病变的疗效也是显著的,但是仍然存在其适用范围,这就给该技术带来了挑战,可以相信随着新技术的

发展, 这些将不再是问题。

5 腔内斑块旋切技术在下肢ASO的应用研究进展

近来, 动脉硬化斑块切除术作为一种新的腔内介入术成为国内外研究的热点^[23-25]。在血管腔内通过机械设备将动脉硬化斑块直接切除是其原理所在, 其短期疗效是很确切的。Zeller等^[26]对于SilverHawk经皮腔内斑块切割术的研究很早, 他们是第一个将此技术应用于治疗下肢动脉狭窄性病变的, 通过长期的临床研究, 他们证实了该技术在切除斑块再通管腔方面有其绝对优势。有报道^[27-29]称SilverHawk直接斑块切割术在治疗股腘动脉病变时, 其术后远期通畅率较高, 疗效确切, 并且其安全性和有效性已经得到了证实。一个来自全球的多中心的研究小组^[30]将158例患者(共198个病变段)随机分成单纯斑块旋切治疗组和斑块旋切治疗+辅助治疗组, 该研究的技术成功标准被定义为单独使用斑块旋切系统后目标病变残留直径狭窄百分比 $\leq 50\%$, 而使用斑块切除系统成功标准是经过斑块切除系统+辅助治疗后病变段的再狭窄百分比 $\leq 30\%$, 结果为经过斑块切除系统治疗后的病变血管狭窄百分比从 $(78.7 \pm 15.1)\%$ 减少到 $(30.3 \pm 11.8)\%$ ($P < 0.001$), 而经过斑块切除系统+辅助治疗的病变血管狭窄百分比减少到 $(22.4 \pm 9.9)\%$ ($P < 0.001$), 其中40例慢性完全闭塞的病变血管经过斑块切除系统治疗后, 其狭窄百分比减少到 $(35.5 \pm 13.6)\%$, 与前者相似。故斑块切除术对于股腘动脉病变的治疗是安全有效的。另外, 近关节处病变一直是腔内介入治疗的难点, 其主要原因是支架的断裂, 需要再次植入支架, 这样就给患者及其家属带来了精神以及经济上的压力。而腔内斑块切除系统的出现, 给这个难题带来了希望。Ramaiah等^[31]研究发现, 在1 258处下肢ASO病变中, 经过SilverHawk旋切术治疗后, 其安全性、有效性确切, 其中经过斑块旋切术后仍需植入支架的患肢仅占6.3%。可以看出, 斑块切割系统能够很好的处理近关节病变及分叉病变, 甚至能够替代支架的置入, 降低相应并发症发生的几率, 这就使关节处的病变不再是难题。

通过以上几个研究可以看出, 斑块切除系统的疗效是相当明确的, 对于有些特殊部位的病变处理效果是优于传统的支架植入术, 但因其是新

技术, 很多方面仍有欠缺, 其缺点是对钙化程度较重的坚硬病变, 其疗效相对较差^[32]。因为钙化较重的病变部位质地较硬, 阻碍刀片的旋转, 使其难以被有效切除, 因而影响其疗效。另一方面, 若流出管腔过于纤细或迂曲, 导管头段进入管腔就相当困难, 因而影响导管进入, 因此将会对最终管腔的充分切割产生影响^[33]。其次就是对于支架植入后所形成的斑块, 其切除这种类型的斑块时, 应避免距离支架过近, 以免发生绞索。因此, 对于钙化较重的病变部位的治疗仍然是个难题, 众所周知, 球囊扩张治疗此疾病往往会导致动脉夹层和远端动脉栓塞, 经常需要支架植入来补救, 远端栓塞的风险也会增加, 在治疗时间及造影剂的使用量都会增加^[34-36]。总体来说腔内斑块切除技术的应用前景还是比较乐观的, 只要不断改进技术, 不断创新, 一定会体现出其价值所在。

6 血管腔内超声治疗下肢动脉复杂病变的研究进展

血管腔内超声不仅能全方位的动态观察动脉内壁情况, 而且能确定动脉壁及其斑块病变性质, 这是它相对于动脉造影的优势所在, 也是其得以迅速发展的原因, 血管腔内超声(IVUS)技术已经在冠脉介入领域得到广泛应用, 而将此技术应用与下肢动脉硬化闭塞症的治疗方面, 仍在探索之中。通过研究发现, IVUS对复杂下肢ASO的诊断与治疗方面尤其独特的优势, 它在管径测量方面更加的精确, 球囊、支架的类型选择及定位在手术中尤其重要, 而IVUS恰恰在这方面有其绝对优势, 同时可以评估血管重建后的疗效, 也可以降低及预防支架相关并发症的发生^[37]。王翔等^[38]的研究中, 对所收集病例分别在血管重建前及重建后, 分别使用DSA及IVUS, 其中, IVUS可指导血管介入技术应用于治疗下肢动脉的复杂病变, 结果IVUS可以实现全方位的进行病变血管观察, 在复杂下肢ASO的诊断与治疗方面有其绝对优势, 它可以进行评估、优化球囊、支架的选择及定位, 能大大减少及预防相关并发症, 如果外周动脉DEB在国内被广泛应用, IVUS更能发挥其优势^[39]。

综上所述, 随着新技术、新材料的出现, 腔内介入治疗下肢ASO的技术会越来越成熟、完善, 这是事物发生的必然, 也是所有临床医生和患者所期待的。然而, 这项技术还有许多不足之处,

还有许多问题没有得到根本性的解决,例如跨关节病变、膝下病变、支架的断裂、术后再狭窄等问题。因此,还有许多技术上的问题需要解决,需要探索。

参考文献

- [1] 刘昌伟. 血管外科临床手册[M]. 北京:人民军医出版社, 2012.
Liu CW. Handbook of Vascular Surgery[M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2012: 220-231.
- [2] Selvin E, Erlinger TP. Prevalence of and risk factors for peripheral arterial disease in the United States: results from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2000[J]. *Circulation*, 2004, 13(110):738-743.
- [3] 陈长广. 腔内介入治疗下肢动脉硬化闭塞症的临床效果分析[J]. *中国当代医药*, 2014, 21(14):67-68.
Chen CG. Clinical efficacy analysis of endovascular interventional treatment for arteriosclerosis obliterans in lower extremity[J]. *China Modern Medicine*, 2014, 21(14):67-68.
- [4] Chalmers N, Walker PT, Belli AM, et al. Randomized trial of the SMART stent versus balloon angioplasty in long superficial femoral artery lesions: the SUPER study[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2013, 36(2):353-361. doi: 10.1007/s00270-012-0492-z.
- [5] Laird JR, Katzen BT, Scheinert D, et al. Nitinol stent implantation vs. balloon angioplasty for lesions in the superficial femoral and proximal popliteal arteries of patients with claudication: three-year follow-up from the RESILIENT randomized trial[J]. *J Endovasc Ther*, 2012, 19(1):1-9. doi: 10.1583/11-3627.1.
- [6] 丁明超, 李芳, 王斌, 等. 无流出道显影的下肢动脉闭塞症腔内血管成形治疗的预探索[J]. *介入放射学杂志*, 2015, 24(5):383-387. doi:10.3969/j.issn.1008-794X.2015.05.005.
Ding MC, Li F, Wang B, et al. Percutaneous endovascular angioplasty for the treatment of arteriosclerosis obliterans of the lower extremities showing no outflow tract visualization: a preliminary exploration[J]. *Journal of Interventional Radiology*, 2015, 24(5):383-387. doi:10.3969/j.issn.1008-794X.2015.05.005.
- [7] 胡骥琼, 王道明, 司春强, 等. 下肢动脉硬化闭塞症侧支循环流出道的解剖学特点及临床应用初探[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2008, 22(5):571-574.
Hu JQ, Wang DM, Si CQ, et al. Anatomy and clinical application of bypass circuit outflow tract of arterial sclerosis obstruction[J]. *Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery*, 2008, 22(5):571-574.
- [8] De Labriolle A, Pakala R, Bonello L, et al. Paclitaxel-eluting balloon: from bench to bed[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2009, 73(5):643-652. doi: 10.1002/ccd.21895.
- [9] Pósa A, Nyolczas N, Hemetsberger R, et al. Optimization of drug-eluting balloon use for safety and efficacy: evaluation of the 2nd generation paclitaxel-eluting DIOR-balloon in porcine coronary arteries[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2010, 76(3):395-403. doi: 10.1002/ccd.22468.
- [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. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.735985.
- [11] Scheller B, Hehrlein C, Bocksch W, et al. Two year follow-up after treatment of coronary in-stent restenosis with a paclitaxel-coated balloon catheter[J]. *Clin Res Cardiol*, 2008, 97(10):773-781. doi: 10.1007/s00392-008-0682-5.
- [12] Teymen B, Aktürk S. Drug-Eluting Balloon Angioplasty for Below the Knee Lesions in End Stage Renal Disease Patients with Critical Limb Ischemia: Midterm Results[J]. *J Interv Cardiol*, 2017, 30(1):93-100. doi: 10.1111/joic.12355.
- [13] Scheinert D, Schmidt A, Zeller T, et al. German Center Subanalysis of the LEVANT 2 Global Randomized Study of the Lutonix Drug-Coated Balloon in the Treatment of Femoropopliteal Occlusive Disease[J]. *J Endovasc Ther*, 2016, 23(3):409-416. doi: 10.1177/1526602816644592.
- [14] Rosenfield K, Jaff MR, White CJ, et al. Trial of a paclitaxel-coated balloon for femoropopliteal artery disease[J]. *N Engl J Med*, 2015, 373(2):145-153. doi: 10.1056/NEJMoa1406235.
- [15] Tepe G, Laird J, Schneider P, et al. Drug-coated balloon versus standard percutaneous transluminal angioplasty for the treatment of superficial femoral and popliteal peripheral artery disease: 12-month results from the IN.PACT SFA randomized trial[J]. *Circulation*, 2015, 131(5):495-502. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.011004.
- [16] Fanelli F, Cannavale A, Corona M, et al. The "DEBELLUM"--lower limb multilevel treatment with drug eluting balloon--randomized trial: 1-year results[J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2014, 55(2):207-216.
- [17] Scheinert D, Duda S, Zeller T, et al. The LEVANT I (Lutonix paclitaxel-coated balloon for the prevention of femoropopliteal restenosis) trial for femoropopliteal revascularization: first-in-human randomized trial of low-dose drug-coated balloon versus uncoated balloon angioplasty[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2014, 7(1):10-19. doi: 10.1016/j.jcin.2013.05.022.
- [18] Mehrotra S, Paramasivam G, Mishra S. Paclitaxel-Coated Balloon for Femoropopliteal Artery Disease[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2017, 19(2):10. doi: 10.1007/s11886-017-0823-4.
- [19] Dake MD, Scheinert D, Tepe G, et al. Nitinol stents with polymer-free paclitaxel coating for lesions in the superficial femoral and popliteal arteries above the knee: twelve-month safety and effectiveness results from the Zilver PTX single-arm clinical study[J]. *J Endovasc Ther*, 2011, 18(5):613-623. doi: 10.1583/11-3560.1.
- [20] Dake MD, Ansel GM, Jaff MR, et al. Paclitaxel-eluting stents show superiority to balloon angioplasty and bare metal stents in

- femoropopliteal disease: twelve-month Zilver PTX randomized study results[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2011, 4(5):495–504. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.111.962324.
- [21] Rastan A, Brechtel K, Krankenberg H, et al. Sirolimus-eluting stents for treatment of infrapopliteal arteries reduce clinical event rate compared to bare-metal stents: long-term results from a randomized trial[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 60(7):587–591. doi: 10.1016/j.jacc.2012.04.035.
- [22] Rastan A, Tepe G, Krankenberg H. Sirolimus-eluting stents vs. bare-metal stents for treatment of focal lesions in infrapopliteal arteries: a double-blind, multi-centre, randomized clinical trial[J]. *Eur Heart J*, 2011, 32(18):2274–2281. doi: 10.1093/eurheartj/ehr144.
- [23] Zeller T, Frank U, Bürgelin K, et al. Initial clinical experience with percutaneous atherectomy in the infragenicular arteries[J]. *J Endovasc Ther*, 2003, 10(5):987–993.
- [24] Zeller T, Rastan A, Sixt S, et al. Long-term results after directional atherectomy of femoro-popliteal lesions[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48(8):1573–1578.
- [25] McKinsey JF, Goldstein L, Khan HU, et al. Novel treatment of patients with lower extremity ischemia: use of percutaneous atherectomy in 579 lesions[J]. *Ann Surg*, 2008, 248(4):519–28. doi: 10.1097/SLA.0b013e318188e1de.
- [26] Zeller T, Rastan A, Schwarzwälder U, et al. Percutaneous peripheral atherectomy of femoropopliteal stenoses using a new-generation device: six-month results from a single-center experience[J]. *J Endovasc Ther*, 2004, 11(6):676–685.
- [27] Yongquan G, Lianrui G, Lixing Q, et al. Plaque excision in the management of lower-limb ischemia of atherosclerosis and in-stent restenosis with the SilverHawk atherectomy catheter[J]. *Int Angiol*, 2013, 32(4):362–367.
- [28] 谷涌泉, 郭连瑞, 齐立行, 等. SilverHawk斑块切除治疗动脉粥样硬化导致的双下肢缺血14例报告[J]. *中国微创外科杂志*, 2011, 11(11):1022–1024. doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2011.11.021.
- Gu YQ, Guo LR, Qi LX, et al. Plaque Excision with SilverHawk Treating Atherosclerotic Lower Extremity Ischemia: Report of 14 Cases[J]. *Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery*, 2011, 11(11):1022–1024. doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2011.11.021.
- [29] Shammam NW, Shammam GA, Jerin M. Differences in patient selection and outcomes between SilverHawk atherectomy and laser ablation in the treatment of femoropopliteal in-stent restenosis: a retrospective analysis from a single center[J]. *J Endovasc Ther*, 2013, 20(6):844–852. doi: 10.1583/13-4411R.1.
- [30] Schwandt AG, Bennett JG Jr, Crowder WH, et al. Lower Extremity Revascularization Using Optical Coherence Tomography-Guided Directional Atherectomy: Final Results of the Evaluation of the PantheriS Optical Coherence Tomography Imaging Atherectomy System for Use in the Peripheral Vasculature (VISION) Study[J]. *J Endovasc Ther*, 2017, 24(3):355–366. doi: 10.1177/1526602817701720.
- [31] Ramaiah V, Gammon R, Kiesz S, et al. Midterm outcomes from the TALON Registry: treating peripherals with SilverHawk: outcomes collection[J]. *J Endovasc Ther*, 2006, 13(5):592–602.
- [32] Zeller T, Sixt S, Schwarzwälder U, et al. Two-year results after directional atherectomy of infrapopliteal arteries with the SilverHawk device[J]. *J Endovasc Ther*, 2007, 14(2):232–240.
- [33] 钱钧, 姜宏, 徐钢, 等. SilverHawk斑块切除系统治疗下肢动脉硬化闭塞症的初步临床应用[J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45(5):477–480. doi:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.05.013.
- Qian J, Jiang H, Xu G, et al. Preliminary clinical application of SilverHawk directional atherectomy device in arteriosclerosis obliterans of lower extremity[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2011, 45(5):477–480. doi:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.05.013.
- [34] Bishop PD, Feiten LE, Ouriel K, et al. Arterial calcification increases in distal arteries in patients with peripheral arterial disease[J]. *Ann Vasc Surg*, 2008, 22(6):799–805. doi: 10.1016/j.avsg.2008.04.008.
- [35] Shammam NW, Lam R, Mustapha J, et al. Comparison of orbital atherectomy plus balloon angioplasty vs. balloon angioplasty alone in patients with critical limb ischemia: results of the CALCIUM 360 randomized pilot trial[J]. *J Endovasc Ther*, 2012, 19(4):480–488. doi: 10.1583/JEVT-12-3815MR.1.
- [36] Davies MG, Bismuth J, Saad WE, et al. Implications of in situ thrombosis and distal embolization during superficial femoral artery endoluminal intervention[J]. *Ann Vasc Surg*, 2010, 24(1):14–22. doi: 10.1016/j.avsg.2009.06.020.
- [37] Foley TR, Armstrong EJ. Commentary: intravascular ultrasound for femoropopliteal stenting: can it predict outcomes with current-generation stents?[J]. *J Endovasc Ther*, 2015, 22(3):350–351. doi: 10.1177/1526602815582853.
- [38] 王翔, 陈国君, 洪毅, 等. 血管腔内超声在下肢动脉硬化闭塞症治疗中的初步应用[J]. *中国临床医学*, 2016, 23(2):179–182.
- Wang X, Chen GJ, Hong Y, et al. Preliminary application of intravascular ultrasound in the treatment of complex lower extremity arterial diseases[J]. *Chinese Journal of Clinical Medicine*, 2016, 23(2):179–182.
- [39] Mori S, Hirano K, Nakano M, et al. Intravascular ultrasound measurements after drug-eluting stent placement in femoropopliteal lesions: determining predictors of restenosis[J]. *J Endovasc Ther*, 2015, 22(3):341–349. doi: 10.1177/1526602815580308.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式: 尹智明, 余朝文. 下肢动脉硬化闭塞症腔内介入治疗的研究进展[J]. *中国普通外科杂志*, 2017, 26(6):789–794. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.06.019

Cite this article as: Yin ZM, Yu CW. Progress of endovascular intervention for arteriosclerosis obliterans of lower extremities[J]. *Chin J Gen Surg*, 2017, 26(6):789–794. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.06.019