· 原 著 ·

超声引导下镍钛合金支架植入治疗动静脉瘘早期复发性狭窄

陆明晰, 奚炜炜, 陈昊路, 郑 烜, 杨慧颖, 李 华

浙江大学医学院附属邵逸夫医院肾内科, 浙江 杭州 310016

[摘 要] **目的:**探索超声引导下镍钛合金支架植入治疗动静脉瘘(AVF)早期复发性狭窄的可行性、具体方法和效果。**方法:**收集2018年4月至2020年7月浙江大学医学院附属邵逸夫医院肾内科接受超声引导下镍钛合金支架植入的AVF狭窄患者共30例,所有病例均为经皮腔内血管成形术(PTA)术后早期复发性狭窄。观察超声对器材和操作的显像情况,统计技术成功率、临床成功率以及并发症的发生例次,评估干预后全通路初级通畅率、靶病变初级通畅率和次级通畅率。**结果:**超声可清晰显示介入器材和操作过程,技术成功率和临床成功率均为100.0%。8例患者出现支架内再狭窄,接受PTA治疗。30例患者支架植入后3、6、9、12个月的全通路初级通畅率分别为91.3%、86.2%、86.2%、64.2%,靶病变初级通畅率分别为100.0%、100.0%、86.4%、69.3%,次级通畅率为100.0%、100.0%、100.0%、94.4%。与患者支架植入前一次PTA比较,支架植入具有更高的干预后靶病变初级通畅率和更低的成本/效果比(均 $P<0.05$)。随访期间未观察到血管破裂、假性血管瘤、支架感染、支架移位、支架外露等其他并发症。**结论:**超声可以清晰、精准地引导镍钛合金支架植入患者AVF中,对患者PTA术后早期复发性狭窄的近、中期疗效较好。

[关键词] 介入超声;动静脉瘘;缩窄,病理性;支架;经皮腔内血管成形术

[中图分类号] R459.9 **[文献标志码]** A

Ultrasound-guided nitinol stent implantation in treatment of early recurrent stenosis of arteriovenous fistula

LU Mingxi, XI Weiwei, CHEN Haolu, ZHENG Xuan, YANG Huiying, LI Hua

(Department of Nephrology, Sir Run Run Shaw Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310016, China)

Corresponding author: LI Hua, E-mail: lihua@srrsh.com, <https://orcid.org/0000-0003-0614-5799>

收稿日期:2021-04-27 接受日期:2021-11-01 网络预发表日期:2021-12-15

基金项目:浙江省基础公益研究计划(LGF21H050004)

第一作者:陆明晰,副主任医师,主要从事血液净化血管通路临床研究;E-mail:lumingxi@zju.edu.cn; <https://orcid.org/0000-0003-4684-3823>

通信作者:李 华,主任医师,主要从事肾脏病及血液净化临床研究;E-mail:lihua@srrsh.com; <https://orcid.org/0000-0003-0614-5799>

[**Abstract**] **Objective:** To investigate the feasibility, methods and efficacy of ultrasound-guided nitinol stent implantation for the treatment of early recurrent stenosis of arteriovenous fistula (AVF). **Methods:** Thirty patients with early recurrent stenosis after percutaneous transluminal angioplasty (PTA) who received ultrasound-guided nitinol stent implantation in Sir Run Run Shaw Hospital of Zhejiang University from April 2018 to July 2020 were followed up. The imaging features of the procedure and the interventional devices were observed under ultrasonography. The technical success rate and the clinical success rate as well as the incidence of complication were assessed. The post-interventional primary patency rates of access circuit, primary patency rates of target lesion and secondary patency rates were estimated. **Results:** Ultrasonography was able to demonstrate the operation process and the interventional devices clearly. The technical and clinical success rates were both 100.0%. Eight patients had in-stent restenosis, which were treated by PTA. The post-interventional primary patency rates of the access circuit after 3, 6, 9 and 12 months were 91.3%, 86.2%, 86.2% and 64.2%, respectively; the post-interventional primary patency rates of target lesion were 100.0%, 100.0%, 86.4% and 69.3%, respectively; the post-interventional secondary patency rates were 100.0%, 100.0%, 100.0% and 94.4%, respectively. Compared with previous PTA in these cases, stent implantation had a higher post-interventional primary patency rates of target lesion and a lower cost-effectiveness (both $P < 0.05$). No other complications such as vascular rupture, pseudoaneurysm, stent infection, stent displacement and stent exposure were observed during the follow-up. **Conclusion:** Ultrasonography can accurately guide the nitinol stent implantation in AVF, and the technique is feasible in treatment for the early recurrent stenosis after PTA with good short- and medium-term efficacy.

[**Key words**] Interventional ultrasound; Arteriovenous fistula; Constriction, pathologic; Stents; Percutaneous transluminal angioplasty

[**缩略语**] 动静脉瘘(arteriovenous fistula, AVF); 经皮腔内血管成形术(percutaneous transluminal angioplasty, PTA); 药物涂层球囊(drug coated balloon, DCB)

AVF是我国目前血液透析血管通路最常见的形式^[1],血管狭窄是AVF最常见的并发症,常见狭窄部位为动静脉吻合口后2~5 cm的静脉^[2]。多个指南推荐使用PTA作为治疗AVF狭窄的首选或重要方法^[1,3-4],但术后狭窄复发率较高^[5-7]。手术治疗复发性狭窄创伤较大且可能缩短血管长度,使用DCB进行PTA比普通球囊具有更高的通畅率^[8],但费用较高且仍有一定的术后狭窄复发率。

镍钛合金支架植入对移植动静脉瘘狭窄的疗效优于单纯PTA^[9],但其治疗AVF狭窄的循证医学证据很少,针对PTA后复发性狭窄的研

究更少。本研究团队以超声为引导,应用镍钛合金支架植入治疗PTA术后早期复发性狭窄疗效较好,现作一回顾性总结。

1 对象与方法

1.1 对 象

收集2018年4月至2020年7月在浙江大学医学院附属邵逸夫医院肾内科接受超声引导下镍钛合金支架植入治疗的30例AVF患者的资料。镍钛合金支架植入治疗病例纳入标准:单一的静脉狭窄病变;狭窄边缘距离吻合口5 mm以上;瘘体静脉发育成熟,正常部位直径大于5 mm;支架植入后

预计有足够的透析穿刺区域。狭窄的判定标准为血透泵血流量下降、拔针后止血困难、重复循环率升高、透析不充分等,同时超声检查提示支架植入前一次PTA治疗部位的血管内径较相邻正常的血管内径减小50%以上,且AVF自然血流量低于500 mL/min^[1]。排除标准:生命体征不稳定者;严重凝血功能障碍者;AVF感染者;AVF血栓形成者;靶病变跨关节者;存在中心静脉病变征象者;无法配合治疗者。

30例患者中,男性14例,女性16例,平均年龄(59±13)岁,合并高血压30例、糖尿病7例;AVF位于左上肢27例、位于右上肢3例,其中前臂桡动脉-头静脉AVF 27例、上臂头静脉-肱动脉AVF 2例、前臂贵要静脉-尺动脉AVF 1例。所有患者均为PTA术后早期复发性狭窄,距前一次PTA的平均时间为(3.4±1.2)个月。狭窄位于吻合口附近静脉者23例,位于瘘体流出道者7例。血管狭窄经超声评估确认,狭窄的平均内径为(1.5±0.4)mm,狭窄的平均长度为(32.4±17.9)mm,AVF的平均血流量为(303.1±92.2)mL/min。

本研究通过浙江大学医学院附属邵逸夫医院医学伦理委员会审批(科研20200407-33)。

1.2 主要仪器

LOGIQ e便携式彩色多普勒超声仪(高频线阵探头,频率8~13 MHz)为通用电气医疗系统(中国)有限公司产品;Armada PTA球囊导管、Absolute Pro镍钛合金支架为美国雅培公司产品;外周切割球囊导管为美国Boston Scientific公司产品。

1.3 操作方法

所有评估和操作主要由一名具有12年血管通路超声介入诊治经验的肾内科血管通路医生完成。术前对患者AVF进行全程超声检查,识记狭窄部位,对支架植入进行设计。在介入超声下完成所有操作过程。

操作步骤:①建立入路。选择内瘘静脉入路,穿刺点距离狭窄5 cm以上,1%利多卡因局部麻醉后,在超声引导下向狭窄方向穿刺,置入6F鞘管。②抗凝。经过鞘管注射肝素2500 U。③预扩张。超声引导下置入0.89 mm亲水涂层导丝,调整导丝尖端通过狭窄,狭窄局部1%利多卡因浸润麻醉后,沿导丝置入Armada PTA球囊,球囊直径比预植入支架的直径小2 mm。在超声引导下进行球

囊扩张,球囊的束腰形态消失意味着狭窄被成功扩张。若扩张失败,则改用切割球囊进行扩张,若仍不能扩张,则不能进行支架植入。④支架定位。所选Absolute Pro镍钛合金支架的直径为周围正常血管直径的110%左右,且一般不小于6 mm。支架的长度根据病变长度选择,一般比病变长度长1 cm左右(不宜过长)。在超声引导下其前端越过狭窄,调整支架前、后端距离狭窄前、后边缘约5 mm,使其覆盖小段正常血管。对于靠近吻合口的狭窄,超声应清晰显示吻合口区域,避免支架进入吻合口。⑤支架释放。确定支架前端需要锚定的部位后,固定鞘管、导丝和支架推送杆,在超声的实时监视下开始释放支架。随着支架释放系统的移动,支架主体可能会产生相对位移,因此在支架释放的初始阶段应十分缓慢。支架头端已经部分展开而尚未贴住血管壁的时刻最为关键,此时可以准确识别支架头端,而支架又尚能移动,如果观察到支架移位,可微调以达到准确位置。一旦支架头端锚定确切,便可将剩余部分释放完毕。⑥后扩张。在超声观察下小心撤出支架释放系统,注意不要让推送杆头端牵拉支架头端造成支架移位,然后置入另一Armada PTA球囊到支架内进行球囊扩张,球囊直径与支架等同,将支架充分贴壁并进一步解除狭窄。在进行PTA时,球囊尽可能不触及支架外的正常血管。⑦再评估。检查血管震颤,超声下观察有无血管破裂、血栓形成、支架移位等并发症,观察支架、周围血管形态以及彩色血流,测量支架内径及AVF血流量。⑧拔鞘止血。

1.4 术后处理及随访

患者术后如无禁忌则予长期口服氢氯吡格雷75 mg/d,术后当日或次日使用该AVF进行血液透析一次,透析穿刺应避开支架。患者术后每3个月门诊随访一次,至少随访6个月,随访内容包括了解患者AVF使用情况、物理检查结果和超声检查结果。超声检查过程中,重点观察支架和周围血管的二维形态和彩色血流情况,注意是否存在支架内内膜增生,测量AVF血流量。当支架内内膜增生后的残余管腔内径不足2.7 mm时诊断为支架内再狭窄^[10],有临床症状的支架内再狭窄或其他新发狭窄应及时处理。

1.5 评估指标

统计技术成功率和临床成功率,即成功例数

占总例数的百分比。技术成功标准:在介入超声下可完成操作过程,支架完全覆盖并解除狭窄,支架内最小内径不小于周围正常血管的70%^[11],术后AVF血流量不少于500 mL/min^[1]。临床成功标准:AVF血管震颤良好且能以250 mL/min及以上的泵血流量顺利完成至少一次血液透析。

统计血管破裂、假性血管瘤、支架感染、支架移位、支架外露、支架内再狭窄等并发症的发生例数和再干预方式。统计干预3、6、9、12个月后的全通路初级通畅率、靶病变初级通畅率和次级通畅率。干预后全通路初级通畅时间定义为干预完成到AVF首次血栓形成、首次接受再干预或通路被弃用的时间间隔;干预后靶病变初级通畅时间定义为干预完成到靶病变首次接受再干预或通路被弃用的时间间隔;干预后次级通畅时间定义为干预完成到AVF接受开放手术修复或弃用的时间间隔,期间可以使用介入治疗维持其通畅性^[11]。

将30例患者支架植入前一次PTA与超声引导下镍钛合金支架植入治疗对狭窄的疗效指标和卫生经济学指标进行比较。疗效指标采用干预后靶病变初级通畅率;卫生经济学指标采用与治疗相关的直接成本和成本/效果比,直接成本包括操作治疗费、术中药物费和耗材费(两者的床位费、检查费、护理费相似因而未作计算),成本/效果比的计算方法为直接成本与干预后初级通畅时间(月)的比值。

1.6 统计学方法

使用SPSS 19.0软件进行统计分析。干预后全通路初级通畅率、靶病变初级通畅率和次级通畅率采用Kaplan-Meier法估算。采用Log Rank检验和Breslow 检验比较支架植入前一次PTA和支架植入的干预后靶病变初级通畅率,采用 t 检验比较两者的直接成本和成本/效果比。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 操作结果及影像学表现

共植入6 mm直径支架29例,7 mm直径支架1例;4 cm长度支架18例,6 cm长度支架9例,8 cm长度支架3例。植入即时支架平均内径为 (5.1 ± 0.3) mm,AVF平均血流量为 (789 ± 204) mL/min。所有患者术后当日或次日均以250 mL/min及以上的泵血流量完成了一次血液透析。技术成功率和

临床成功率均为100.0%。30例患者中,超声对治疗过程的显像和引导效果均满意,预扩张、支架定位、后扩张等主要步骤的超声图像如图1A~E,图1F是扩张成形的支架。二维超声影像显示,注水膨胀的球囊内部呈无回声,球囊壁呈中强回声,球囊中轴部位还可见导丝和导管的强回声(图1A、E);血管腔内未释放的Absolute Pro支架在二维超声下可见,主体呈条带状高回声,折叠的金属丝后场存在彗星尾征,支架网眼后场呈无回声,两者间隔交错,与支架主体一起呈“鱼骨头”样回声,支架前后端可识别(图1B);展开的支架壁在纵切面上呈虚线状回声,金属丝呈强回声,网眼呈无回声,支架腔内呈无回声(图1D、F),彩色多普勒超声检查可探及支架内彩色血流信号。

上述结果提示,超声引导AVF的支架植入可行,且具有良好的技术成功率和临床成功率。

A: 支架植入前对狭窄的预扩张;B: 支架释放前的定位,支架呈“鱼骨头”样回声,箭头所指为支架前端;C: 支架前端锚定血管壁;D: 支架释放完毕;E: 对植入支架及狭窄的后扩张;F: 扩张成形的支架。

图1 超声引导下镍钛合金支架植入主要步骤的超声影像

Figure 1 Ultrasound images of the main steps in ultrasound-guided nitinol stent implantation

2.2 随访结果

患者随访6~35个月,平均 (15.6 ± 8.4) 个月,术后3个月和6个月时的平均AVF血流量分别为 (778 ± 177) 和 (687 ± 106) mL/min。共有10例(33.3%)患者接受再干预治疗,其中1例患者因非

支架部位的新发狭窄接受PTA治疗;1例患者因非支架部位的新发狭窄同时伴有原支架后段贴壁不良接受新镍钛合金支架植入;8例患者出现支架内再狭窄,表现为附着在支架壁上的中低回声隆起,局部管腔彩色血流流束变细(图2),再狭窄发生时间为术后8~21个月,平均(12.5 ± 5.0)个月。这8例支架内再狭窄患者共接受了11例次PTA再治疗,其中3例患者接受了2次PTA并在第2次时使用了DCB,DCB使用至今分别为4、4、23个月,狭窄管腔均保持通畅。30例患者支架植入后3、6、9、12个月的全通路初级通畅率分别为91.3%、86.2%、86.2%、64.2%,靶病变初级通畅率分别为100.0%、100.0%、86.4%、69.3%,次级通畅率分别为100.0%、100.0%、100.0%、94.4%(图3)。30例患者支架植入前一次PTA在3个月和6个月后靶病变初级通畅率分别为52.2%和0.0%,与支架植入后靶病变初级通畅率差异有统计学意义(χ^2 为50.4和42.4,均 $P < 0.01$)。除上述发生的支架内再狭窄和支架部分贴壁不良外,未观察到血管破裂、假性血管瘤、支架感染、支架移位、支架外露等其他并发症。结果提示,植入镍钛合金支架具有较好的短中期通畅率,干预后靶病变初级通畅率优于PTA,且镍钛合金支架植入安全性总体较好,其面临的主要问题是中后期出现支架内再狭窄。

支架内管腔彩色血流流束变细,箭头所指的低回声组织为增生的内膜。

图2 一例患者支架内再狭窄的超声图像

Figure 2 Ultrasound image of the in-stent intimal hyperplasia

2.3 卫生经济学效益

支架植入前一次PTA和镍钛合金支架植入的平均直接成本分别为(7095.0 ± 1356.6)元与($14\,258.0 \pm 2034.5$)元,成本/效果比分别为(2489.0 ± 1680.3)元/月与(1337.6 ± 611.3)元/月,

图3 超声引导下镍钛合金支架植入后全通路初级通畅率、靶病变初级通畅率和次级通畅率

Figure 3 Interventional primary patency rates of access circuit, primary patency rates of target lesion and secondary patency rates after ultrasound-guided nitinol stent implantation

差异均有统计学意义(t 分别为16.0和3.5,均 $P < 0.05$)。结果提示,虽然镍钛合金支架植入的单次成本高于PTA,但成本/效果比低于PTA,可见其维持AVF单位时间通畅的成本更低。

3 讨论

虽然2019年的美国肾脏病与透析患者生存质量指南(KDOQI)并不推荐裸支架作为延长AVF开通时间的方法,但这一条目的证据等级仅为专家意见^[3],循证医学证据并不充分,且均为国外临床研究,其结论不一定适用于我国人群。Quinn等^[12]在1995年的研究认为,裸支架治疗血管通路狭窄并不优于单纯PTA,但其研究对象绝大部分为移植血管内瘘患者,AVF仅1例,而且使用的是早期不锈钢裸支架。事实上,裸支架在AVF狭窄治疗中的作用和地位正在发生变化。有学者指出,随着裸支架材料和技术的改进,其临床结果可能会发生改变^[13]。与不锈钢支架相比,镍钛合金支架具有更好的生物相容性,展开后贴壁均匀,径向支撑力持久且柔和^[9,14],这些特点使其在有效治疗狭窄的同时可能会降低对内膜增生的刺激作用。一项meta分析结果显示,在人工血管静脉吻合口及流出道狭窄的治疗中,镍钛合金裸支架优于PTA和不锈钢金属裸支架^[9]。Swinnen等^[15]进行的镍钛合金支架跨吻合口植入

治疗AVF狭窄的研究也显示了较好的中期疗效。与覆膜支架相比,镍钛合金支架价格较低,不阻挡分支,而且在超声下具有良好的显像性,使得超声引导其植入成为可能,避免了医患X线辐射损害,进一步降低了医疗费用。

AVF狭窄PTA治疗后12个月的初级通畅率为31%~64%^[5-7],可见PTA后血管内膜再增生的程度和速度存在个体差异,部分PTA患者具有较好的中远期效果,而另一部分患者则容易复发。本研究选择了PTA后早期复发性狭窄的患者,观察其是否能从镍钛合金支架植入中获得比单纯PTA更大的益处。2016年美国介入放射学会发布的一项指南中提出,裸支架植入的技术成功率应在91%以上,3、6、12个月的初级通畅率应分别在65%、55%、11%以上^[16],本研究结果达到以上目标。本文资料中,患者PTA和镍钛合金支架植入的靶病变初级通畅率差异具有统计学意义,在一定程度上提示,对于这一类复发性病例,镍钛合金支架植入的效果优于PTA;而从卫生经济学指标分析,虽然支架植入的直接成本高于PTA,但成本/效果要明显低于PTA,而且支架治疗的大部分患者在统计时间截点时并未到达初级通畅时间的终点,因此支架治疗最终的平均成本/效果比应低于 (1337.6 ± 611.3) 元/月。8例病例发生支架内再狭窄,但发生的平均时间超过1年。对于支架内再狭窄患者的治疗仍选择PTA,选用的球囊包括普通球囊和DCB,结果显示DCB比普通球囊具有更长的通畅时间,与文献报道相符^[17],提示DCB对裸支架内内膜增生的抑制作用可能较强,为AVF裸支架植入的支架内再狭窄处理提供了参考。另外,在支架长度选择方面,在保证完全覆盖病变的前提下,不要覆盖过多的正常血管,一方面可以减少对穿刺部位的占用,另一方面为今后可能的手术重建预留更多的血管。

超声作为介入治疗的引导手段,在血管通路PTA中的应用已经很成熟^[18-20],而用于支架植入报道较少。我们体会,许多患者的血液透析血管通路需要进行反复介入干预,与X线血管造影相比,超声无辐射损害,对减少医患的辐射暴露具有实际意义。另外,在裸支架植入中,超声具有实时显像和细节观察的优势。上肢血管较为浅表,血管腔与血管壁以及周围组织间、血管腔与介入器材间均有良好的超声显像对比,超声能很好地显

示支架植入的细节。支架释放过程中,支架头端的锚定阶段最为关键,在这一阶段需要精细地观察到支架与血管的位置关系。支架开始释放而尚未锚定时,可能会产生不同程度的位移,需要适时地捕捉位移并及时调整,虽然X线血管造影的路图也能作为支架释放提供位置参考,但路图是一种支架释放前的静态参照图像,实时性相对不足,而支架释放过程本身可能带来组织移位,可导致路图与实际位置产生偏差;超声则可以实时观察,结合合适的释放速度,可以保证最终释放位置的准确性。对于贴近吻合口的病变,操作时需要观察动脉、静脉、吻合口、狭窄和支架五者的相对位置,而AVF吻合口部位的血管立体构型有时很复杂,超声多角度的细节显像在该部位的优势更加明显。支架尽可能不要覆盖吻合口,虽然覆盖后血流仍能通过网眼,但以后跨吻合口介入治疗可能困难。超声也存在一些不足,如单次显像范围较为局限,对长段狭窄的长度测量需要累加,而且显像质量受术者操作的影响较大,需要一定学习周期。

综上所述,本文资料初步提示镍钛合金支架植入是PTA治疗AVF后早期复发性狭窄可行的微创方法,具有令人满意的近中期疗效和较好的成本/效果比,且超声可以清晰、精准地引导支架植入。但本文资料来源于单中心,病例数较少,需要更多的前瞻性随机对照研究进一步明确其结论。另外,对于PTA后再狭窄DCB与支架何者更优也需要进一步研究。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国医院协会血液净化中心分会血管通路工作组. 中国血液透析用血管通路专家共识(第2版)[J]. 中国血液净化, 2019, 18(6): 365-381. Vascular Access Working Group, Blood Purification Center Branch, Chinese Hospital Association. Expert consensus on vascular access for hemodialysis in China (2nd edition)[J]. **Chinese Journal of Blood Purification**, 2019, 18(6): 365-381. (in Chinese)
- [2] QUENCER K B, ARICI M. Arteriovenous fistulas and their characteristic sites of stenosis[J]. **Am J Roentgenology**, 2015, 205(4): 726-734.
- [3] LOK C E, HUBER T S, LEE T, et al. KDOQI clinical practice guideline for vascular access: 2019 update[J]. **Am J Kidney Dis**, 2020, 75(4): S1-S164.

- [4] Japanese Society for Dialysis Therapy. 2011 update Japanese Society for Dialysis Therapy guidelines of vascular access construction and repair for chronic hemodialysis[J]. *Ther Apher Dial*, 2015, 19(S1): 1-39.
- [5] KANTERMAN R Y, VESELY T M, PILGRAM T K, et al. Dialysis access grafts: anatomic location of venous stenosis and results of angioplasty[J]. *Radiology*, 1995, 195(1): 135-139.
- [6] GLANZ S, GORDON D H, BUTT K M, et al. The role of percutaneous angioplasty in the management of chronic hemodialysis fistulas[J]. *Ann Surg*, 1987, 206(6): 777-781.
- [7] BEATHARD G A. Percutaneous transvenous angioplasty in the treatment of vascular access stenosis[J]. *Kidney Int*, 1992, 42(6): 1390-1397.
- [8] KENNEDY S A, MAFELD S, BAERLOCHER M O, et al. Drug-coated balloon angioplasty in hemodialysis circuits: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2019, 30(4): 483-494.
- [9] FU N, JOACHIM E, YEVZLIN A S, et al. A meta-analysis of stent placement vs. angioplasty for dialysis vascular access stenosis[J]. *Semin Dial*, 2015, 28(3): 311-317.
- [10] DINH K, THOMAS S D, CHO T, et al. Use of paclitaxel eluting stents in arteriovenous fistulas: a pilot study[J]. *Vasc Specialist Int*, 2019, 35(4): 225-231.
- [11] GRAY R J, SACKS D, MARTIN L G, et al. Reporting standards for percutaneous interventions in dialysis access[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2003, 14(9): S433-S442.
- [12] QUINN S F, SCHUMAN E S, DEMLOW T A, et al. Percutaneous transluminal angioplasty versus endovascular stent placement in the treatment of venous stenoses in patients undergoing hemodialysis: intermediate results[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 1995, 6(6): 851-855.
- [13] MADDEN N J, DOUGHERTY M J, TROUTMAN D A, et al. Site of service influence on stent use for hemodialysis access interventions[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 71(5): 1653-1661.
- [14] CLARK T W I. Nitinol stents in hemodialysis access[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2004, 15(10): 1037-1040.
- [15] SWINNEN J, LEAN TAN K, ALLEN R, et al. Juxta-anastomotic stenting with aggressive angioplasty will salvage the native radiocephalic fistula for dialysis[J]. *J Vasc Surg*, 2015, 61(2): 436-442.
- [16] DARIUSHNIA S R, WALKER T G, SILBERZWEIG J E, et al. Quality improvement guidelines for percutaneous image-guided management of the thrombosed or dysfunctional dialysis circuit[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2016, 27(10): 1518-1530.
- [17] SWINNEN J J, ZAHID A, BURGESS D C A. Paclitaxel drug-eluting balloons to recurrent in-stent stenoses in autogenous dialysis fistulas: a retrospective study[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16(5): 388-393.
- [18] 陆明晰, 冯 剑, 蒋欣欣, 等. 超声引导下经皮腔内血管成形术治疗血液透析患者动静脉内瘘狭窄[J]. *中华肾脏病杂志*, 2012, 28(1): 63-64.
LU Mingxi, FENG Jian, JIANG Xinxin, et al. Ultrasound-guided percutaneous transluminal angioplasty to treat stenosis of arteriovenous fistula for hemodialysis[J]. *Chinese Journal of Nephrology*, 2012, 28(1): 63-64. (in Chinese)
- [19] 吴隘红, 黄晓玲, 涂 波. 超声引导下经皮腔内血管成形术治疗内瘘狭窄与血栓的疗效比较[J]. *中华肾脏病杂志*, 2019, 35(9): 702-703.
WU Yihong, HUANG Xiaolin, TU Bo. Comparison of ultrasound-guided percutaneous transluminal angioplasty for treatment of arteriovenous fistula stenosis and thrombosis[J]. *Chinese Journal of Nephrology*, 2019, 35(9): 702-703. (in Chinese)
- [20] 陆明晰, 叶有新, 蒋欣欣, 等. 超声介入治疗血液透析移植血管动静脉内瘘狭窄的应用研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2012, 21(10): 913-914.
LU Mingxi, YE Youxin, JIANG Xinxin, et al. Application of ultrasound interventional treatment for stenosis of arteriovenous grafts in hemodialysis[J]. *Chinese Journal of Ultrasonography*, 2012, 21(10): 913-914. (in Chinese)

[本文编辑 沈 敏 余 方]