

## 椎动脉支架置入术对颅内椎动脉狭窄患者血流动力学的影响及术后再狭窄的影响因素研究

王铁军, 石富铭, 陈书阁, 王金梅

**【摘要】** 目的 探究椎动脉支架置入术对颅内椎动脉狭窄 (IVAS) 患者血流动力学的影响, 并分析 IVAS 患者术后再狭窄的影响因素。方法 收集 2012 年 2 月—2014 年 2 月北京市大兴区人民医院神经内科收治的 IVAS 患者 106 例, 均行椎动脉支架置入术治疗, 术后平均随访 1 年, 观察 IVAS 患者术前及术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅内段动脉搏动指数 (PI), 颅外段血管管径和阻力指数 (RI), 颅内段及颅外段收缩期峰值流速 (PSV)、舒张期末流速 (EDV)。根据随访结果将所有患者分为再狭窄组 38 例和无再狭窄组 68 例, 比较两组患者性别、年龄、吸烟情况及基础疾病, 分析 IVAS 患者术后再狭窄的影响因素。结果 IVAS 患者术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅内段 PSV 和 EDV 均慢于术前, PI 均高于术前 ( $P < 0.05$ ); 术后 6 个月 IVAS 患者椎动脉颅内段 PSV 及 EDV 达峰值, 术后 3 个月 PI 最低。IVAS 患者术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅外段血管管径大于术前, PSV 及 EDV 均快于术前, RI 低于术前 ( $P < 0.05$ )。再狭窄组与无再狭窄组患者年龄、性别、吸烟率比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 再狭窄组患者冠心病发生率及糖尿病发生率高于无再狭窄组 ( $P < 0.05$ )。结论 椎动脉支架置入术能有效改善 IVAS 患者椎动脉颅内段及颅外段血流动力学, 增加颅内血流灌注, 而 IVAS 患者术后再狭窄可能与基础疾病有关, 与性别、年龄及吸烟无关。

**【关键词】** 椎基底动脉供血不足; 颅内动脉疾病; 椎动脉支架置入术; 血流动力学

**【中图分类号】** R 743.9 **【文献标识码】** A doi: 10.3969/j.issn.1008-5971.2016.01.010

王铁军, 石富铭, 陈书阁, 等. 椎动脉支架置入术对颅内椎动脉狭窄患者血流动力学的影响及术后再狭窄的影响因素研究 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2016, 24 (1): 37-40. [www.syxnf.net]

Wang TJ, Shi FM, Chen SG, et al. Impact of vertebral artery stent implantation on hemodynamics of patients with intracranial vertebral artery stenosis and the influencing factors of postoperative restenosis [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2016, 24 (1): 37-40.

**Impact of Vertebral Artery Stent Implantation on Hemodynamics of Patients With Intracranial Vertebral Artery Stenosis and the Influencing Factors of Postoperative Restenosis** WANG Tie-jun, SHI Fu-ming, CHEN Shu-ge, et al. Department of Neurology, People's Hospital of Daxing District, Beijing, Beijing 102600, China

**【Abstract】 Objective** To investigate the impact of vertebral artery stent implantation on hemodynamics of patients with intracranial vertebral artery stenosis, to analyze the influencing factors of postoperative restenosis. **Methods** From February 2012 to February 2014, a total of 106 patients with intracranial vertebral artery stenosis were selected in the Department of Neurology, People's Hospital of Daxing District, Beijing, all of them received vertebral artery stent implantation and were followed up for 1 year (average). Pulsatility index (PI), peak systolic velocity (PSV) and end diastolic velocity (EDV) of intracranial vertebral artery, arterial diameter, resistance index (RI), PSV and EDV of extracranial vertebral artery were observed before surgery, after 1 week, 3 months, 6 months and 12 months of surgery. According to the follow-up result, the 106 patients were divided into A group (occurred postoperative restenosis,  $n = 38$ ) and B group (did not occurred postoperative restenosis,  $n = 68$ ), gender, age, smoking status and underlying disease were compared between the two groups, and the influencing factors of postoperative restenosis were analyzed. **Results** After 1 week, 3 months, 6 months and 12 months of surgery, PI of intracranial vertebral artery was statistically significantly higher than before surgery, respectively, while PSV and EDV of intracranial vertebral artery were statistically significantly slower than those before surgery ( $P < 0.05$ ); PSV and EDV of intracranial vertebral artery reached the peak value after 6 months of surgery, while PI reached the minimum value after 3 months of surgery. After 1 week, 3 months, 6 months and 12 months of surgery, arterial diameter of extracranial vertebral artery was statistically significantly larger than that before surgery, respectively, RI was statistically significantly lower than that before surgery, respectively, while PSV and EDV were statistically significantly faster than those before surgery ( $P < 0.05$ ). No

statistically significant differences of age, gender or smoking rate was found between A group and B group ( $P > 0.05$ ), while incidence of coronary heart disease and diabetes mellitus of A group was statistically significantly higher than that of B group, respectively ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Vertebral artery stent implantation can effectively improve the hemodynamics and intracranial blood perfusion of patients with intracranial vertebral artery stenosis, postoperative restenosis is possibly correlated with underlying disease, not correlated with gender, age or smoking.

**【Key words】** Vertebrobasilar insufficiency; Intracranial arterial diseases; Vertebral artery stenting; Hemodynamics

脑血管疾病的发病率和致残率较高，其中缺血性脑血管疾病所占比例较大，且约 25% 的缺血性脑卒中患者为大脑后循环缺血，而椎动脉狭窄是后循环缺血、梗死的主要原因<sup>[1]</sup>。近年来，随着人们生活方式的改变和人口老龄化进程的加剧，椎动脉狭窄的发病率呈逐年增高趋势<sup>[2]</sup>。椎基底动脉系统狭窄或闭塞时，供血区脑组织缺血、灌注不足，导致患者出现头晕、共济失调、视力障碍、言语障碍、昏迷甚至偏瘫等神经系统症状。有临床研究显示，颅内椎动脉（intracranial vertebral artery, IVA）是椎动脉狭窄最易累及的部位，且容易出现脑缺血的临床症状和体征<sup>[3]</sup>。随着医疗水平的不断提高和医疗技术的不断发展，椎动脉支架置入术逐渐成为治疗颅内椎动脉狭窄（intracranial vertebral artery stenosis, IVAS）的重要方法，国内外已有大量研究表明该方法具有较好的治疗前景<sup>[4]</sup>。血管内支架置入术与传统的药物治疗相比，具有安全、高效、复发率低等优势，目前临床上对于椎动脉支架置入术治疗 IVAS 的临床效果及其并发症的研究较多，但对 IVAS 患者手术前后血流动力学变化的研究较少。为进一步观察椎动脉支架置入术对 IVAS 患者血流动力学的影响、分析 IVAS 患者术后再狭窄的影响因素，本研究回顾性分析了 106 例 IVAS 患者的临床资料，并通过彩色多普勒血流成像（color Doppler flow imaging, CDFI）及经颅彩色多普勒超声（transcranial color-coded sonography, TCCS）进行综合评价，现报道如下。

### 1 资料与方法

1.1 纳入及排除标准 纳入标准：（1）符合 1995 年全国第四届脑血管病学术会议制定的缺血性脑血管病诊断标准<sup>[5]</sup>；（2）有临床症状的患者血管管径狭窄率  $> 50\%$ ，无临床症状的患者血管管径狭窄率  $> 70\%$ ；（3）无椎动脉支架置入术禁忌证；（4）患者及其家属均知情同意，并签署知情同意书。排除标准：（1）除椎动脉颅内段外，还存在其他部位狭窄者；（2）合并严重的颅内肿瘤、动脉炎性病变、动静脉畸形病变或狭窄病变处血管存在动脉瘤者；（3）有出血史及出血倾向或合并心、脑、肾等重要脏器器质性病变者；（4）合并致残性脑卒中者；（5）不能耐受抗血栓治疗或对造影剂过敏者；（6）椎动脉支架置入术失败者；（7）临床及随访资料不完整者<sup>[6]</sup>。

1.2 一般资料 收集 2012 年 2 月—2014 年 2 月北京市

大兴区人民医院神经内科收治的经 TCCS 或数字减影血管造影（digital subtraction angiography, DSA）确诊为 IVAS 的患者 106 例，均行椎动脉支架置入术治疗，其中男 79 例，女 27 例；年龄 48 ~ 76 岁，平均年龄（ $56.3 \pm 2.8$ ）岁；平均病程（ $4.2 \pm 2.6$ ）年；动脉狭窄长度 4 ~ 38 mm，平均动脉狭窄长度（ $9.6 \pm 0.4$ ）mm；狭窄程度 56% ~ 94%，平均狭窄程度（ $83.8 \pm 13.1$ ）%。

### 1.3 方法

1.3.1 仪器和药物 （1）仪器：彩色多普勒超声诊断仪（型号 IU-22, Philips 公司）；经颅多普勒超声诊断仪（型号 EMS-9A, 深圳德力凯公司）；Apollo 支架（中国上海微创医疗器械有限公司）；Cyphe 支架（美国强生公司）；Firebird 支架（中国上海微创医疗器械有限公司）；Wingspan 支架（美国波士顿科学公司）。（2）药物：氯吡格雷片（深圳信立泰药业公司生产，国药准字 J20000542，规格：75 mg  $\times$  7 片）；阿司匹林片（安徽东盛制药有限公司生产，国药准字 H34022637，规格：100 mg  $\times$  30 片）；尼莫地平注射液（拜耳医药公司生产，国药准字 H20003010，规格：50 ml：10 mg）。

1.3.2 治疗方法 （1）术前准备：术前由高年资血管超声医师依据中国血管和浅表器官超声检查指南<sup>[7]</sup>分别采用 3.0 ~ 9.0 MHz 超宽频线阵探头和 1.0 ~ 5.0 MHz 纯净波探头检测椎动脉颅外段与颅内段血管，记录患者术前颅外段血管管径、颅内及颅外段收缩期峰值流速（peak systolic velocities, PSV）、舒张期末流速（end diastolic velocities, EDV），计算椎动脉颅内段搏动指数（pulsatility index, PI）及颅外段阻力指数（resistive index, RI）。此外，患者还需行常规实验室检查以及心电图、胸片等检查。术前 3 ~ 5 d 开始口服氯吡格雷 75 mg/d、阿司匹林 100 mg/d 及他汀类药物；术前 2 h 给予尼莫地平注射液静脉泵入，3 ml/h。（2）手术过程：患者均给予局部麻醉，麻醉后采用改良 Seldinger 技术穿刺股动脉，穿刺成功后置入动脉鞘；通过脑血管造影确定病变血管位置、狭窄程度及侧支循环情况，通过动脉鞘将引导管头端送至椎动脉狭窄部位近端 10 ~ 20 mm 处，对于病变严重的患者采用配套球囊进行扩张，在球囊预扩张成功后沿微导丝放入支架于狭窄段，准确定位后完全释放支架，确认无严重并发症后结束手术；术毕去除动脉鞘，以无菌纱布覆盖穿刺部位。（3）术后处

理:行常规监护,并给予皮下注射低分子肝素钙 5 000 U, 2 次/d, 连续抗凝 3 d, 预防支架内血栓形成;静脉泵入尼莫地平注射液预防术后血管痉挛;口服氯吡格雷 75 mg/d 和阿司匹林 0.1 g/d 共 6 个月;6 个月后改为单独口服阿司匹林 0.1 g/d, 或单独口服氯吡格雷 75 mg/d, 长期服用<sup>[8]</sup>。按照术前方法采用 CDFI 及 TCCS 检测患者术后 1 周及 3、6、12 个月的 PSV、EDV、PI、RI。

1.4 观察指标 (1) 血流动力学:术后通过电话或门诊随访方式对患者进行随访,平均随访 1 年,观察 IVAS 患者术前及术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅内段 PI、颅外段血管管径和 RI、颅内段及颅外段 PSV 和 EDV。(2) 术后再狭窄影响因素:根据随访期间 DSA 或 CT 血管造影 (CTA) 复查结果将患者分为再狭窄组 38 例和无再狭窄组 68 例,比较两组患者的性别、年龄、吸烟情况及基础疾病,分析 IVAS 患者术后再狭窄的影响因素。再狭窄判断标准:血管狭窄程度 > 50%, 血管狭窄程度 = (狭窄远端正常血管内径 - 狭窄部位最小内径) / 狭窄远端正常血管内径 × 100%<sup>[9]</sup>。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 16.0 统计学软件进行数据处理,计量资料以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,组间比较采用两独立样本 *t* 检验,重复测量的数据采用重复测量方差分析;计数资料采用  $\chi^2$  检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 106 例 IVAS 患者手术前后椎动脉颅内段 PSV、EDV 及 PI 变化情况 IVAS 患者术前及术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅内段 PSV、EDV 及 PI 比较,差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); IVAS 患者术前及术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅内段 PSV 和 EDV 均慢于术前,PI 均高于术前,差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 术后 6 个月 IVAS 患者椎动脉颅内段 PSV 及 EDV 达峰值,术后 3 个月 PI 最低,详见表 1。

2.2 106 例 IVAS 患者手术前后椎动脉颅外段血管管径、PSV、EDV、RI 变化情况 IVAS 患者术前及术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅外段血管管径、PSV、EDV 及 RI 比较,差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); IVAS 患者术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅外段血管管径大于术前,PSV 及 EDV 均快于术前,RI 低于术前,差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ , 见表 2)。

2.3 术后再狭窄影响因素分析 两组患者年龄、性别、吸烟率比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 再狭窄组患者冠心病发生率及糖尿病发生率高于无再狭窄组,差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ , 见表 3)。

## 3 讨论

椎动脉狭窄的主要原因为动脉粥样硬化,而经药物保守治疗后椎动脉患者脑卒中发生率仍高达 15%<sup>[10]</sup>。随着医疗技术的不断发展,椎动脉支架置入

表 1 106 例 IVAS 患者手术前后椎动脉颅内段 PSV、EDV 及 PI 比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Comparison of PI, EDV and PSV of intracranial vertebral artery of the 106 patients with IVAS before and after surgery

时间	PSV (cm/s)	EDV (cm/s)	PI
术前	272 ± 45	128 ± 39	0.78 ± 0.12
术后 1 周	101 ± 51 <sup>a</sup>	41 ± 13 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.18 <sup>a</sup>
术后 3 个月	132 ± 49 <sup>a</sup>	52 ± 28 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.20 <sup>a</sup>
术后 6 个月	158 ± 62 <sup>a</sup>	59 ± 31 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.13 <sup>a</sup>
术后 12 个月	134 ± 44 <sup>a</sup>	53 ± 30 <sup>a</sup>	0.91 ± 0.18 <sup>a</sup>
<i>F</i> 值	114.291	115.014	19.108
<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05

注:与术前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ; PSV = 收缩期峰值流速, EDV = 舒张期末流速, PI = 搏动指数

表 2 106 例 IVAS 患者手术前后椎动脉颅外段血管管径、PSV、EDV、RI 比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison of the arterial diameter, PSV, EDV and RI of extracranial vertebral artery of the 106 patients with IVAS before and after surgery

时间	血管管径 (mm)	PSV (cm/s)	EDV (cm/s)	RI
术前	3.3 ± 0.4	54 ± 12	18 ± 6	0.68 ± 0.10
术后 1 周	3.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	68 ± 11 <sup>a</sup>	23 ± 3 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.08 <sup>a</sup>
术后 3 个月	3.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	66 ± 14 <sup>a</sup>	25 ± 6 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.08 <sup>a</sup>
术后 6 个月	3.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	64 ± 18 <sup>a</sup>	25 ± 8 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.08 <sup>a</sup>
术后 12 个月	3.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	63 ± 13 <sup>a</sup>	24 ± 5 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.08 <sup>a</sup>
<i>F</i> 值	2.081	11.982	12.036	1.773
<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注:与术前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ; RI = 阻力指数

表 3 两组患者术后再狭窄影响因素比较

Table 3 Comparison of influencing factors of postoperative restenosis between the two groups

组别	例数	年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	性别 (男/女)	吸烟 [n(%)]	基础疾病[n(%)]		
					高血压	冠心病	糖尿病
再狭窄组	38	54.0 ± 1.2	33/5	18(47.5)	30(78.9)	31(81.5)	24(63.1)
无再狭窄组	68	56.0 ± 0.8	46/22	33(48.5)	49(72.1)	51(66.2)	30(44.1)
$\chi^2(t)$ 值		2.137 <sup>a</sup>	1.231	2.151	1.241	5.723	4.291
<i>P</i> 值		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05

注:<sup>a</sup>为 *t* 值

术逐渐成为治疗 IVAS 的重要方法,本研究通过观察 IVAS 患者椎动脉置入术前血流动力学变化及术后再狭窄情况,旨在为椎动脉支架置入术治疗 IVAS 提供临床依据。

3.1 血流动力学变化 血流动力学指标的动态变化可以间接判断支架植入后血管的通畅性。TCCS 是评估颅内动脉狭窄性病变的一种无创性检查手段,不仅可以测量狭窄血管的血流速度,还可以直接观察动脉狭窄引起

的血流紊乱影像<sup>[11-12]</sup>；Arkuszewski 等<sup>[13]</sup>研究表明，TCCS 能充分显示血管腔内血流充盈状态，较经颅多普勒（TCD）更加准确、客观。本研究结果显示，IVAS 患者术前及术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅内段 PSV、EDV 及 PI 间有差异；IVAS 患者术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅内段 PSV 和 EDV 均慢于术前，PI 均高于术前；且术后 6 个月 IVAS 患者椎动脉颅内段 PSV 及 EDV 达峰值，术后 3 个月 PI 最低；表明椎动脉支架置入术能有效改善 IVAS 患者狭窄处血流通畅性。IVAS 患者术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅外段血管管径、PSV、EDV 及 RI 间有差异；IVAS 患者术后 1 周、3 个月、6 个月、12 个月椎动脉颅外段血管管径大于术前，PSV 及 EDV 均快于术前，RI 低于术前；表明椎动脉支架置入术不仅可以改善椎动脉颅内段血流情况，还可以有效改善椎动脉颅外段血流情况，与周瑛华等<sup>[14]</sup>研究结果相符。

3.2 术后再狭窄的影响因素 椎动脉支架置入术虽然具有较高的手术成功率及较低的并发症发生率<sup>[15]</sup>，但仍不能避免术后再狭窄情况。本研究对 106 例椎动脉置入术后的 IVAS 患者进行 1 年随访发现，38 例患者出现再狭窄，占 35.8%。回顾其临床资料并分析相关影响因素，结果显示，两组患者年龄、性别、吸烟率间无差异，表明年龄、性别、吸烟可能不是 IVAS 患者椎动脉支架置入术后再狭窄的影响因素，与杨剑文等<sup>[16]</sup>研究结果显示的吸烟是导致 IVAS 患者术后再狭窄的独立危险因素不符，分析原因可能与本研究样本量较少有关。引起 IVAS 患者术后再狭窄的因素众多，包括血管本身的弹性回缩、血管重塑、血栓形成、血管平滑肌细胞过度增殖和迁移等，而患者自身基础疾病也对椎动脉影响较大，尤其是心脑血管疾病，如高血压、冠心病、高脂血症、高胆固醇血症等。本研究结果显示，再狭窄组患者冠心病发生率及糖尿病发生率高于无再狭窄组，表明基础疾病可能导致 IVAS 患者术后出现再狭窄，但并非所有基础疾病，由于本研究样本量较小，未对其他基础疾病进行观察。椎动脉支架置入术后再狭窄的原因可能还与手术选择的支架类型及术后护理等因素有关，但本研究未进行观察，有待进一步研究分析。

综上所述，椎动脉支架置入术能有效改善 IVAS 患者椎动脉颅内段及颅外段血流动力学，增加颅内血流灌注，而 IVAS 患者术后再狭窄可能与基础疾病有关，与性别、年龄及吸烟无关。

作者贡献：王铁军进行实验设计与实施、资料收集整理、撰写论文、成文并对文章负责；陈书阁、王金梅进行实验实施、评估、资料收集；石富铭进行质量控制及审校。

本文无利益冲突。

【编后语】

本研究主要观察了椎动脉支架置入术对 IVAS 患者血流动力学的影响，同时分析了 IVAS 患者术后再狭窄的影响因素，但纳入的相关因素较少且仅进行了单因素分析，据此所得结果及结论，科学性和可靠性稍差，建议作为下一步研究的方向之一，深入探讨。

参考文献

[1] 王林, 周清安, 徐建银. 椎动脉起始部重度狭窄患者支架置入与药物治疗的疗效比较 [J]. 中国现代药物应用, 2014, 8 (1): 13-14.

[2] 王磊波, 赵晓静, 罗卫娟, 等. 血管内支架成形术治疗症状性锁骨下动脉重度狭窄临床研究 [J]. 中国现代神经疾病杂志, 2013, 13 (3): 237-241.

[3] 牛文书, 王玉斌, 宁群. 椎-基底动脉狭窄血管内支架植入 25 例疗效分析 [J]. 介入放射学杂志, 2012, 21 (7): 589-592.

[4] 钱德才, 王乾成, 邓磊, 等. 支架置入术治疗颅外段动脉狭窄 16 例临床分析 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2014, 17(14): 15-16.

[5] 张英谦, 吕强, 张卫清, 等. 椎动脉起始部狭窄支架置入术后再狭窄的影响因素分析 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2015, 17 (1): 6-8.

[6] 冯晓敏. 经颅多普勒超声 (TCD) 联合双频超声检测椎动脉起始段血管成形术的血流动力学改变 [D]. 南宁: 广西医科大学, 2014.

[7] 中国医师协会超声医师分会. 血管和浅表器官超声检查指南 [M]. 北京: 北京人民军医出版社, 2011: 18-23.

[8] 刁士元. Wingspan 支架治疗症状性颅内动脉狭窄的临床研究 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2014, 17 (12): 14-16.

[9] 方利禹. 椎基底动脉狭窄内支架置入术的中短期疗效分析 [D]. 太原: 山西医科大学, 2014.

[10] 杨永, 张雪玲, 李丹, 等. 腔内支架成形术治疗椎动脉狭窄的疗效观察 [J]. 中国医学创新, 2014, 11 (23): 124-126.

[11] 刘敏, 赵奕文, 毕志鸿, 等. 颈动脉超声在颈动脉狭窄患者支架置入治疗效果评价中的作用 [J]. 疑难病杂志, 2015, 15 (8): 845-847.

[12] 孟秀峰, 华扬, 夏明钰, 等. 经颅多普勒超声对大脑中动脉狭窄患者支架置入后的随访研究 [J]. 中国脑血管病杂志, 2013, 10 (9): 482-487.

[13] Arkuszewski M, Swiat M, Hurst RW, et al. Vertebral and basilar arteries: transcranial color-coded duplex ultrasonography versus conventional TCD in detection of narrowings [J]. Neuroradiol J, 2012, 25 (5): 509-514.

[14] 周瑛华, 华扬, 赵新宇, 等. 血管超声对颅内段椎动脉重度狭窄支架置入前后的血流动力学评价 [J]. 中国脑血管病杂志, 2015, 12 (8): 404-408.

[15] 史亚娜, 王效增, 杜占奎, 等. 椎动脉支架植入术治疗椎动脉狭窄的疗效 [J]. 心血管康复医学杂志, 2015, 24(2): 179-181.

[16] 杨剑文, 焦力群, 繆中荣, 等. 椎动脉起始部狭窄支架置入术后再狭窄危险因素的分析 [J]. 中国脑血管病杂志, 2009, 6 (1): 10-13.

(收稿日期: 2015-10-05; 修回日期: 2016-01-12)

(本文编辑: 毛亚敏)