

· 老年动脉粥样硬化性疾病专栏 ·

颈动脉内膜剥脱术中选择性转流的初步研究

刘端, 李梓伦, 王冕, 武日东, 王劲松, 王深明, 姚陈, 常光其*

(中山大学附属第一医院血管外科, 广州 510080)

【摘要】目的 评估全身麻醉下颈动脉内膜剥脱术(CEA)中选择性转流的中远期效果。**方法** 回顾性分析2013年3月至2019年6月中山大学附属第一医院血管外科接受CEA术患者129例,根据术中是否应用转流管分为转流组48例和非转流组81例。术后3个月行头颈部彩超检查,之后每6个月至1年常规随访1次,比较2组患者中远期总体生存率和无再狭窄生存率。应用SPSS 20.0统计软件对数据进行分析。依据数据类型采用 t 检验或 χ^2 检验进行组间比较。Kaplan-Meier分析总体存活率和无再狭窄存活率。**结果** 转流组相比非转流组对侧颈动脉闭塞比例高[29.2%(14/48)和3.7%(3/81)],差异具有统计学意义($P<0.001$)。转流组相比非转流组颈动脉夹闭时间[(22.6±5.9)和(13.7±4.6)min]和手术时间[(168.4±63.3)和(143.0±50.2)min]长,术中出血量多[(108.0±65.2)和(69.8±53.9)ml],住院时间短[(5.5±1.4)和(6.1±1.7)d],术中应用补片比例高[60.4%(21/48)和25.9%(29/81)],差异均具有统计学意义($P<0.05$)。术后6周2组均无患者死亡,转流组相比非转流组脑卒中[2.1%(1/48)和1.2%(1/81)]和同侧颈动脉再狭窄[4.2%(2/48)和1.2%(1/81)]差异无统计学意义($\chi^2=0.142, P=0.706; \chi^2=1.141, P=0.285$)。Kaplan-Meier分析结果表明2组患者中远期总体生存率($\chi^2=0.287, P=0.592$)和无再狭窄生存率($\chi^2=0.285, P=0.593$)差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论** CEA术中选择性不使用转流管对中远期生存率和无再狭窄生存率无影响。

【关键词】 颈动脉内膜剥脱;转流管;颈动脉;反流压;脑电图

【中图分类号】 R653 **【文献标志码】** A **【DOI】** 10.11915/j.issn.1671-5403.2020.01.006

Preliminary study of selective shunting in carotid endarterectomy

LIU Duan, LI Zi-Lun, WANG Mian, WU Ri-Dong, WANG Jin-Song, WANG Shen-Ming, YAO Chen, CHANG Guang-Qi *

(Department of Vascular Surgery, the First Affiliated Hospital of Sun Yatsen University, Guangzhou 510080, China)

【Abstract】Objective To evaluate mid- and long-term effect of selective shunting in carotid endarterectomy (CEA) under general anesthesia. **Methods** A retrospective analysis was made of 129 patients who received CEA in Department of Vascular Surgery of the First Affiliated Hospital of Sun Yatsen University from March 2013 to June 2019. They were divided into shunting group ($n=48$) and non-shunting group ($n=81$). Color Doppler ultrasound was performed for the head and neck at 3 months after operation. The patients received a follow-up visit once every 6 months to 1 year. The two groups were compared in the overall survival rate and restenosis-free survival rate. SPSS statistics 20.0 was used to analyze the data. Depending on data type, t test or χ^2 test was used to compare the two groups. Kaplan-Meier was used to analyze overall survival and restenosis-free survival rate. **Results** The shunting group had a higher occlusive rate of contralateral carotid artery than the non-shunting group [29.2% (14/48) vs 3.7% (3/81)], the difference being statistically significant ($P<0.001$). Compared with the non-shunting group, the shunting group had longer clamping time [(22.6±5.9) vs (13.7±4.6) min] and operation time [(168.4±63.3) vs (143.0±50.2) min], more intraoperative bleeding [(108.0±65.2) vs (69.8±53.9) ml], shorter length of hospital stay [(5.5±1.4) vs (6.1±1.7) d], higher usage of patch [60.4% (21/48) vs 25.9% (29/81)], all the differences having statistical significance ($P<0.05$ for all). No death occurred in both groups at 6 weeks after operation. There was no significant difference in stroke [2.1% (1/48) vs 1.2% (1/81)] and carotid restenosis [4.2% (2/48) vs 1.2% (1/81)] between the two groups ($\chi^2=0.142, P=0.706; \chi^2=1.141, P=0.285$). Kaplan-Meier analysis showed no significant difference in the overall survival rate ($\chi^2=0.287, P=0.592$) and restenosis-free survival rate ($\chi^2=0.285,$

收稿日期: 2019-10-09; 接受日期: 2019-10-22

基金项目: 广州市科技计划项目(201508020116, 201710010056)

通信作者: 常光其, E-mail: 13922231628@163.com

$P=0.593$) between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** The selective use of carotid artery shunt in CEA has no effect on the long-term survival rate and restenosis-free survival rate.

[Key words] carotid endarterectomy; shunt; carotid artery; stump pressure; electroencephalography

This work was supported by Science and Technology Project of Guangzhou (201508020116, 201710010056).

Corresponding author: CHANG Guang-Qi, E-mail: 13922231628@163.com

颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy, CEA)是颈动脉狭窄性疾病的首选治疗方法,主要适用于颈动脉狭窄程度 $>50\%$ 有症状和狭窄程度 $70\%\sim 99\%$ 的患者^[1,2]。随机对照研究表明,CEA可显著减少有症状颈动脉狭窄患者后续脑卒中的发生率^[2,3],并对无症状颈动脉狭窄患者脑卒中的预防有益^[3]。为有效预防颈动脉狭窄患者脑血管事件的发生,CEA术中可适当应用转流管以防止脑血管低灌注,同时通过监护早期发现脑缺血以避免围手术期脑卒中的发生至关重要^[4]。尽管CEA术中转流管的应用较广泛,但其亦可导致并发症,如造成颈内动脉(internal carotid artery, ICA)远端夹层、远端栓塞或高位斑块远端难以暴露等结果^[5]。CEA术中常规应用还是选择性应用转流管争论已久,为此,我们分析了CEA术中应用转流管所引起的术后并发症和存活率的变化,以验证选择性不用转流管是否同样安全有效,现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象

回顾性分析2013年3月至2019年6月中山大学附属第一医院血管外科接受CEA术患者129例,根据术中是否应用转流管分为转流组48例和非转流组81例。纳入标准:(1)颈动脉中度狭窄(狭窄程度 $50\%\sim 69\%$,收缩期峰值速度 $>170\text{ cm/s}$)的有症状患者;(2)颈动脉严重狭窄(狭窄程度 $70\%\sim 99\%$,收缩期峰值速度 $>240\text{ cm/s}$)患者。排除标准:(1)严重心、肝、肺、肾功能不全,无法耐受CEA手术;(2)合并其他部位感染灶不宜手术。患者均签署知情同意书。

1.2 手术方法

患者全身麻醉下手术,常规经颈部纵行切口,暴露并控制颈总动脉(common carotid artery, CCA)、颈外动脉(external carotid artery, ECA)、ICA和颈内静脉后,开始检测ICA反流压(stump pressure, SP)。夹闭CCA和ECA后,将23 G的针头插入近端ICA测量SP,以显示Willis动脉环的SP压。测量过程中,嘱麻醉医师将血压维持在住院期间平均血压水平。全身麻醉诱导前即开始脑电图(electroencepha-

lography, EEG)监测,一直持续到手术结束。术中EEG和SP的双重监测结果决定患者是否临时插入转流管(Pruitt F3-聚氨酯带T型颈动脉转流管, LeMaitre Vascular公司,美国)。术中不管SP结果如何,EEG显示脑电较术前减慢(频率减少)、变平或不对称(波幅或波形任何变化)均使用转流管;如果 $SP<50\text{ mmHg}$ ($1\text{ mmHg}=0.133\text{ kPa}$),EEG没有显著变化也使用转流管。

阻断颈动脉之后,在颈动脉分叉处纵向切开颈动脉,切口长度根据斑块长度决定。将充满肝素盐水的转流管近心端插入CCA,适量盐水充盈球囊后,开放转流管 $1\sim 2\text{ s}$,排出转流管中少许液体及气泡;夹闭转流管近心端,将远心端插入ICA远端,远端球囊常规不注水充盈;开放转流管侧管,放出少许血液及可能出现的气泡后,夹闭远心端,打开转流管近心端,继续排气 $1\sim 2\text{ s}$,见转流管内气体完全排空后,关闭侧管,开放转流管血流通路。

常规动脉内膜切除术(非外翻动脉内膜剥脱术)完成动脉粥样硬化斑块剥脱,切除斑块后立即确认是否切除完全,即是否切除到正常内膜的过渡区。过渡区内膜如出现夹层,则选择性行内膜固定缝合。根据患者ICA粗细(当直径 $<4\text{ mm}$ 时应用补片),决定是否进一步应用胶原涂层的聚四氟乙烯颈动脉补片治疗。伤口内放置引流管后,逐层关闭切口。术后严格控制血压(高压 $110\sim 140\text{ mmHg}$,低压 $60\sim 80\text{ mmHg}$),控制心率 $<100\text{ 次/min}$,防止过度灌注综合征。严密观察患者神经系统变化,及早发现脑卒中迹象,术前使用的抗血小板药物一直维持至手术当日。术后常规 $1\text{ 次}/2\text{ h}$ 神经系统检查,一旦发现任何异常,立即咨询神经科医师给予处理,并行颅脑CT或磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)检查。

1.3 随访

术后3个月行头颈部彩超检查,之后每6个月至1年常规随访1次。随访终点事件为患者死亡或出现颈动脉再狭窄、脑梗死。

1.4 统计学处理

应用SPSS 20.0统计软件对数据进行分析。计量资料用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用 t

检验。计数资料用例数(百分率)表示,组间比较用 χ^2 检验。Kaplan-Meier分析总体存活率(overall survival rate,OSR)和无再狭窄存活率(restenosis-free survival rate,RSR),Logrank检验比较2组患者的差异。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2组患者基线资料比较

转流组中39例患者因 $SP<50\text{ mmHg}$ 、6例因EEG异常、3例因 $SP<50\text{ mmHg}$ 且合并EEG改变而使用转流管。2组患者年龄、性别、颈动脉狭窄程度、高血压、糖尿病、高血脂、冠心病(coronary heart disease,CHD)和慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease,COPD)比例等差异无统计学意义($P>0.05$)。转流组相比非转流组伴对侧颈动脉闭塞比例[29.2%(14/48)和3.7%(3/81)]高,差异具有统计学意义($P<0.001$;表1)。

2.2 2组患者手术相关指标比较

转流组相比非转流组颈动脉夹闭和手术时间

长,术中出血量多,住院时间短,术中应用补片比例高,差异均具有统计学意义($P<0.05$;表2)。2组患者因术后大量出血重返手术室治疗和颅神经损伤比例差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.3 2组患者术后6周随访结果比较

术后6周2组均无患者死亡,转流组1例(2.1%)脑卒中,2例(4.2%)同侧颈动脉再狭窄,非转流组1例(1.2%)脑卒中,1例(1.2%)同侧颈动脉再狭窄,2组患者差异无统计学意义($\chi^2=0.142$, $P=0.706$; $\chi^2=1.141$, $P=0.285$)。

2.4 2组患者中远期随访结果比较

中位随访时间34个月,随访时间最短3个月,最长57个月。最后一次随访时,转流组6.2%(3/48)死亡,29.2%(14/48)出现再狭窄;非转流组8.6%(7/81)死亡,32.1%(26/81)出现再狭窄,大多数再狭窄没有引起任何症状,不需手术干预。Kaplan-Meier分析结果表明2组患者中远期OSR($\chi^2=0.287$, $P=0.592$;图1)和RSR($\chi^2=0.285$, $P=0.593$;图2)差异均无统计学意义($P>0.05$)。

表 1 2组患者基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between two groups

Item	Shunting group (n=48)	Non-shunting group (n=81)	t/χ^2	P value
Age(years, $\bar{x}\pm s$)	67.6 $\pm$ 8.7	68.2 $\pm$ 7.4	0.425	0.672
Male[n(%)]	41(85.4)	62(76.5)	1.475	0.225
History of smoking[n(%)]	26(54.2)	42(51.9)	0.065	0.799
Hypertension[n(%)]	38(79.2)	52(64.2)	3.202	0.074
Diabetes mellitus[n(%)]	15(31.3)	30(37.0)	0.444	0.505
Hyperlipidemia[n(%)]	2(4.2)	8(9.9)	1.373	0.241
CHD[n(%)]	8(16.7)	5(6.2)	3.663	0.056
COPD[n(%)]	2(4.2)	5(6.2)	0.236	0.627
Symptomatic patient[n(%)]	35(72.9)	55(67.9)	0.359	0.549
Dual antiplatelet[n(%)]	13(27.1)	18(22.2)	0.390	0.532
Statin[n(%)]	35(72.9)	58(71.6)	0.026	0.872
Degree of stenosis(% , $\bar{x}\pm s$)	70.4 $\pm$ 12.0	72.9 $\pm$ 11.5	1.168	0.245
Contralateral occlusion[n(%)]	14(29.2)	3(3.7)	17.079	<0.001

CHD: coronary heart disease; COPD: chronic obstructive pulmonary disease.

表 2 2组患者手术相关指标比较

Table 2 Comparison of operation related indicators between two groups

($\bar{x}\pm s$)

Item	Shunting group (n=48)	Non-shunting group (n=81)	t/χ^2	P value
Clamping time(min, $\bar{x}\pm s$)	22.6 $\pm$ 5.9	13.7 $\pm$ 4.6	9.596	<0.001
Operation time(min, $\bar{x}\pm s$)	168.4 $\pm$ 63.3	143.0 $\pm$ 50.2	2.522	0.013
Usage of patch[n(%)]	21(60.4)	29(25.9)	15.105	<0.001
Intraoperative bleeding(ml, $\bar{x}\pm s$)	108.0 $\pm$ 65.2	69.8 $\pm$ 53.9	3.601	<0.001
Nerve injury[n(%)]	1(2.1)	0(0.0)	1.701	0.192
Postoperative massive bleeding[n(%)]	2(4.2)	3(3.7)	0.017	0.895
Length of hospital stay(d, $\bar{x}\pm s$)	5.5 $\pm$ 1.4	6.1 $\pm$ 1.7	2.126	0.035

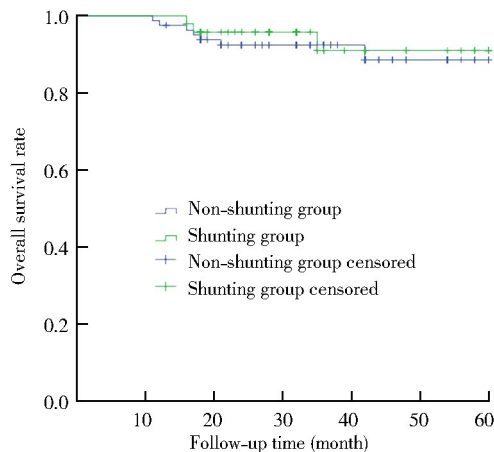


图 1 2 组患者中远期总存活率比较

Figure 1 Comparison of overall survival rate in mid- and long-term follow-up between two groups

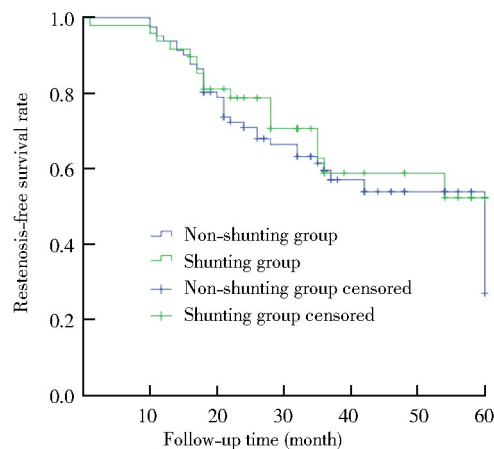


图 2 2 组患者中远期无再狭窄生存率比较

Figure 2 Comparison of restenosis-free survival rate in mid- and long-term follow-up between two groups

3 讨论

不论是有症状还是无症状的颈动脉狭窄,CEA 术是其标准治疗方法。而 CEA 术中常规应用还是选择性应用转流管的问题争论已久,多数学者更倾向于术中应用转流管,然而也有很多学者持反对意见。本研究显示转流管组与非转流管组患者短期和中期再狭窄率、脑卒中发生率、死亡率差异无统计学意义,说明 2 组患者中期预后相当。由此我们可以认为,CEA 术中选择性不用转流管也安全、可行。

近期文献报道无论颈动脉狭窄患者是否有症状,围手术期脑卒中发生率为 2%~6%。Lichtman 等^[1]指出颈动脉狭窄患者围手术期脑卒中/死亡发生率应<3%。本研究颈动脉狭窄患者围手术期无脑卒中发生,术后 6 周内无患者死亡,2 例发生同侧

脑卒中(转流组和非转流组各 1 例),发生率为 1.6%,较相关报道发生率稍低^[3]。

转流管是 CEA 术中夹闭 ICA 时确保颅内脑组织有足够血流灌注的一种有效方法^[6,7],因此部分外科医师术中常规应用转流管^[8]。然而 CEA 术中转流管的应用可导致很多问题,包括导管移位、转流过程中出血、颈动脉夹层、动脉壁撕裂、空气或斑块栓塞、内膜瓣形成、转流管受压闭塞、转流管血栓形成等,并且置入转流管额外增加插入和取出时间,需游离和切开更长节段的 ICA,在进行内膜剥脱时转流管还可能阻碍视线,明显增加手术成本^[9]。还有可能增加局部并发症如神经损伤和感染的发生,损伤内皮则可造成远期狭窄^[9]。部分颈动脉狭窄患者由于颈动脉分叉过高,斑块远端靠近颅底;或狭窄段细长,颈部较短,CEA 术中暴露动脉粥样硬化斑块本身很困难,难以完全切除,此时出现远端栓塞或 ICA 夹层风险会明显增加,如再应用转流管则加大手术难度,加重术后不良后果^[5,9]。因此,很多外科医师提出 CEA 术中应选择性地使用转流管^[5]。

本研究转流组颈动脉夹闭时间、手术时间均明显长于非转流组,术中出血量亦较非转流组多,一方面与术中应用补片相关,而另一方面也跟转流管的应用有很大关系,2 组患者术后大出血和颅神经损伤比例差异无统计学意义,可能与本研究样本量少有关。围手术期死亡率为零,脑卒中比例无差异,术后中远期 OSR 和 RSR 差异无统计学意义,说明 CEA 术中选择性不用转流管并不增加脑卒中和再狭窄风险,却可避免手术时间长、出血量大、面临远端夹层、破裂等风险,但由于本研究样本量小,无法肯定不用转流管就完全安全可靠,后期需随访结果和大样本研究继续验证。

评估术中是否应用转流管的方法较多,包括 SP、EEG、返流血氧饱和度、经颅多普勒超声及局麻下观察清醒患者的神经反应等^[6,10],目前较公认的转流管使用标准为 SP<50 mmHg 和术中 EEG 发生变化^[6]。然而研究表明这些都不是术中选择性使用转流管既可靠又安全的监测方法^[5],CEA 术中监测方法无明确的金标准^[4],结合应用 SP 和 EEG 可增加可靠性^[4,11],故本研究选择了全麻下结合上述两种方法。有文献曾报道 SP 和 EEG 监测敏感性较差,检测脑缺血最敏感的办法为局部麻醉下清醒患者的术中监测。但出于患者安全性和手术操作方便的需要,本研究仍采用全身麻醉。本研究大部分患者 SP>50 mmHg 时术中 EEG 均保持较稳定,48 例转流组患者中仅 6 例是单纯因为 EEG 改变而行转流

操作。有学者认为,当 SP>50 mmHg 而 EEG 在术中发生改变时,这种改变可能是假阳性^[12];而我们更倾向于认为 EEG 是 SP 的补充,这种 EEG 变化不应作为假阳性而被忽视。出于提高患者满意度和安全性考虑,我们在全身麻醉下行 CEA 术,并使用 SP 和连续 EEG 监测评估是否应用转流管。

另一个问题就是对侧颈动脉闭塞患者行 CEA 术时是否需常规应用转流管。目前关于对侧 ICA 狭窄、闭塞患者是否常规应用转流管也存在一定争议^[7,13-15]。本研究对侧 ICA 闭塞的患者主要集中在转流组,但非转流组也有一定比例患者。对侧 ICA 闭塞虽被认为是围手术期脑卒中的危险因素^[15],但也有研究提示对侧 ICA 闭塞对 CEA 术中转流结果没有影响^[7,13],如 Ward 等^[16]认为 CEA 术中行内膜剥脱时最重要的保障是使用可靠的脑缺血监测仪器,最大程度地减少夹闭时间,而不是对侧 ICA 是否闭塞。

没有转流的情况下行 CEA 术,最大的担心是脑缺血风险增加,需使用可靠方法来监测脑缺血,术中 EEG 是监测脑缺血变化的一种可靠方法,这一点已得到多方证实。EEG 协助使得对侧颈动脉狭窄、闭塞患者 CEA 术中进行转流的可能性增加^[7,14,15],但仍有大量对侧颈动脉闭塞患者行 CEA 术时不使用转流管^[7,13,14],本研究 3 例患者属此种情况。尽管大多数患者可耐受此过程,且术中 EEG 无改变。但根据我们的经验,这种情况属少数,出于安全考虑,还是应结合 SP 结果必要时使用转流管。综上所述,CEA 术是治疗颈动脉狭窄的可靠方法,CEA 术中在 SP 和 EEG 双重监测下选择性不使用转流管同样安全可靠。

【参考文献】

- [1] Lichtman JH, Jones MR, Leifheit EC, *et al.* Carotid endarterectomy and carotid artery stenting in the US medicare population, 1999–2014[J]. JAMA, 2017, 318(11): 1035–1046. DOI: 10.1001/jama.2017.12882.
- [2] Tenders M, Aboyans V, Bartelink ML, *et al.* ESC guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral artery diseases; document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries; the task force on the diagnosis and treatment of peripheral artery diseases of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. Eur Heart J, 2011, 32(22): 2851–2906. DOI: 10.1093/eurheartj/ehr211.
- [3] Engelen L, Ferreira I, Stehouwer CD, *et al.* Reference intervals for common carotid intima-media thickness measured with echotracking: relation with risk factors[J]. Eur Heart J, 2013, 34(30): 2368–2380. DOI: 10.1093/eurheartj/ehs380.

- [4] Chongruksut W, Vaniyapong T, Rerkasem K. Routine or selective carotid artery shunting for carotid endarterectomy (and different methods of monitoring in selective shunting)[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2014, 23(6): CD000190. DOI: 10.1002/1465-1858.
- [5] Piazza M, Zavatta M, Lamaina M, *et al.* Early outcomes of routine delayed shunting in carotid endarterectomy for asymptomatic patients[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2018, 56(3): 334–341. DOI: 10.1016/j.ejvs.2018.06.030.
- [6] Wiske C, Arhuidese I, Malas M, *et al.* Comparing the efficacy of shunting approaches and cerebral monitoring during carotid endarterectomy using a national database[J]. J Vasc Surg, 2018, 68(2): 416–425. DOI: 10.1016/j.jvs.2017.11.077.
- [7] Antoniou GA, Kuhan G, Sfyroeras GS, *et al.* Contralateral occlusion of the internal carotid artery increases the risk of patients undergoing carotid endarterectomy[J]. J Vasc Surg, 2013, 57(4): 1134–1145. DOI: 10.1016/j.jvs.2012.12.028.
- [8] Hokari M, Nakayama N, Kazumata K, *et al.* Surgical outcomes for cervical carotid artery stenosis: treatment strategy for bilateral cervical carotid artery stenosis[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2015, 24(8): 1768–1774. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.03.052.
- [9] Lee J, Lee S, Kim SW, *et al.* Selective shunting based on dual monitoring with electroencephalography and stump pressure for carotid endarterectomy[J]. Vasc Specialist Int, 2018, 34(3): 72–76. DOI: 10.5758/vsi.2018.34.3.72.
- [10] Patelis N, Diakomi M, Maskanakis A, *et al.* General versus local anesthesia for carotid endarterectomy: special considerations[J]. Saudi J Anaesth, 2018, 12(4): 612–617. DOI: 10.4103/sja.SJA_10_18.
- [11] Woodworth GF, McGirt MJ, Than KD, *et al.* Selective versus routine intraoperative shunting during carotid endarterectomy: a multivariate outcome analysis[J]. Neurosurgery, 2007, 61(6): 1170–1176. DOI: 10.1227/01.neu.0000306094.15270.40.
- [12] Sef D, Skopljanac-Macina A, Milosevic M, *et al.* Cerebral neuro-monitoring during carotid endarterectomy and impact of contralateral internal carotid occlusion[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2018, 27(5): 1395–1402. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.12.030.
- [13] Cinar B, Goksel OS, Karatepe C, *et al.* Is routine intravascular shunting necessary for carotid endarterectomy in patients with contralateral occlusion? A review of 5-year experience of carotid endarterectomy with local anaesthesia[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2004, 28(5): 494–499. DOI: 10.1016/j.ejvs.2004.07.010.
- [14] Cheng W, Lu H, Hu Y. Influence of contralateral carotid occlusion on outcomes after carotid endarterectomy: a meta-analysis[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2018, 27(10): 2587–2595. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.05.023.
- [15] Sam K, Small E, Poublanc J, *et al.* Reduced contralateral cerebrovascular reserve in patients with unilateral steno-occlusive disease[J]. Cerebrovasc Dis, 2014, 38(2): 94–100. DOI: 10.1159/000362084.
- [16] Ward A, Ferraris V, Saha S. Carotid endarterectomy with contralateral carotid occlusion: is shunting necessary? [J]. Int J Angiol, 2012, 21(3): 135–138. DOI: 10.1055/s-0032-1324734.