

单侧症状性颈动脉狭窄颈动脉内膜切除术或颈动脉支架成形术早期脑血流动力学变化及围手术期事件

王文鑫 王革生 薛哲 孙正辉 马林

【摘要】 目的 比较单侧症状性颈动脉狭窄患者行颈动脉内膜切除术(CEA)和颈动脉支架成形术(CAS)手术前后脑血流量(CBF)变化与围手术期事件,从而为患者选择合理手术方式提供参考。**方法** 收集2018年1月至2020年6月收治的43例单侧症状性颈动脉中至重度狭窄(>50%)患者,其中24例患者接受颈动脉支架成形术(CAS组),19例患者接受颈动脉内膜切除术(CEA组)。观察两组患者围手术期心率、血压、CBF值变化等围手术期事件,并对两组患者手术前后的血压、心率及CBF值变化进行比较。**结果** CAS组住院费用($t = -11.850, P = 0.000$)以及术后低血压($\chi^2 = 3.634, P = 0.022$)、心动过缓($\chi^2 = 3.634, P = 0.022$)、新发DWI高信号($\chi^2 = 18.734, P = 0.000$)比例均高于CEA组。CEA组与CAS组患者手术前后心率($F = 65.403, P = 0.000$)、舒张压($F = 6.980, P = 0.012$)、患侧($F = 7.717, P = 0.008$)和健侧($F = 15.170, P = 0.000$)CBF值差异均有统计学意义,不同观察时间点两组患者心率($F = 2.452, P = 0.048$)、收缩压($F = 13.296, P = 0.001$)和舒张压($F = 5.814, P = 0.020$)、患侧($F = 48.959, P = 0.000$)和健侧($F = 57.758, P = 0.000$)CBF值差异亦有统计学意义。其中,CEA组患者术后第1~3天心率高高于术前($P = 0.000, 0.000, 0.003$),术后第3和7天患侧CBF值($P = 0.000, 0.001$)以及术后第3天健侧CBF值($P = 0.000$)均高于术前;CAS组患者术后第1和2天心率低高于术前($P = 0.000, 0.005$),术后第3和7天患侧($P = 0.000, 0.000$)和健侧($P = 0.000, 0.000$)CBF值均高于术前。**结论** 单侧症状性颈动脉狭窄患者行颈动脉内膜切除术和颈动脉支架成形术早期心率、血压和CBF值均发生改变,应针对不同人群选择适宜的个体化治疗方案,以达到较好的治疗效果。

【关键词】 颈动脉狭窄; 颈动脉内膜切除术; 支架; 脑血管循环; 心率; 血压

Early changes of cerebral hemodynamics and perioperative events after carotid endarterectomy and carotid artery stenting in patients with unilateral symptomatic carotid artery stenosis

WANG Wen-xin¹, WANG Ge-sheng¹, XUE Zhe², SUN Zheng-hui², MA Lin³

¹Department of Neurosurgery, Dongfang Hospital Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100078, China

²Department of Neurosurgery, ³Department of Radiology, the First Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100853, China

WANG Wen-xin and XUE Zhe contributed equally to the article

Corresponding author: WANG Ge-sheng (Email: wanggesh@sina.com)

【Abstract】 Objective To compare the cerebral blood flow (CBF) changes before and after carotid endarterectomy (CEA) and carotid artery stenting (CAS) and perioperative events in patients with unilateral symptomatic carotid artery stenosis, so as to provide references for patients to choose surgical methods.

Methods Forty-three patients with unilateral symptomatic moderate to severe carotid artery stenosis (>

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2021.12.012

基金项目: 中国博士后科学基金第十批特别资助项目(项目编号: 2017T100808); 北京中医药大学基本科研重点攻关项目(项目编号: 2020-JYB-ZDGG-129)

作者单位: 100078 北京中医药大学东方医院神经外科(王文鑫, 王革生); 100853 北京, 解放军总医院第一医学中心神经外科(薛哲、孙正辉), 放射诊断科(马林)

王文鑫与薛哲对本文有同等贡献

通讯作者: 王革生, Email: wanggesh@sina.com

50%) were recruited from January 2018 to June 2020, including 19 cases in CEA group and 24 cases in CAS group. The dynamic changes of CBF values and perioperative events between 2 groups were compared. **Results** The hospitalization fee ($t = -11.850, P = 0.000$) and the incidence of postoperative hypotension ($\chi^2 = 3.634, P = 0.022$), bradycardia ($\chi^2 = 3.634, P = 0.022$) and new DWI high signal ($\chi^2 = 18.734, P = 0.000$) in CAS group were higher than those in CEA group. There were significant differences in heart rate ($F = 65.403, P = 0.000$), diastolic blood pressure ($F = 6.980, P = 0.012$), CBF values of the affected side and the healthy side ($F = 7.717, P = 0.008; F = 15.170, P = 0.000$) between 2 groups before and after operation. There were also significant differences in heart rate ($F = 2.452, P = 0.048$), systolic and diastolic blood pressure ($F = 13.296, P = 0.001; F = 5.814, P = 0.020$), CBF values of the affected side and the healthy side ($F = 48.959, P = 0.000; F = 57.758, P = 0.000$) between 2 groups at different observation time points. In CEA group the heart rate on the 1st to 3rd day after operation was higher than that before operation ($P = 0.000, 0.000, 0.003$). The CBF values of the affected side on the 3rd and 7th day after operation ($P = 0.000, 0.001$) and the CBF values of the healthy side on the 3rd day after operation ($P = 0.000$) were higher than those before operation. In CAS group, the heart rate on the 1st and 2nd day after operation was lower than that before operation ($P = 0.000, 0.005$). The CBF values of the affected side ($P = 0.000, 0.000$) and healthy side ($P = 0.000, 0.000$) on the 3rd and 7th day after operation were higher than those before operation. **Conclusions** The dynamic changes of CBF values, blood pressure and heart rate in the early stage after CEA and CAS were different, so we should choose the appropriate individualized treatment options for different patients to achieve better therapeutic effect.

【Key words】 Carotid stenosis; Endarterectomy, carotid; Stents; Cerebrovascular circulation; Heart rate; Blood pressure

This study was supported by Special Financial Grant from the China Postdoctoral Science Foundation (No. 2017T100808) and Key Projects of Basic Scientific Research of Beijing University of Chinese Medicine (No. 2020-JYB-ZDGG-129).

Conflicts of interest: none declared

脑血管病是我国成人病死和病残的首位原因,我国每年新发脑卒中患者约 270 万例^[1],其中,缺血性卒中占 70%~80%,有 1/4 的缺血性卒中与颈动脉粥样硬化性狭窄(以下简称颈动脉狭窄)相关,颈动脉狭窄业已成为缺血性脑血管病的重要病因^[2]。治疗方面,既往首选颈动脉内膜切除术(CEA),近年颈动脉支架成形术(CAS)应用越来越广泛,成为颈动脉内膜切除术的替代方法。研究表明,症状性颈动脉狭窄患者接受颈动脉支架成形术和颈动脉内膜切除术后长期预后和脑卒中复发风险相近^[3],但前者罹患手术相关脑卒中的风险较高,尤其是老年患者,而并发心肌梗死、脑神经麻痹和手术部位血肿的风险较低^[3-8]。基于此,本研究对比分析症状性颈动脉狭窄患者行颈动脉内膜切除术和颈动脉支架成形术围手术期脑血流动力学变化,并探讨其与围手术期事件的相关性,以为颈动脉狭窄患者个性化治疗提供依据。

资料与方法

一、临床资料

1. 纳入标准 (1)颈动脉狭窄的判断参照北美症状性颈动脉内膜剥脱试验(NASCET)标准^[9];单

侧颈动脉狭窄 > 50%,且对侧颈动脉及后循环动脉狭窄 < 50%、颅内动脉狭窄 < 50%。(2)均经 DSA、颈部血管超声证实为中至重度(> 50%)颈动脉粥样硬化性狭窄。(3)存在单侧肢体麻木无力、黑蒙、言语障碍等症状性颈动脉狭窄症状与体征。(4)所有患者及其家属均对手术方案和风险知情并签署知情同意书。

2. 排除标准 (1)单侧颈动脉闭塞或双侧颈动脉狭窄 > 50%或颅内动脉狭窄 ≥ 50%。(2)有脑出血病史或 2 周内新发缺血性卒中。(3)症状性冠心病。(4)合并难治性高血压和糖尿病,且血压、血糖控制欠佳。(5)因其他基础疾病不宜行颈动脉内膜切除术或颈动脉支架成形术。(6)影像学图片质量较差影响结果分析或因故中断影像学检查。

3. 一般资料 选择 2018 年 1 月至 2020 年 6 月在北京中医药大学东方医院和解放军总医院第一医学中心神经外科住院治疗的单侧症状性颈动脉狭窄患者共 43 例,其中,男性 36 例,女性 7 例;年龄为 46~77 岁,平均(62.51 ± 6.68)岁;体重指数(BMI) 17.40~36.21 kg/m²,平均(25.10 ± 3.60) kg/m²;既往合并高血压占 65.12%(28/43)、冠心病占 27.91%(12/43)、糖尿病占 44.19%(19/43)、高脂血症占

表 1 CEA 组与 CAS 组患者一般资料的比较

Table 1. Comparison of baseline data between CEA group and CAS group

观察指标	CEA 组 (n=19)	CAS 组 (n=24)	χ^2 或 t 值	P 值
性别(例)			0.006	0.938
男性	16/19	20/24		
女性	3/19	4/24		
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	62.26 \pm 8.39	62.71 \pm 5.15	-0.214	0.831
体重指数($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	24.88 \pm 2.92	25.29 \pm 4.07	-0.367	0.715
高血压(例)	12/19	16/24	0.057	0.811
冠心病(例)	3/19	9/24	2.484	0.115
糖尿病(例)	7/19	12/24	0.744	0.388
高血脂症(例)	7/19	11/24	0.352	0.553
缺血性卒中(例)	11/19	12/24	0.266	0.606
吸烟史(例)	8/19	15/24	1.773	0.183
颈动脉狭窄侧别(例)			0.103	0.748
左侧	7/19	10/24		
右侧	12/19	14/24		
颈动脉狭窄程度(例)			0.349	0.084
>50%~69%	2/19	2/24		
70%~90%	11/19	16/24		
>90%	6/19	6/24		
入院时 mRS 评分 ($\bar{x} \pm s$)	1.68 \pm 0.67	1.63 \pm 0.65	0.293	0.771

Two-independent-sample t test for comparison of age, BMI and mRS, and χ^2 test for comparison of others, 年龄、体重指数和入院时 mRS 评分的比较行两独立样本的 t 检验, 其余指标的比较行 χ^2 检验。CEA, carotid endarterectomy, 颈动脉内膜切除术; CAS, carotid artery stenting, 颈动脉支架成形术; mRS, modified Rankin Scale, 改良 Rankin 量表

41.86%(18/43), 缺血性卒中病史占 53.49%(23/43), 吸烟史占 53.49%(23/43); 左侧颈动脉狭窄 17 例(39.53%), 右侧 26 例(60.47%); 颈动脉狭窄程度 >50%~69% 者 4 例(9.30%), 70%~90% 者 27 例(62.79%), >90% 者 12 例(27.91%); 入院时改良 Rankin 量表(mRS)评分 1~3, 平均 1.65 \pm 0.65。由临床经验丰富的包括神经内科、神经外科、神经影像科在内的多学科共同决定手术方式, 并与患者及家属达成共识, 19 例行颈动脉内膜切除术(CEA 组), 24 例行颈动脉支架成形术(CAS 组), 两组患者一般资料比较, 差异无统计学意义(均 $P > 0.05$, 表 1), 均衡可比。

二、研究方法

1. 颈动脉内膜切除术 CEA 组患者术前服用阿司匹林 100 mg/d 至少 1 周。患者仰卧位, 气管插管全身麻醉, 头向对侧轻度旋转。于胸锁乳突肌前缘

做长度约 5 cm 的斜形切口, 逐层切开皮下组织和颈阔肌, 沿颈内静脉内侧解剖, 显露颈动脉鞘, 锐性剪开颈动脉鞘, 游离颈总动脉(CCA)、颈外动脉(ECA)、颈内动脉(ICA)和甲状腺上动脉(STA), 1%利多卡因 1 ml 封闭颈动脉窦, 分别阻断颈外动脉、颈总动脉和颈内动脉, 切开颈总动脉, 以 Pott 剪延长切口, 剪开颈动脉分叉部和近段前壁, 剥离子分离斑块, 近端剪断分离的斑块, 继续分离颈内动脉斑块, 直至终点, 轻轻拉出, 提起离断的斑块, 向颈外动脉分离, 取出斑块, 剥离斑块期间持续以肝素生理盐水冲洗。检查无残留斑片, 以 6-0 Prolene 线缝合切口, 逐层缝合颈动脉鞘、肌肉、筋膜、皮下组织和皮肤。术后返回重症监护病房(ICU)。

2. 颈动脉支架成形术 CAS 组患者术前服用阿司匹林 100 mg/d 联合氯吡格雷 75 mg/d 至少 1 周。患者呈仰卧位, 采用 1% 利多卡因局部麻醉, 8F 导引导管(美国 Johnson & Johnson 公司)在泥鳅导丝(日本 Terumo 株式会社)导引下送至颈总动脉距病变约 2 cm 处, 撤出导丝, 常规行术中 DSA, 选择最佳工作角度, 确认手术方案, EV3 保护伞栓塞保护器(Spider FX, 美国 EV3 公司)提供远端滤过保护, 将微导丝+保护伞组合送至颈内动脉 C1 段远端, 撤出微导丝, 并释放保护伞, 撤出输送导管, 球囊导管传入保护伞导丝尾端, 快速交换推送至病变处, 加压扩张, 扩张满意后撤出球囊导管, 快速交换将支架(17 例采用 Precise 支架, 美国 Johnson & Johnson 公司; 7 例采用 Protege 支架, 美国 EV3 公司)送至病变处, 准确定位后释放, 撤出支架输送系统, 推送回收装置至保护伞处, 回收保护伞。术后常规心电监测 24 h, 若循环不稳定则持续心电监测至循环稳定。

3. 围手术期管理 (1) 影像学检查及图像处理: 本组所有患者均于术前 3 d 进行 MRI 检查, 扫描序列包括 T₁WI、T₂WI、DWI、三维 T₁-快速扰相梯度回波序列(3D-T₁-FSPGR)和三维伪连续动脉自旋标记[3D-pCASL, 标记后延迟时间(PLD)为 2 s], 并于术后第 3 和 7 天复查上述扫描序列。由同一位放射科技师采用 AW 4.5 工作站(美国 GE 公司)Function Tool 后处理软件计算获得 3D-pCASL 脑血流量(CBF)图, 导入计算机进行后处理, 量化提取手术前后颈内动脉供血区 CBF 值^[10-12]。首先, 以加拿大蒙特利尔神经病学研究所(MNI)标准空间为模板对 3D-T₁-FSPGR 图像进行空间标准化, 所用软件为基于 Matlab (<https://ww2.mathworks.cn/downloads/>

表 2 CEA 组与 CAS 组患者围手术期观察指标的比较
Table 2. Comparison of perioperative observation items between CEA group and CAS group

观察指标	CEA 组 (n=19)	CAS 组 (n=24)	χ^2 或 <i>t</i> 值	<i>P</i> 值
住院费用($\bar{x} \pm s$, 万元)	4.20 ± 1.30	8.71 ± 1.19	-11.850	0.000
术后低血压(例)	0/19	6/24	3.634	0.022
术后心动过缓(例)	0/19	6/24	3.634	0.022
术后应用降压药(例)	16/19	17/24	0.446	0.504
高灌注状态(例)	4/19	2/24	0.566	0.452
脑高灌注综合征(例)	2/19	1/24	0.044	0.833
短暂性脑神经损伤(例)	2/19	0/24	2.650	0.189
心肌梗死(例)	1/19	0/24	1.293	0.442
新发 DWI 高信号(例)	1/19	17/24	18.734	0.000
围手术期脑卒中(例)	0/19	1/24	0.811	0.558
术后 30 d mRS 评分 ($\bar{x} \pm s$)	1.47 ± 0.61	1.46 ± 0.59	0.083	0.934

Two-independent-sample *t* test for comparison of hospitalization fee and mRS scores 30 d after operation, and χ^2 test for comparison of others. 住院费用和术后 30 d mRS 评分的比较采用两独立样本的 *t* 检验, 其余指标的比较采用 χ^2 检验。CEA, carotid endarterectomy, 颈动脉内膜切除术; CAS, carotid artery stenting, 颈动脉支架成形术; mRS, modified Rankin Scale, 改良 Rankin 量表

web_downloads/?s_iid=hp_ff_t_downloads) 环境运行的 SPM8 软件(www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/Spm8); 然后, 将获得的 CBF 参数图与标准化后的 3D-T₁-FSPGR 图像进行配准, 配准完成后, 以 6 mm 半高全宽(FWHM)行高斯核平滑; 最后, 采用 DPABI 软件(http://rfmri.org/content/dpabi-download)提取颈内动脉供血区三维空间 CBF 值。(2) 血压管理: 为减少脑高灌注综合征(CHS)发生及血压波动对 CBF 值的影响, 所有患者术后常规控制血压, 使收缩压维持于 100~130 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)。若收缩压 < 90 mm Hg 或平均动脉压(MAP) < 50 mm Hg, 静脉泵入多巴胺 10 mg/h(根据血压调整泵入速度); 若心率 < 50 次/min, 静脉泵入异丙肾上腺素 1 mg(0.06 mg/h, 根据心率调整泵入速度)。

4. 围手术期观察指标 详细记录两组患者围手术期心率、血压、CBF 值、脑卒中发生情况和住院费用, 以及术后药物应用情况和高灌注状态、脑高灌注综合征、心肌梗死、脑神经损伤、新发 DWI 高信号发生情况。其中, 心率每日测量 4 次(6:00、12:00、18:00、24:00), 取平均值, 比较两组患者术前 1 d 和术后第 1~4 天心率变化。血压每日测量 4 次(6:00、12:00、18:00、24:00), 取平均值, 比较入院时与出院时舒张压和收缩压的变化; 持续低血压定义为收

缩压 < 90 mm Hg 或平均动脉压 < 50 mm Hg, 或者脑血管活性药物维持时间 > 6 h^[13]。高灌注状态定义为术后 CBF 值增加 > 100%。脑高灌注综合征定义为出现高灌注状态, 临床表现为单侧头痛、眼痛、面痛, 癫痫发作以及继发于脑水肿或脑出血的局灶性神经功能缺损, 并除外梗死灶^[14-15]。新发 DWI 高信号定义为术前无 DWI 信号改变的区域在术后出现新的 DWI 高信号, 考虑为术后微栓塞。

5. 统计分析方法 采用 SPSS 20.0 统计软件行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比(%)或率(%)表示, 采用 χ^2 检验。呈正态分布的计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 采用两独立样本的 *t* 检验; 两组患者手术前后心率、血压、CBF 值的比较采用重复测量设计的方差分析, 两两比较行 LSD-*t* 检验。呈非正态分布的计量资料以中位数和四分位数间距 [$M(P_{25}, P_{75})$] 表示, 采用 Mann-Whitney *U* 检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

两组患者均顺利完成手术, 手术成功率 100%。两组患者围手术期观察指标比较, 与 CEA 组相比, CAS 组住院费用较高($P = 0.000$), 术后发生低血压($P = 0.022$)、心动过缓($P = 0.022$)、新发 DWI 高信号($P = 0.000$)比例较高; 而术后降压药物应用、高灌注状态、脑高灌注综合征、心肌梗死、短暂性脑神经损伤、围手术期脑卒中和术后 30 d mRS 评分差异均无统计学意义($P > 0.05$, 表 2)。

CEA 组与 CAS 组患者手术前后心率差异有统计学意义($P = 0.000$), 不同观察时间点两组患者心率差异亦有统计学意义($P = 0.048$; 表 3, 4)。其中, CEA 组患者术后第 1 天心率较术前明显升高($P = 0.000$), 之后逐渐下降, 术后第 2 和 3 天仍高于术前($P = 0.000, 0.003$), 术后第 4 天降至术前水平($P = 0.393$); CAS 组患者术后第 1 天心率较术前明显降低($P = 0.000$), 之后逐渐升高, 术后第 2 天仍低于术前($P = 0.005$), 术后第 3 和 4 天升至术前水平($P = 0.142, 0.228$; 表 5)。

无论是颈动脉内膜切除术还是颈动脉支架成形术, 患者收缩压差异无统计学意义($P = 0.094$), 仅舒张压差异有统计学意义($P = 0.012$); 出院时收缩压($P = 0.001$)和收缩压($P = 0.020$)均低于入院时且差异有统计学意义(表 6, 7)。

CEA 组与 CAS 组患者手术前后患侧($P = 0.008$)

表 3 CEA 组与 CAS 组患者手术前后心率的变化($\bar{x} \pm s$, 次/min)**Table 3.** Changes of heart rate between CEA group and CAS group before and after operation ($\bar{x} \pm s$, time/min)

组别	例数	术前 1 d(1)	术后第 1 天(2)	术后第 2 天(3)	术后第 3 天(4)	术后第 4 天(5)
CEA 组	19	77.95 ± 4.97	90.37 ± 10.30	87.58 ± 7.76	85.53 ± 8.66	80.11 ± 5.87
CAS 组	24	75.25 ± 4.21	67.88 ± 8.74	69.92 ± 7.40	72.50 ± 4.69	73.00 ± 6.03

CEA, carotid endarterectomy, 颈动脉内膜切除术; CAS, carotid artery stenting, 颈动脉支架成形术

表 4 CEA 组与 CAS 组患者手术前后心率比较的重复测量设计的方差分析表**Table 4.** Repeated measurement design analysis of variance table for the comparison of heart rate between CEA group and CAS group before and after operation

变异来源	SS	df	MS	F 值	P 值
处理	8413.870	1	8413.870	65.403	0.000
测量时间	292.785	4	73.196	2.452	0.048
处理 × 测量时间	2671.761	4	667.940	22.379	0.000
组间误差	5274.539	41	128.647		
组内误差	4894.946	164	29.847		

表 5 同一处理组不同观察时间点心率的两两比较**Table 5.** Pairwise comparison of heart rate at different observation times in same treatment group

组内两两比	CEA 组		组内两两比	CAS 组	
	t 值	P 值		t 值	P 值
(1) : (2)	-4.940	0.000	(1) : (2)	3.969	0.000
(1) : (3)	-3.831	0.000	(1) : (3)	2.870	0.005
(1) : (4)	-3.014	0.003	(1) : (4)	1.480	0.142
(1) : (5)	-0.858	0.393	(1) : (5)	1.211	0.228

CEA, carotid endarterectomy, 颈动脉内膜切除术; CAS, carotid artery stenting, 颈动脉支架成形术

和健侧($P = 0.000$)CBF 值差异均有统计学意义,不同观察时间点两组患者患侧($P = 0.000$)和健侧($P = 0.000$)CBF 值差异亦有统计学意义(表 8,9)。其中,CEA 组术后第 3 天($P = 0.000$)和第 7 天($P = 0.001$)患侧 CBF 值均较术前升高,术后第 3 天健侧 CBF 值较术前升高($P = 0.000$)、第 7 天恢复至术前水平($P = 0.103$);CAS 组术后第 3 和 7 天患侧($P = 0.000, 0.000$)和健侧($P = 0.000, 0.000$)CBF 值均较术前升高(表 10)。

讨 论

本研究结果显示,单侧颈动脉狭窄患者颈动脉内膜切除术和颈动脉支架成形术后早期 CBF 值即发生变化,颈动脉内膜切除术后第 3 天 CBF 值上升幅度较颈动脉支架成形术大,这种现象可能与 CBF 的调节机制及颈动脉内膜切除术和颈动脉支架成形术手术方式有关。颈动脉狭窄患者的动脉壁膨胀性降低,同时斑块厚度也会妨碍动脉管腔压力的传递,从而导致压力感受性反射敏感性下降。采用颈动脉内膜切除术切除增厚的内膜及部分中膜,使动脉壁变薄变弱,在相同压力下,可以导致更多的膨胀,从而使得压力感受器刺激增加^[16-17],脑血流量增加。但也有相反的观点,认为颈动脉内膜切除术引起压力感受性反射敏感性降低^[18-20]。在颈动脉支架成形术过程中,由于球囊扩张和支架植入,压迫颈动脉窦的压力感受器,引发颈动脉窦压力反射,

神经冲动发送至脑干,出现术中、术后血压和心率下降。同时支架植入后还可引起颈动脉壁顺应性和压力感受性反射敏感性改变^[21-22]。

本研究 CEA 组患者入院时和出院时血压无明显差异;而 CAS 组出院时收缩压明显低于入院时,提示对于单侧颈动脉狭窄患者,颈动脉内膜切除术对血压的影响较颈动脉支架成形术小。研究发现,与单纯药物治疗相比较,颈动脉支架成形术对术后 1 年患者血压的长期控制有明显改善作用^[23-24],与本研究结果相符。此外有研究显示,支架植入术后 6 小时收缩压的降低可以预测术后 1 年收缩压的降低^[23]。还有研究发现,尽管颈动脉支架成形术和颈动脉内膜切除术后血压和心率均保持相对稳定,但与术前相比,颈动脉支架成形术后第 1 年的降压药数量有所减少^[25]。因此对于接受颈动脉支架成形术且口服多种降压药的患者,术后应密切监测血压,及时更改降压方案^[25]。

本研究结果显示,两组患者手术前后心率差异具有统计学意义,不同观察时间点两组患者心率差异亦有统计学意义,其中,CEA 组患者术后第 1 天心率先较术前明显升高,之后逐渐下降,术后第 2 和 3 天仍高于术前,术后第 4 天降至术前水平;CAS 组患者术后第 1 天心率先较术前明显降低,之后逐渐升高,术后第 2 天仍低于术前,术后第 3 和 4 天升至术前水平。颈动脉内膜切除术后第 1 天心率先较高可能与此组患者全部行气管插管全身麻醉,术后常规回重症

表 6 CEA 组与 CAS 组患者手术前后血压的变化 ($\bar{x} \pm s$, mm Hg)

Table 6. Changes of blood pressure between CEA group and CAS group before and after operation ($\bar{x} \pm s$, mm Hg)

组别	例数	入院时	出院时
收缩压			
CEA 组	19	139.89 ± 14.21	135.11 ± 11.58
CAS 组	24	136.54 ± 16.52	125.04 ± 15.26
舒张压			
CEA 组	19	88.95 ± 9.09	77.26 ± 7.32
CAS 组	24	75.54 ± 11.45	70.67 ± 8.74

CEA, carotid endarterectomy, 颈动脉内膜切除术; CAS, carotid artery stenting, 颈动脉支架成形术

表 7 CEA 组与 CAS 组患者手术前后血压比较的重复测量设计的方差分析表

Table 7. Repeated measurement design analysis of variance table for the comparison of blood pressure between CEA group and CAS group before and after operation

变异来源	SS	df	MS	F 值	P 值
收缩压					
处理	954.455	1	954.455	2.934	0.094
测量时间	1406.956	1	1406.956	13.296	0.001
处理 × 测量时间	238.770	1	238.770	2.256	0.141
组间误差	13 337.917	41	325.315		
组内误差	4 338.579	41	105.819		
舒张压					
处理	763.814	1	763.814	6.980	0.012
测量时间	388.449	1	388.449	5.814	0.020
处理 × 测量时间	7.519	1	7.519	0.113	0.739
组间误差	4 486.558	41	109.428		
组内误差	2 739.365	41	66.814		

监护病房至少监护 1 天存在一定关系。但是其具体机制有待于进一步探索。

本研究颈动脉内膜切除术和颈动脉支架成形术后早期血压和心率动态变化趋势与 CBF 值基本相似,与颈动脉窦压力感受性反射敏感性变化相关。颈动脉内膜切除术后高血压、心率增快较多见,而颈动脉支架成形术后低血压、心动过缓较多见,这也能解释颈动脉内膜切除术后 CBF 值明显高于颈动脉支架成形术;但至术后第 7 天 CBF 值、心率和血压基本趋于稳定,并且无长期并发症。大型随机对照临床试验显示,颈动脉支架成形术患者治疗后 30 天内发生脑卒中的风险高于颈动脉内膜切除术患者^[5-7,26]。本研究 CAS 组术后有 17 例(70.83%)出现新发 DWI 高信号,而 CEA 组仅 1 例(5.26%),差

表 8 CEA 组与 CAS 组患者手术前后双侧 CBF 值的变化 [$\bar{x} \pm s$, ml/(100g·min)]

Table 8. Changes of bilateral CBF values before and after operation between the CEA group and the CAS group [$\bar{x} \pm s$, ml/(100 g·min)]

组别	例数	术前 1 天(1)	术后第 3 天(2)	术后第 7 天(3)
患侧 CBF 值				
CEA 组	19	40.81 ± 10.17	58.96 ± 10.88	51.79 ± 9.00
CAS 组	24	39.10 ± 4.31	46.93 ± 7.88	49.08 ± 7.06
健侧 CBF 值				
CEA 组	19	48.39 ± 9.23	58.68 ± 8.91	52.95 ± 7.07
CAS 组	24	44.08 ± 4.68	48.69 ± 4.85	49.96 ± 5.01

CBF, cerebral blood flow, 脑血流量; CEA, carotid endarterectomy, 颈动脉内膜切除术; CAS, carotid artery stenting, 颈动脉支架成形术

表 9 CEA 组与 CAS 组患者手术前后双侧 CBF 值比较的重复测量设计的方差分析表

Table 9. Repeated measurement design analysis of variance table for the comparison of bilateral CBF values between CEA group and CAS group before and after operation

变异来源	SS	df	MS	F 值	P 值
患侧 CBF 值					
处理	956.206	1	956.206	7.717	0.008
测量时间	4029.828	2	2014.914	48.959	0.000
处理 × 测量时间	686.760	2	343.380	8.344	0.001
组间误差	5080.386	41	123.912		
组内误差	3374.702	82	41.155		
健侧 CBF 值					
处理	1461.191	1	1461.191	15.170	0.000
测量时间	1849.951	2	924.975	57.758	0.000
处理 × 测量时间	264.742	2	132.371	8.266	0.001
组间误差	3949.283	41	96.324		
组内误差	1313.205	82	16.015		

CBF, cerebral blood flow, 脑血流量

异有统计学意义。此部分患者绝大多数无症状,仅 CAS 组 1 例出现视物眩晕、眼球震颤。新发 DWI 高信号产生的主要原因可能为颈动脉支架成形术中操作引起斑块破裂、脱落形成微栓子所致^[27-28],也有学者认为是术后持续的微栓子脱落所致^[29],其具体原因及机制目前尚不明确,待进一步探索。

尽管笔者研究团队术后常规控制血压,但仍发生脑高灌注综合征,其中,CEA 组 2 例(10.53%)、CAS 组 1 例(4.17%),经脱水、降压等对症处理,症状缓解,未出现脑出血等严重并发症。有文献报道,颈动脉内膜切除术后脑高灌注综合征发生率为 0.4% ~ 14%,而颈动脉支架成形术后脑高灌注综合

表 10 同一处理组不同观察时间点双侧 CBF 值的两两比较**Table 10.** Pairwise comparison of bilateral CBF values at different observation times in the same treatment group

组内两两比	CEA 组		CAS 组	
	t 值	P 值	t 值	P 值
患侧 CBF 值				
(1) : (2)	-5.567	0.000	-4.114	0.000
(1) : (3)	-3.368	0.001	-5.245	0.000
健侧 CBF 值				
(1) : (2)	-3.748	0.000	-5.884	0.000
(1) : (3)	-1.660	0.103	-6.857	0.000

CBF, cerebral blood flow, 脑血流量; CEA, carotid endarterectomy, 颈动脉内膜切除术; CAS, carotid artery stenting, 颈动脉支架成形术

征发生率为 0.44% ~ 11.7%^[30], 与本研究结果相符。此外, CEA 组有 2 例 (10.53%) 出现短暂性脑神经损伤, 出院时均已缓解。颈动脉内膜切除术与支架成形术进行血管重建试验 (CREST) 研究显示, 颈动脉内膜切除术致脑神经损伤发生率为 4.60% (53/1151), 有 33.96% (18/53) 的患者在 1 个月随访时缓解, 80.77% (42/52) 的患者在 1 年随访时缓解, 且 1 年随访时未发现脑神经损伤相关生活质量改变^[31]。同时该项研究还发现, 颈动脉内膜切除术患者心肌梗死发生率明显高于颈动脉支架成形术 (2.3% 对 1.1%, $P = 0.03$)^[32-33]。本研究 CEA 组有 1 例 (5.26%) 出现心肌梗死, 经治疗后缓解; 而 CAS 组无心肌梗死患者, 可能与本研究样本量较小有关。基于此, 我们应根据患者实际情况选择合适的治疗方案。同时, 本研究还发现, 颈动脉支架成形术患者的住院费用是颈动脉内膜切除术的 2 倍, 提示在我国目前大部分地区医疗保险制度尚不完善的情况下, 颈动脉内膜切除术仍是较好的选择。

本研究尚存在一定的局限性: (1) 样本量较小。(2) 未对患者进行认知功能评价。(3) 术后 30 天随访时, 部分患者未至门诊复查 MRI。(4) 未进行长期随访 (大多数患者来自外地, 长期随访相对困难)。

综上所述, 颈动脉内膜切除术和颈动脉支架成形术早期 CBF 值、心率和血压变化存在差异, 应针对不同人群选择适宜的个体化治疗方案, 以达到较好的治疗效果。与颈动脉支架成形术相比, 颈动脉内膜切除术患者住院费用少, 在经济欠发达、医疗保险制度不完善地区, 对于同样适合颈动脉内膜切

除术和颈动脉支架成形术患者, 颈动脉内膜切除术可能仍是比较好的选择。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Writing group of Chinese Stroke Prevention and Treatment Report 2018. The prevention and treatment of stroke still face huge challenges: brief report on stroke prevention and treatment in China, 2018[J]. Zhongguo Xun Huan Za Zhi, 2019, 34:105-119.[《中国脑卒中防治报告 2018》编写组. 我国脑卒中防治仍面临巨大挑战——《中国脑卒中防治报告 2018》概要[J]. 中国循环杂志, 2019, 34:105-119.]
- [2] Kastrup A, Gröschel K, Nägele T, Riecker A, Schmidt F, Schnaudigel S, Ernemann U. Effects of age and symptom status on silent ischemic lesions after carotid stenting with and without the use of distal filter devices [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2008, 29:608-612.
- [3] Bonati LH, Dobson J, Featherstone RL, Ederle J, van der Worp HB, de Borst GJ, Mali WP, Beard JD, Cleveland T, Engelter ST, Lyrer PA, Ford GA, Dormann PJ, Brown MM; International Carotid Stenting Study investigators. Long-term outcomes after stenting versus endarterectomy for treatment of symptomatic carotid stenosis: the International Carotid Stenting Study (ICSS) randomised trial[J]. Lancet, 2015, 385:529-538.
- [4] Mas JL, Chatellier G, Beysses B, Branchereau A, Moulin T, Becquemin JP, Larrue V, Lièvre M, Leys D, Bonneville JF, Watelet J, Pruvo JP, Albucher JF, Viguier A, Piquet P, Garnier P, Viader F, Touzé E, Giroud M, Hosseini H, Pillot JC, Favrole P, Neau JP, Ducrocq X; EVA-3S Investigators. Endarterectomy versus stenting in patients with symptomatic severe carotid stenosis[J]. N Engl J Med, 2006, 355:1660-1671.
- [5] Ringleb PA, Allenberg J, Brückmann H, Eckstein HH, Fraedrich G, Hartmann M, Hennerici M, Jansen O, Klein G, Kunze A, Marx P, Niederkorn K, Schmiedt W, Solymosi L, Stinge R, Zeumer H, Hacke W; SPACE Collaborative Group. 30 day results from the SPACE trial of stent-protected angioplasty versus carotid endarterectomy in symptomatic patients: a randomised non-inferiority trial[J]. Lancet, 2006, 368:1239-1247.
- [6] Ederle J, Dobson J, Featherstone RL, Bonati LH, van der Worp HB, de Borst GJ, Lo TH, Gaines P, Dormann PJ, Macdonald S, Lyrer PA, Hendriks JM, McCollum C, Nederkoorn PJ, Brown MM; International Carotid Stenting Study investigators. Carotid artery stenting compared with endarterectomy in patients with symptomatic carotid stenosis (International Carotid Stenting Study): an interim analysis of a randomised controlled trial[J]. Lancet, 2010, 375:985-997.
- [7] Brott TG, Hobson RW 2nd, Howard G, Roubin GS, Clark WM, Brooks W, Mackey A, Hill MD, Leimgruber PP, Sheffett AJ, Howard VJ, Moore WS, Voeks JH, Hopkins LN, Cutlip DE, Cohen DJ, Popma JJ, Ferguson RD, Cohen SN, Blackshear JL, Silver FL, Mohr JP, Lal BK, Meschia JF; CREST Investigators. Stenting versus endarterectomy for treatment of carotid-artery stenosis[J]. N Engl J Med, 2010, 363:11-23.
- [8] Jones DW, Brott TG, Schermerhorn ML. Trials and frontiers in carotid endarterectomy and stenting[J]. Stroke, 2018, 49:1776-1783.
- [9] Barnett HJM, Taylor DW, Haynes RB, Sackett DL, Peerless SJ, Ferguson GG, Fox AJ, Rankin RN, Hachinski VC, Wiebers DO, Eliasziw M; North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid

- endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis[J]. *N Engl J Med*, 1991, 325:445-453.
- [10] Nowinski WL, Qian G, Kirgaval Nagaraja BP, Thirunavuukarasuu A, Hu Q, Ivanov N, Parimal AS, Runge VM, Beauchamp NJ. Analysis of ischemic stroke MR images by means of brain atlases of anatomy and blood supply territories [J]. *Acad Radiol*, 2006, 13:1025-1034.
- [11] Lee JS, Lee DS, Kim YK, Kim J, Lee HY, Lee SK, Chung JK, Lee MC. Probabilistic map of blood flow distribution in the brain from the internal carotid artery[J]. *Neuroimage*, 2004, 23: 1422-1431.
- [12] Zhu J, Zhuo C, Qin W, Xu Y, Xu L, Liu X, Yu C. Altered resting - state cerebral blood flow and its connectivity in schizophrenia[J]. *J Psychiatr Res*, 2015, 63:28-35.
- [13] Trocciola SM, Chaer RA, Lin SC, Ryer EJ, De Rubertis B, Morrissey NJ, McKinsey J, Kent KC, Faries PL. Analysis of parameters associated with hypotension requiring vasopressor support after carotid angioplasty and stenting[J]. *J Vasc Surg*, 2006, 43:714-720.
- [14] Ogasawara K, Sakai N, Kuroiwa T, Hosoda K, Iihara K, Toyoda K, Sakai C, Nagata I, Ogawa A; Japanese Society for Treatment at Neck in Cerebrovascular Disease Study Group. Intracranial hemorrhage associated with cerebral hyperperfusion syndrome following carotid endarterectomy and carotid artery stenting: retrospective review of 4494 patients [J]. *J Neurosurg*, 2007, 107:1130-1136.
- [15] van Mook WN, Rennenberg RJ, Schurink GW, van Oostenbrugge RJ, Mess WH, Hofman PA, de Leeuw PW. Cerebral hyperperfusion syndrome [J]. *Lancet Neurol*, 2005, 4: 877-888.
- [16] Angell - James JE, Lumley JS. The effects of carotid endarterectomy on the mechanical properties of the carotid sinus and carotid sinus nerve activity in atherosclerotic patients [J]. *Br J Surg*, 1974, 61:805-810.
- [17] Lukasiewicz A, Mindykowski R, Serafin Z. The influence of carotid endarterectomy on cerebral blood flow in significant carotid stenosis - perfusion computed tomography study [J]. *Int Angiol*, 2014, 33:309-315.
- [18] Nouraei SA, Al-Rawi PG, Sigauco - Roussel D, Giussani DA, Gaunt ME. Carotid endarterectomy impairs blood pressure homeostasis by reducing the physiologic baroreflex reserve [J]. *J Vasc Surg*, 2005, 41:631-637.
- [19] Demirel S, Attigah N, Bruijnen H, Macek L, Hakimi M, Able T, Böckler D. Changes in baroreceptor sensitivity after eversion carotid endarterectomy [J]. *J Vasc Surg*, 2012, 55:1322-1328.
- [20] Sigauco-Roussel D, Evans DH, Naylor AR, Panerai RB, London NL, Bell P, Gaunt ME. Deterioration in carotid baroreflex during carotid endarterectomy [J]. *J Vasc Surg*, 2002, 36:793-798.
- [21] Park BD, Divinagracia T, Madej O, McPhelimy C, Piccirillo B, Dahn MS, Ruby S, Menzoian JO. Predictors of clinically significant postprocedural hypotension after carotid endarterectomy and carotid angioplasty with stenting [J]. *J Vasc Surg*, 2009, 50:526-533.
- [22] Cayne NS, Rockman CB, Maldonado TS, Adelman MA, Lamparello PJ, Veith FJ. Hemodynamic changes associated with carotid artery interventions [J]. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther*, 2008, 20:293-296.
- [23] Chang A, Hung HF, Hsieh FI, Chen WH, Yeh HL, Yeh JH, Chiu HC, Lien LM. Beneficial effects of prolonged blood pressure control after carotid artery stenting [J]. *Clin Interv Aging*, 2017, 12:103-109.
- [24] Chung J, Kim BM, Paik HK, Hyun DK, Park H. Effects of carotid artery stenosis treatment on blood pressure [J]. *J Neurosurg*, 2012, 117:755-760.
- [25] Lim S, Javorski MJ, Nassoio SP, Park Y, Halandras PM, Bechara CF, Aulivola B, Crisostomo PR. Long - term hemodynamic effects after carotid artery revascularization [J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2019, 53:297-302.
- [26] Mas JL, Trinquart L, Leys D, Albuquer JF, Rousseau H, Viguier A, Bossavy JP, Denis B, Piquet P, Garnier P, Viader F, Touzé E, Julia P, Giroud M, Krause D, Hosseini H, Becquemin JP, Hinzelin G, Houdart E, Hénon H, Neau JP, Bracard S, Onniet Y, Padovani R, Chatellier G; EVA - 3S investigators. Endarterectomy versus angioplasty in patients with symptomatic severe carotid stenosis (EVA - 3S) trial: results up to 4 years from a randomised, multicentre trial [J]. *Lancet Neurol*, 2008, 7: 885-892.
- [27] Poppert H, Wolf O, Theiss W, Heider P, Hollweck R, Roettinger M, Sander D. MRI lesions after invasive therapy of carotid artery stenosis: a risk-modeling analysis [J]. *Neurol Res*, 2006, 28:563-567.
- [28] Flach HZ, Ouhlous M, Hendriks JM, Van Sambeek MR, Veenland JF, Koudstaal PJ, Van Dijk LC, Van Der Lugt A. Cerebral ischemia after carotid intervention [J]. *J Endovasc Ther*, 2004, 11:251-257.
- [29] Rapp JH, Wakil L, Sawhney R, Pan XM, Yenari MA, Glastonbury C, Coogan S, Wintermark M. Subclinical embolization after carotid artery stenting: new lesions on diffusion - weighted magnetic resonance imaging occur postprocedure [J]. *J Vasc Surg*, 2007, 45:867-872.
- [30] Moulakakis KG, Mylonas SN, Sfyroeras GS, Andrikopoulos V. Hyperperfusion syndrome after carotid revascularization [J]. *J Vasc Surg*, 2009, 49:1060-1068.
- [31] Hye RJ, Mackey A, Hill MD, Voeks JH, Cohen DJ, Wang K, Tom M, Brott TG. Incidence, outcomes, and effect on quality of life of cranial nerve injury in the carotid revascularization endarterectomy versus stenting trial [J]. *J Vasc Surg*, 2015, 61: 1208-1214.
- [32] Blackshear JL, Cutlip DE, Roubin GS, Hill MD, Leimgruber PP, Begg RJ, Cohen DJ, Eidt JF, Narins CR, Prineas RJ, Glasser SP, Voeks JH, Brott TG; CREST Investigators. Myocardial infarction after carotid stenting and endarterectomy: results from the carotid revascularization endarterectomy versus stenting trial [J]. *Circulation*, 2011, 123:2571-2578.
- [33] Brott TG, Howard G, Roubin GS, Meschia JF, Mackey A, Brooks W, Moore WS, Hill MD, Mantese VA, Clark WM, Timaran CH, Heck D, Leimgruber PP, Sheffet AJ, Howard VJ, Chaturvedi S, Lal BK, Voeks JH, Hobson RW 2nd; CREST Investigators. Long - term results of stenting versus endarterectomy for carotid - artery stenosis [J]. *N Engl J Med*, 2016, 374:1021-1031.

(收稿日期:2021-09-27)

(本文编辑:袁云)