

# 烟雾病脑血管重建术后发生脑过度灌注综合征的临床分析

冯增伟 丁平 廖先文 焦永辉 左云龙 韩宏彦

**【摘要】** 目的 探讨烟雾病脑血管重建术后脑过度灌注综合征患者出现“新常春藤征”相关影响因素。方法 纳入北京航空总医院 2019 年 1-12 月收治的 45 例烟雾病患者,均行颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术联合脑-硬脑膜-颞肌-动脉-骨膜瓣贴敷术且术后发生脑过度灌注综合征,记录术后“新常春藤征”出现率,单因素和多因素 Logistic 回归分析筛查术后出现“新常春藤征”的影响因素。结果 共 45 例患者,左侧手术后脑过度灌注综合征主要表现为语言障碍(96.43%, 27/28)、右侧肢体感觉和运动障碍(21.43%, 6/28),右侧手术后主要表现为左侧肢体感觉和运动障碍(9/17)、流涎和吞咽困难(3/17)。术后 26 例(57.78%)出现“新常春藤征”,分别位于大脑前动脉供血区(2 例)、大脑中动脉供血区前部(9 例)、大脑中动脉供血区后部(6 例)、大脑前动脉供血区和大脑中动脉供血区前部(4 例)、大脑中动脉供血区前部和后部(5 例)。根据性别、年龄、病程、术前后有无“常春藤征”、手术侧别、术后脑过度灌注综合征发生时间和恢复时间分层,术前无“常春藤征”、术后脑过度灌注综合征发生时间  $\leq 3$  d 和恢复时间  $\leq 7$  d 的患者术后“新常春藤征”出现率高于术前存在“常春藤征”( $\chi^2 = 5.830, P = 0.016$ )、术后脑过度灌注综合征发生时间  $> 3$  d ( $\chi^2 = 30.162, P = 0.000$ )和恢复时间  $> 7$  d ( $\chi^2 = 6.764, P = 0.009$ )患者;进一步行 Logistic 回归分析显示,仅术后脑过度灌注综合征发生时间  $\leq 3$  d 是术后出现“新常春藤征”的危险因素( $OR = 261.155, 95\%CI: 7.635 \sim 8932.982; P = 0.002$ )。结论 烟雾病脑血管重建术手术侧别不同,术后脑过度灌注综合征表现各异。“新常春藤征”是烟雾病脑血管重建术后短暂性血流动力学改变,术后 3 天内出现脑过度灌注综合征的患者易形成“新常春藤征”。

**【关键词】** 脑底异常血管网病; 脑血管重建术; 血流动力学; 手术后并发症; 危险因素; Logistic 模型

## Clinical analysis of cerebral hyperperfusion syndrome after cerebrovascular reconstruction in moyamoya disease

FENG Zeng-wei, DING Ping, LIAO Xian-wen, JIAO Yong-hui, ZUO Yun-long, HAN Hong-yan

Department of Neurosurgery, Aviation General Hospital, Beijing 100012, China

Corresponding author: HAN Hong-yan (Email: hanhongyan6@sina.com)

**【Abstract】** **Objective** To investigate the related influencing factors of "de novo ivy sign" in patients with cerebral hyperperfusion syndrome (CHS) after moyamoya disease (MMD) surgery. **Methods** A total of 45 patients with MMD admitted to Aviation General Hospital from January to December 2019 were enrolled, all of whom underwent superficial temporal artery (STA)-middle cerebral artery (MCA) bypass and encephalo-duro-myo-arterio-pericranio-synangiosis (EDMAPS) and suffered from CHS after surgery. The occurrence rate of "de novo ivy sign" after surgery was recorded. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were used to screen the influencing factors for postoperative "de novo ivy sign". **Results** In a total of 45 patients, the main manifestations of CHS after left surgery were language disorders in 27 cases (96.43%, 27/28), right limb sensory and motor disorders in 6 cases (21.43%, 6/28), and left limb sensory and motor disorders after right surgery in 9 cases (9/17), salivation and swallowing difficulties in 3 cases (3/17). A total of 26 patients (57.78%) developed "de novo ivy sign" after surgery, which were located in the anterior cerebral artery (ACA) blood supply area (2 cases), the anterior MCA blood supply

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2023.05.014

作者单位:100012 北京,航空总医院神经外科

通讯作者:韩宏彦,Email:hanhongyan6@sina.com

area (9 cases), the posterior MCA blood supply area (6 cases), the ACA blood supply area and the anterior MCA blood supply area (4 cases), and the anterior and posterior MCA blood supply area (5 cases). The probability of the occurrence of "de novo ivy sign" in the patients without "ivy sign" before surgery, the occurrence time of postoperative CHS  $\leq 3$  d and the recovery time  $\leq 7$  d after surgery was higher than that of the patients with "ivy sign" before surgery ( $\chi^2 = 5.830$ ,  $P = 0.016$ ), the occurrence time of postoperative CHS  $> 3$  d ( $\chi^2 = 30.162$ ,  $P = 0.000$ ), and recovery time  $> 7$  d ( $\chi^2 = 6.764$ ,  $P = 0.009$ ). Logistic regression analysis showed only the occurrence time of postoperative CHS  $\leq 3$  d was a risk factor for postoperative "de novo ivy sign" ( $OR = 261.155$ , 95%CI: 7.635–8932.982;  $P = 0.002$ ). **Conclusions** The manifestations of CHS after MMD were different in the surgical side. "De novo ivy sign" is a transient hemodynamic change after cerebrovascular reconstruction of MMD, and it is easy to form "de novo ivy sign" in patients who develop CHS within 3 d after surgery.

**[Key words]** Moyamoya disease; Cerebral revascularization; Hemodynamics; Postoperative complications; Risk factors; Logistic models

**Conflicts of interest:** none declared

烟雾病系一类以双侧颈内动脉末端进行性狭窄、闭塞以及大脑底部异常血管网形成为特征的脑血管病<sup>[1]</sup>,脑血管重建术是其主要治疗方法且疗效良好<sup>[2]</sup>。脑血管重建术主要包括直接搭桥术、间接搭桥术以及直接搭桥术联合间接搭桥术,其中,颞浅动脉(STA)-大脑中动脉(MCA)搭桥术联合脑-硬脑膜-颞肌-动脉-骨膜瓣贴敷术(EDMAPS)可以有效增加脑血流量(CBF),减轻缺血性脑损伤程度,降低缺血性卒中风险,改善患者生活质量<sup>[3]</sup>。然而,脑血管重建术后脑过度灌注综合征(CHS)发生率达15.0%~27.5%<sup>[4-6]</sup>,是导致术后短暂性神经功能恶化甚至脑出血的主要原因<sup>[7]</sup>。因此,术后及时发现并积极治疗脑过度灌注综合征是降低烟雾病围手术期并发症的重要方法。“常春藤征(ivy sign)”是烟雾病的特征性MRI征象,即FLAIR成像呈现沿软脑膜分布的点状或线状高信号影<sup>[8]</sup>。研究显示,烟雾病手术后出现脑过度灌注综合征的患者常出现新发“常春藤征”即“新常春藤征(de novo ivy sign)”<sup>[9]</sup>,但具体机制尚不明确。本研究回顾总结北京航空总医院2019年1-12月诊断与治疗的45例烟雾病脑血管重建术后脑过度灌注综合征患者的临床特点,并初步探讨“新常春藤征”相关影响因素及其临床意义。

## 资料与方法

### 一、临床资料

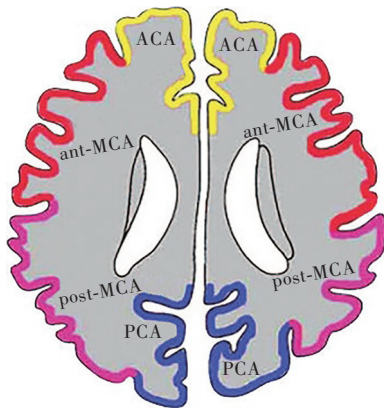
1. 纳入与排除标准 (1)烟雾病的诊断符合2021年日本烟雾病(Willis环自发性闭塞)诊断与治疗指南<sup>[10]</sup>,并经头部MRA和DSA证实。(2)均行STA-MCA搭桥术+EDMAPS。(3)术前CT灌注成像

(CTP)提示脑血流动力学损害。(4)术后均发生脑过度灌注综合征,即术后出现局灶性神经功能缺损,包括语言障碍、肢体运动和感觉障碍、流涎、癫痫发作、意识障碍、恶心呕吐、剧烈头痛等;出现上述症状后72 h内经CTA证实桥血管通畅;CTP提示脑灌注改善,如大脑中动脉供血区脑血流量增加、平均通过时间(MTT)减少;复查头部MRI未见明显新发缺血灶或出血灶;无其他病理改变,如颞肌肿胀。(5)年龄18~65岁。(6)既往有明确的短暂性脑缺血发作(TIA)、缺血性和(或)出血性卒中病史。(7)排除合并动脉粥样硬化、自身免疫性疾病、脑膜炎、颅内肿瘤、镰状细胞贫血患者。(8)所有患者均自愿参与本研究,对于手术方案和风险知情并签署知情同意书。

2. 一般资料 选择2019年1-12月在我院神经外科行STA-MCA搭桥术+EDMAPS且术后出现脑过度灌注综合征患者45例,男性21例,女性24例;年龄23~63岁,平均(40.82±8.40)岁;病程1~60个月,中位病程7.00(5.00,14.50)个月。

### 二、研究方法

1. STA-MCA搭桥术+EDMAPS 患者仰卧位,头偏向对侧,气管插管全身麻醉。自颞弓上方沿颞浅动脉主干和顶支走行弧形向前做头皮切口,距中线1.50~2.00 cm;显微镜下游离颞浅动脉主干和顶支,于颞深筋膜和额部颅骨骨膜外层游离皮瓣翻开;游离颞浅动脉额支至长度6~7 cm,动脉阻断夹(迷你型,5 mm)临时阻断后自远端剪断,切开并游离颞肌和额部颅骨骨膜瓣翻向蝶骨嵴;于额部、颞浅动脉顶支手术切口边缘下方钻孔,取下骨瓣,骨瓣大小约6 cm×8 cm,切开硬脑膜,并保留脑膜中



ACA, 大脑前动脉供血区; ant-MCA, 大脑中动脉供血区前部; post-MCA, 大脑中动脉供血区后部; PCA, 大脑后动脉供血区

**图1** 单侧大脑半球4个皮质-皮质下区域示意图(侧脑室平面),包括大脑前动脉供血区(黄色区域所示)、大脑中动脉供血区前部(红色区域所示)、大脑中动脉供血区后部(玫红色区域所示)和大脑后动脉供血区(蓝色区域所示)

**Figure 1** Diagram of cortical-subcortical regions in each cerebral hemisphere (lateral ventricle plane), including ACA (yellow areas indicate), ant-MCA (red areas indicate), post-MCA (rose-red areas indicate) and PCA (blue areas indicate).

动脉重要分支,以侧裂上下颞上回和额下回大脑中动脉M4段为受体动脉、以分离阻断的颞浅动脉额支为供血动脉,以10-0尼龙线将颞浅动脉额支与M4段端侧吻合,间断缝合10~14针,术中吻合血管后即行吲哚菁绿荧光血管造影术(ICGA)以确认桥血管血流通畅。将硬脑膜边缘翻转入蛛网膜外腔,颞浅动脉顶支贴敷于脑表面,将颞肌和额部颅骨骨膜与骨窗边缘硬脑膜缝合,使其贴敷于脑表面,骨瓣后缘稍抬高,复位颅骨固定,于骨瓣外缝合颞深筋膜,逐层缝合颞肌、皮下和头皮。

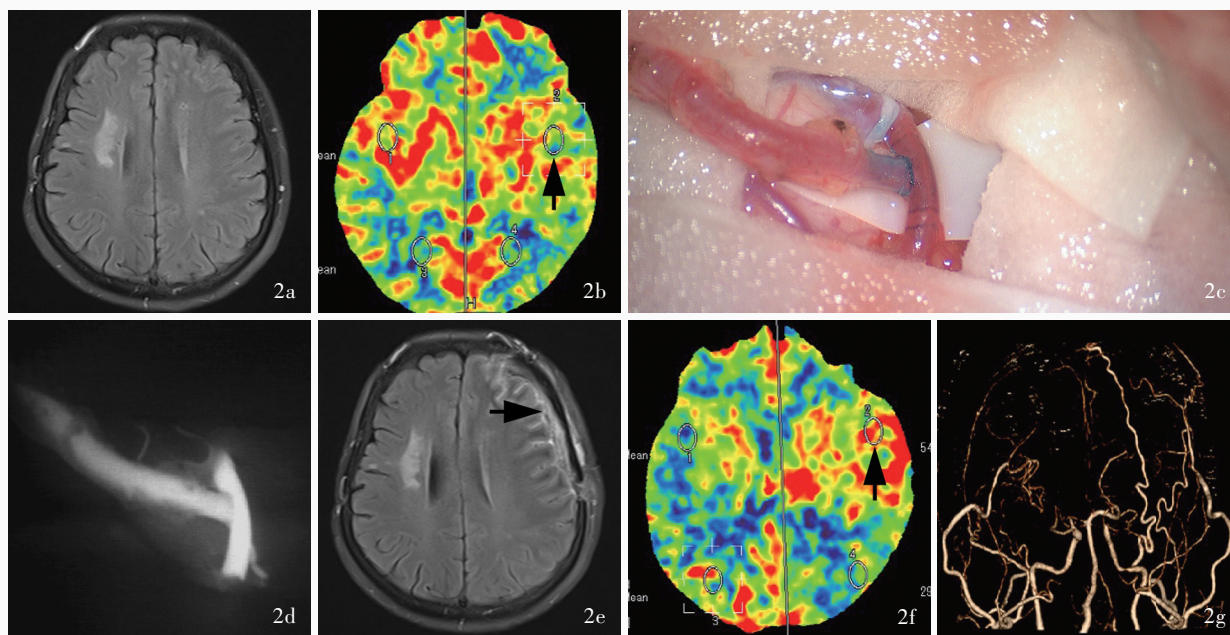
2. “常春藤征”和“新常春藤征”的判断 由两位经验丰富的放射科医师独立定量评估FLAIR成像软脑膜点状或线状高信号影(即“常春藤征”)的分布变化,若意见不同,经讨论后达成一致。将单侧大脑半球分为4个皮质-皮质下区域(图1),即大脑前动脉(ACA)供血区、大脑中动脉供血区前部、大脑中动脉供血区后部和大脑后动脉(PCA)供血区。根据脑过度灌注综合征发生后3~7 d“常春藤征”分布变化分为0~2分,0分为无“常春藤征”,1分为“常春藤征”分布<各皮质-皮质下区域的1/2,2分为“常春藤征”分布≥各皮质-皮质下区域的1/2<sup>[11]</sup>。术后“常春藤征”评分较术前增加即判断为“新常春藤征”。

3. 统计分析方法 采用SPSS 21.0统计软件进行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比(%)或率(%)表示,采用 $\chi^2$ 检验。呈正态分布的计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,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。术后“新常春藤征”危险因素的筛查采用单因素和多因素前进法 Logistic 回归分析( $\alpha_{\lambda} = 0.05$ ,  $\alpha_{\text{出}} = 0.10$ )。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 结 果

本组45例患者左侧大脑半球手术28例(62.22%),右侧手术17例(37.78%);手术至脑过度灌注综合征出现时间1~8 d,平均(3.67±1.80) d。左侧手术后发生脑过度灌注综合征的患者临床主要表现为语言障碍占96.43%(27/28)、右侧肢体运动障碍占14.29%(4/28)、右侧肢体感觉障碍占7.14%(2/28)、意识障碍占7.14%(2/28)、癫痫发作占3.57%(1/28);右侧手术后发生脑过度灌注综合征的患者临床表现主要为语言障碍占2/17、左侧肢体运动障碍占5/17、左侧肢体感觉障碍占4/17、流涎及吞咽困难占3/17、意识障碍占2/17、癫痫发作占1/17,所有患者均严格控制血压,并予以氧自由基清除剂、钙通道阻滞药、小剂量脱水药等治疗,术后4~11 d[平均(7.91±2.20) d]症状明显改善,无一例出现永久性神经功能缺损或脑出血。

本组有9例(20%)患者术前存在“常春藤征”,分别位于大脑前动脉供血区4例(均1分)、大脑中动脉供血区前部3例(均1分)、大脑中动脉供血区后部2例(均1分)。26例(57.78%)术后14 d内出现“新常春藤征”(图2),其中2例术前即存在“常春藤征”,1例位于大脑中动脉供血区前部,术后该区域“常春藤征”分布增加(2分),1例位于大脑前动脉供血区,术后该区域及相邻大脑中动脉供血区前部“常春藤征”分布增加(4分)。其余24例术前无“常春藤征”,术后“新常春藤征”分布于大脑前动脉供血区2例(均1分),大脑中动脉供血区前部8例(1分3例、2分5例),大脑中动脉供血区后部者6例(1分5例、2分1例),同时位于相邻两个区域者8例,包括大脑前动脉供血区合并大脑中动脉供血区前部3例(2分2例、4分1例)、大脑中动脉供血区前部合并后部5例(2分3例、4分2例);评分1分者10例,2分者11例,4分者3例。术后3~6个月复查FLAIR成像显示“新常春藤征”均显著减少或消失。



**图2** 女性患者,42岁,临床诊断为烟雾病,行左侧STA-MCA搭桥术+EDMAPS,术后2 d出现失语。手术前后和术中所见 2a 术前横断面抑脂FLAIR成像未见“常春藤征” 2b 术前CTP图显示左侧大脑半球脑血流量减少(箭头所示) 2c 术中将颞浅动脉额支与大脑中动脉M4段吻合,吻合口形态良好,无明显狭窄 2d 术中吻合后即刻行ICGA显示吻合口通畅 2e 术后3 d复查横断面抑脂FLAIR成像显示吻合口“新常春藤征”(箭头所示) 2f 术后3 d复查CTP图显示吻合口附近脑血流量明显增加(箭头所示) 2g 术后7 d CTA显示桥血管直径明显增粗

**Figure 2** A 42-year-old female clinically diagnosed with MMD, underwent left STA-MCA bypass combined with EDMAPS, and developed aphasia 2 d after surgery. Preoperative axial fat suppression FLAIR showed no "ivy sign" (Panel 2a). Preoperative CTP image showed CBF decreased in the left cerebral hemisphere (arrow indicates, Panel 2b). The frontal branch of STA was anastomosed with the M4 segment of MCA, and the anastomosis was in good shape without obvious stenosis (Panel 2c). Intraoperative ICGA immediately after anastomosis showed anastomosis patency (Panel 2d). Axial fat suppression FLAIR 3 d after surgery showed "de novo ivy signs" near the anastomosis (arrow indicates, Panel 2e). CTP image 3 d after surgery showed significantly CBF improved near the anastomosis (arrow indicates, Panel 2f). CTA 7 d after surgery showed significant thickening in the bridge vessel diameter (Panel 2g).

本组45例患者根据性别分层,男性21例(46.67%),女性24例(53.33%),术后“新常春藤征”出现率差异无统计学意义( $P=0.936$ );根据年龄分层, $\leq 40$ 岁者25例(55.56%), $> 40$ 岁者20例(44.44%),术后“新常春藤征”出现率差异无统计学意义( $P=0.736$ );根据病程分层, $\leq 7$ 个月23例(51.11%), $> 7$ 个月22例(48.89%),术后“新常春藤征”出现率差异无统计学意义( $P=0.436$ );根据术前后有无“常春藤征”分层,术前有“常春藤征”9例(20%),术前无“常春藤征”36例(80%),术前无“常春藤征”患者术后“新常春藤征”出现率高于术前有“常春藤征”的患者( $P=0.016$ );根据手术侧别分层,左侧手术者28例(62.22%),右侧手术者17例(37.78%),术后“新常春藤征”出现率差异无统计学意义( $P=0.257$ );根据术后脑过度灌注综合征发生时间分层, $\leq 3$  d者28例(62.22%), $> 3$  d者17例(37.78%),术后脑过度灌注综合征发生时间 $\leq 3$  d患者“新常春藤征”出现率高于 $> 3$  d患者( $P=0.000$ );

根据术后脑过度灌注综合征恢复时间分层, $\leq 7$  d者17例(37.78%), $> 7$  d者28例(62.22%),术后脑过度灌注综合征恢复时间 $\leq 7$  d的患者“新常春藤征”出现率高于 $> 7$  d的患者( $P=0.009$ ,表1)。

单因素 Logistic 回归分析显示,术前无“常春藤征”( $P=0.026$ )、手术至脑过度灌注综合征发生时间 $\leq 3$  d( $P=0.000$ )、手术至脑过度灌注综合征恢复时间 $\leq 7$  d( $P=0.014$ )是术后出现“新常春藤征”的危险因素(表2,3);根据纳入与剔除变量的水准,将上述因素代入多因素 Logistic 回归方程,结果显示,仅手术至脑过度灌注综合征出现时间 $\leq 3$  d是术后出现“新常春藤征”的独立危险因素( $OR=261.155$ ,95%CI:7.635~8932.982, $P=0.002$ ;表4)。

## 讨 论

烟雾病的病因和病理生理学机制尚不明确,脑血管重建术是其主要治疗方法<sup>[2]</sup>,但术后易发生脑过度灌注综合征<sup>[6]</sup>。脑过度灌注综合征通常发生于

**表 1** 术后脑过度灌注综合征患者“新常春藤征”出现率的比较[例(%)]

**Table 1.** Comparison of incidence of "de novo ivy sign" in patients with postoperative CHS [case (%)]

观察指标	例数	“新常春藤征”	$\chi^2$ 值	P 值
性别			0.007	0.936
男性	21	12(57.14)		
女性	24	14(58.33)		
年龄			0.114	0.736
≤40 岁	25	15(60.00)		
>40 岁	20	11(55.00)		
病程			0.606	0.436
≤7 个月	23	12(52.17)		
>7 个月	22	14(63.64)		
术前“常春藤征”			5.830	0.016
有	9	2( 2/ 9)		
无	36	24(66.67)		
手术侧别			1.287	0.257
左侧	28	18(64.29)		
右侧	17	8( 8/17)		
CHS 发生时间			30.162	0.000
≤3 d	28	25(89.29)		
>3 d	17	1( 1/17)		
CHS 恢复时间			6.764	0.009
≤7 d	17	14(14/17)		
>7 d	28	12(42.86)		

CHS, cerebral hyperperfusion syndrome, 脑过度灌注综合征。The same for tables below

**表 2** 术后脑过度灌注综合征患者出现“新常春藤征”相关影响因素的变量赋值表

**Table 2.** Variable assignment of influencing factors of "de novo ivy sign" in patients with postoperative CHS

变量	赋值	
	1	2
性别	男性	女性
年龄	≤40 岁	>40 岁
病程	≤7 个月	>7 个月
术前“常春藤征”	有	无
手术侧别	左侧	右侧
CHS 发生时间	>3 d	≤3 d
CHS 恢复时间	>7 d	≤7 d

**表 3** 术后脑过度灌注综合征患者出现“新常春藤征”相关影响因素的单因素 Logistic 回归分析

**Table 3.** Univariate Logistic regression analysis of influencing factors of "de novo ivy sign" in patients with postoperative CHS

变量	b	SE	Wald $\chi^2$	P 值	OR 值	OR 95%CI
女性	0.049	0.605	0.007	0.936	1.050	0.321 ~ 3.436
年龄>40 岁	-0.205	0.607	0.114	0.736	0.815	0.248 ~ 2.679
病程>7 个月	-0.473	0.609	0.603	0.438	0.623	0.189 ~ 2.056
术前无“常春藤征”	1.946	0.876	4.931	0.026	7.000	1.257 ~ 38.993
右侧手术	0.706	0.626	1.271	0.260	2.025	0.594 ~ 6.905
CHS 发生时间≤3 d	4.893	1.198	16.673	0.000	133.333	12.734 ~ 1396.052
CHS 恢复时间≤7 d	1.828	0.742	6.070	0.014	6.222	1.453 ~ 26.641

脑血管重建术后 7 天内,临床表现多样,如语言障碍、运动和感觉障碍、癫痫发作等局灶性神经功能缺损且多为短暂性<sup>[10]</sup>,如果未能及时发现并采取有效措施,可导致颅内出血等严重并发症。北京航空总医院神经外科 2019 年 1-12 月共 145 例烟雾病患者行 STA-MCA 搭桥术 + EDMAPS,单侧手术 47 例(47 侧)、双侧手术 98 例(196 侧),术后 45 例(31.03%)发生脑过度灌注综合征,发生率为 18.52%(45/243),且均发生于术后 1~8 天,其中 15 例(33.33%)表现为对侧肢体运动或感觉障碍,考虑与脑血管重建术受体动脉位于中央区附近有关,术后脑过度灌注综合征最先累及中央区而出现相应症状;29 例(64.44%)表现为语言障碍,其中 27 例为左侧手术,这是由于大多数患者语言功能区位于左侧大脑半球。值得注意的是,右侧手术后有 3 例表现为流涎和吞咽困难,有研究显示,主动吞咽意愿起源于大脑皮质而非脑干,脑过度灌注综合征累及侧

裂和中央沟皮质可能是导致流涎和吞咽障碍的原因<sup>[12]</sup>,本研究仅 3 例右侧手术患者出现这一症状可能与样本量较小有关,也可能由于相关功能区主要位于右侧大脑半球,尚待进一步探究。此外,术后脑过度灌注综合征患者还表现为意识障碍(4 例,8.89%)和癫痫发作(2 例,4.44%),但其发生机制尚待进一步研究。45 例患者经严格控制血压以及予以氧自由基清除剂、钙通道阻滞药、小剂量脱水药等治疗,术后 4~11 天症状明显改善,无一例出现永久性神经功能缺损或脑出血,均预后良好。

“常春藤征”形成机制尚未阐明,侧支循环学说认为与颅内侧支循环形成有关,软脑膜吻合动脉可能是“常春藤征”形成的主要病理生理学基础<sup>[13-14]</sup>。Mori 等<sup>[15]</sup>认为,烟雾病患者 FLAIR 成像显示的软脑膜高信号即为“常春藤征”,系慢性脑缺血使软脑膜吻合动脉处于扩张和部分充盈状态所致,进一步定量评估显示,“常春藤征”评分与脑血流量和脑血管

**表 4** 术后脑过度灌注综合征患者出现“新常春藤征”相关影响因素的多因素前进步 Logistic 回归分析**Table 4.** Multivariate forward Logistic regression analysis of influencing factors of "de novo ivy sign" in patients with postoperative CHS

变量	<i>b</i>	<i>SE</i>	Wald $\chi^2$	<i>P</i> 值	<i>OR</i> 值	<i>OR</i> 95%CI
术前无“常春藤征”	1.986	1.433	1.921	0.166	7.287	0.439~120.878
CHS 发生时间 $\leq 3$ d	5.565	1.802	9.535	0.002	261.155	7.635~8932.982
CHS 恢复时间 $\leq 7$ d	-0.460	1.460	0.099	0.753	0.631	0.036~11.035
常数项	-4.321	2.139	4.083	0.043		

反应性(CVR)呈负相关。Horie 等<sup>[9]</sup>也发现“常春藤征”与脑血管储备功能(CVRC)较差相关,并指出“新常春藤征”亦是烟雾病特异性影像学表现,他们共报告 42 例(55 例)烟雾病脑血管重建术患者,有 32 例(58.18%)术后出现“新常春藤征”,SPECT 均可见局部脑过度灌注,提示“新常春藤征”可以预示脑过度灌注综合征的发生。Kronenburg 等<sup>[16]</sup>的研究显示,改良 Suzuki 分级 2~4 级的大脑半球“常春藤征”较 1 级的大脑半球更明显( $P < 0.05$ ),术后发生脑过度灌注综合征的概率更高。上述研究表明,改良 Suzuki 分级较高、脑血管储备功能较差的患者脑血管重建术后血运重建效果较好,脑过度灌注综合征发生率较高,提示手术前后“常春藤征”动态变化可评估脑血管重建术疗效<sup>[17]</sup>。本研究 45 例脑过度灌注综合征患者中 9 例(20%)术前存在“常春藤征”,26 例(57.78%)术后出现“新常春藤征”,脑过度灌注综合征患者“新常春藤征”出现率较高。本研究分别根据性别、年龄、病程、术前后有无“常春藤征”、手术侧别、术后脑过度灌注综合征发生时间和恢复时间分层,术前无“常春藤征”、术后脑过度灌注综合征发生时间  $\leq 3$  天和恢复时间  $\leq 7$  天的患者术后“新常春藤征”出现率高于术前存在“常春藤征”、术后脑过度灌注综合征发生时间  $> 3$  天和恢复时间  $> 7$  天的患者;进一步行 Logistic 回归分析显示,仅术后脑过度灌注综合征出现时间  $\leq 3$  天是术后出现“新常春藤征”的独立危险因素。推测是由于术后 3 天内即发生脑过度灌注综合征的患者症状更严重,脑血流动力学改变更明显,加之各项检查更及时,故更易检出“新常春藤征”;而术后 3 天后发生脑过度灌注综合征的患者症状较轻微,各项检查延迟使“新常春藤征”可能已减少或消失,既往有烟雾病手术后 1 个月复查 FLAIR 显示“新常春藤征”消失的

报道<sup>[9]</sup>,本研究术后 3~6 个月复查 FLAIR 亦显示“新常春藤征”显著减少或消失,提示“新常春藤征”是脑血管重建术后短暂性血流动力学改变。基于此分析“新常春藤征”形成的原因主要为,STA-MCA 搭桥术后因颞浅动脉压力远大于受体动脉(大脑中动脉 M4 段),血管吻合区脑血流量明显改善,同时可显著增加吻合区附近软脑膜侧支循环开放,形成“新常春藤征”。本研究“新常春藤征”发生于大脑前动脉供血区 2 例,大脑中动脉供血区前部 9 例,大

脑中动脉供血区后部 6 例,同时位于相邻两个区域者 9 例,为大脑前动脉供血区合并大脑中动脉供血区前部 4 例、大脑中动脉供血区前部合并后部 5 例,均为吻合区附近,推测与上述原因有关。

综上所述,烟雾病脑血管重建术手术侧别不同,术后脑过度灌注综合征临床表现各异。“新常春藤征”是烟雾病脑血管重建术后短暂性血流动力学改变,术后 3 天内出现脑过度灌注综合征的患者易形成“新常春藤征”。然而,本研究样本量较小(仅 45 例);未设立对照(脑血管重建术后未发生脑过度灌注综合征的患者),无法对比分析术后发生与未发生脑过度灌注综合征患者“新常春藤征”出现率和评分;“常春藤征”与脑血流量相关,脑血流量降低、“常春藤征”增加,但受限于本研究 CTP 参数不能进行动态参数对比,无法更准确获得脑血流量和平均通过时间等数据以进行定量分析。后续将进行前瞻性研究设计、扩大样本量、开展随机对照试验、完善 SPECT 显像等定量评估,以进一步明确“常春藤征”和“新常春藤征”形成机制及其临床价值。

利益冲突 无

## 参 考 文 献

- [1] Hirano Y, Miyawaki S, Imai H, Hongo H, Teranishi Y, Dofuku S, Ishigami D, Ohara K, Koizumi S, Ono H, Nakatomi H, Saito N. Differences in clinical features among different onset patterns in moyamoya disease[J]. J Clin Med, 2021, 10:2815.
- [2] Zhang X, Xiao W, Zhang Q, Xia D, Gao P, Su J, Yang H, Gao X, Ni W, Lei Y, Gu Y. Progression in moyamoya disease: clinical features, neuroimaging evaluation, and treatment [J]. Curr Neuropharmacol, 2022, 20:292-308.
- [3] Han HY, Chen GQ, Feng ZW, Zuo YL, Wang JX, Yu LP, Zuo HC. Novel combined direct and indirect revascularization for moyamoya disease [J]. Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2017, 33:30-35.[韩宏彦, 陈国强, 冯增伟, 左云龙, 王剑新, 于丽华, 左焕琮. 新型直接联合间接血管重建术治疗烟雾病的疗效观察[J]. 中华神经外科杂志, 2017, 33:30-35.]

- [4] Hayashi K, Horie N, Suyama K, Nagata I. Incidence and clinical features of symptomatic cerebral hyperperfusion syndrome after vascular reconstruction [J]. *World Neurosurg*, 2012, 78:447-454.
- [5] Canavero I, Vetrano IG, Zedde M, Pascarella R, Gatti L, Acerbi F, Nava S, Ferroli P, Parati EA, Bersano A. Clinical management of moyamoya patients [J]. *J Clin Med*, 2021, 10: 3628.
- [6] Kaku Y, Iihara K, Nakajima N, Kataoka H, Fukuda K, Masuoka J, Fukushima K, Iida H, Hashimoto N. Cerebral blood flow and metabolism of hyperperfusion after cerebral revascularization in patients with moyamoya disease [J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2012, 32:2066-2075.
- [7] Dobashi K, Kubo Y, Kimura K, Katakura Y, Chida K, Kobayashi M, Yoshida K, Fujiwara S, Terasaki K, Ogasawara K. De novo cerebral microbleeds and cognitive decline in cerebral hyperperfusion after direct revascularization for adult moyamoya disease [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2022, 31:106166.
- [8] Wang LX, Wang H, Hao FB, Lv JH, Zhang SH, Han DS, Bian XB, Zhang DK, Lan YN, Wang XR, Wei MT, Duan L, Ma L, Lou X. Ivy sign in moyamoya disease: a comparative study of the FLAIR vascular hyperintensity sign against contrast-enhanced MRI [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42:694-700.
- [9] Horie N, Morikawa M, Morofuji Y, Hiu T, Izumo T, Hayashi K, Nagata I. De novo ivy sign indicates postoperative hyperperfusion in moyamoya disease [J]. *Stroke*, 2014, 45:1488-1491.
- [10] Kuroda S, Fujimura M, Takahashi J, Kataoka H, Ogasawara K, Iwama T, Tominaga T, Miyamoto S; Research Committee on Moyamoya Disease (Spontaneous Occlusion of Circle of Willis) of the Ministry of Health, Labor, and Welfare, Japan. Diagnostic criteria for moyamoya disease: 2021 revised version [J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2022, 62:307-312.
- [11] Mugikura S, Takahashi S, Higano S, Shirane R, Kurihara N, Furuta S, Ezura M, Takahashi A. The relationship between cerebral infarction and angiographic characteristics in childhood moyamoya disease [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1999, 20:336-343.
- [12] Hashimoto H, Takahashi K, Kameda S, Yoshida F, Maezawa H, Oshino S, Tani N, Khoo HM, Yanagisawa T, Yoshimine T, Kishima H, Hirata M. Swallowing-related neural oscillation: an intracranial EEG study [J]. *Ann Clin Transl Neurol*, 2021, 8: 1224-1238.
- [13] Yu J, Du Q, Xie H, Chen J, Chen J. What and why: the current situation and future prospects of "ivy sign" in moyamoya disease [J]. *Ther Adv Chronic Dis*, 2020, 11:2040622320960004.
- [14] Kaku Y, Iihara K, Nakajima N, Kataoka H, Fukushima K, Iida H, Hashimoto N. The leptomeningeal ivy sign on fluid-attenuated inversion recovery images in moyamoya disease: positron emission tomography study [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2013, 36:19-25.
- [15] Mori N, Mugikura S, Higano S, Kaneta T, Fujimura M, Umetsu A, Murata T, Takahashi S. The leptomeningeal "ivy sign" on fluid-attenuated inversion recovery MR imaging in Moyamoya disease: a sign of decreased cerebral vascular reserve [J]? *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30:930-935.
- [16] Kronenburg A, Bulder MMM, Bokkers RPH, Hartkamp NS, Hendrikse J, Vonken EJ, Kappelle LJ, van der Zwan A, Klijn CJM, Braun KPJ. Cerebrovascular reactivity measured with ASL perfusion MRI, ivy sign, and regional tissue vascularization in moyamoya [J]. *World Neurosurg*, 2019, 125:e639-650.
- [17] Luo H, Ding CQ, Sun YY, Ding AL. Magnetic resonance imaging characteristics of moyamoya disease [J]. *Zhonghua Zhen Duan Xue Dian Zi Za Zhi*, 2019, 7:227-232. [罗慧, 丁长青, 孙迎迎, 丁爱兰. 烟雾病颅脑磁共振影像学诊断特征分析 [J]. *中华诊断学电子杂志*, 2019, 7:227-232.]

(收稿日期:2023-05-04)

(本文编辑:彭一帆)

## · 小词典 ·

## 中英文对照名词词汇(一)

 $\gamma$ -氨基丁酸  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA)伴中央颞区棘波的儿童自限性癫痫  
self-limited epilepsy with centrottemporal spikes(SeLECTS)超声吸引手术刀  
cavitron ultrasonic surgical aspirator(CUSA)

重复时间 repetition time(TR)

创伤后应激障碍 posttraumatic stress disorder(PTSD)

次全切除 subtotal resection(STR)

粗大运动功能分级系统  
Gross Motor Function Classification System(GMFCS)

促甲状腺激素 thyroid stimulating hormone(TSH)

催乳素 prolactin(PRL)

大脑后动脉 posterior cerebral artery(PCA)

大脑前动脉 anterior cerebral artery(ACA)

单核细胞趋化蛋白-1  
monocyte chemoattractant protein-1(MCP-1)

低活动膀胱 underactive bladder(UAB)

第二代测序技术 next generation sequencing(NGS)

癫痫猝死 sudden unexpected death in epilepsy(SUDEP)

电压门控性钙离子通道  
voltage-gated calcium channel(VGCC)电压门控性钾离子通道  
voltage-gated potassium channel(VGKC)电压门控性钠离子通道  
voltage-gated sodium channel(VGSC)

多导睡眠图 polysomnography(PSG)

多学科诊疗模式 multi-disciplinary team(MDT)

发育性静脉异常 developmental venous abnormalities(DVA)

翻转角 flip angle(FA)

反应性神经电刺激术  
responsive neurostimulator system(RNS)

反转时间 inversion time(TI)

非典型畸胎样/横纹肌样肿瘤  
atypical teratoid/rhabdoid tumor(AT/RT)