

. 论 著 .

脑血运重建术治疗成人脑底异常血管网病的疗效分析

张 果 秦小宏 程 荆 吴明洪 张文斐 吴立权 陈治标

【摘要】目的 探讨颞浅动脉(STA)-大脑中动脉(MCA)分流术联合颞肌贴敷术治疗脑底异常血管网病(MMD)时单支血管分流术与双支血管分流术的疗效差异。方法 2020 年 1 月至 2022 年 6 月前瞻性收治符合标准的 MMD 共 59 例,37 例应用 STA-MCA 单支血管分流术联合颞肌贴敷术治疗(单支分流组),22 例应用 STA-MCA 双支血管分流术联合颞肌贴敷术治疗(双支分流组)。结果 术后 3 个月 DSA 或 CTA 显示分流血管通畅,其中分流血管显影良好 38 例;49 例(83.1%)神经功能改善(手术前后 mRS 评分差值>0),47 例(79.7%)脑组织血供改善(手术前后脑灌注评分差值<0);未发生手术相关并发症。两组术后 3 个月 mRS 评分及脑灌注评分均明显改善( $P<0.05$ ),而且,双支血管分流组明显优于单支血管分流组( $P<0.05$ )。双支血管分流术后 mRS 评分改善率、脑灌注评分改善率均明显高于单支血管分流组( $P<0.05$ )。结论 STA-MCA 分流术联合颞肌贴敷术治疗 MMD 疗效良好,而且双支血管分流术的短期预后优于单支血管分流术。

【关键词】脑底异常血管网病;烟雾病;血运重建术;颞肌贴敷术;颞浅动脉;大脑中动脉;疗效

【文章编号】1009-153X(2023)02-0065-04 【文献标志码】A 【中国图书资料分类号】R 744.1; R 651.1<sup>2</sup>

Short-term efficacy of STA-MCA bypass combined with encephalo-myosynangiosis for adult moyamoya diseases: single-vessel bypass vs. double-vessel bypass

ZHANG Guo, QIN Xiao-hong, CHEN Jin, WU Ming-hong, ZHANG Wen-fei, WU Li-quan, CHEN Zhi-biao. Department of Neurosurgery, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

【Abstract】Objective To analyze the short-term prognosis of superficial temporal artery (STA)-middle cerebral artery (MCA) combined with encephalo-myosynangiosis for patients with moyamoya disease (MMD). Methods A total of 59 patients with MMD were prospectively recruited from January 2020 to June 2022. Thirty-seven patients were treated with STA-MCA single-vessel bypass combined with encephalo-myosynangiosis (single bypass group), and 22 patients were treated with STA-MCA double-vessel bypass combined with encephalo-myosynangiosis (double bypass group). Results Three months after the operation, DSA or CTA showed patency in all bypass vessels. Neurological function was improved (with a difference of mRS score before and after operation >0) in 49 patients (83.1%), and brain tissue blood supply was improved (with a difference of cerebral perfusion score before and after surgery <0) in 47 patients (79.7%). There were no surgery-related complications. The mRS and cerebral perfusion scores were significantly improved in both groups 3 months after the surgery ( $P<0.05$ ), and they were significantly better in the double bypass group than those in the single bypass group ( $P<0.05$ ). The improvement rates of mRS score and cerebral perfusion score in the double bypass group were significantly higher than those in the single bypass group ( $P<0.05$ ). Conclusions STA-MCA bypass combined with encephalo-myosynangiosis is effective for treating MMD, and the short-term prognosis of double-vessel bypass is better than that of the single-vessel bypass.

【Key words】Moyamoya disease; Superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass; Encephalo-myosynangiosis; Prognosis; Double-vessel bypass; Single-vessel bypass

脑底异常血管网病,又称为烟雾病(moyamoya disease, MMD),是一种病因不明的慢性闭塞性脑血管疾病,其特征是颈内动脉颅内部分及其近端分支

进行性狭窄或闭塞,并代偿性脑底部血管网异常形成,通常导致缺血性卒中或出血性卒中<sup>[1]</sup>。目前, MMD 尚无特异性治疗方法,针对症状性 MMD 的二级预防主要采用脑血运重建术<sup>[2]</sup>。脑血运重建术分为以颞浅动脉-大脑中动脉(superficial temporal artery-middle cerebral artery, STA-MCA)血管吻合为主的直接血运重建术、脑-颞肌贴敷术/脑-硬膜-动脉-颞肌贴敷术为主的间接血运重建术以及直接联合间接血运重建术<sup>[3,4]</sup>。由于病人异质性、临床病程差异、供受体血管可获得性以及术者经验等限制,

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2023.02.001  
基金项目:国家自然科学基金(82201515);湖北省自然科学基金(2021CFB057)  
作者单位:430060 武汉,武汉大学人民医院神经外科(张 果、秦小宏、程 荆、吴明洪、张文斐、吴立权、陈治标)  
通讯作者:陈治标, E-mail: chzbiao@126.com

MMD 最佳的手术方式和手术技术的选择尚无统一意见。本文探讨 STA-MCA 分流术联合颞肌贴敷术治疗 MMD 时,单支血管分流术与双支血管分流术的疗效差异,为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 病例选择标准 MMD 的诊断符合 2012 年日本烟雾病(Willis 环自发性闭塞)诊断与治疗指南<sup>[1]</sup>,并经 DSA 或 MRI 证实;采用直接分流术治疗;排除保守治疗或仅行间接血运重建术、因颅内出血先行血肿清除术、临床资料不完整和失访病人。

1.2 一般资料 2020 年 1 月至 2022 年 6 月前瞻性收治符合标准的 MMD 共 59 例(共行 67 侧半球血运重建术),其中男 34 例,女性 25 例;年龄 25~65 岁,平均(47.34±10.07)岁;体质指数 18.30~35.00 kg/m<sup>2</sup>,平均(23.28±3.40) kg/m<sup>2</sup>。本研究经医院伦理委员会审查通过(WDRY2021-KS040)。

59 例中,37 例应用单支血管分流术联合颞肌贴敷术治疗(单支分流组),22 例应用双支血管分流术联合颞肌贴敷术治疗(双支分流组)。两组基线资料无统计学差异( $P>0.05$ ,表 1)。

1.3 治疗方法

1.3.1 术前评估 术前进行改良 Rankin 量表(modified Rankin scale, mRS)评分,记录发病类型,行 CT 灌注成像(CT perfusion imaging, CTP)判断脑血供情况,行 DSA 检查判断病变侧别并进行 Suzuki 分期。

1.3.2 单支分流组 全麻后,取平卧位,头偏向对侧并旋转 60°。以耳屏上至额部弧形切口切开头皮,翻开头皮,分离骨膜及颞肌,悬吊颞肌。磨钻形成骨孔,铣刀游离骨瓣并去除部分颞部骨质留骨窗备用。骨窗周边悬吊硬脑膜,保留脑膜中动脉主干,明胶海绵覆盖,并剪开硬膜止血后翻转至皮层上。显微镜下可见皮层动脉纤细,血供较差,荧光造影后,选取较粗的、位于侧裂上下的颞上回和额下回的 MCA M4 段为受体血管,根据 STA 额支和顶支直径、走行和长

度,以与受体动脉相匹配的分支为供体血管,临时动脉瘤夹夹闭远近端,显微剪剪开血管壁,修剪颞浅动脉吻合端,10-0 缝线做端侧吻合;分部释放血管夹,排除气体,并加缝一针止血,须保证血管血流通畅、搏动良好。

1.3.3 双支分流组 单支血管分流术同单支分流组。以同样的方式选取贴近侧裂的另一 MCA 分支 M4 段为受体血管,以另一支 STA 分支行端侧吻合;术中吻合血管后即行吲哚菁绿荧光血管造影术以确认分流血管血流通畅。将硬脑膜翻转贴敷于脑表面,骨瓣复位固定,确保 STA 未受压闭塞,逐层缝合颞肌、皮下组织及头皮。游离颞肌及骨膜与硬膜边缘缝合。去除部分颅骨骨质作为颞肌及 STA 通道,3 片 6 钉连接片还纳骨瓣,留置皮下引流管一根。分层缝合头皮并关颅。

1.4 疗效评估 ①神经功能评估:术前和术后 3 个月采用 mRS 评分评估神经功能,术后 3 个月 mRS 评分-术前 mRS 评分评估神经功能改善情况,差值 $>0$ 为神经功能改善;差值 $=0$ 为无变化;差值 $<0$ 为神经功能障碍加重。②分流血管通畅率:术后 3 个月复查 DSA 或 CTA 评估分流血管通畅率。③脑灌注情况:术前和术后 3 个月 CTP 检查评估脑灌注,Ⅰa、Ⅰb、Ⅱa、Ⅱb 分期分别记为 1、2、3、4 分,术后 3 个月脑灌注评分-术前脑灌注评分评估脑血供恢复情况,差值 $>0$ 为脑血供变差;差值 $=0$ 为无变化;差值 $<0$ 为脑血供改善。④安全性:记录术中和术后 3 个月并发症,包括围手术期脑卒中、脑过度灌注综合征(cerebral hyperperfusion syndrome, CHS)。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 25.0 软件处理;正态分布计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用  $t$  检验;非正态分布计量资料以中位数表示,采用 Wilcoxon 秩和检验;计数资料采用 $\chi^2$ 检验;检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 手术疗效 术后 3 个月 DSA 或 CTA 显示分流血管通畅,其中分流血管显影良好 38 例;其中 49 例(83.1%)神经功能改善,47 例(79.7%)脑组织血供改善;未发生手术相关并发症。

2.2 不同手术方式的疗效比较 两组术前 mRS 评分及脑灌注评分均无统计学差异( $P>0.05$ )。两组术后 3 个月 mRS 评分及脑灌注评分均明显改善( $P<0.05$ ),而且,双支血管分流组明显优于单支血管分流组( $P<0.05$ )。双支血管分流组术后 mRS 评分改善率、脑灌注评分改善率均明显高于单支血管分流组

表 1 两组病人基线资料比较

基线资料	单支分流组	双支分流组
年龄(岁)	47.1±10.9	47.6±8.6
性别(例,男/女)	22/15	12/10
体质指数(kg/m <sup>2</sup> )	23.1(21.3, 25.4)	22.9(21.3, 25.2)
发病类型(例)		
缺血型	28(75.5%)	18(81.8%)
出血型	9(24.3%)	4(18.2%)
Suzuki 分期(期)	3.0(3.0, 4.0)	3.0(3.0, 4.0)

表2 两组手术疗效的比较

分组	mRS 评分(分)		mRS 改善(例)	脑灌注评分(分)		脑灌注改善(例)
	术前	术后3个月		术前	术后3个月	
单支分流组	3.0(2.0,3.0)	2.0(1.0,2.0)*	35(77.8%)	3.0(2.0,3.0)	2.0(2.0,3.0)*	31(68.9%)
双支分流组	3.0(2.0,3.0)	0(0,1.0)*#	22(100%)*#	3.0(2.8,4.0)	1.0(1.0,2.0)*#	21(95.5%)*#

注:与术前相应值比,\* $P<0.05$ ;与单支分流组相应值比,# $P<0.05$ ;mRS. 改良 Rankin 量表

( $P<0.05$ )。见表2。

2.3 典型病例 30 岁男性,因左侧肢体麻木 3 d 入院。入院头颈部 CTA 及 DSA 显示双侧大脑中动脉主干及分支重度狭窄近闭塞,以右侧为著,局部颅底可见细小状血管影,诊断为 MMD(图 1A~C)。术前 CT 灌注成像示双侧 MCA 供血区脑血流量、脑血容量

减少,对比剂平均通过时间、对比剂峰值时间延长,双侧额、顶、颞叶呈低灌注(图 1G~J)。完善术前准备后,行右侧 STA-MCA 双支血管分流联合颞肌贴敷术。术中黑白荧光造影及 FLOW800 彩色荧光显示额顶双支分流术后局部血流明显加快,脑灌注增加(图 1O~Q)。术后 3 个月复查头部 CTA、DSA 示双支分流血管通畅,显影良好(图 1D~F);CT 灌注成像示右侧额、顶、颞叶灌注增加,呈相对高灌注(图 1K~N)。

3 讨论

MMD 的脑血管分流术式的选择仍存争议。本文对比分析 STA-MCA 分流术联合颞肌贴敷术治疗 MMD 时,单支血管分流术与双支血管分流术治疗 MMD 的短期预后,结果表明,双支血管分流术的疗效明显优于单支血管分流术。当然,相比单支血管分流术,双支血管分流术对术者的经验和血管吻合技术要求更高,手术时间及麻醉时间更长。Song 等<sup>[5]</sup>在一项回顾性研究中发现,较长的手术时间及麻醉时间是 MMD 血运重建术后发生并发症的潜在危险因素。但目前尚无多中心随机对照试验表明手术时间和麻醉时间是 MMD 脑血运重建术后并发症的独立影响因素。

MMD 脑血运重建术后最常见的并发症是脑梗死和脑高灌注综合征。术后缺血性卒中可能由各种因素引起,如术中低血压、全身麻醉不充分导致的低碳酸血症、贫血和手术<sup>[6]</sup>。术后缺血性并发症可分为三种不同的机制:微血管吻合部位的血栓栓塞<sup>[7]</sup>，“分水岭移位现象”引起的内在血流动力学缺血<sup>[8]</sup>,以及用于间接软脑膜贴敷术的颞肌蒂肿胀对脑表面的机械压迫<sup>[9]</sup>。脑高灌注综合征是 STA-MCA 分流术治疗 MMD 后最严重的并发症之一<sup>[10]</sup>。MMD 病人,特别是成人 MMD,STA-MCA 旁路局部脑血流量的过度增加会导致局部充血,并伴有血管源性水肿和/或迟发性脑出血。局部脑高灌注综合征最常见的临床表现是短暂的神经功能恶化,多数不会导致永久性神经功能缺损,但极少数可能导致癫痫发作和/或迟发性

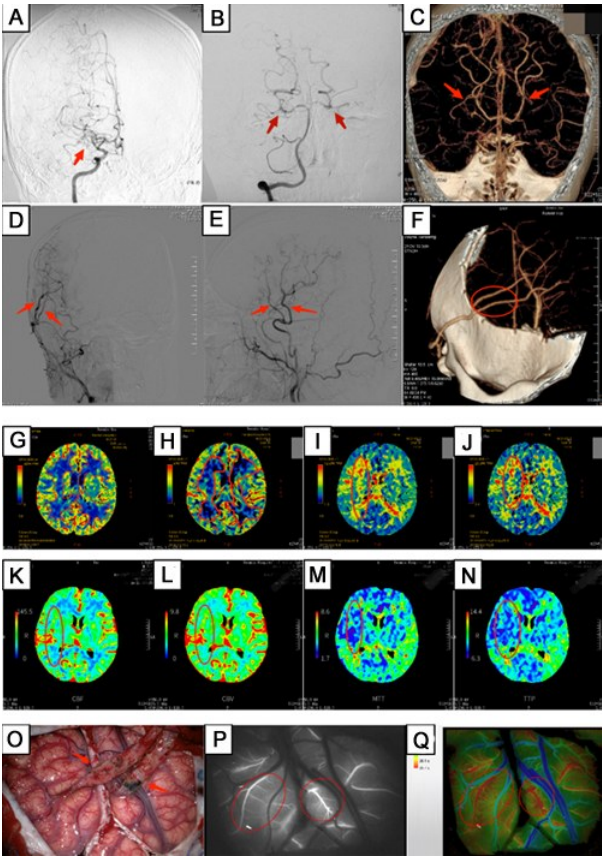


图1 脑底异常血管网病颞浅动脉-大脑中动脉双支血管分流联合颞肌贴敷术治疗前后影像

A~C. 术前 DSA、CTA 显示双侧大脑中动脉主干及分支重度狭窄近闭塞,以右侧为著,局部颅底可见细小状血管影;D~F. 术后 3 个月 DSA 显示颞浅动脉-大脑中动脉双支分流血管通畅,向颅内代偿供血;G~J. 术前 CT 灌注成像示双侧大脑中动脉供血区脑血流量、脑血容量减少,对比剂平均通过时间、对比剂峰值时间延长,双侧额顶、颞叶呈低灌注;K~N. 术后 3 个月 CT 灌注成像示右侧额、顶、颞叶灌注增加,呈相对高灌注;O~Q. 术中黑白荧光造影及 FLOW800 彩色荧光显示额顶双支血管分流术后局部血流明显加快,脑灌注增加



脑出血<sup>[11]</sup>。理论上,双支血管分流联合颞肌贴敷术加强了脑组织血供的同时,亦增加了术后脑高灌注综合征的风险。我们在围手术期常规应用抗血管痉挛及抗血小板药物治疗,并严格维持收缩压在 120~130 mmHg,有效地降低了术后脑梗死和脑组织高灌注的发生率。

Zhao 等<sup>[12]</sup>研究显示,Suzuki 分期晚期是 MMD 病人术后缺血的独立危险因素,入院时 mRS 评分与术后脑高灌注综合征独立相关。还有研究显示,术前缺血表现是术后缺血和脑高灌注综合征的独立预测因子<sup>[13]</sup>。本文结果显示,术后 3 个月缺血型 MMD 病人神经功能和脑灌注改善情况均明显优于出血型 MMD,原因可能与本文病例术前 Suzuki 分期相对较早、术前 mRS 评分相对较低有关。

然而,本文是一个单中心研究,样本量较少且缺乏术中脑血流动力学指标分析,仍需多中心大样本的前瞻性临床研究进一步证实。但本文病例术式相对统一,因手术差异导致预后差异的可能性较小,因此本文结论对临床有一定的提示意义。

【参考文献】

[1] Research Committee on the Pathology and Treatment of Spontaneous Occlusion of the Circle of Willis, Health Labour Sciences Research Grant for Research on Measures for Intractable Diseases. Guidelines for diagnosis and treatment of moyamoya disease (spontaneous occlusion of the circle of Willis) [J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2012, 52: 245-266.

[2] Liu JJ, Steinberg GK. Direct versus indirect bypass for moyamoya disease [J]. Neurosurg Clin N Am, 2017, 28: 361-374.

[3] Rashad S, Fujimura M, Niizuma K, *et al.* Long-term follow-up of pediatric moyamoya disease treated by combined direct-indirect evascularization surgery: single institute experience with surgical and perioperative management [J]. Neurosurg Rev, 2016, 39: 615-623.

[4] Li Q, Gao Y, Xin W, *et al.* Meta-analysis of prognosis of different treatments for symptomatic moyamoya disease [J]. World Neurosurg, 2019, 127: 354-361.

[5] Song T, Liu X, Han R, *et al.* Effects of end-tidal carbon dioxide levels in patients undergoing direct revascularization for Moyamoya disease and risk factors associated with

postoperative complications [J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(7): e24527.

[6] Tominaga T, Suzuki N, Miyamoto S, *et al.* Recommendations for the management of moyamoya disease: a Statement from Research Committee on Spontaneous Occlusion of the Circle of Willis (Moyamoya Disease) [J]. Surg Cereb Stroke, 2018, 46: 136-140.

[7] Fujimura M, Kaneta T, Tominaga T. Efficacy of superficial temporal artery-middle cerebral artery anastomosis with routine postoperative cerebral blood flow measurement during the acute stage in childhood moyamoya disease [J]. Childs Nerv Syst, 2008, 24: 827-832.

[8] Tu XC, Fujimura M, Rashad S, *et al.* Uneven cerebral hemodynamic change as a cause of neurological deterioration in the acute stage after direct revascularization for moyamoya disease: cerebral hyperperfusion and remote ischemia caused by the 'watershed shift' [J]. Neurosurg Rev, 2017, 40: 507-512.

[9] Fujimura M, Kaneta T, Shimizu H, *et al.* Cerebral ischemia owing to compression of the brain by swollen temporal muscle used for encephalo-myosynangiosis in moyamoya disease [J]. Neurosurg Rev, 2009, 32: 245-249.

[10] Kameyama M, Fujimura M, Tashiro R, *et al.* Significance of quantitative cerebral blood flow measurement in the acute stage after revascularization surgery for adult moyamoya disease: implication for the pathological threshold of local cerebral hyperperfusion [J]. Cerebrovasc Dis, 2019, 48: 217-225.

[11] Fujimura M, Shimizu H, Mugikura S, *et al.* Delayed intra-cerebral hemorrhage after superficial temporal artery-middle cerebral artery anastomosis in a patient with moyamoya disease: possible involvement of cerebral hyperperfusion and increased vascular permeability [J]. Surg Neurol, 2009, 71: 223-227.

[12] Zhao M, Deng X, Zhang D, *et al.* Risk factors for and outcomes of postoperative complications in adult patients with moyamoya disease [J]. J Neurosurg, 2018. Epub ahead of print.

[13] Yu J, Zhang J, Li J, *et al.* Cerebral hyperperfusion syndrome after revascularization surgery in patients with moyamoya disease: systematic review and meta-analysis [J]. World Neurosurg, 2020, 135: 357-366.

(2023-01-12 收稿, 2023-01-28 修回)