

颞浅动脉-大脑前动脉和颞浅动脉-大脑中动脉双搭桥术治疗烟雾病的对照研究

余冠东 佟志勇 刘源 王刚 张劲松 初金剛

【摘要】 研究背景 烟雾病的血管搭桥术主要以大脑中动脉(MCA)作为受体动脉,围手术期和随访期间存在大脑前动脉(ACA)供血区缺血风险。本研究对比分析颞浅动脉(STA)-ACA和STA-MCA双搭桥术与STA-MCA双搭桥术治疗烟雾病的疗效。方法 纳入2017年1月至2020年12月中国医科大学附属第一医院治疗的32例大脑前动脉供血区缺血的烟雾病患者共计41例次手术,分别行STA-ACA和STA-MCA双搭桥术联合颞肌脑贴敷术(ACA组,10例计10例次手术)和STA-MCA双搭桥术联合颞肌脑贴敷术(MCA组,25例计31例次手术),对比分析颞浅动脉血流指标[包括切割流量(CF)、血流量和切割流量指数(CFI)]、桥血管通畅性、脑灌注[包括平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)、脑血流量(CBF)和脑血容量(CBV)相对值]、神经功能预后[改良Rankin量表(mRS)],以及围手术期和随访期间脑缺血和颅内出血并发症发生率和病死率。结果 32例患者顺利完成41例次手术,ACA组术中颞浅动脉CF值低于MCA组[24.00(15.38,53.00) ml/min对47(36,70) ml/min; $Z = -2.547, P = 0.011$],术后1周CFI值高于MCA组[3.57(1.66,4.66)对1.30(0.75,1.70); $Z = -2.357, P = 0.018$],而两组术后1周颞浅动脉血流量差异无统计学意义[82.00(62.50,103.00) ml/min对75.00(27.90,104.50) ml/min; $Z = -0.221, P = 0.825$]。ACA组桥血管通畅率为12/12,MCA组为81.58%(31/38),组间差异无统计学意义($\chi^2 = 1.268, P = 0.260$)。围手术期ACA组有1例次(1/10)出现双侧额叶多发点状缺血,MCA组有4例次(12.90%)出现术侧额叶缺血、1例次(3.23%)术侧颞枕叶大面积缺血伴颞叶出血,两组并发症发生率差异无统计学意义(Fisher确切概率法: $P = 1.000$)。术后1年ACA组未发生脑缺血、颅内出血和死亡,MCA组1例次(3.23%)出现术侧额叶缺血,两组并发症发生率差异无统计学意义(Fisher确切概率法: $P = 1.000$);ACA组好转6例次(6/10)、无变化3例次(3/10)、恶化1例次(1/10),MCA组好转10例次(32.26%)、无变化17例次(54.84%)、恶化4例次(12.90%),组间差异亦无统计学意义($Z = -1.355, P = 0.223$)。结论 STA-ACA和STA-MCA双搭桥术联合颞肌脑贴敷术治疗大脑前动脉供血区缺血的烟雾病,桥血管通畅性良好,可获得满意的长期疗效;与STA-MCA双搭桥术联合颞肌脑贴敷术相比,该术式颞浅动脉CFI值更高,而术后长期疗效相当。

【关键词】 脑底异常血管网病; 脑血管重建术; 颞动脉; 大脑前动脉; 大脑中动脉; 脑血管造影术

The controlled trial of superficial temporal artery - anterior cerebral artery and superficial temporal artery - middle cerebral artery double barrel bypass in patients with moyamoya disease

YU Guan-dong¹, TONG Zhi-yong¹, LIU Yuan¹, WANG Gang¹, ZHANG Jin-song², CHU Jin-gang³

¹Department of Neurosurgery, ²Department of Cardiovascular Ultrasonography, ³Department of Radiology, The First Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, Liaoning, China

Corresponding author: TONG Zhi-yong (Email: tong_zhiyong@hotmail.com)

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2021.07.003

基金项目:2019年辽宁省沈阳市科技计划项目(项目编号:19-112-4-062)

作者单位:110001 沈阳,中国医科大学附属第一医院神经外科(余冠东、佟志勇、刘源、王刚),心血管超声科(张劲松),放射科(初金剛)

通讯作者:佟志勇,Email:tong_zhiyong@hotmail.com

【Abstract】 Background Bypass surgery for moyamoya disease (MMD) mainly used the middle cerebral artery (MCA) as the recipient artery. There is a high risk of ischemia in the blood supply area of the anterior cerebral artery (ACA) during the perioperative period and follow-up period. This study compared and analyzed the efficacy of superficial temporal artery (STA)-ACA and STA-MCA double barrel bypass and STA-MCA double barrel bypass in the treatment of MMD. **Methods** In total 41 hemispheres of 32 ACA territory ischemic MMD patients were treated from January 2017 to December 2020 in The First Hospital of China Medical University. Separately performed STA-ACA and STA-MCA double barrel bypass and encephalo-myo-synangiosis (EMS; ACA group, 10 hemispheres of 10 patients) and STA-MCA double barrel bypass and EMS (MCA group, 31 hemispheres of 25 patients). Compared and analyzed STA blood flow [including cut flow (CF), blood flow and cut flow index (CFI)], bypass vascular patency, cerebral perfusion [including the relative value of mean transit time (MTT), time to peak (TTP), cerebral blood flow (CBF) and cerebral blood volume (CBV)], neurological prognosis [modified Rankin Scale (mRS)], and the cerebral ischemia and intracranial hemorrhage morbidity and mortality in perioperative period and follow-up period. **Results** Thirty-two patients successfully completed 41 hemisphere operations. Intraoperative STA CF value of ACA group was significantly lower than MCA group [24.00 (15.38, 53.00) ml/min vs. 47 (36, 70) ml/min; $Z = -2.547, P = 0.011$]. CFI of STA one week after operation of ACA group was significantly greater than MCA group [3.57 (1.66, 4.66) vs. 1.30 (0.75, 1.70); $Z = -2.357, P = 0.018$]. No statistical significance between 2 groups in STA blood flow one week after operation [82.00 (62.50, 103.00) ml/min vs. 75.00 (27.90, 104.50) ml/min; $Z = -0.221, P = 0.825$]. The ACA group anastomotic patency rate was 12/12 and the MCA group was 81.58% (31/38), the difference was not statistically significant ($\chi^2 = 1.268, P = 0.260$). Bilateral frontal ischemia was observed in one hemisphere operation (1/10) in ACA group at perioperative period. Frontal ischemia was observed in 4 hemisphere operations (12.90%) and hemorrhagic temporal occipital infarction was observed in one hemisphere operation (3.23%) in MCA group at perioperative period. There was no statistically significant difference in the morbidity between 2 groups (Fisher exact probability: $P = 1.000$). No cerebral ischemia, intracranial hemorrhage and death occurred in ACA group, and surgical side frontal ischemia was observed in one hemisphere operation one year after operation in MCA group. There was no statistically significant difference in the morbidity between 2 groups (Fisher exact probability: $P = 1.000$). ACA group improved in 6 hemisphere operations (6/10), no changed in 3 hemisphere operations (3/10), deteriorated in one hemisphere operation (1/10). MCA group improved in 10 hemisphere operations (32.26%), no changed in 17 hemisphere operations (54.84%), deteriorated in 4 hemisphere operations (12.90%). There was no statistically significant difference between 2 groups ($Z = -1.355, P = 0.223$). **Conclusions** The STA-ACA and STA-MCA double barrel bypass in the treatment of ACA territory ischemic MMD patients can obtain good anastomotic patency rate and satisfactory long-term efficacy. Compared with the STA-MCA double barrel bypass, this surgery can obtain higher STA CFI, while long-term outcomes of patients were the same.

【Key words】 Moyamoya disease; Cerebral revascularization; Temporal arteries; Anterior cerebral artery; Middle cerebral artery; Cerebral angiography

This study was supported by 2019 Shenyang Science and Technology Plan Projects the Population and Health Project in Liaoning Province (No. 19-112-4-062).

Conflicts of interest: none declared

烟雾病(MMD)致颈内动脉(ICA)系统供血不足是缺血性和出血性卒中的根本原因。外科手术的主要目标是为缺血脑组织提供人工侧支循环以改善脑灌注,以降低缺血性和出血性卒中的风险^[1-2],常见术式为直接和(或)间接血管搭桥术,最常选择的受体动脉是大脑中动脉(MCA)^[3-4],但围手术期和术后随访期间仍存在大脑前动脉(ACA)供血区的缺血风险,尤以儿童风险更大^[5],因此认为,颞浅动脉(STA)-ACA直接搭桥术可能改善大脑前动脉供血区脑灌注。中国医科大学附属第一医院近年收治32例存在额叶缺血的烟雾病患者,分别行STA-ACA

和STA-MCA双搭桥术联合颞肌脑贴敷术(EMS)以及STA-MCA双搭桥术联合颞肌脑贴敷术,对比分析两种术式的疗效,以验证STA-ACA直接搭桥术改善大脑前动脉供血区灌注的假设。

资料与方法

一、临床资料

1. 纳入标准 (1)烟雾病诊断参照2012年烟雾病(Willis环自发性闭塞)诊断治疗指南(日本)^[6-7],以及《烟雾病和烟雾综合征诊断与治疗中国专家共识(2017)》^[8]。(2)均行STA-脑血管双搭桥术(包括

STA-MCA 双搭桥术及 STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术)联合颞肌脑贴敷术。(3)均存在术侧大脑前动脉供血区缺血的临床表现,并经头部 MRI 或 CT 证实。(4)DSA 或者 CTA 存在以下表现之一:①双侧大脑前动脉 A1 段重度狭窄或闭塞。②术侧大脑前动脉 A1 段重度狭窄或闭塞,对侧 A1 段通畅,但前交通动脉(ACoA)或对侧颈内动脉 C1 段闭塞。③术侧大脑前动脉 A2 段重度狭窄或闭塞。

2. 排除标准 (1)单侧烟雾病患者。(2)烟雾综合征(MMS)患者。(3)采用 STA-脑血管序贯双搭桥术(包括 STA-MCA-STA-MCA 序贯双搭桥术或者 STA-MCA-STA-ACA 序贯双搭桥术)联合颞肌脑贴敷术^[9]。(4)DSA 或 CTA 存在下列表现之一:①术侧大脑前动脉 A1 段通畅或轻至中度狭窄。②术侧大脑前动脉 A1 段重度狭窄或闭塞,但对侧 A1 段和前交通动脉通畅,对侧大脑前动脉向术侧 A2 段供血充分。(5)术后失访,无法评估患者术后临床表现以及缺血性或出血性卒中是否复发。

3. 一般资料 选择 2017 年 1 月至 2020 年 12 月在中国医科大学附属第一医院神经外科住院治疗的存在额叶缺血的烟雾病患者共 32 例,男性 17 例,女性 15 例;年龄 6~60 岁、中位年龄 35.00(24.50, 49.00)岁,其中 ≥ 16 岁 28 例(87.50%)、 < 16 岁 4 例(12.50%);既往有高血压占 37.50%(12/32)、血脂代谢异常占 50%(16/32)、吸烟 > 6 个月占 31.25%(10/32)、饮酒 > 6 个月占 6.25%(2/32);发病至手术时间 2~1377 周,中位时间 18.00(8.00, 34.50)周,其中,缺血性卒中发病至手术时间 2~69 周、中位时间 9(5, 23)周,出血性卒中发病至手术时间 5~1377 周、中位时间 32.00(14.75, 139.50)周;入院时改良 Rankin 量表(mRS)评分 0~3、中位评分 1(0, 1),其中 ≤ 2 者 31 例(96.87%)、 > 2 者 1 例(3.13%)。本组有 9 例患者分期行双侧血管搭桥术,共实施 41 例次手术,以缺血性卒中发病 23 例次(56.10%),以出血性卒中发病 18 例次(43.90%);术前根据 Suzuki 和 Takaku^[10] 及 Scott 和 Smith^[11] 的标准,其中,术侧烟雾病铃木分期 II 期 2 例次(4.88%), III 期 16 例次(39.02%), IV 期 18 例次(43.90%), V 期 2 例次(4.88%), VI 期 3 例次(7.32%);双侧手术时间间隔 2~20 个月,中位时间为 3.00(2.50, 5.00)个月。2018 年 12 月以前采用 STA-MCA 单搭桥术或双搭桥术,2019 年 1 月以后采用 STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术,但因颞浅动脉长度不足或无合适的大脑前动脉受体血管,有些病

例仅能采用 STA-MCA 单搭桥术或双搭桥术,根据受体动脉分为 STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术联合颞肌脑贴敷术组(ACA 组,10 例计 10 例次手术)以及 STA-MCA 双搭桥术联合颞肌脑贴敷术组(MCA 组,25 例计 31 例次手术),其中有 3 例双侧行不同术式。两组患者一般资料比较,除 ≥ 16 岁和 < 16 岁比例组间差异有统计学意义外($P=0.043$),其余各项指标组间差异均无统计学意义($P>0.05$,表 1)。10 例行 STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术联合颞肌脑贴敷术患者的临床资料参见表 2。

二、研究方法

1. 手术方法 (1)STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术:ACA 组 10 例患者行 10 例次手术,仰卧位,气管插管全身麻醉,采取经扩大翼点入路,头皮手术切口自耳前上行至颞上线水平,再向前内侧至中线,沿中线下行至发际,皮瓣范围包括颞浅动脉主干、顶支和额支;额颞游离骨瓣内侧缘至上矢状窦,开颅范围为额上回至颞叶;皮瓣内锐性游离颞浅动脉主干、顶支和额支,游离范围至头皮切缘,获得皮瓣内颞浅动脉全长;将颞浅动脉穿越颞肌隧道置于硬脑膜外,四周悬吊并切开硬脑膜,选择受体动脉,原则上为直径大、分支少、游离度好、粉红色、位于脑表或脑沟内的大脑中动脉和大脑前动脉,选择外侧裂两侧颞上回或额下回表面大脑中动脉即 M4 段(直径 1.00~1.50 mm)作为一支受体动脉、上矢状窦桥静脉附近额上回脑沟内大脑前动脉即 A5 段(直径 0.50~1.00 mm)作为另一支受体动脉;在受体动脉与脑组织之间植入带 1 mm 白色网格的绿色乳胶血管垫片,先将一支颞浅动脉与大脑中动脉 M4 段端侧吻合,再将另一支颞浅动脉与大脑前动脉 A5 段端侧吻合,因受体动脉较颞浅动脉细,尤其是 A5 段直径 < 1 mm,故纵行切开长度为动脉直径的 2~3 倍,斜行切开颞浅动脉断端后追加纵行切口,使受体动脉与颞浅动脉吻合口长度匹配,采用 9-0 或 10-0 黑色单丝尼龙血管线行单定点连续缝合(先缝合脚跟处,即供体动脉与受体动脉相交的锐角),术中行吲哚菁绿荧光血管造影术(ICGA)确认桥血管通畅;将颞肌和硬脑膜缝合贴敷于脑组织表面,以自体硬脑膜修补皮瓣的颞浅动脉床,逐层关颅。(2)STA-MCA 双搭桥术:MCA 组 25 例患者行 31 例次手术,仰卧位,气管插管全身麻醉,采取常规翼点入路,皮瓣和骨瓣范围包括颞浅动脉主干、顶支和额支、颞肌、颞上回和额下回;选择外侧裂两侧颞上回和额下回表

表 1 ACA 组与 MCA 组患者临床资料的比较

Table 1. The comparison of clinical data between ACA group and MCA group

观察指标	ACA 组	MCA 组	统计量值	P 值
性别[例(%)]	10	25	—	0.471
男性	6/10	11(44.00)		
女性	4/10	14(56.00)		
年龄[M(P_{25} , P_{75}), 岁]	28.00 (10.75, 49.25)	35.00 (26.00, 49.00)	-0.914	0.361
年龄[例(%)]	10	25	—	0.043
≥16 岁	6/10	23(92.00)		
<16 岁	4/10	2(8.00)		
高血压[例(%)]	4/10	9(36.00)	—	1.000
血脂异常[例(%)]	5/10	13(52.00)	—	1.000
吸烟>6 个月[例(%)]	4/10	6(24.00)	—	0.421
饮酒>6 个月[例(%)]	1/10	1(4.00)	—	0.496
发病形式[例次(%)]	10	31	0.006	0.936
缺血性卒中	5/10	18(58.06)		
出血性卒中	5/10	13(41.94)		
发病至手术时间 [M(P_{25} , P_{75}), 周]	32.00 (8.50, 156.75)	15.00 (8.00, 27.00)	-1.231	0.218
缺血性卒中发病至手术 时间[M(P_{25} , P_{75}), 周]	10.00 (3.00, 45.50)	9.00 (5.00, 23.50)	-0.187	0.852
出血性卒中发病至手术 时间[M(P_{25} , P_{75}), 周]	39.00 (32.00, 529.00)	23.00 (13.50, 43.50)	-1.381	0.167
入院时 mRS 评分 [例(%)]	10	25	—	1.000
0~2	10/10	24(96.00)		
>2	0/10	1(4.00)		
术侧烟雾病铃木分期 [例次(%)]	10	31	-0.952	0.341
II 期	1/10	1(3.23)		
III 期	4/10	12(38.71)		
IV 期	5/10	13(41.84)		
V 期	0/10	2(6.45)		
VI 期	0/10	3(9.68)		

—, Fisher exact probability, Fisher 确切概率法。 χ^2 test for comparison of onset of the form, and Mann-Whitney U test for comparison of others, 发病形式的比较行 χ^2 检验, 其余各项指标的比较行 Mann-Whitney U 检验。ACA, anterior cerebral artery, 大脑前动脉; MCA, middle cerebral artery, 大脑中动脉; mRS, modified Rankin Scale, 改良 Rankin 量表

面的两支大脑中动脉 M4 段作为受体动脉, 将颞浅动脉顶支和额支分别与两支 M4 段端侧吻合, 动脉吻合原则和方法同 STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术, 术中行 ICGA 以确认桥血管通畅。将颞肌贴敷于脑组织表面, 逐层关颅。

2. 疗效评价 (1) 颞浅动脉血流指标: 术中确认受体动脉后, 修剪颞浅动脉额支和顶支断端, 取下颞浅动脉主干的临时阻断夹, 以 50 ml 注射器测量并记录颞浅动脉额支和顶支断端切割流量 (CF)。

术后 1 周采用日本 TOSHIBA 公司生产的 Aplio 500 超声诊断系统, 12 MHz 线阵探头, 流量包络测量软件测量并记录颞浅动脉主干血流量, 计算公式: 颞浅动脉血流量 (ml/min) = 颞浅动脉平均血流速度 (cm/s) \times 60 (s/min) \times 颞浅动脉截面积 (mm²) / 100; 再进一步计算颞浅动脉切割流量指数 (CFI), 计算公式为: 颞浅动脉 CFI = 术后 1 周颞浅动脉血流量 (ml/min) / 术中颞浅动脉 CF (ml/min)。(2) 桥血管通畅性: 术中血管吻合后行 ICGA, 确认桥血管吻合口通畅情况; 术后 3 个月复查 DSA, 评估桥血管吻合口通畅情况。(3) 脑灌注: 分别于术前和术后 1 周行头部 CT 灌注成像 (CTP), 选择术侧额上回和额中回为兴趣区 (ROI), 直径 3 cm, 对侧兴趣区的选择与术侧对称, 计算平均通过时间 (MTT)、达峰时间 (TTP)、脑血流量 (CBF) 和脑血容量 (CBV) 相对值, 其中, MTT 和 TTP 相对值以对侧为基数, 为术侧与对侧差值; CBF 和 CBV 相对值以对侧为基数, 为术侧 / 对侧比值。比较手术前后 CTP 各项指标的变化, 判断术侧额叶灌注改善情况。(4) 神经功能: 分别于入院时和术后 1 年随访期间采用 mRS 量表评价神经功能改善情况, mRS 评分减少为神经功能好转、不变为神经功能无变化、增加为神经功能恶化。

3. 安全性评价 分别于围手术期和术后 1 年随访期间记录脑缺血和颅内出血发生率以及病死率。

4. 统计分析方法 采用 SPSS 22.0 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, 行 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法; 等级资料采用 Mann-Whitney U 检验。呈正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 行两独立样本的 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

术中确认受体动脉后, 测量颞浅动脉 CF 值, ACA 组 CF 值低于 MCA 组且差异有统计学意义 ($P = 0.011$); 术后 1 周测量颞浅动脉血流量, 组间差异无统计学意义 ($P = 0.825$); 进一步计算颞浅动脉 CFI 值, ACA 组 CFI 值高于 MCA 组且差异有统计学意义 ($P = 0.018$, 表 3)。

本组 32 例患者顺利完成 41 例次手术, 行端侧吻合 82 次, 术中 ICGA 显示桥血管吻合口均通畅。ACA 组有 6 例 (6 例次) 术后 4.00 (3.50, 5.00) 个月复

表 2 10例例行STA-ACA和STA-MCA双搭桥术联合颞肌脑贴敷术患者的临床资料

Table 2. Clinical data of 10 cases of STA-ACA and STA-MCA double barrel bypass combined with EMS

序号	手术时间	性别	年龄(岁)	发病形式	发病至手术时间(周)	术侧烟雾病铃木分期	术中STA CF值(ml/min)	术后1周STA血流量(ml/min)	CFI值	术后随访时DSA	mRS评分	
											入院时	术后随访时
1	2019年1月	女性	11	出血性卒中	27	Ⅳ期	25.00	95	3.80	通畅	0	0
2	2019年3月	男性	28	缺血性卒中	69	Ⅱ期	52.00	—	—	通畅	1	0
3	2019年5月	男性	10	缺血性卒中	10	Ⅳ期	28.00	57	2.04	通畅	1	0
4	2019年6月	女性	59	出血性卒中	37	Ⅲ期	23.00	82	3.57	—	0	0
5	2019年9月	女性	7	缺血性卒中	22	Ⅳ期	12.00	12	1.09	通畅	1	0
6	2019年11月	男性	12	出血性卒中	39	Ⅲ期	22.00	123	5.59	—	2	0
7	2019年11月	女性	28	缺血性卒中	2	Ⅲ期	15.00	74	4.93	通畅	1	3
8	2020年8月	男性	46	出血性卒中	638	Ⅳ期	69.00	109	1.58	通畅	2	2
9	2020年9月	男性	60	缺血性卒中	4	Ⅲ期	15.50	68	4.39	—	1	0
10	2020年12月	男性	42	出血性卒中	420	Ⅳ期	56.00	97	1.73	—	1	0

—, not done, 未检测。STA, superficial temporal artery, 颞浅动脉; CF, cut flow, 切割流量; CFI, cut flow index, 切割流量指数; mRS, modified Rankin Scale, 改良 Rankin 量表

表 3 ACA组与MCA组患者颞浅动脉血流指标的比较

[$M(P_{25}, P_{75})$]

Table 3. The comparison of blood flow index between ACA group and MCA group [$M(P_{25}, P_{75})$]

组别	例次数	术中CF值(ml/min)	例次数	术后血流量(ml/min)	例次数	CFI值
ACA组	10	24.00 (15.38, 53.00)	10	82.00 (62.50, 103.00)	9	3.57 (1.66, 4.66)
MCA组	31	47.00 (36.00, 70.00)	23	75.00 (27.90, 104.50)	9	1.30 (0.75, 1.70)
Z值		-2.547		-0.221		-2.357
P值		0.011		0.825		0.018

ACA, anterior cerebral artery, 大脑前动脉; MCA, middle cerebral artery, 大脑中动脉; CF, cut flow, 切割流量; CFI, cut flow index, 切割流量指数

表 4 ACA组与MCA组患者手术前后CTP指标差值的比较

[$M(P_{25}, P_{75})$]

Table 4. The comparison of difference value of CTP index of patients in ACA group and MCA group before and after surgery [$M(P_{25}, P_{75})$]

组别	例次数	MTT(s)	TTP(s)	CBF(%)	CBV(%)
ACA组	9	-0.10 (-0.45, 0.25)	-0.50 (-2.55, 0.10)	5.75 (-15.44, 8.35)	4.37 (-29.06, 15.89)
MCA组	9	0.00 (-0.70, 0.40)	-0.70 (-1.15, 0.90)	13.56 (0.95, 25.60)	6.25 (-2.63, 26.96)
Z值		0.000	-0.067	-1.703	-0.835
P值		1.000	0.947	0.089	0.404

ACA, anterior cerebral artery, 大脑前动脉; MCA, middle cerebral artery, 大脑中动脉; MTT, mean transmit time, 平均通过时间; TTP, time to peak, 达峰时间; CBF, cerebral blood flow, 脑血流量; CBV, cerebral blood volume, 脑血容量

查 DSA, 12 个吻合口均通畅, 桥血管通畅率 100%; MCA 组有 16 例(19 例次)术后 5(3, 7) 个月复查 DSA, 31 个吻合口通畅, 桥血管通畅率为 81.58%(31/38); 组间差异无统计学意义($\chi^2 = 1.268, P = 0.260$)。

ACA 组有 9 例(9 例次)和 MCA 组 9 例(9 例次)分别于术前和术后 1 周行 CTP 检查, 两组 MTT 相对值($P = 1.000$)、TTP 相对值($P = 0.947$)、CBF 相对值($P = 0.089$)、CBV 相对值($P = 0.404$)差异均无统计学意义(表 4)。

ACA 组和 MCA 组分别于术后 10.00(3.75, 15.50)和 12(12, 12) 个月采用 mRS 量表评价神经功能, ACA 组好转 6 例次(6/10)、无变化 3 例次(3/10)、恶化 1 例次(1/10), MCA 组好转 10 例次(32.26%)、无变化 17 例次(54.84%)、恶化 4 例次(12.90%), 组间差异无统计学意义($Z = -1.355, P = 0.223$)。

围手术期 ACA 组有 1 例次(1/10)出现双侧额叶多发点状缺血, 未见颅内出血和死亡病例; MCA 组有 4 例次(12.90%)出现术侧额叶缺血, 1 例次(3.23%)出现术侧颞枕叶大面积缺血伴颞叶出血, 无死亡病例; 两组脑缺血和颅内出血并发症发生率差异无统计学意义(Fisher 确切概率法: $P = 1.000$)。ACA 组随访至术后 10.00(3.75, 15.50) 个月, 均未发生脑缺血、颅内出血和死亡; MCA 组随访至术后 12(12, 12) 个月, 1 例次(3.23%)术后 1 个月时出现术侧额叶缺血, 无颅内出血和死亡病例; 两组脑缺血并发症发生率差异无统计学意义(Fisher 确切概率法: $P = 1.000$)。

典型病例

患者(例 8) 男性, 46 岁, 主因突发左侧肢体无

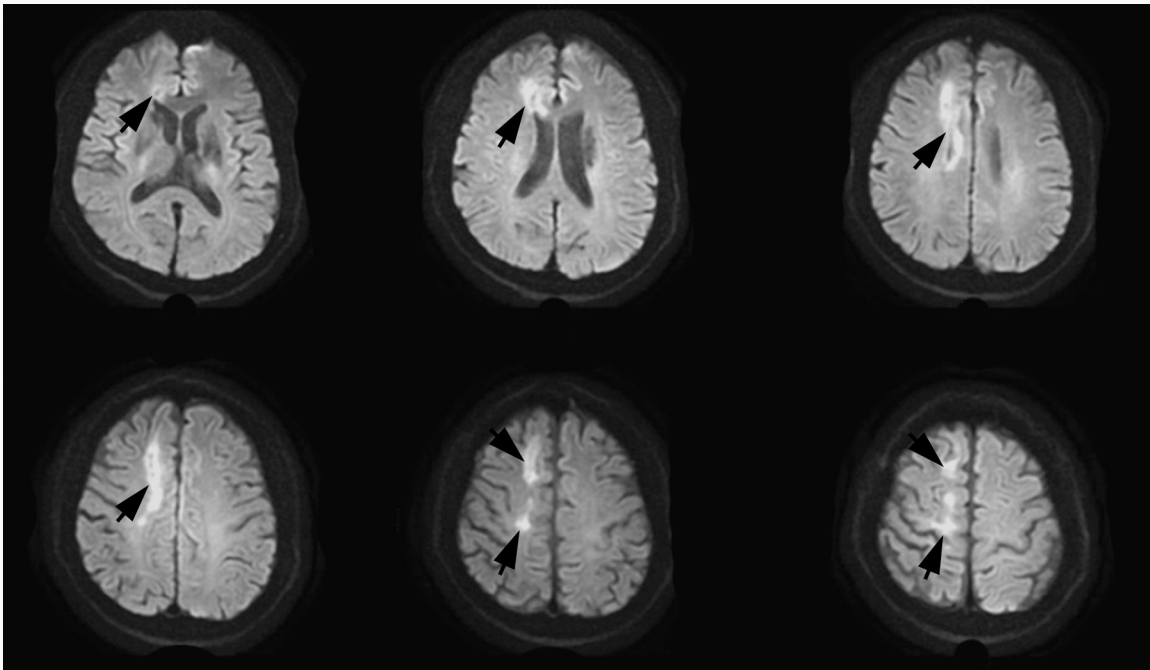


图1 术前1周横断面DWI显示,右侧额叶皮质下、胼胝体干偏右片状高信号影,提示新发梗死灶(箭头所示)

Figure 1 One week before surgery, DWI showed hyperintensity signals in the right subfrontal cortex and corpus callosum trunk, suggesting new infarcts (arrows indicate).

力伴言语不清56天,于2020年8月18日入院。患者入院前56天无明显诱因反复发作短暂性左下肢无力,每次持续10分钟后自行缓解;1个月后出现言语不清。患者12年前发生脑出血,予对症药物治疗(具体方案不详),8年前发生脑梗死,予对症药物治疗(具体方案不详),均未遗留后遗症;既往有高血压病史8年,收缩压最高达180 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa),服用替米沙坦降压治疗,近期血压控制良好,吸烟史25年(6支/d)。入院后体格检查:左利手,部分运动性失语,左下肢肌力4级、左上肢5级,mRS评分为2。实验室检查:血清脂质和血糖均未见异常,血清同型半胱氨酸为24.92 $\mu\text{mol/L}$ (5.46~16.20 $\mu\text{mol/L}$)。影像学检查:术前20天(8月7日)DWI显示,右侧额叶皮质下、胼胝体区片状高信号影,提示新发梗死灶(图1)。DSA显示,右大脑中动脉重度狭窄,右大脑前动脉闭塞,伴烟雾样血管(图2a);左大脑中动脉重度狭窄,伴烟雾样血管,前交通动脉不发达(图2b);大脑后动脉(PCA)和颈内动脉、大脑中动脉、大脑前动脉侧支循环欠佳(图2c);右颞浅动脉额支和顶支发达,额支末端达中线,长度满足与大脑前动脉吻合,右脑膜中动脉与枕叶之间有少量侧支交通(图2d)。血管超声检测右颞浅

动脉主干血流量为21 ml/min。临床诊断为烟雾病,右侧铃木分期IV期、左侧II期。既往曾经发生脑出血1次、脑缺血1次,此次以右侧额叶缺血发病,且右颞浅动脉额支长度充分,计划施行以大脑前动脉和大脑中动脉为受体动脉的血管搭桥术。遂于2020年8月27日在全身麻醉下行右STA额支-ACA和右STA顶支-MCA双搭桥术联合颞肌脑贴敷术。术中可见大脑镰附近额上回表面大脑前动脉直径为1 mm,稍小于颞浅动脉额支末端(图3a),右颞浅动脉主干CF为69 ml/min;行颞浅动脉与大脑前动脉端侧吻合时,切开大脑前动脉吻合口的长度为直径的3倍,10-0黑色单丝尼龙血管线行单点连续缝合(图3b),保留脑膜中动脉及周围硬脑膜,将颞浅动脉两支顶支分别与额下回、颞上回表面大脑中动脉端侧吻合(图3c);再将颞肌和硬脑膜缝合贴敷于额下回和颞叶脑组织表面。术后1周血管超声检测右颞浅动脉主干血流量为109 ml/min,CFI值为1.58;术后2个月颞浅动脉血流量为93 ml/min,CFI值为1.34。术后2个月复查CTA和DSA,右颞浅动脉与大脑前动脉和大脑中动脉吻合口通畅,额支血流经吻合口进入大脑前动脉,逆流进入纵裂供应胼周动脉和胼缘动脉,颞深动脉和大脑中动脉侧支建

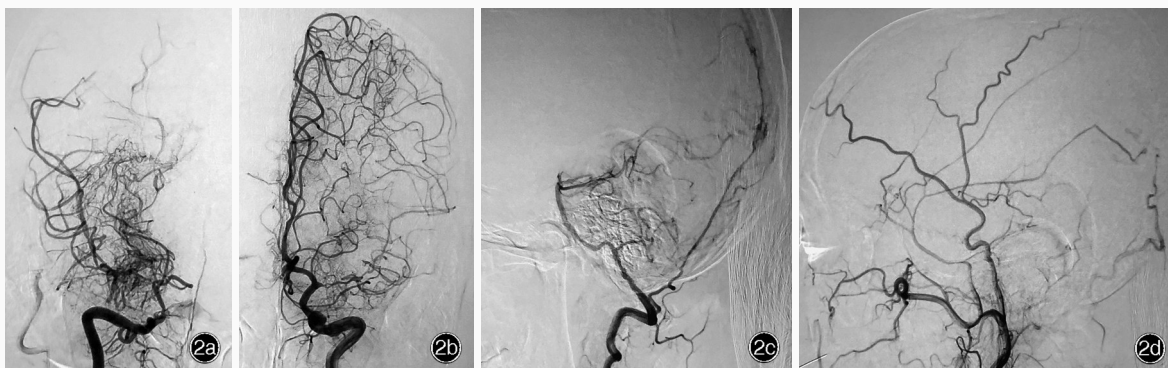


图 2 术前 1 周 DSA 所见 2a 右颈内动脉正位 DSA 显示, 右大脑中动脉重度狭窄, 右大脑前动脉闭塞, 伴烟雾样血管 2b 左颈内动脉正位 DSA 显示, 左大脑中动脉重度狭窄, 伴少量烟雾样血管, 前交通动脉不显影 2c 左椎动脉侧位 DSA 显示, 双侧大脑后动脉和颈内动脉、大脑中动脉、大脑前动脉远端分支较少, 提示侧支代偿欠佳 2d 右颈外动脉侧位 DSA 显示, 右颞浅动脉额支和顶支发达, 额支末端到达中线, 可与大脑前动脉搭桥, 右脑膜中动脉与枕叶脑组织之间有少量侧支

Figure 2 DSA findings one week before surgery The right ICA anteroposterior DSA showed severe stenosis of right MCA, occlusion of right ACA with moyamoya vessels (Panel 2a). The left ICA anteroposterior DSA showed severe stenosis of left MCA with a small amount of moyamoya vessels, and ACoA was weak (Panel 2b). The left VA lateral DSA showed the collateral circulation from PCA to ICA, MCA, ACA was weak (Panel 2c). The right ECA lateral DSA showed frontal branch and parietal branch of right STA was strong. The end of frontal branch could reach the midline, which had opportunity to achieve the bypass surgery. There were a few collateral branches between right middle meningeal artery and occipital lobe brain tissue (Panel 2d).

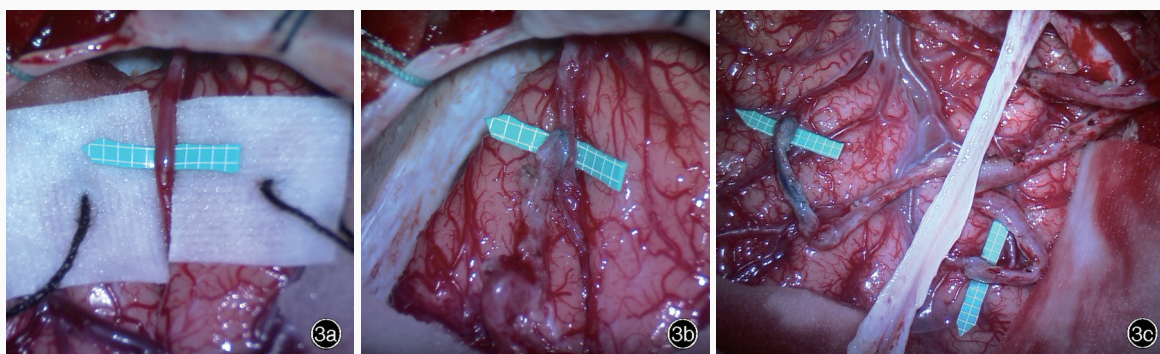


图 3 术中所见 3a 右大脑前动脉位于额上回表面, 直径 1 mm; 大脑前动脉与额叶脑组织之间植入带 1 mm 白色网格的绿色乳胶血管垫片 3b 行右颞浅动脉额支与大脑前动脉端侧吻合, 白色大脑镰位于额叶中线侧 3c 行右颞浅动脉顶支的两支与额下回、额上回表面大脑中动脉端侧吻合, 术区中央浅部为脑膜中动脉及其附着的硬脑膜

Figure 3 Findings during operation The right ACA was located on the surface of the superior frontal gyrus, and diameter was 1 mm; a green latex vascular gasket with 1 mm white grid was implanted between ACA and the frontal lobe brain tissue (Panel 3a). The frontal branch of right STA was anastomosed with ACA in end-to-side anastomosis, and the white cerebral falx was located on the midline side of the frontal lobe (Panel 3b). Two branches of the parietal branch of right STA were anastomotic with MCA on the surface of the inferior frontal gyrus and superior temporal gyrus, and middle meningeal artery and its attached endocranium were located in the superficial center of the operation area (Panel 3c).

立不明显, 烟雾样血管减少(图 4)。术后 3 个月, 择期行左 STA-MCA 双搭桥术联合颞肌脑贴敷术, 由于患者左侧额叶供血充分, 故未纳入本研究。右 STA 额支-ACA 和右 STA 顶支-MCA 双搭桥术联合颞肌脑贴敷术后 6 个月复查, 未复发脑缺血和脑出血, mRS 评分为 2。

讨 论

一、STA-ACA 搭桥术治疗烟雾病的历史

关于 STA-ACA 搭桥术治疗烟雾病的文献相对较少, 目前仅检索到 1 篇中文文献^[12]和 7 篇英文文

献^[13-19]共计 57 例, 其中 1 篇来自中国^[12]、6 篇来自日本^[13-18]、1 篇来自瑞士^[19]。国内刘承基教授团队于 1981 年 6 月 27 日完成世界首例 STA-ACA 搭桥术, 以纵裂内走行的胼周动脉作为受体动脉, 移植胃网膜动脉^[12]。日本新泻大学 Ishii 等 1982 年完成世界第 2 例 STA-ACA 搭桥术, 以纵裂内走行的胼缘动脉作为受体动脉, 移植前臂头静脉^[13]。日本国立心血管病中心 Iwama 等^[14]于 1997 年完成世界首例以额上回表面大脑前动脉作为受体动脉、未移植血管的 STA-ACA 搭桥术。根据大脑前动脉受体部位、颞浅动脉与大脑前动脉之间是否移植血管、是否双侧大



图 4 术后 2 个月头部影像学检查所见 4a CTA 显示,右颞浅动脉与大脑前动脉、右颞浅动脉与大脑中动脉吻合口通畅 4b,4c 右颈外动脉正位和侧位 DSA 显示,右颞浅动脉与大脑前动脉、右颞浅动脉与大脑中动脉吻合口通畅 4d 右颈总动脉正位 DSA 显示,右大脑中动脉 M1 段烟雾样血管减少

Figure 4 Head imaging findings 2 months after surgery CTA showed right STA-ACA, right STA-MCA anastomosis remained patency (Panel 4a). The right ECA anteroposterior and lateral DSA showed right STA-ACA, right STA-MCA anastomosis remained patency (Panel 4b, 4c). The right CCA anteroposterior DSA showed moyamoya vessels were reduced in right MCA M1 segment (Panel 4d).

脑前动脉同时吻合,将文献报道的 57 例 STA-ACA 搭桥术分为 4 种类型:(1)STA-ACA 搭桥术:47 例。(2)STA-移植血管-ACA 搭桥术:5 例,移植血管长度为 4 cm,其中移植颞浅动脉 4 例、移植枕动脉 1 例。(3)STA-胃网膜动脉/头静脉-胛周动脉/胛缘动脉搭桥术:2 例。(4)双侧 STA-ACA 同期搭桥术:3 例。本研究是世界首项采用 STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术与 STA-MCA 双搭桥术治疗烟雾病的对照研究,亦是国内首例未移植血管的 STA-ACA 搭桥术治疗烟雾病的报道。

二、STA-ACA 搭桥术治疗烟雾病的必要性

烟雾病患者颈内动脉供血区存在缺血风险,尤其当大脑前动脉重度狭窄或闭塞、前交通动脉不发达、大脑前动脉和大脑后动脉软膜侧支代偿不理想时,围手术期和术后随访期间大脑前动脉供血区缺血风险较大。此类患者属于烟雾病的高危病例。烟雾病的主流外科手术仅将大脑中动脉作为受体动脉行直接搭桥术或间接搭桥术^[3]。尽管有文献报道 STA-MCA 搭桥术后可通过大脑中动脉与大脑前动脉之间的软膜侧支部分改善大脑前动脉供血区灌注^[20],但这样的侧支血流量可能并不充分,围手术期和术后随访期间发生缺血的风险仍较大,尤其是儿童的缺血风险更大^[5],因此本研究采取更积极的 STA-ACA 直接搭桥术,并与 STA-MCA 直接搭桥术对比分析疗效。我们认为,在条件允许的情况下,原则上应积极实施可以改善大脑前动脉供血区灌注的外科手术方案,包括 STA-ACA 搭桥术和骨膜硬膜脑贴敷术(EDPS)^[21-22]。骨膜硬膜脑贴敷术简

便易行,但骨膜和硬脑膜供给额叶的血供有限。研究显示,直接搭桥术预防脑卒中的作用优于间接搭桥术^[2]。随着显微镜、显微血管吻合器械、血管缝线等设备、器械和耗材的发展,以直径 0.50~1.00 mm 的额叶表面大脑前动脉为受体动脉的直接搭桥术将逐渐普及^[14-19],有利于提高烟雾病疗效、改善大脑前动脉供血区灌注。

三、STA-ACA 搭桥术的技术要点

由于部分颞浅动脉长度不足,无法实现直接搭桥^[13-15,19];颞浅动脉末端和额上回表面大脑前动脉直径 < 1 mm,术者担心吻合口血流量不足,易导致桥血管闭塞;供体颞浅动脉相对较长,血流阻力相对较大,影响桥血管的长期通畅性,因此,STA-ACA 搭桥术治疗烟雾病的病例较罕见。中国医科大学附属第一医院自 2019 年 1 月开始挑选颞浅动脉长度理想、大脑前动脉供血区缺血的烟雾病患者行 STA-ACA 直接搭桥术,而对于颞浅动脉长度不足者,未行 STA-移植血管-ACA 搭桥术。该术式的核心为:(1)头皮切口达中线,皮下锐性游离皮瓣内颞浅动脉全长。(2)额颞游离骨瓣,显露颞叶和额上回、额中回、额下回。(3)在中线桥静脉旁脑沟内寻找术野内直径最大的大脑前动脉作为受体动脉。(4)在大脑前动脉与脑组织之间植入带 1 mm 白色网格的绿色乳胶血管垫片。(5)纵行切开大脑前动脉的长度为直径的 2~3 倍,斜行切开颞浅动脉断端后追加纵行切口,使吻合口长度匹配。(6)亚甲蓝染色血管壁。(7)以 10-0 和 11-0 黑色单丝尼龙血管线行单定点连续缝合。应注意的是,本研究采取的整块

额颞游离骨瓣开颅方法,与文献报道的额骨和侧裂附近两个游离骨瓣开颅方法不同^[17,19],整块游离额颞骨瓣开颅操作更简便,可以获得更广阔的额上回术野,便于寻找到适宜的大脑前动脉受体血管;本研究采用的血管吻合方法也与文献报道的间断缝合、大针距缝合、棉片压迫止血不同^[19],我们的血管吻合方法是宽敞吻合口、适度松紧的单点连续缝合,对于吻合口渗漏,采用加针止血而不以棉片压迫止血,同时兼顾缝合效率和吻合口宽度,有利于获得更理想的吻合口长期通畅。

四、颞浅动脉血流量和 CFI 值

与 STA-脑血管单搭桥术相比,双搭桥术是否增加脑过度灌注的风险,是常被讨论的问题。本研究有 18 例次(43.90%)以出血性卒中发病的烟雾病患者,围手术期和随访期间均未出现脑过度灌注,可能的原因为:(1)术后 1 周 ACA 组和 MCA 组颞浅动脉血流量分别为 82.00(62.50, 103.00)和 75.00(27.90, 104.50) ml/min,均明显低于正常颈内动脉血流量(300 ml/min),因此,STA-脑血管双搭桥术属于低流量脑血管重建术,仅可部分缓解颈内动脉系统缺血,故烟雾病患者脑灌注变化较温和。(2)颞浅动脉的血流通过两支受体动脉供应两个区域,承受颞浅动脉血流的脑组织体积较大,且两支受体动脉的阻力可以通过额支和顶支的交通互相平衡,从而减少 STA-脑血管单搭桥术中颞浅动脉全部血流供应血管网络欠佳的脑组织“孤岛”引起的局部过度灌注。术后颞浅动脉血流量通常大于术中 CF 值,可能的原因为,术中颞浅动脉显露于空气中,温度低于体温,处于干燥的大气压环境,术后则进入与脑组织相同的稳定温度、压力和湿润环境中,这样的环境有利于其血流量的改善。本研究进一步计算颞浅动脉 CFI 值,ACA 组 CFI 值为 3.57(1.66, 4.66),明显高于 MCA 组的 1.30(0.75, 1.70),可能的原因为:(1)ACA 组颞浅动脉同时供应缺血的纵裂和外侧裂附近的广泛脑组织,覆盖的缺血脑组织体积较大。(2)ACA 组 < 16 岁的患儿比例较高(4/10 例),儿童颞浅动脉 CF 较低,颞浅动脉和脑血管的延展性较好。ACA 组较高的 CFI 值为桥血管的长期通畅奠定了基础。

五、STA-ACA 搭桥术后桥血管通畅性和疗效

日本北海道大学 Houkin 等^[4]发现,STA-MCA 搭桥术后 3 个月,经 DSA 确认成年烟雾病患者桥血管通畅率为 94%,儿童患者仅为 53%。本研究术后 4~

5 个月 DSA 随访显示,ACA 组桥血管吻合口通畅率为 12/12, MCA 组为 81.58%(31/38),虽然差异未达到统计学意义,但这种趋势的原因可能是两个吻合口的距离不同,ACA 组两个吻合口分别位于外侧裂附近和额上回,距离较远,颞浅动脉与两支受体动脉之间的压力差相互独立,有利于两个吻合口保持同时通畅;MCA 组两个吻合口位于外侧裂附近额下回和颞上回,距离较近,大脑中动脉网络较好的烟雾病患者两支距离较近的大脑中动脉受体血管压力接近,颞浅动脉与两支受体动脉压力差接近,有可能影响两个吻合口的同时通畅。尽管本研究 ACA 组获得较理想的桥血管通畅性和颞浅动脉 CFI 值,但并未显著改善患者预后,围手术期和随访期间 ACA 组与 MCA 组脑缺血和颅内出血发生率差异均无统计学意义,术后 1 年神经功能预后差异亦无统计学意义。

六、本研究的优势、局限性和解决方案

本研究作为全球首项 STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术与 STA-MCA 双搭桥术治疗烟雾病的病例对照研究,纳入大脑前动脉供血区缺血的患者,并在相同的 STA-MCA 单搭桥术联合颞肌脑贴敷术的基础上,对比分析 STA-ACA 单搭桥术与 STA-MCA 单搭桥术的疗效,尽可能排除外科手术的干扰因素,是本研究的优势。但是本研究仍存在一定的局限性:(1)病例数较少。(2)未能收集全部病例的所有观察指标。(3)ACA 组与 MCA 组成年患者(≥ 16 岁)比例不匹配。今后将采用前瞻性随机对照研究,组间匹配更理想,观察指标更完整,随访时间更长,从而更全面评估 STA-ACA 搭桥术治疗烟雾病的疗效。

综上所述,STA-ACA 和 STA-MCA 双搭桥术联合颞肌脑贴敷术治疗大脑前动脉供血区缺血的烟雾病,桥血管通畅性良好,可以获得满意的长期疗效;该术式与 STA-MCA 双搭桥术联合颞肌脑贴敷术相比,颞浅动脉 CFI 值更高,而术后长期疗效相当。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Miyamoto S, Yoshimoto T, Hashimoto N, Okada Y, Tsuji I, Tominaga T, Nakagawara J, Takahashi JC; JAM Trial Investigators. Effects of extracranial - intracranial bypass for patients with hemorrhagic moyamoya disease: results of the Japan Adult Moyamoya Trial[J]. Stroke, 2014, 45:1415-1421.
- [2] Jeon JP, Kim JE, Cho WS, Bang JS, Son YJ, Oh CW. Meta-analysis of the surgical outcomes of symptomatic moyamoya disease in adults[J]. J Neurosurg, 2018, 128:793-799.
- [3] Acker G, Fekonja L, Vajkoczy P. Surgical management of

- moyamoya disease[J]. *Stroke*, 2018, 49:476-482.
- [4] Houkin K, Kuroda S, Ishikawa T, Abe H. Neovascularization (angiogenesis) after revascularization in moyamoya disease: which technique is most useful for moyamoya disease[J]? *Acta Neurochir (Wien)*, 2000, 142:269-276.
- [5] Sato Y, Kazumata K, Nakatani E, Houkin K, Kanatani Y. Characteristics of moyamoya disease based on national registry data in Japan[J]. *Stroke*, 2019, 50:1973-1980.
- [6] 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.
- [7] Ren B, Duan L. Interpretation of diagnostic and treatment guidelines for moyamoya disease (spontaneous Willis ring occlusion) 2012 (Japan)[J]. *Zhongguo Nao Xue Guan Bing Za Zhi*, 2014, 11:6-9.[任斌, 段炼. 2012 年烟雾病 (Willis 环自发性闭塞) 诊断治疗指南 (日本) 的解读[J]. *中国脑血管病杂志*, 2014, 11:6-9.]
- [8] Chinese Expert Consensus on Diagnosis and Treatment of Moyamoya Disease and Moyamoya Syndrome, Ischemic Stroke Surgery Professional Committee of Stroke Prevention Expert Committee of National Health and Family Planning Commission. Chinese expert consensus on diagnosis and treatment of moyamoya disease and moyamoya syndrome (2017) [J]. *Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2017, 33:541-547.[烟雾病和烟雾综合征诊断与治疗中国专家共识编写组, 国家卫生计生委脑卒中防治专家委员会缺血性卒中外科专业委员会. 烟雾病和烟雾综合征诊断与治疗中国专家共识 (2017) [J]. *中华神经外科杂志*, 2017, 33:541-547.]
- [9] Tong ZY, Sun HY, Liu Y, Wang G, Zhang JS, Chu JG, Wen ZF, Pan QC, Liang CS. Short-term outcomes of sequential double anastomosis in the treatment of moyamoya disease [J]. *Zhonghua Nao Xue Guan Bing Za Zhi (Dian Zi Ban)*, 2021, 15: 88-94.[佟志勇, 孙怀宇, 刘源, 王刚, 张劲松, 初金刚, 温志锋, 潘起晨, 梁传声. 序贯双吻合技术治疗烟雾病的短期疗效分析[J]. *中华脑血管病杂志 (电子版)*, 2021, 15:88-94.]
- [10] Suzuki J, Takaku A. Cerebrovascular "moyamoya" disease: disease showing abnormal net-like vessels in base of brain[J]. *Arch Neurol*, 1969, 20:288-299.
- [11] Scott RM, Smith ER. Moyamoya disease and moyamoya syndrome[J]. *N Engl J Med*, 2009, 360:1226-1237.
- [12] Department of Neurosurgery, Nanjing Army General Hospital. Microvascular surgery for the treatment of cerebral ischemia due to anterior cerebral artery occlusion [J]. *Zhonghua Shen Jing Jing Shen Ke Za Zhi*, 1983, 16:26-28.[南京部队总医院神经外科. 显微血管手术治疗大脑前动脉闭塞性脑缺血[J]. *中华神经精神科杂志*, 1983, 16:26-28.]
- [13] Ishii R, Koike T, Takeuchi S, Ohsugi S, Tanaka R, Konno K. Anastomosis of the superficial temporal artery to the distal anterior cerebral artery with interposed cephalic vein graft: case report[J]. *J Neurosurg*, 1983, 58:425-429.
- [14] Iwama T, Hashimoto N, Tsukahara T, Miyake H. Superficial temporal artery to anterior cerebral artery direct anastomosis in patients with moyamoya disease [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 1997, 99 Suppl 2:134-136.
- [15] Iwama T, Hashimoto N, Miyake H, Yonekawa Y. Direct revascularization to the anterior cerebral artery territory in patients with moyamoya disease: report of five cases [J]. *Neurosurgery*, 1998, 42:1157-1161.
- [16] Ishikawa T, Kamiyama H, Kuroda S, Yasuda H, Nakayama N, Takizawa K. Simultaneous superficial temporal artery to middle cerebral or anterior cerebral artery bypass with pan-synangiosis for moyamoya disease covering both anterior and middle cerebral artery territories [J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2006, 46:462-468.
- [17] Kawashima A, Kawamata T, Yamaguchi K, Hori T, Okada Y. Successful superficial temporal artery - anterior cerebral artery direct bypass using a long graft for moyamoya disease: technical note[J]. *Neurosurgery*, 2010, 67(3 Suppl Operative):ons145-149.
- [18] Egashira Y, Yoshimura S, Enomoto Y, Nakayama N, Iwama T. Single-stage direct revascularization for bilateral anterior cerebral artery regions in pediatric moyamoya disease: a technical note[J]. *World Neurosurg*, 2018, 118:324-328.
- [19] Khan N, Schuknecht B, Boltshauser E, Capone A, Buck A, Imhof HG, Yonekawa Y. Moyamoya disease and moyamoya syndrome: experience in Europe; choice of revascularisation procedures[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2003, 145:1061-1071.
- [20] Cho WS, Kim JE, Paeng JC, Suh M, Kim YI, Kang HS, Son YJ, Bang JS, Oh CW. Can combined bypass surgery at middle cerebral artery territory in adult moyamoya disease [J]? *Neurosurgery*, 2017, 80:431-438.
- [21] Zhao Y, Yu S, Li J, Lu J, Zhang Q, Zhang D, Wang R, Zhao Y. Modified encephalo-duro-periosteal-synangiosis (EDPS) for the revascularization of anterior cerebral artery territory in moyamoya disease: a single-center experience[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2019, 178:86-92.
- [22] Song YS, Oh SW, Kim YK, Kim SK, Wang KC, Lee DS. Hemodynamic improvement of anterior cerebral artery territory perfusion induced by bifrontal encephalo (periosteal) synangiosis in pediatric patients with moyamoya disease: a study with brain perfusion SPECT[J]. *Ann Nucl Med*, 2012, 26: 47-57.

(收稿日期: 2021-07-13)

(本文编辑: 彭一帆)

下期内容预告 本刊 2021 年第 8 期报道专题为颅底肿瘤, 重点内容包括: 内镜颅底外科现状与展望; 内镜技术在垂体疾病中的应用; 个性化内镜技术在经鼻侧颅底手术中的应用; 脑桥小脑角肿瘤内镜手术要点分析; 海绵窦神经监测在经鼻蝶入路内镜手术中的初步应用; 开颅显微镜联合内镜下经鼻蝶入路手术切除侵袭及颅内的嗅神经母细胞瘤疗效分析; 内镜下经鼻蝶入路手术后多激素垂体腺瘤中短期疗效分析; 颅底肿瘤开颅手术后颅内感染相关危险因素分析