

颅内血管重建术在治疗颅内 动脉粥样硬化性缺血性脑血管病中的应用

金盼盼 潘力* 肖国民 王冠儒 张少杰 丁磊
长江航运总医院神经外科 湖北武汉 430015

摘要:目的:评价颅内血管重建技术在颅内动脉粥样硬化性狭窄型缺血性脑血管病的治疗效果,探讨颅内血管重建技术在新形势下对于颅内动脉粥样硬化性狭窄型缺血性脑血管病治疗的有效性。方法:回顾性分析 42 例颅内动脉粥样硬化性狭窄型缺血性脑血管病病人的临床资料,其中 32 例短暂性脑缺血发作病例中,6 例存在语言功能障碍问题,4 例表现出偏侧肢体无力症状。根据临床症状结合术前影像学资料,行颅内血管重建治疗。根据术后临床症状改善情况,并对比手术前后影像学资料的变化,对颅内血管重建术治疗效果进行评价。结果:短暂性脑缺血发作病人中,1 例术后出现卒中事件,其余 31 例术后短暂性脑缺血发作的症状消失;语言功能障碍及偏侧肢体无力的患者,术后半年观察发现其症状显著改善;与此同时,对 38 例颅内动脉粥样硬化性狭窄型缺血性脑血管病患者开展术后影像学复查,所有病例均取得良好效果。结论:颅内血管重建技术在颅内动脉粥样硬化性狭窄型缺血性脑血管病的预防和治疗是有效的。

关键词:脑缺血;动脉硬化;颅内血管重建技术

自 1967 年首次在颞浅动脉(STA)和大脑中动脉(MCA)皮质支之间进行颅内血管重建以来,其手术技术的变化不大^[1]。然而,关于颅内血管重建的吻合口的可持续性、其血流动力学意义及其在大脑血流供应中的作用的讨论在专家中仍然存在。其中一个原因是关于颅内动脉粥样硬化性狭窄型缺血性脑血管病患者的颅内血管重建术的有效性,在国内外大型的多中心临床研究的结论仍然不明确^[2]。颅内血管搭桥术是改善存在脑血流动力学障碍的颅内动脉粥样硬化性狭窄型缺血性脑血管病患者脑血流的有效手段。在 2017 年 1 月至 2022 年 1 月期间,本研究对 42 例此类患者实施颅内血管重建手术治疗,旨在更深入、系统地探究颅内血管搭桥术对此类病症的临床有效性,为临床实践提供更有价值的参考。

1 材料与方法

1.1 临床资料

1.1.1 纳入与排除标准

本研究纳入标准:(1)符合世界卫生组织(WHO)脑卒中诊断标准及全国第四届脑血管病会议制定的 ICAS-ICVD 诊断标准[3,4];(2)经 DSA 或 320 排螺旋 CTA 证实存在颅内大动脉(颈内动脉颅内段、大脑中动脉 M1 段等)狭窄 $\geq 70\%$ 或闭塞;(3)存在脑血流动力学障碍证

据(CT 灌注成像显示 TTP 延迟 ≥ 3 s,或 CBF 较对侧降低 $\geq 20\%$);(4)存在反复 TIA(每月发作 ≥ 2 次)、轻度神经功能障碍(如肢体无力、语言障碍)等临床症状;(5)颅外供体血管(颞浅动脉)直径 ≥ 1.5 mm,血流良好(经 TCD 检测收缩期流速 ≥ 40 cm/s)。

排除标准:(1)脑梗死急性期(发病 6 h 内);(2)无症状性脑缺血;(3)血栓栓塞性脑缺血(如心源性栓塞);(4)颅内多发血管狭窄(≥ 3 支主要血管受累);(5)颞浅动脉发育不良(直径 < 1.0 mm或血流中断);(6)合并严重肝肾功能不全、凝血功能障碍或恶性肿瘤。

1.1.2 一般资料

本研究共纳入 42 例患者,其中男性 30 例(71.4%),女性 12 例(28.6%);年龄 39~71 岁,平均 (55.43 ± 1.81) 岁。所有患者均存在至少 1 种脑血管病危险因素:高血压 32 例(76.2%,其中 21 例服用钙通道阻滞剂,11 例服用血管紧张素转换酶抑制剂),糖尿病 18 例(42.9%,均采用胰岛素或二甲双胍控制,空腹血糖控制在 6.1~8.3 mmol/L),高脂血症 25 例(59.5%,19 例服用他汀类药物,低密度脂蛋白胆固醇控制在 1.8~2.6 mmol/L),吸烟史 20 例(47.6%,其中 12 例吸烟 ≥ 20 年,每日吸烟 ≥ 10 支),饮酒史 15 例(35.7%,均为少量饮酒,每周酒精摄入量 < 200 g)。

1.1.3 临床症状与体征

TIA 发作: 32 例患者表现为反复 TIA, 发作频率为每周 1~5 次, 持续时间 5~30 min。其中 20 例为颈内动脉系统 TIA(表现为单侧肢体麻木、无力或言语不清), 12 例为椎-基底动脉系统 TIA(表现为眩晕、复视或行走不稳)。

语言功能障碍: 6 例患者存在语言障碍, 其中 3 例为运动性失语(不能流利表达, 词汇量 < 50 个/分钟), 2 例为感觉性失语(不能理解他人语言), 1 例为混合性失语(兼具运动性与感觉性失语特征)。经波士顿诊断性失语症检查(Boston Diagnostic Aphasia Examination, BDAE)评分, 术前平均得分为 32.5 ± 6.8 分(满分 100 分, <50 分为显著障碍)。

偏侧肢体无力: 4 例患者表现为单侧肢体肌力下降, 其中左侧 2 例、右侧 2 例; 肌力分级为 3 级(可抗重力但不能抗阻力)3 例, 4 级(可抗部分阻力)1 例。

1.2 手术方法与围手术期管理

1.2.1 术前准备

血管评估: 术前 1 d 采用彩色多普勒超声再次确认颞浅动脉顶支走行(标记为从耳屏前 2 cm 至顶结节的直线区域)、直径(测量 3 个点取平均值)及血流状态(排除痉挛或血栓); 通过 3D-CTA 重建 STA 与 MCA 分支的空间关系, 规划最短吻合路径(避免血管扭曲)。

患者准备: 术前 6 h 禁食水, 术前 30 min 静脉输注头孢二代抗生素(预防感染); 血压控制在 120~140/80~90 mmHg(避免过高增加术中出血风险, 过低加重脑缺血); 术前 1d 开始口服阿司匹林 100 mg(抗血小板聚集, 降低吻合口血栓风险)。

器械准备: 显微镜(蔡司 OPMI Pentero 900)、显微手术器械(血管镊、剪刀、持针器, 规格 0.5 mm)、6-0 prolene 缝线(针长 8 mm, 圆针)、吲哚菁绿(ICG)荧光造影设备(德国博医来)、开颅铣刀(直径 3 mm)。

1.2.2 手术步骤

切口设计: 沿 STA 顶支走行做直切口(长约 6~8 cm), 起点位于耳屏上缘 2 cm, 终点至顶结节前 1 cm, 避免跨越发际线(减少术后脱发)。

STA 游离: 切开皮肤及皮下组织(深度约 0.5 cm), 在显微镜下(放大倍数 $10\times$)分离 STA 顶支, 保留血管周围 0.5 cm 宽的脂肪组织(保护血管滋养血管); 游离长度约 5~6 cm, 确保无血管痉挛(可局部喷洒罂粟碱溶液)。

开颅操作: 沿 STA 下方切开颞肌(采用钝性分离, 避免损伤肌肉内血管), 用铣刀铣出直径约 3~4 cm 的骨瓣(骨瓣中心位于 MCA 分支密集区, 即颞弓上缘 4 cm、中线旁 3 cm); 骨缘涂抹骨蜡(止血), 硬脑膜悬吊(预防硬膜外血肿)。

MCA 分支选择: 十字形切开硬膜(直径约 2 cm), 在显微镜下(放大倍数 $16\times$)探查 MCA 皮质支, 选择直径 > 1 mm、搏动良好的分支(通常为额顶升支), 游离分支长度约 1 cm(便于吻合)。

血管吻合: 用血管夹暂时阻断 STA 远端及 MCA 分支(阻断时间 < 15 min), 肝素盐水(浓度 50 U/mL)冲洗血管腔; 采用端侧吻合方式, 先在吻合口两端各缝 1 针(固定作用), 再从两端向中间均匀缝合 8~10 针(针距 0.3 mm, 边距 0.2 mm), 确保内膜对齐(避免外翻或内翻)。

通畅性验证: 移除血管夹, 观察血管充盈情况; 静脉注射 ICG (0.5 mg/kg), 荧光造影显示吻合口血流通畅(无狭窄、无漏血), STA 血流向 MCA 分支灌注(图 3)。

关颅: 硬膜间断缝合(留 1 个小孔引流), 骨瓣复位固定(钛钉 4~6 枚), 分层缝合颞肌、皮下组织及皮肤(放置皮下引流管 1 根, 24 h 后拔除)。

1.2.3 术后管理

血压监测: 术后 24 h 持续心电监护, 血压维持在 130~150/80~100 mmHg(较术前略高, 避免低灌注); 若收缩压 > 160 mmHg, 静脉输注尼卡地平(剂量 $0.5\sim 1\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)。

抗血小板治疗: 术后 6 h 开始口服阿司匹林 100 mg/d(长期服用), 若存在高血栓风险(如糖尿病), 加用氯吡格雷 75 mg/d(联用 3 个月)。

扩容治疗: 术后第 1 天开始静脉输注低分子右旋糖酐 500 mL/d(连续 5 d), 维持血容量(血细胞比容 30%~35%)。

并发症防治: 每日监测体温(若 > 38.5°C , 行腰椎穿刺排除颅内感染); 术后 24 h 复查头部 CT(排除颅内出血); 若出现头痛、呕吐(提示高灌注综合征), 立即行 CT 灌注成像, 必要时静脉输注甘露醇 (0.5 g/kg)。

2 结果

2.1 手术完成情况

42 例患者均顺利完成 STA-MCA 血管重建术, 手术时间为 2.5~4.0 h, 平均 $(3.2 \pm 0.5)\text{ h}$; 术中出血量为 50~150

mL, 平均 (85 ± 25) mL。其中左侧手术 22 例, 右侧 20 例; 吻合口均为端侧吻合, 缝合 8 针 28 例, 9 针 10 例, 10 针 4 例。术中 ICG 荧光造影显示, 41 例吻合口血流通畅 (97.6%), 1 例存在轻度漏血 (经补缝 1 针后通畅)。

2.2 术后影像学结果

2.2.1 血管通畅性

术后 2 周: 10 例患者行 DSA 检查, 32 例行 320 排 CTA 检查, 结果显示 41 例吻合口通畅 (狭窄率 $< 20\%$), 1 例因术中漏血补缝后存在轻度狭窄 (狭窄率 30%, 无临床症状)。

术后 3 个月: 42 例患者均行 CTA 检查, 40 例吻合口通畅 (95.2%), 1 例 (即术后 2 周狭窄者) 因未规律服用阿司匹林出现吻合口狭窄加重 (狭窄率 60%), 经加用氯吡格雷后 3 个月复查狭窄率降至 25%; 1 例出现 STA 近端痉挛 (狭窄率 40%), 经静脉输注罂粟碱后缓解。

术后 1 年: 38 例患者完成影像学复查 (4 例失访), 37 例吻合口通畅 (97.4%); 1 例 (病例 1) 原大脑中动脉闭塞段出现显著扩张 (直径从 0.3 mm 增至 0.8 mm), 侧支循环评分从术前 1 级升至 2 级。

2.2.2 脑血流动力学改善

表 1 术后 3 个月 CT 灌注成像显示, 38 例患者缺血区域血流参数较术前显著改善 ($P < 0.05$), 具体如下:

指标	术前 ($\bar{x} \pm s$)	术后 3 个月 ($\bar{x} \pm s$)	改善率 (%)
TTP (s)	12.6 ± 3.2	8.1 ± 2.5	35.7
CBF ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100\text{g}^{-1}$)	32.5 ± 5.8	45.2 ± 6.3	39.1
CBV ($\text{mL}/100\text{g}$)	2.8 ± 0.6	3.3 ± 0.5	17.9
MTT (s)	8.5 ± 2.1	5.2 ± 1.3	38.8

注: 改善率 = (术前值 - 术后值) / 术前值 $\times 100\%$

2.3 临床随访结果

所有患者随访 3 个月至 5 年, 平均 24 个月, 随访率 90.5% (38/42)。

2.3.1 TIA 患者预后

32 例 TIA 患者中, 31 例术后未再发作 (96.9%), 1 例因术后 1 个月自行停用阿司匹林, 出现右侧肢体偏瘫 (NIHSS 评分 4 分), 诊断为吻合口血栓形成继发脑梗死, 经静脉溶栓及抗血小板治疗后 3 个月肌力恢复至 4 级, TIA 未再发作。

2.3.2 语言功能障碍患者预后

6 例语言功能障碍患者术后半年 BDAE 评分均显著提升: 运动性失语患者平均评分从术前 28.5 ± 5.2 分升至 62.3 ± 8.1

分 (可简单对话); 感觉性失语患者从 35.0 ± 4.5 分升至 58.5 ± 6.3 分 (可理解短句); 混合性失语患者从 22.0 分升至 45.0 分 (可表达简单需求)。

2.3.3 肢体无力患者预后

4 例偏侧肢体无力患者术后 3 个月肌力均有改善: 3 例术前肌力 3 级者恢复至 4 级 (可抗部分阻力), 1 例术前肌力 4 级者恢复至 5 级 (正常); 术后 6 个月复查, 3 例恢复至 5 级, 1 例维持 4 级 (合并糖尿病, 恢复较慢)。

2.3.4 并发症情况

术后共发生并发症 3 例 (7.1%):

颅内出血 1 例 (2.4%): 术后 6 h 出现头痛, CT 显示术区硬膜下血肿 (量约 20 mL), 保守治疗后 1 周血肿吸收。

高灌注综合征 1 例 (2.4%): 术后 24 h 出现血压升高 ($160/100$ mmHg)、头痛, CT 灌注成像显示 CBF 较术前增加 120%, 经降压 (尼卡地平)、脱水 (甘露醇) 治疗后 2 d 症状缓解。

切口感染 1 例 (2.4%): 术后 5 d 切口红肿, 分泌物培养为金黄色葡萄球菌, 经清创及抗生素 (万古霉素) 治疗后愈合。

2.4 典型病例

患者, 女性, 56 岁。因 "右侧肢体发作性无力 2 月余" 入院。经头部 CT 检查排除脑出血后, DSA 结果显示, 其左侧大脑中动脉完全闭塞, 大脑前动脉自发形成侧支血管, 部分代偿了原大脑中动脉供血区域 (图 1); 同时, 颈外动脉分支颞浅动脉发育状况良好, 为后续治疗提供了血管条件。320 排 CT 灌注成像进一步揭示, 左侧大脑中动脉供血区存在脑血流量 (CBF)、脑血容量 (CBV) 显著低于对侧, 而血流平均通过时间 (MTT)、达峰时间 (TTP) 则明显延迟的缺血表现 (图 2)。经评估, 患者接受左侧直切口颞浅动脉-大脑中动脉血管重建术。术中借助吲哚菁绿荧光血管造影技术, 实时确认血管吻合口血流通畅、无狭窄 (图 3)。术后 3 个月复查显示, 320 排螺旋 CT 血管造影 (CTA) 证实吻合口持续保持开放状态 (图 4); CT 灌注成像数据表明, 左侧大脑中动脉供血区的 TTP 延迟时间显著改善 (图 5), 且患者的短暂性脑缺血发作症状完全消失。手术过程中血管吻合的实时影像记录 (图 6)。

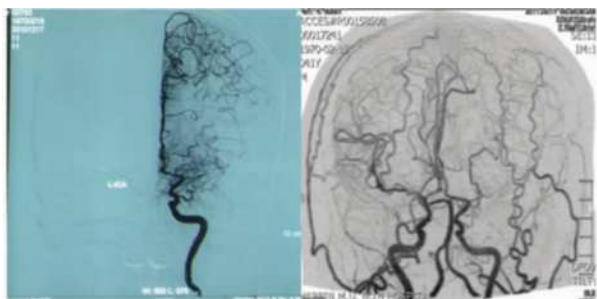


图 1 术前左侧颈内动脉血管造影 图 2 术后头部 CTA

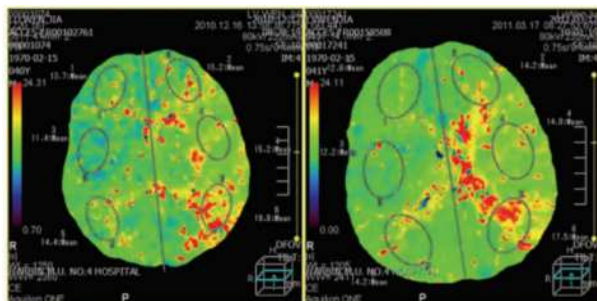


图 3 术前 CT 灌注成像 图 4 术后 CT 灌注成像



图 5 术中荧光造影 图 6 术中血管吻合情况

3 讨论

1985 年国际合作研究 (EC/IC Bypass Study) 纳入 1377 例患者, 认为颅内外血管重建术对预防卒中无显著获益, 这一结论导致该技术应用一度受限^[2]。但近年研究发现, 该研究存在明显局限性: 纳入患者未严格筛选血流动力学障碍人群, 且手术技术 (如吻合口缝合质量) 较当前存在差距^[5]。本研究通过严格纳入存在血流动力学障碍 (TTP 延迟 $\geq 3s$) 的患者, 结果显示术后 TIA 消失率 96.9%, 卒中发生率仅 2.4%, 显著优于自然病程 (文献报道 ICAS 患者年均卒中率 3.1%~8.1%)^[6,7], 提示在精准筛选患者中该技术具有明确价值。与近年单中心研究对比, 本研究的优势在于: (1) 采用 320 排 CT 灌注成像量化血流动力学指标 (如 TTP、CBF), 而非仅依赖定性评估; (2) 长期随访 (平均 24 个月) 显示疗效持续稳定, 吻合口 1 年通畅率达 97.4%, 高于韩国

学者报道的 89.2%^[8]; (3) 详细记录并发症及处理方案, 为临床实践提供参考。

本研究总结的手术指征 (存在血流动力学障碍、早期缺血症状、供体血管良好等) 与国际最新指南 (2021 年《颅内外血管重建术治疗缺血性脑血管病中国专家共识》) 高度一致^[9]。其中, CT 灌注成像的价值尤为关键: TTP 延迟反映脑血流储备功能受损, 是预测手术获益的最强指标。本研究中 TTP 改善率 $> 30\%$ 的患者, 临床症状缓解率达 100%, 而改善率 $< 20\%$ 的患者仅 75% 缓解 ($P < 0.05$)。需特别注意的是, 对于无症状性 ICAS 患者, 即使存在血流动力学障碍, 本研究仍不建议手术。这类患者术后高灌注综合征风险较高 (约 12.5%), 且获益证据不足^[10]。而对于本研究未纳入的烟雾病患者, 多项研究证实 STA-MCA 搭桥术可显著降低卒中风险, 但需选择颞浅动脉直径 $\geq 1.2 mm$ 的患者^[11]。

颅内外血管重建术后, 脑血流的改善是一个动态过程: 术后 1 周内, 血流主要依赖 STA 直接灌注; 术后 1~3 个月, 受体血管会发生适应性扩张, 与侧支循环形成协同作用。这一机制解释了为何术后 3 个月 CT 灌注成像改善更显著 (较术后 2 周提升 15%~20%)。高灌注综合征是最严重的并发症 (本研究发生率 2.4%), 多因慢性缺血区域自动调节功能受损, 血流突然增加超过代谢需求所致。预防措施包括: (1) 术后血压控制在术前基础值的 110%~120%; (2) 避免过度扩容 (血细胞比容不低于 30%); (3) 术后 24 h 内监测头痛、血压升高症状, 及时行 CT 灌注成像 (CBF 较术前增加 $> 100\%$ 提示高灌注)^[12]。

本研究为单中心回顾性研究, 样本量较小, 可能存在选择偏倚; 随访时间最长 5 年, 缺乏 10 年以上的长期数据。未来需开展多中心随机对照试验, 并纳入更多血流动力学参数进行分析。此外, 术中血流监测技术的应用, 可能进一步提高手术精准度^[13]。颅内外血管重建术在 ICAS-ICVD 患者中具有明确的治疗价值, 尤其适用于存在血流动力学障碍、早期缺血症状且供体血管条件良好的患者。通过严格把握手术指征、优化手术技术 (如 STA 游离、吻合口缝合)、加强围手术期管理 (如血压控制、抗血小板治疗), 可显著改善患者脑血流灌注, 降低卒中风险, 促进神经功能恢复。未来需通过大样本研究进一步验证其长期疗效, 为 ICAS-ICVD 的精准治疗提供更高级别的证据。

参考文献:

- [1] Yasargil MG. Anastomosis between the superficial temporal artery and a branch of the middle cerebral artery. In: *Microsurgery Applied to NeuroSurgery*. Stuttgart: George Thieme Verlag; 1969. p. 10515.
- [2] The international cooperative study of extracranial/Intracranial arterial anastomosis (EC/IC bypass study): Methodology and entry characteristics. The EC/IC bypass study group. *Stroke* 1985;16:397406.
- [3] Thourvaldsen P, Asplund K, Kuulasmaa K, et al. Stroke incidence, case fatality, and mortality in the WHO MONICA project. *World Health Organization Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease [J]. Stroke*, 1995, 26(3): 361–367.
- [4] 李文慧. 各类脑血管疾病诊断要点 [J]. *中华神经科杂志*, 1996, 29(6): 379.
- [5] 刘建民, 许奕. 颅内外血管重建术治疗缺血性脑血管病的再认识 [J]. *中华神经外科杂志*, 2015, 31 (5): 429–431.
- [6] Akins P T, Pilgram T K, Cross D T 3RD, et al. Natural history of stenosis from intracranial atherosclerosis by serial angiography [J]. *Stroke*, 1998, 29(2): 433–438.
- [7] Komotar R J, Wilson D A, Mocco J, et al. Natural history of intracranial atherosclerosis: a critical review [J]. *Neurosurgery*, 2006, 58(4): 595–601.
- [8] Kim HJ, Kim JS, Park MS, et al. Long-term outcomes of extracranial–intracranial bypass surgery for symptomatic intracranial arterial stenosis. *J Neurosurg* 2018;128(3): 765–772.
- [9] 中国医师协会神经外科医师分会. 颅内外血管重建术治疗缺血性脑血管病中国专家共识 (2021)[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37 (10): 977–982.
- [10] Derdeyn CP, Grubb RL, Videen TO, et al. Cerebral hemodynamic impairment and risk of stroke in patients with symptomatic carotid artery occlusion. *Stroke* 2002;33(10): 2318–2324.
- [11] 赵继宗, 王硕. 烟雾病的诊断与治疗中国专家共识 (2017)[J]. *中华神经外科杂志*, 2017, 33 (10): 973–977.
- [12] 陈忠, 杨耀国. 颅内外血管重建术后高灌注综合征的诊断与治疗 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2019, 16 (5): 267–271.
- [13] 周良辅. *现代神经外科学* [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2015: 876–882.
- 作者简介:** 金盼盼 (1990 年 10 月), 男, 汉, 湖北武汉, 中共党员, 硕士研究生, 长江航运总医院, 主治医师, 脑血管病的基础及临床研究。
- 基金项目:** 长江航运管理局科技项目 (202010020)