

## · 论 著 ·

FLOW800技术在STA-MCA分流术治疗烟雾病  
效果评估中的作用

王 浩 章剑剑 陈劲草

**【摘要】**目的 探讨FLOW800技术在判断烟雾病颞浅动脉(STA)-大脑中动脉(MCA)分流术中血管吻合口通畅度及在手术治疗效果评估中的作用。方法 回顾性分析2017年4月至2018年11月接STA-MCA分流术治疗的33例烟雾病的临床资料,手术前后应用FLOW800技术评估血管吻合口通畅情况及手术区域灌注改善情况。使用FLOW800软件对感兴趣区(ROI)进行分析,得到时间-荧光强度曲线,其中造影剂由动脉经循环后流至静脉的时间称为局部循环时间(MVTT),手术前后MVTT差值定义为 $\Delta$ MVTT。结果 33例均手术顺利,术中FLOW800分析均显示吻合口通畅。1因吻合口出现未行血管检查,其余32例吻合血管均通畅。术后11例发生并发症,其中低改善组6例( $\Delta$ MVTT $<$ 3 s),过改善组5例( $\Delta$ MVTT $>$ 3 s)。过改善组术前MVTT、 $\Delta$ MVTT明显高于无并发症组和低改善组( $P<$ 0.05),而后两组均统计学差异( $P>$ 0.05)。受试者工作特征曲线分析结果显示 $\Delta$ MVTT判断无并发症与低改善的最佳临界时间为1.635 s,敏感度和特异度分别为0.667和0.682; $\Delta$ MVTT判断无并发症与过改善的最佳临界时间为3.525 s,敏感度和特异度分别为1.000和0.727。结论 FLOW800技术可准确评价烟雾病STA-MCA分流术中吻合口通畅程度,并在术后并发症的预测中起到一定的作用。

**【关键词】** 烟雾病;颞浅动脉-大脑中动脉分流术;FLOW800技术;脑组织灌注

**【文章编号】** 1009-153X(2019)08-0449-04 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 743.9; R 651.1<sup>†</sup>

**Evaluation of therapeutic effect of intra-extra cranial arterial bypass surgery on moyamoya disease by FLOW800 technique**

WANG Hao, ZHANG Jian-jian, CHEN Jin-cao. Department of Neurosurgery, Zhongnan Hospital, Wuhan University, Wuhan 430071, China

**【Abstract】** **Objective** To summarize the experience in evaluating therapeutic effects of intra-extra artery bypass surgery on moyamoya disease (MMD) by FLOW800 technique. **Methods** The clinical data of 33 patients with MMD, in whom the superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass surgery were performed and the patency of the anastomotic site and the improvement of perfusion in the operative areas were assessed by FLOW800 technique before and after the surgery, were analyzed retrospectively. **Results** The bypass surgery was successfully performed in all the patients. The analysis with FLOW800 technique showed that the anastomotic site were unobstructed in all the patients. Bypass vessels were free in 32 patients. The postoperative complications occurred in 11 patients, and the other 22 patients recovered well. There was significant difference in preoperative local microvascular transit time and postoperative local microvascular transit time ( $\Delta$ MVTT) between 10 patients with postoperative complications and 22 patients without postoperative complications ( $P<$ 0.05). The incidence of postoperative complications was lowest when  $\Delta$ MVTT ranged from 1.635 seconds to 3.525 seconds. **Conclusions** FLOW800 has a convincing role in the evaluation of the patency of the blood vessel anastomosed by intra-extra artery bypass surgery and it also plays a certain role in predicting the occurrence of complications after the bypass surgery in the patients with MMD, but the limitations of FLOW800 technique in practical clinical application are still considerable, and its role in neurosurgery is still to be further studied.

**【Key words】** Moyamoya disease; Intra-extra artery bypass; FLOW800; Brain tissue perfusion

对于烟雾病(moyamoya disease, MMD),血管重建术相比保守治疗有较大优势<sup>[1]</sup>,但约30%的病人术后会发生并发症<sup>[2]</sup>。决定手术效果的关键是术中判

断供体血管与受体血管的血管情况,包括血管吻合口是否通畅、是否存在血管痉挛、是否存在过度灌注等等。吲哚菁绿荧光造影(indocyanine green video angiography, ICG-VA)是一种快速便捷、无辐射污染、可重复性高的术中成像技术,被广泛应用于神经外科手术。而FLOW800技术通过对ICG-VA的结果进一步分析,生成二维彩色编码图像,实现术中血管结构和血流情况的实时同步可视化。除此之外,

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2019.08.001

作者单位:430071 武汉,武汉大学中南医院神经外科(王浩、章剑剑、陈劲草)

通讯作者:陈劲草, E-mail: chenjincao@hotmail.com

FLOW800 技术还可通过半定量评估感兴趣区 (region of interest, ROI) 血管血流动力学情况, 了解局部灌注改变。本文探讨 FLOW800 技术在 MMD 颅内动脉分流术治疗效果评估中的作用。

### 1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2017 年 4 月至 2018 年 11 月接受颞浅动脉 (superficial temporal artery, STA)-大脑中动脉 (middle cerebral artery, MCA) 分流术治疗的 33 例 MMD 的临床资料, 其中男 18 例, 女 15 例; 年龄 21~65 岁, 平均 (45±15) 岁。

#### 1.2 FLOW800 技术分析

1.2.1 FLOW800 分析分流血管通畅情况 在充分暴露手术区域视野中潜在的受体动脉及比邻静脉后进行 ICG-VA。血管吻合完毕, 再次选取相同术野进行 ICG-VA。由显微镜整合的 FLOW800 软件对术中两次 ICG-VA 结果进行分析。若供体血管、受体血管及吻合口有持续造影强度均一旦较高, 图像显示为色阶一致的红色, 即可判断为吻合口通畅 (图 1A~D)。

1.2.2 FLOW800 分析分流术后脑血流灌注的改善情况 使用 FLOW800 软件对 ROI 进行分析, 可以得到独立而连续的时间-荧光强度曲线。从荧光信号出现至到达最大荧光信号强度一般的时间称为“半峰时间” (time to half-value of peak, T1/2 peak), 单位为 s (图 1E)。造影剂由动脉经循环后流至静脉的时间称为局部循环时间 (microvascular transit time,

MVTT; 图 2)<sup>[3]</sup>。MMD 病人 MVTT 较正常人延长, 这是 MMD 对减少的脑血流的特有补偿机制。通过手术前后 MVTT 的变化可判断脑血流量改善情况。手术前后 MVTT 差值定义为 ΔMVTT, 与术后并发症比较, 判断 FLOW800 技术评估 MMD 颅内动脉分流术效果价值。

根据以往研究<sup>[4,5]</sup>, 术后并发症可分为低灌注和过度灌注。通过观察发生并发症病人的数据, 发现病人 ΔMVTT 呈二项分布趋势, 故将发生并发症的病人根据 ΔMVTT, 分为低改善组 (ΔMVTT < 3 s) 和过改善组 (ΔMVTT > 3 s)。

### 2 结果

2.1 吻合口情况 33 例手术均顺利完成, 且术中 FLOW800 均显示吻合口通畅。1 例术后出现吻合口出血, 未行脑血管检查; 其余 32 例血管检查均显示血管通畅, 未见供体动脉血栓形成或吻合口狭窄。

2.2 术后并发症情况 术后 11 例出现脑出血、脑梗死、短暂性脑缺血发作等, 其中死亡 2 例, 1 例因术后出现双侧大面积脑梗死死亡, 1 例因术后出现颅内出血致脑疝死亡。其余 22 例术后均恢复良好, 未出现并发症。

2.3 并发症影响因素分析 本文无并发症组 22 例, 低改善组 6 例, 过改善组 5 例。3 组性别、年龄、手术半球、术前 Suzuki 分型及术后 MVTT 均无明显差异 (P > 0.05)。过改善组术前 MVTT、ΔMVTT 明显高于无并发症组和低改善组 (P < 0.05), 而后两组均统计学差

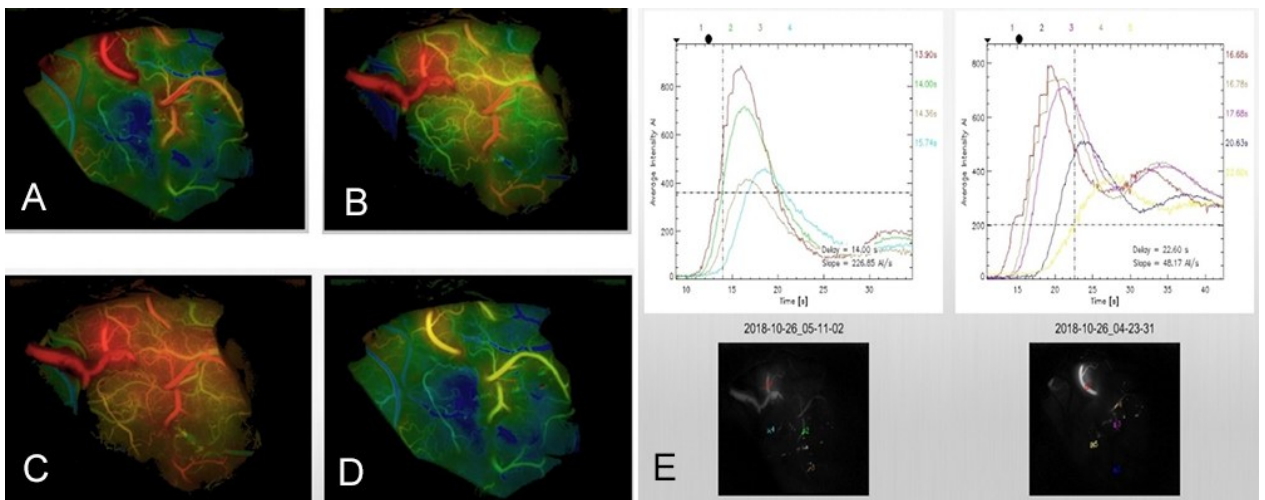


图 1 FLOW800 软件分析感兴趣区示意图

A. 分流术前 FLOW800 彩色图像, 示吻合口通畅; B. 分流术后 FLOW800 彩色图像, 示吻合口通畅; C、D. 相同时间标度下, 分流术前后 FLOW800 分析吲哚菁绿造影剂通过时间, 术后流速明显加快; E. 对选取的感兴趣区进行分析获得的时间-荧光强度曲线, 下图为选取感兴趣区, 上图为其所对应的曲线

异( $P>0.05$ )。见表1。

2.4 受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析结果  $\Delta$ MVTT判断无并发症与低改善的最佳临界时间为1.635 s,敏感度和特异度分别为0.667和0.682; $\Delta$ MVTT判断无并发症与过改善的最佳临界时间为3.525 s,敏感度和特异度分别为1.000和0.727。

### 3 讨论

3.1 FLOW800在MMD颅内、外动脉分流术中的应用在MMD颅内、外血管分流术中,ICG-VA具有实时、准确、可重复性高的特点,可术中发挥重要作用。文献报道,ICG-VA与DSA在评价吻合口方面具有高度的一致性<sup>[6]</sup>。血管吻合后,可以立即通过基于ICG-

表1 根据FLOW800技术判断烟雾病颅内、外动脉分流术后并发症的影响因素

影响因素	无并发症组	低改善组	过改善组
例数(例)	22	6	5
女性(例)	12(54.5%)	3(50.0%)	1(20.0%)
年龄(岁)	46.2±11.6	55.0±4.5	45.0±10.5
术前Suzuki分型(例)			
I期	0	0	0
II期	3	0	0
III期	6	2	1
IV期	8	2	3
V期	5	2	1
VI期	0	0	0
手术半球(例,左侧)	12(54.5%)	3(50.0%)	2(40.0%)
术后通畅(例)	22	5	5
术前MVTT(s)	5.906±1.786*	5.115±1.604*	7.908±1.293
术后MVTT(s)	3.417±1.908	3.5±1.277	3.608±1.146
$\Delta$ MVTT(s)	2.490±1.211*	1.615±0.95*	4.3±0.545

注:与过改善组相应值比,\* $P<0.05$ ;MVTT:局部循环时间; $\Delta$ MVTT:手术前后MVTT差值

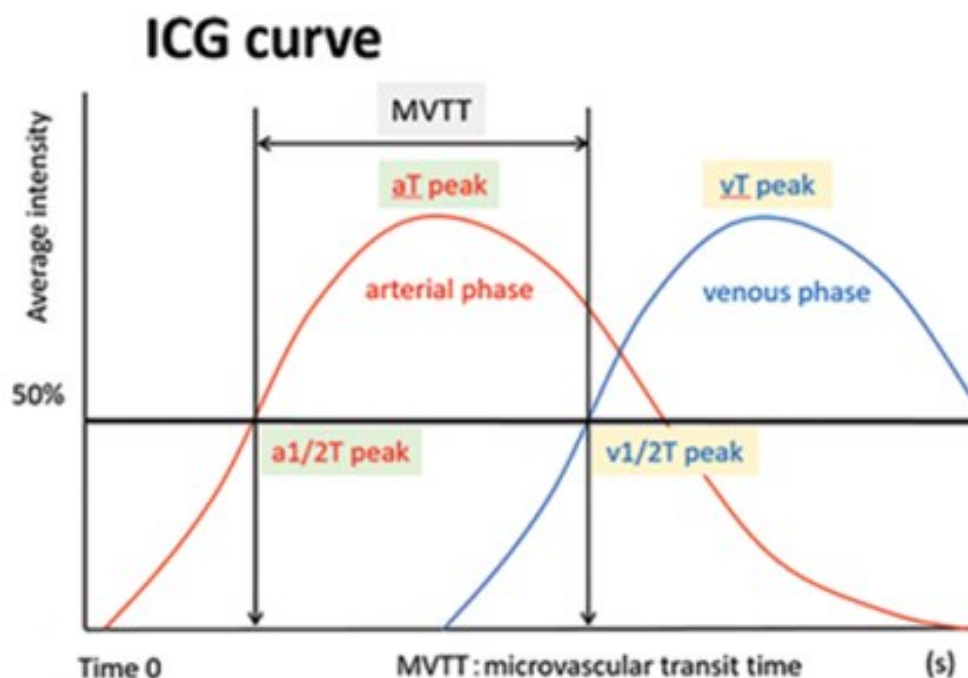


图2 测量局部循环时间示意图



VA的FLOW800技术来判断吻合口是否通畅,术中及时进行调整,以防止相关供血区域发生梗死<sup>[7]</sup>。本文除1例因术后吻合口出血造成严重并发症而未行相应血管检查外,其余32例术后血管检查均显示吻合血管通畅,进一步肯定基于ICG-VA的FLOW800技术在MMD颅内动脉分流术中的作用,具有简单、微创、实时、可重复的特点,使术中检查供血动脉、受体动脉及吻合口是否通畅变得简单易行,同时又规避了传统ICG-VA和仅凭经验判断带来的误差。

3.2 FLOW800在MMD颅内动脉分流术治疗效果评估中的作用 血管吻合前后分别在手术视野ROI使用FLOW800技术分析,得到相应血管的延迟时间-荧光强度曲线图,通过对同一血管吻合前后的不同曲线图数据进行对比,便可得到量化的脑组织灌注改变,并进一步由灌注改变来判断对于预后的影响。我们通过手术前后ROI的MVTT评估脑灌注情况,以 $\Delta MVTT$ 评判灌注改变,发现当 $\Delta MVTT$ 在1.635~3.525 s时,发生并发症概率最低。这与MMD术后并发症发生原因特点相符合,由于颅内血管长期处于低耐受或低压力状态,在接受颅内动脉分流术后,大量外源性血供直接供应大脑皮层,会使相对缺血区血流量的陡然增加,脑组织灌注无法及时适应,导致缺血再灌注损伤,促进并发症的发生;或者因为受体和供体血管管径及流量差异较大,会在吻合后产生较大的压力差,以及手术骚扰可能出现受体血管或供体血管痉挛,导致术后低灌注。术中FLOW800技术可以有效评估术中脑组织灌注改变情况,判断是否会出现术后并发症;并且可以根据所得数据来调整术后病人管理策略,预防术后并发症。

3.3 FLOW800在应用中的局限性 作为一种半定量数据分析技术,FLOW800软件主要可用于单个病人术前及术后所得数据的纵向比较,但是不同病人间的数据差别很大,不具有统计学可参考性。另外,目前尚没有术中测量特定血管血流动力学的标准工具,因此很难建立一个统一的标准。另外,术中ROI选择区域、血压的变化等也会影响最终结果<sup>[8]</sup>。

同时,因MMD是一种长期慢性进展性疾病,其作用效果及血管改变是一个长期的过程<sup>[1]</sup>,所以在术后立即进行FLOW800分析判断脑组织灌注的改善,其作用仍旧局限于在帮助判断病人在围手术期发生的并发症,尚无研究表明其在判断远期改善程度的作用。

综上所述,FLOW800技术作为神经外科手术中

具有重要作用,在MMD颅内动脉分流术中也扮演着重要的角色。利用FLOW800技术既可以帮助判断吻合血管的通畅性,也可以通过术中所获得血流动力学参数评估手术效果,指导术后管理。FLOW800作为一项术中实时分析的技术,具有快速、直观、简便等优点,但作为对与手术效果的评估手段,仍需要更大样本的研究,并且仍需进一步设计实验,以获得更准确的数据,更进一步发挥其价值。

【参考文献】

[1] Jiang H, Ni W, Xu B, *et al.* Outcome in adult patients with hemorrhagic moyamoya disease after combined extracranial-intracranial bypass [J]. *J Neurosurg*, 2014, 121(5): 1048-1055.

[2] 李鑫,秦至臻,牛建星,等. 血管重建术治疗烟雾病术后并发症发生及其影响因素分析[J]. *医学与哲学*, 2016, 37(18): 53-57.

[3] Yang T, Higashino Y, Kataoka H, *et al.* Correlation between reduction in microvascular transit time after superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass surgery for moyamoya disease and the development of postoperative hyperperfusion syndrome [J]. *J Neurosurg*, 2018, 128(5): 1304-1310.

[4] Kashiwazaki D, Akioka N, Kuwayama N, *et al.* Berlin grading system can stratify the onset and predict perioperative complications in adult moyamoya disease [J]. *Neurosurgery*, 2017, 81(6): 986-991.

[5] Zhao Y, Zhang Q, Zhang D, *et al.* Effect of aspirin in postoperative management of adult ischemic moyamoya disease [J]. *World Neurosurg*, 2017, 105: 728-731.

[6] 王建涛,张东,左峰,等. 吲哚菁绿造影在烟雾病搭桥手术中的应用[J]. *中华医学杂志*, 2010, 90(23): 1628-1630.

[7] Januszewski J, Beecher JS, Chalif DJ, *et al.* Flow-based evaluation of cerebral revascularization using near-infrared indocyanine green videoangiography [J]. *Neurosurg Focus*, 2014, 36(2): E14.

[8] Prinz V, Hecht N, Kato N, *et al.* Flow 800 allows visualization of hemodynamic changes after extracranial-to-intracranial bypass surgery but not assessment of quantitative perfusion or flow [J]. *Neurosurgery*, 2014, 10: 231-239.

(2019-02-27收稿,2019-05-06修回)