doi:10.11659/jjssx.01E019032

·临床研究·

微血管多普勒超声联合吲哚菁绿荧光造影在烟雾病搭桥术中的应用

邱大志,王宇生,赵 青,朱 军,王 强,谢满意,李中林 (徐州医科大学附属医院神经外科,江苏 徐州 221000)

[摘 要] **目的** 探讨微血管多普勒超声(MDU)联合吲哚菁绿(ICG)荧光造影在治疗烟雾病行颞浅动脉-大脑中动脉(STA-MCA)搭桥术中评估血管通畅性的作用。**方法** 选择2017年1月至2018年4月在徐州医科大学附属医院脑血管外科行STA-MCA搭桥术的13例烟雾病患者,术中运用MDU进行吻合前后STA、MCA近心段和远心段的收缩期峰值血流速度(PSV)、舒张期末血流速度(EDV)、阻力指数(RI)、血流方向及血流频谱形态,分析其差别;并进行荧光造影,与术后复查CTA进行对比。**结果** 术中MDU显示吻合后M4近心段血流速度增快($P<0.01$),RI无明显变化($P=0.896$),血流方向逆转;M4远心段血流速度增快($P<0.01$),RI无明显变化($P=0.103$);STA血流速度增快、RI降低(均$P<0.01$),呈"颅内动脉化"血流频谱改变。术中ICG造影图像清晰,血管形态良好,血流通畅。术后复查CTA,桥血管通畅与术中MDU、荧光造影结果一致。**结论** 术中微血管多普勒超声联合吲哚菁绿荧光造影可无创、反复、准确地判断STA-MCA搭桥术中血管通畅性。

[关键词] 烟雾病;颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术;微血管;多普勒超声;吲哚菁绿;荧光造影
[中图分类号] R743.4 [文献标识码] A [收稿日期] 2019-01-06

Application of microvascular doppler ultrasound combined with fluorescence angiography in moyamoya disease bypass surgery

QIU Da-zhi, WANG Yu-sheng, ZHAO Qing, ZHU Jun, WANG Qiang, XIE Man-yi, LI Zhong-lin (Department of Neurosurgery, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu 221000, China)

Abstract: Objective To assess the role of microvascular doppler ultrasonography (MDU) combined with intraoparative indocyanine green fluorescence angiography (ICGA) in evaluating vascular patency in patients with moyamoya disease undergoing superficial temporal artery (STA)-middle cerebral artery (MCA) bypass. **Methods** Selected 13 patients with moyamoya disease who were admitted into hospital of Xuzhou medical university from January 2017 to April 2018 and underwent STA-MCA bypass surgery. Observed and analyzed the peak systolic blood flow velocity (PSV), diastolic blood flow velocity (EDV), resistance index (RI), blood flow direction and blood flow spectrum morphology of the proximal and distal segments of STA, MCA before and after the intraoperative use of MDU. Fluorography was performed and the results were compared with the postoperative CTA. **Results** Intraoperative MDU showed that the blood flow velocity of proximal segments of M4 increased rapidly after anastomosis ($P<0.01$), the RI showed no significant change ($P=0.896$), and the blood flow direction reversed; the blood flow velocity of the distal segment of M4 increased rapidly ($P<0.01$), the RI had no significant change ($P=0.103$); the blood flow velocity of STA increased and the RI decreased ($P<0.01$), showing an "intracranial arterialization" change in the blood flow spectrum. Intraoperative ICG angiography showed clear images, good vascular morphology and unobstructed blood flow. The postoperative CTA was consistent with the results of intraoperative MDU and fluorescein angiography. **Conclusion** Intraoperative microvascular doppler ultrasound combined with indocyanine green fluorescence angiography can noninvasively, repeatedly and accurately determine the vascular patency in STA-MCA bypass surgery.

Keywords: moyamoya disease; superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass; microvascular; doppler ultrasound; indocyanine green; fluorography

烟雾病(moyamoya disease, MMD)是颈内动脉虹吸部及大脑前、中动脉起始部进行性狭窄或闭塞,以及颅底软脑膜、穿通动脉形成细小密集的吻合血管网为特征的脑血管疾病[1]。颞浅动脉(superficial temporal artery, STA)-大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)搭桥术为治疗烟雾病的经典术式,能够有效改善颈动脉闭塞导致的颅内血供不足,降低急性脑卒中事件的发生[2]。但由于血管吻合手术难度大,术中易形成血栓、发生血管痉挛,无法保证血管的通畅性。以往缺少术中检测血管通畅情况的手段,常因血管痉挛、血栓形成而导致血管吻合后通畅率较低。近年,关于超声探测、荧光造影在搭桥手术中的应用有所报道,超声探测可以监测吻合前后的血流动力学变化,荧光造影可以观察吻合血管的形态影像,但两者相结合鲜有报道[3-4]。本研究通过对使用微血管多普勒超声(microvascular doppler ultrasonography, MDU)探头监测术中MCA、STA血流的变化,联合术中吲哚菁绿(indocy-

[基金项目] 国家自然科学基金青年基金(81402074)
[通信作者] 李中林,E-mail:lizhonglinxuzhou163@yeah.net

anine green,ICG)荧光造影观察血流通畅情况,探讨MDU、吲哚菁绿荧光造影在STA-MCA中的价值。以便更好地从血流动力学及形态影像学上判断术中血管吻合的通畅情况,保证术后血管通畅率。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择2017年1月至2018年4月于徐州医科大学附属医院脑血管外科接受手术治疗的烟雾病患者13例,其中男7例,女6例。8例因肢体活动障碍入院,3例因头晕入院,1例因肢体麻木入院,1例因语言功能障碍入院。纳入标准:①术前接受DSA检查确诊,符合2012年Willis环自发闭塞研究委员会提出的烟雾病诊断标准;②术前有脑缺血症状,且CTP显示对应的脑缺血。排除标准:①合并动脉粥样硬化、自身免疫性疾病、脑脊膜病、脑肿瘤、Down综合征、神经纤维瘤病、头部外伤、头部放射线照射后脑血管损伤及其他可能造成脑血管损伤的疾病;②病历资料不完整。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 显微镜下于皮下游离颞浅动脉顶支,留做供血血管。以顶支为一边,取额颞部小骨瓣开颅,取颞叶大脑中动脉远端皮层动脉为受血动脉,拟做端侧吻合。仔细游离颞浅动脉顶支并予阻断,修剪后予肝素钠稀释液冲洗。阻断颞叶皮层血管后切开,与颞浅动脉顶支远端吻合,10-0 prolene缝线间断缝合10针左右。

1.2.2 术中MDU监测 采用Multi-DopT型TCD检查仪。探头频率为16 MHz,探头直径为1.0 mm,经低温等离子消毒后应用。将探头置于吸引器套管内,测量时探头倾斜30°~60°,尽量保持探测角度前后一致,以生理盐水为媒介,使探头接触面与血管更好地接触。记录并分析吻合前后STA、MCA血流动力学参数,包括收缩期峰值血流速度(PSV)、舒张期末血流速度(EDV)、阻力指数(RI)、血流方向及血流频谱形态,其计算公式为RI=(PSV-EDV)/PSV。

1.2.3 术中吲哚菁绿造影 清理术野,显露吻合口及颞浅动脉,调整观察角度和焦距,将CARL ZEISS PENTERO荧光显微镜切换到ICGA模式,将即时稀释的吲哚菁绿造影剂(2 mg,10 mL生理盐水)通过外周静脉一次性注入5 mL,ICG到达拟造影区域,收到近红发出荧光,术者通过观察荧光影像,判断STA-MCA吻合口通畅情况。并记录视频。

1.2.4 术后复查CTA 经工作站处理原始图像,常用的CTA技术包括最大信号密度投影(maximum intensity projection,MIP)和容积重建(volume rendering,VR)。本实验主要观察颈外动脉系统:STA、MCA吻合处血管充盈是否良好。

1.3 观察指标及评定标准

观察并记录MDU探测吻合前后的血流速度、RI的差别;观察并记录在ICG静脉注射后,显微镜显示器在造影模式下吻合血管是否通畅、良好。比较术中MDU探测结果及ICG造影结果与术后复查CTA血管通畅的一致性。

1.4 统计学分析

应用SPSS 16.0软件进行统计学处理。正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,吻合前后MDU参数的比较采用配对t检验。比较术中MDU检测、荧光造影与术后复查CTA血管通畅的一致性。$P<0.05$为差异有统计学意义,$P<0.01$为差异具有极显著性统计学意义。

2 结果

2.1 MDU探测结果

13例患者共行13侧STA-MCA搭桥术,血管吻合后,MDU探测显示:STA的血流速度增快、RI降低($P<0.01$),见表1。吻合口近心段M4的血流速度增快($P<0.01$),血流方向逆转(表明STA的血液流向M4),RI无明显变化($P=0.896$);吻合口远心段M4的血流速度增快($P<0.01$),RI无明显变化($P=0.103$),见表2。其中2例术后即刻的STA血流速度血流速度及RI无明显变化,1例经罂粟碱浸泡及调整后,血流改善;1例经拆开、重新缝合后血流改善。

表1 手术前、后即刻MDU探测STA的血流动力学改变

时间	PSV(cm/s)	EDV(cm/s)	RI
术前	21.22±2.13	6.41±0.81	0.71±0.01
术后	62.48±2.46	33.21±2.49	0.47±0.14
t	-8.314	-9.952	10.532
P	0.00	0.00	0.00

表2 手术前、后即刻MDU探测近心段及远心段M4的血流动力学改变

时间	近心段			远心段		
	PSV(cm/s)	EDV(cm/s)	RI	PSV(cm/s)	EDV(cm/s)	RI
术前	8.27±1.40	4.16±0.65	0.46±0.02	7.24±0.88	4.01±0.52	0.44±0.02
术后	46.94±5.27	25.23±3.14	0.47±0.61	37.09±5.25	18.17±2.79	0.51±0.02
t	-7.377	-6.591	-0.134	-5.483	-7.75	-0.134
P	0.00	0.00	0.896	0.00	0.00	0.103

2.2 吲哚菁绿荧光造影结果

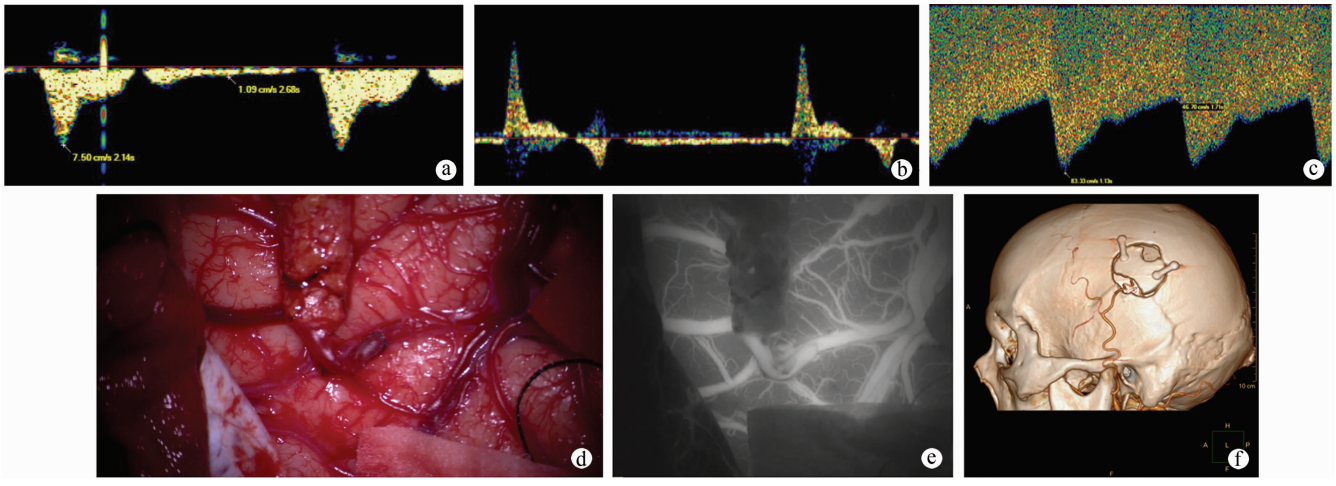
所有病例血管吻合后,经 MDU 探测,ICG 造影显示吻合处无狭窄,MCA 血流显影良好。

2.3 术后复查 CTA

术后复查 CTA 显示:13 例患者血管充盈良好,血管吻合处无梗阻,与骨瓣无挤压;血流通畅结果与术中 MDU、荧光造影结果一致。

2.4 典型病例

患者,男,54 岁,因肢体麻木入院,行 STA-MCA 搭桥术,术后随访肢体麻木缓解,未再发生脑梗死(图 1)。



a:术前颞浅动脉因属表浅动脉,RI 较大,属“高阻型”血流频谱;b:吻合后仍呈“高阻型”,考虑吻合不当或出现血栓导致血管狭窄;c:经调整后,STA 呈“低阻型”,即“颅内动脉化”,表明 STA-MCA 血管通畅;d:术中血管吻合情况;e:术中 ICG 静脉注射 20 s 后显示器开始显影,血管形态良好,血流通畅;f:术后复查 CTA,三维 VR 显示血管充盈良好,与术中监测结果保持一致

图 1 典型病例资料

3 讨论

烟雾病是一种较罕见的脑血管病,其特征性的病理学表现为颈内动脉的末端渐进性狭窄,引起脑血流量进行性下降,从颅底代偿性发出大量异常增生的病理性血管网而形成侧支循环。烟雾病的最终结局是颈内动脉的完全闭塞,颅内血供最终由颈外动脉系统或椎动脉系统提供。患者多因“急性脑卒中”入院,目前外科治疗手段有直接血运重建术(STA-MCA 搭桥术)、间接血运重建术(颞肌贴敷术、硬膜翻转术)以及联合血运重建术。直接血运重建术能够迅速明确地改善局部脑血流,对缺血性 MMD 的治疗有确切的作用,并且能预防卒中的再次发生[5]。本组 13 例 MMD 患者全部行直接血运重建术,部分联合间接血运重建术,术后神经功能得到不同程度的改善。

由于血管吻合手术难度极大,以肉眼判断血流通畅情况缺少客观依据,据报道以往复查 DSA 血管通畅率仅在 87% 左右[6]。1979 年,Nomes 等[7]率先使用多普勒探头在动脉瘤夹闭术中监测载瘤血管的血流动力学数据。近年来惠品晶等[8]将 MDU 运用于颅内动脉瘤夹闭术,同样的原理运用在 STA-MCA 搭桥术中。本研究结果显示,在 13 例患者中,11 例血管吻合术后即刻 STA 血流速度加快 RI 降低,2 例 STA 血流速度变化不明显,RI 仍高,1 例行罂粟碱浸泡及调整、1 例行拆开再次缝合,经 MDU 再次探测,STA 血流速度增快、RI 降低,所有病例经荧光造影血管血流通畅。STA 是颈外动脉的终末分支属表浅动脉,RI 较大,为“高阻型”血流频谱 MCA 皮层动脉及 M4 段,仅有少量侧支循环,所以呈“低阻型”血流频谱[9]。理论上与颅内血管吻合成功后,STA 的 RI 应降低,即“颅内动脉化”,如血管吻合后 STA 的 RI 降低则说明血流通畅,反之则说明血流不通畅,可能存在吻合不当、血栓形成或血管痉挛导致血管狭窄或闭塞。所有病例吻合后,M4 近心段血流速度增快,且方向逆转,血管吻合前由于颈内动脉闭塞,MCA 末端血流量较小,血管吻合后 STA 的血液流向 MCA,且血流方向会因为大流量的 STA 而发生变化;但 RI 值变化不明显,这与张李均等[10]得出的结果不一致,考虑可能与本组样本量小、不同医师操作 MDU 所致。M4 远心段血流速度增快,RI 值无明显变化。血流速度的加快,表明 STA 的血液流向 MCA 远端。MCA 和 STA 血流速度的增加、STA 的阻力指数的下降说明桥血管是通畅的,MDU 在 STA-MCA 吻合术中对桥血管的血流动力学的监测作用是不可替代的。

MDU 的血流速度与探头 - 血管夹角关系较大,不同角度的测量,可能会得到不同的血流动力学数据。另外,不同患者监测的血流速度数值有较大的差异,仅

比较吻合前后的流速可能造成误差[11]。且 MDU 不能直观地观察血管形态,对微小血管的敏感性也较差[12]。术中 DSA 或荧光造影可以精确直观地观察血管的形态来判断血流是否通畅,且能发现是否存在狭窄,仍是术中判断血管通畅的金标准[13],但因其操作复杂、属有创操作、医务人员有暴露在射线中的风险,故施行难度较大。ICG 是一种水溶性较好的三炭菁类近红外染料,对 800 nm 左右的红外光有较强的吸收性,吸收后的能量之一就是荧光,利用具备 ICG 造影的手术显微镜便可捕捉脑血管的成像。被美国食品药品管理局(FDA)批准用于临床,以往常用于肝功能和心功能检测,后用于眼底血管造影。2002 年,用于术中脑血管造影临床实验。2010 年王建涛等[14]在 STA-MCA 搭桥术中报道,ICG 荧光造影操作简单,有良好的时间与空间分辨率。本研究显示:13 病例经 MDU 探测后,在静脉注射 ICG 后 20 s 左右,术野中血管开始显影,行 ICG 造影证明所有吻合的血管通畅,术后复查 CTA 显示血管形态良好,说明血流通畅,与术中荧光造影结果保持一致。ICG 造影不仅能直观地观察吻合血管形态影像,且对 MCA 末端的细小血管也有良好的显示,弥补了 MDU 在微小血管敏感性较差的缺点;一旦发现血管吻合处有梗阻或是某处存在狭窄,经调整或重新缝合后再次造影,间隔 15 min 后两次的造影不会产生影像[15]。但需要注意的是,术中 ICG 造影仅能观察显微镜直视,因此术野必须保持清洁,同时显微镜的观察角度对成像效果也有较大影响,当显微镜的观察方向与血流走向垂直时,成像效果最佳,这与术者的经验有着很大的关系[16]。

术中 MDU 监测可提供 MCA、STA 在吻合前后的血流动力学定量的改变,但不能显示血管形态,且对微小穿通支的敏感性较差;术中 ICG 造影可以直观地显示吻合血管的形态,且能弥补 MDU 对微小血管敏感性较差的不足。MDU 联合 ICG 相辅相成、不可替代,一旦术中出现吻合处狭窄,能够及时调整,经术后复查 CTA 证实,通畅率 100%。MDU 联合 ICG 在 STA-MCA 搭桥术中判断血管通畅的作用肯定,值得推广。

[参考文献]

[1] 王忠诚. 王忠诚神经外科学[M]. 湖北:湖北科学技术出版社,2005:811.

[2] 陈 功,毛 颖. 脑血运重建术的应用进展[J]. 国际脑血管病杂志,2006,14(7):532 - 536. doi:10.3760/cma.j.issn.1673 - 4165.2006.07.010.

[3] 杨允东,李永强. 多普勒超声血流动力学监测在烟雾病 STA-MCA 吻合术中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志,2018,23(7):476 - 478. doi:10.13798/j.issn.1009 - 153X.2018.07.008.

[4] 汪 晶,李冬梅,高 天,等. 荧光血管造影在烟雾病搭桥手术中的应用[J]. 河北医科大学学报,2013,34(12):1556 - 1558. doi:10.3969/j.issn.1007 - 3205.2013.12.024.

[5] Hiroaki M, Yasuhisa Y. Usefulness of intraoperative Indocyanine green video angiography to select the recipient artery for bypass surgery in arteriosclerotic occlusion of the middle cerebral artery: a technical case report[J]. Chin Neurosurg J,2018,4:20.

[6] Woitzik J, Horn P, Vajkoczy P, et al. Intraoperative control of extracranial-intracranial bypass patency by near-infrared indocyanine green videoangiography[J]. J Neurosurg, 2005, 102(4):692 - 698. doi:10.3171/ins.2005.102.4.0692.

[7] Nomes H, Grip A, Wikeby P. Intraoperative evaluation of cerebral hemodynamics using directional doppler technique. Part 2: Saccular aneurysms[J]. J Neurosurg, 1979, 50(5):570 - 577. doi:10.3171/jns.1979.50.5.0570.

[8] 惠品晶,张世明,刘 曼,等. 微血管多普勒超声在颅内动脉瘤手术中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2007, 23(11):804 - 807. doi:10.3760/j.issn:1001 - 2346.2007.11.003.

[9] 宋海波,许银晖. 彩色多普勒超声对颞浅动脉炎临床疗效的评估价值[J]. 临床心身疾病杂志,2015,21(z1):265 - 266. doi:10.3969/j.issn.1672 - 187X.2015.z1.375.

[10] 张李均,惠品晶,黄亚波, 等. 微型探头血管超声在颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术中的应用[J]. 中华神经外科杂志,2018,34(9):915 - 920. doi:10.3760/cma.j.issn.1001 - 2346.2018.09.011.

[11] 茅 磊,赵 鑫,杭春华, 等. 微血管多普勒超声在颅内动脉瘤手术中的应用[J]. 中国脑血管病杂志,2016,13(9):460 - 464. doi:10.3969/j.issn.1672 - 5921.2016.09.003.

[12] Suzuki K, Kodama N, Sasaki T, et al. Confirmation of blood flow in perforating arteries using fluorescein cerebral angiography during aneurysm surgery[J]. J Neurosurg, 2007, 107(1):68 - 73. doi:10.3171/jns - 07/07/0068.

[13] 叶 迅,刘兴炬,刘灵童, 等. 烟雾病旁路移植术中荧光造影在血流动力学评估中的应用[J]. 中国卒中杂志,2015,10(6):469 - 474. doi:10.3969/j.issn.1673 - 5765.2015.06.004.

[14] 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. doi:10.3760/cma.j.issn.0376 - 2491.2010.23.013.

[15] 汪 晶,李冬梅,高 天, 等. 荧光血管造影在烟雾病搭桥手术中的应用[J]. 河北医科大学学报,2013,34(12):1556 - 1558. doi:10.3969/j.issn.1007 - 3205.2013.12.024.

[16] 王来藏,王 超,张伟光,等. 吲哚菁绿脑血管造影在烟雾病血管搭桥术中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志,2012,17(5):261 - 263. doi:10.3969/j.issn.1009 - 153X.2012.05.002.

(编辑:魏 源)