

颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术治疗颈内动脉或大脑中动脉重度狭窄的血流动力学研究

刘卉 方江雨 韩彤

【摘要】 目的 探讨动态磁敏感对比增强灌注成像(DSC-PWI)在颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术中的应用价值,为颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术治疗颈内动脉或大脑中动脉重度狭窄和(或)闭塞提供脑血流灌注变化的影像学证据。**方法** 共76例行单侧颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术患者,分别于术前1个月和术后1周内行头部MRI常规和DSC-PWI检查,观察手术前后基底节区层面(搭桥近端)和半卵圆中心层面(搭桥远端)大脑中动脉供血区脑血流动力学变化[包括相对脑血流量(rCBF)、相对脑血容量(rCBV)、相对平均通过时间(rMTT)和相对达峰时间(rTTP)]。**结果** 术后患侧基底节区层面(搭桥近端)和半卵圆中心层面(搭桥远端)rCBF均较术前升高($P=0.000, 0.001$);仅基底节区层面rCBV较术前升高($P=0.021$);基底节区层面和半卵圆中心层面rMTT($P=0.000, 0.000$)和rTTP($P=0.000, 0.000$)均较术前降低。**结论** 颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术可以改善大脑中动脉供血区脑血流灌注。DSC-PWI能够完成对脑缺血区域血流动力学的评价,是评价手术疗效和动态观察脑血流动力学变化的最佳无创性技术。

【关键词】 脑血管重建术; 颞动脉; 大脑中动脉; 颈内动脉; 动脉粥样硬化; 血流动力学; 磁共振成像

Hemodynamic study of superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass in treatment of severe internal carotid artery or middle cerebral artery stenosis

LIU Hui¹, FANG Jiang-yu², HAN Tong¹

¹Department of Neuroradiology, Tianjin Huanhu Hospital, Tianjin 300350, China

²Department of Ultrasound, the First People's Hospital of Kunshan, Kunshan 215300, Jiangsu, China

Corresponding author: HAN Tong (Email: mrbold@163.com)

【Abstract】 Objective To explore the value of dynamic susceptibility contrast-enhanced perfusion-weighted imaging (DSC-PWI) in superficial temporal artery-middle cerebral artery (STA-MCA) bypass and to provide radiological evidence for hemodynamic changes in STA-MCA bypass in the treatment of severe internal carotid artery (ICA) and MCA stenosis and/or occlusion. **Methods** A total of 76 cases (65 males and 11 females with average age of 55) who underwent STA-MCA bypass from January 2011 to February 2016 were included. Routine MRI and DSC-PWI were performed within one month before operation and within one week after operation. Hemodynamic changes [relative cerebral blood flow (rCBF), relative cerebral blood volume (rCBV), relative mean transit time (rMTT) and relative time to peak (rTTP)] of MCA blood supplying area at basal ganglia section (proximal end) and centrum semiovale section (distal end) were compared before and after operation. **Results** Compared with before operation, rCBF was significantly increased after operation at ipsilateral basal ganglia section (proximal end, $P=0.000$) and centrum semiovale section (distal end, $P=0.001$). rCBV at basal ganglia section was significantly increased after operation ($P=0.021$), while rCBV at centrum semiovale section had no significant difference compared with before operation ($P=0.844$). rMTT ($P=0.000, 0.000$) and rTTP ($P=0.000, 0.000$) at ipsilateral basal ganglia section and centrum semiovale section were significantly reduced after operation. **Conclusions**

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2017.06.010

基金项目:天津市卫生局科技攻关项目(项目编号:12KJ115);天津市科技计划重大专项项目(项目编号:12ZCDZSY17700)

作者单位:300350 天津市环湖医院神经放射科(刘卉,韩彤);215300 江苏省昆山市第一人民医院超声科(方江雨)

通讯作者:韩彤(Email: mrbold@163.com)

STA-MCA bypass can improve cerebral blood perfusion of MCA blood supplying area. DSC-PWI could assess the hemodynamics of ischemic area, so it is the optimal noninvasive technology to evaluate the curative effect of bypass and observe cerebral hemodynamic changes dynamically.

【Key words】 Cerebral revascularization; Temporal arteries; Middle cerebral artery; Carotid artery, internal; Atherosclerosis; Hemodynamics; Magnetic resonance imaging

This study was supported by Key Project of Science and Technology of Tianjin Public Health Bureau (No. 12KG115) and Tianjin Municipal Science and Technology Key Support Program (No. 12ZCDZSY17700).

颞浅动脉-大脑中动脉(STA-MCA)搭桥术最早于1970年由Yasargil等^[1]提出,通过吻合颅内血管,为缺血区引入新的侧支循环,从而改善术区供血,其临床疗效一直存有争议。1985年开展的国际颅内动脉搭桥试验(EC-IC)显示,该术式对预后无明显改善作用^[2]。2001年的颈动脉闭塞外科研究(COSS)^[3]和2006年的日本颅内动脉搭桥试验(JET)^[4]均显示,脑血管搭桥术可以改善缺血性卒中患者脑血流动力学和神经功能。随着PET、SPECT技术的发展,使得研究颅内血管搭桥术后脑血流灌注成为可能。灌注成像(PWI)是较为成熟的评价脑血流动力学的方法,通过监测脑血流动力学参数,进而定性和半定量评价脑血流动力学改变,同时因其无创性和无辐射特点,可用于多次随访研究。既往关于颅内血管搭桥术后PWI研究多为单中心研究,缺乏大样本临床试验,且多以基底节区单一层面(搭桥近端)脑血流量(CBF)作为观察指标而获得术后脑血流灌注改善的结论^[5-6]。由于缺少搭桥远端脑血流量的评价,研究结果不全面。本研究采用相对脑血流量(rCBF)、相对脑血容量(rCBV)、相对平均通过时间(rMTT)和相对达峰时间(rTTP)等脑血流动力学参数评价颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术对大脑中动脉不同脑区(搭桥近端和远端)血流灌注和循环代偿能力的改善作用。

对象与方法

一、研究对象

1. 纳入标准 (1)经CTA或数字减影血管造影术(DSA)证实一侧颈内动脉或大脑中动脉重度狭窄(颈内动脉颅外段狭窄程度>70%或颅内动脉狭窄程度>80%)和(或)闭塞,另一侧相对正常。(2)PWI证实对侧大脑半球血流动力学基本正常。(3)均于术前1个月和术后1周内行MRI常规和PWI检查。(4)手术前后MRI扫描层面基本一致,图像无移动

伪影。(5)本研究经天津市环湖医院道德伦理委员会审核批准,所有患者或其家属均知情同意并签署知情同意书。

2. 排除标准 (1)CTA或DSA检查显示一侧颈内动脉或大脑中动脉狭窄和(或)闭塞,另一侧存在不同程度狭窄或动态磁敏感对比增强灌注成像(DSC-PWI)证实对侧脑血流灌注异常。(2)仅于手术前后2周内行DSC-PWI检查。(3)图像出现移动伪影或手术前后MRI扫描层面不一致。(4)既往有血管外科手术史或随访期间接受其他神经外科手术。

3. 一般资料 选择2011年1月-2016年2月在天津市环湖医院行颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术的76例患者,男性65例,女性11例;年龄43~75岁,平均55岁;均经CTA或DSA证实一侧颈内动脉或大脑中动脉重度狭窄和(或)闭塞、另一侧相对正常,且术前1个月和术后1周内MRI常规和PWI证实对侧大脑半球血流动力学基本正常;其中行左侧颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术37例,右侧39例。

二、研究方法

1. MRI检查 采用德国Siemens公司生产的MAGNETOM Trio Tim 3.0T超导型MRI扫描仪,最大梯度场强为45 mT/m,磁场切换率200 T/(m·s),12通道头部表面线圈,获得扩散加权成像(DWI)和DSC-PWI。(1)横断面DWI:采用回波平面成像(EPI),扫描方向与颅前窝底平行,重复时间(TR)2900 ms、回波时间(TE)86 ms,扫描视野(FOV)为220 mm×220 mm,矩阵128×128,激励次数(NEX)为1次,于3个正交方向获得2个扩散权重,b值为0和1000 s/mm²,层厚6 mm、层间距1.80 mm,共扫描16层,成像时间16 s,扫描范围覆盖颅底至颅顶全部脑组织。(2)横断面DSC-PWI:采用快速自旋回波(FSE)序列,扫描方向与颅前窝底平行,采用德国Bayer Schering公司生产的对比剂钆喷酸葡胺注射液(马根维显),检查前于肘前静脉插入18 G静脉留

置针,静脉滴注生理盐水,扫描开始 5 s 后静脉注射对比剂,剂量 0.10 mmol/kg,速度 3 ml/s,注射完毕后以相同速度经静脉留置针注射 20 ml 生理盐水,以保持静脉通路开放。重复时间 2500 ms、回波时间 80 ms,扫描视野 220 mm × 220 mm,矩阵 128 × 128,层厚 6 mm、层间距 1.80 mm,共扫描 16 层,每层动态采集 50 帧图像,共获得 800 帧图像,成像时间 78 s,扫描范围覆盖颅底至颅顶全部脑组织。

2. 数据处理 采用德国 Siemens 公司生产的 MMVP 工作站 Perfusion 软件进行后处理。经动脉输入函数(AIF)校正,获得 CBF、脑血容量(CBV)、平均通过时间(MTT)和达峰时间(TTP)等脑血流动力学参数。为使检测结果标准化,手工勾画患侧大脑中动脉皮质供血区,以对侧大脑半球镜像区为参照,获得基底节区层面(搭桥近端)和半卵圆中心层面(搭桥远端)rCBF、rCBV、rMTT 和 rTTP,计算公式为: rCBF = CBF/CBF_{参照}, rCBV = CBV/CBV_{参照}, rMTT = MTT/MTT_{参照}, rTTP = TTP/TTP_{参照}。由 2 位具有丰富临床经验的影像科医师盲法独立评价,所得结果不一致时,经协商取得一致性意见后记录。

3. 统计分析方法 采用 SPSS 18.0 统计软件进行数据处理与分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验行正态性检验,均呈非正态分布($P < 0.05$)。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,手术前后脑血流动力学参数的比较采用 Wilcoxon 符号秩检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

本组 76 例患者术后患侧基底节区层面(搭桥近端)和半卵圆中心层面(搭桥远端)rCBF 均较术前升高且差异有统计学意义($P = 0.000, 0.001$);基底节区层面(搭桥近端)rCBV 较术前升高($P = 0.021$),而半卵圆中心层面(搭桥远端)与术前差异无统计学意义($P = 0.844$);基底节区层面(搭桥近端)和半卵圆中心层面(搭桥远端)rMTT($P = 0.000, 0.000$)和 rTTP($P = 0.000, 0.000$)均较术前降低且差异有统计学意义(表 1;图 1,2)。

讨 论

颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术由 Yasargil 等^[1]于 1970 年率先提出,标志着脑血管搭桥术的临床应用。随着手术技术和器械的进步,近年来颅内外血

表 1 手术前后脑血流动力学参数的比较 [$M(P_{25}, P_{75})$]

Table 1. Comparison of cerebral hemodynamic parameters between before and after operation [$M(P_{25}, P_{75})$]

Group	Before operation	After operation	Z value	P value
rCBF				
Proximal	0.75 (0.61, 0.92)	0.92 (0.79, 1.06)	-5.255	0.000
Distal	0.80 (0.61, 0.94)	0.91 (0.78, 1.04)	-3.236	0.001
rCBV				
Proximal	0.98 (0.91, 1.11)	1.03 (0.97, 1.12)	-2.314	0.021
Distal	1.11 (0.97, 1.22)	1.13 (0.95, 1.24)	-0.197	0.844
rMTT				
Proximal	1.44 (1.20, 1.72)	1.17 (1.05, 1.32)	-5.747	0.000
Distal	1.46 (1.19, 1.78)	1.21 (1.08, 1.37)	-5.498	0.000
rTTP				
Proximal	1.14 (1.10, 1.20)	1.06 (1.03, 1.11)	-5.648	0.000
Distal	1.14 (1.09, 1.21)	1.08 (1.05, 1.13)	-5.286	0.000

rCBF, relative cerebral blood flow, 相对脑血流量; rCBV, relative cerebral blood volume, 相对脑血容量; rMTT, relative mean transmit time, 相对平均通过时间; rTTP, relative time to peak, 相对达峰时间

管搭桥术迅速发展,在复杂颅内动脉瘤、颅底肿瘤和烟雾病(MMD)的治疗中获得临床肯定^[7-8],但颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术在颈内动脉闭塞性脑血管病中的应用仍存争议。脑血管搭桥术尤其是颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术能否改善患者生活质量、降低脑卒中发病率尚无确切结论^[9]。影像学技术的发展使无创性获得在体脑血流动力学信息成为可能。多项结合客观影像学结果的临床试验证实,颅内外血管搭桥术后脑血流动力学明显改善,尤其脑血流灌注严重受损患者获益更多^[10-11]。影像学技术使我们对缺血性卒中患者脑血管搭桥术后疗效和远期预后的评价更加全面^[12]。

对脑血管宏观循环和微循环的有效性仅能通过组织灌注评价,多数学者赞同这一观点^[13]。由于 PET 显像既可以对脑血流动力学进行定性和定量分析,还可以对脑组织代谢进行定性和定量检测,因此推荐作为评价脑血流动力学的“金标准”,并以此为参照评价其他方法的有效性。Tsivgoulis 和 Alexandrov^[14]根据 PET 显像将动脉狭窄致血流动力学改变引起的脑缺血分为 3 期:0 期,脑灌注压(CPP)和氧摄取分数(OEF)^[15]于正常值范围,局部血流对刺激反应正常;1 期,脑灌注压降低,脑血流自动调节(CA)使小动脉扩张以降低血管阻力,从而增加局部 CBV,维持 CBF 相对稳定,MTT 和 CBV 增

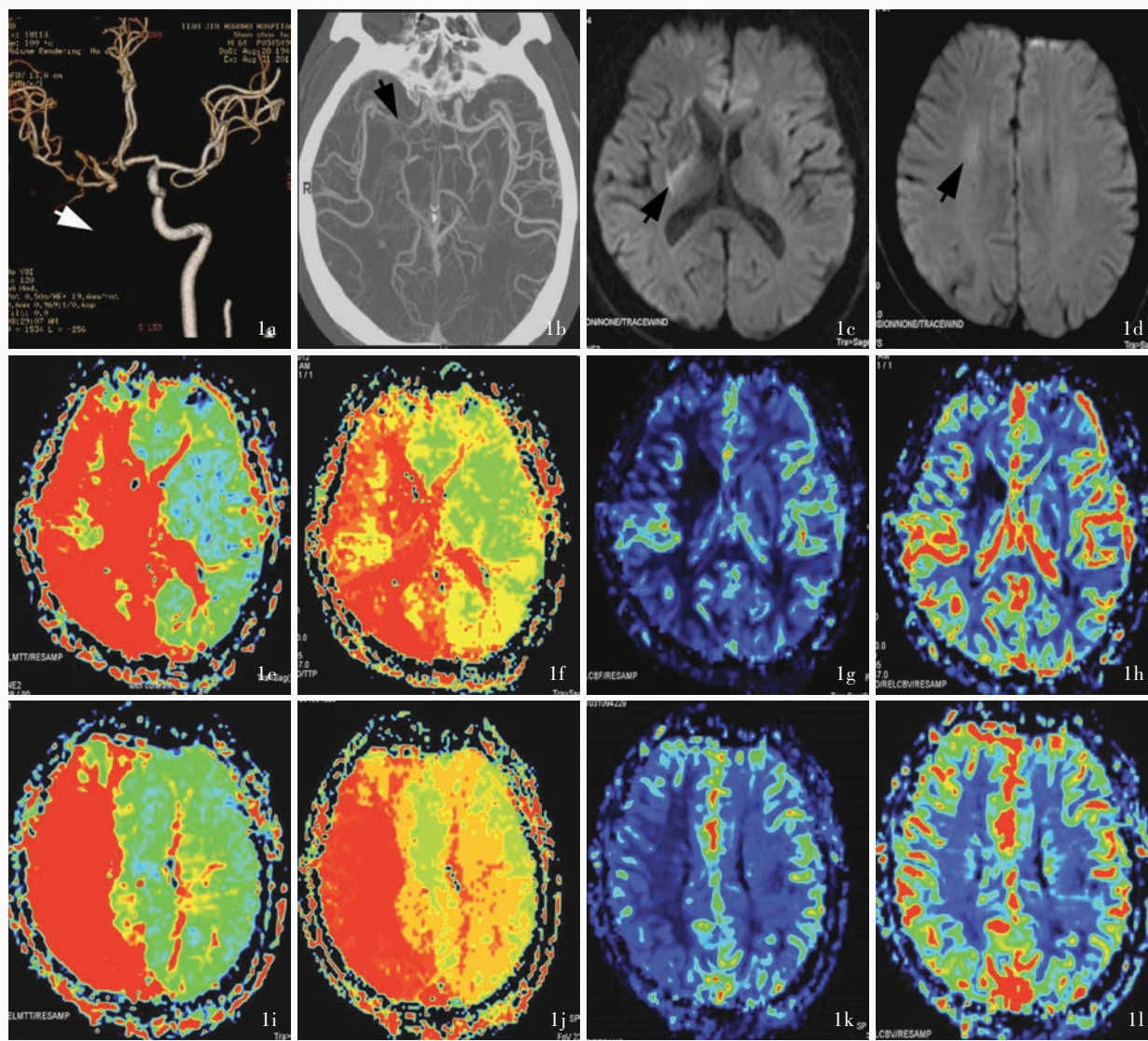


图1 男性患者,64岁,临床诊断为右侧基底节梗死,行右侧颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术。术前头部MRI检查所见 1a CTA容积重建图显示,右侧颈内动脉闭塞(箭头所示) 1b CTA最大密度投影图显示,右侧颈内动脉闭塞(箭头所示) 1c,1d 基底节区和半卵圆中心层面横断面DWI显示,右侧基底节区和侧脑室旁略高信号(箭头所示) 1e~1h 基底节区层面横断面PWI显示,与健侧相比,患侧MTT和TTP延长(红色区域所示),CBF降低(深蓝色和黑色区域所示),CBV略降低 1i~1l 半卵圆中心层面横断面PWI显示,与健侧相比,患侧MTT和TTP延长(红色区域所示),CBF降低(深蓝色和黑色区域所示),CBV未见明显变化

Figure 1 A 64-year-old male patient was diagnosed as cerebral infarction in right basal ganglia. STA-MCA bypass was performed. Preoperative head MRI findings CTA volume reconstruction (VR) showed occlusion of right ICA (arrow indicates, Panel 1a). CTA maximum intensity projection (MIP) showed occlusion of right ICA (arrow indicates, Panel 1b). Axial DWI at basal ganglia section (Panel 1c) and centrum semiovale section (Panel 1d) showed slight high-intensity in right basal ganglia and paraventricular area (arrows indicate). Axial PWI at basal ganglia section showed ipsilateral MTT and TTP were significantly prolonged (red areas indicate), CBF was significantly reduced (dark blue and black areas indicate), and CBV was slightly reduced comparing to contralateral lobe (Panel 1e-1h). Axial PWI at centrum semiovale section showed ipsilateral MTT and TTP were significantly prolonged (red areas indicate), CBF was significantly reduced (dark blue and black areas indicate), and CBV was not changed comparing to contralateral lobe (Panel 1i-1l).

加,氧摄取分数仍于正常值范围;2期,脑血流动力学改变超过脑血流自动调节能力,氧摄取分数增加、CBF降低以适应脑血流的氧代谢,故称为“贫困灌注”。

采用PET或SPECT显像评价的乙酰唑胺负荷试验和静息试验是临床检测脑血管储备能力的“金

标准”^[16];SPECT显像仅能获得半定量参数;氙气CT(Xe-CT)可以定量评价且分辨力较高,但对运动伪影敏感、氙气的吸收对严重肺部疾病患者有害、辐射量较大;CT灌注成像可以定性或定量评价,但成像层面有限、颅后窝骨伪影较大、有容积效应,影响结果的精确性,且存在电离辐射,故不宜作为随访

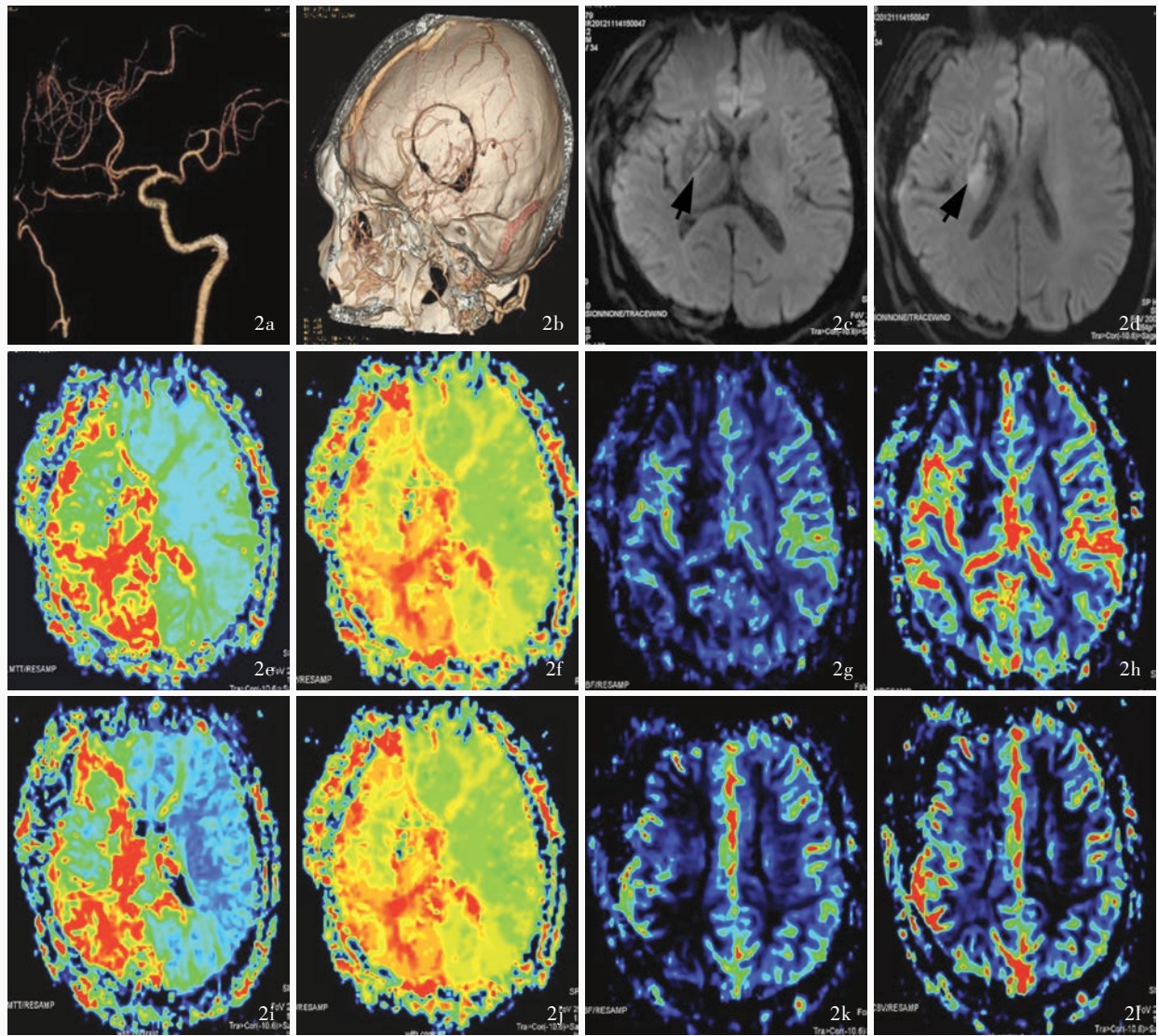


图2 图1同一例患者术后头部MRI检查所见 2a,2b CTA容积重建图显示,右侧颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术后颅内外血管吻合良好,血流通畅 2c,2d 基底节区和半卵圆中心层面横断面DWI显示异常高信号范围无扩大(箭头所示) 2e~2h 基底节区层面横断面PWI显示,与术前相比,术后患侧大脑中动脉供血区MTT和TTP降低(黄色区域所示),CBF略升高(浅蓝色区域所示),CBV未见明显变化 2i~2l 半卵圆中心层面横断面PWI显示,与术前相比,术后患侧大脑中动脉供血区MTT和TTP降低(黄色区域所示),CBF略升高(浅蓝色区域所示),CBV未见明显变化

Figure 2 Postoperative head MRI findings of the same patient CTA volume reconstruction (VR) showed excellent intra-extracranial anastomosis and adequate blood flow (Panel 2a, 2b). Axial DWI at basal ganglia section (Panel 2c) and centrum semiovale section (Panel 2d) showed no enlargement of high-intensity lesions (arrows indicate). Axial PWI at basal ganglia section showed MTT and TTP in ipsilateral MCA blood supplying area were reduced (yellow areas indicate), CBF was slightly increased (light blue areas indicate) and CBV was not changed comparing to preoperational data (Panel 2e-2h). Axial PWI at centrum semiovale section showed MTT and TTP in ipsilateral MCA blood supplying area were reduced (yellow areas indicate), CBF was slightly increased (light blue areas indicate) and CBV was not changed comparing to preoperational data (Panel 2i-2l).

复查的工具^[17];PWI可以无创性评价且成像参数较多如DSC-PWI、动态对比增强MRI(DCE-MRI)、动脉自旋标记(ASL),其中,DSC-PWI在测量颈内动脉粥样硬化致闭塞方面与PET显像具有一致性^[18]。国内也有学者将DSC-PWI与CT灌注成像相比较,得出具有一致性的结论^[19]。DSC-PWI成像速度迅速、简便易行、时间和空间分辨力较高、敏感性较高、无

电离辐射、一次扫描即可显示全脑血流动力学信息、易与常规MRI同时进行,临床应用前景广阔。DSC-PWI的作用原理是静脉团注对比剂Gd-DTPA,对比剂通过兴趣区(ROI)脑血管床时干扰局部磁场均匀性,使病变组织T₂*信号降低,从而导致病变组织信号衰减。通过快速成像序列如回波平面成像检测信号动态变化,获得病变组织微循环信息^[20]。

对比剂首次通过兴趣区时信号强度迅速下降,降低幅度与对比剂含量呈指数关系,将病变组织 T_2^*WI 时间-信号曲线转换为浓度-时间曲线,从而计算 CBF、CBV、MTT 和 TTP 等。目前,多数学者采用自身设定对照的半定量方法评价脑血流动力学改变,相对简单^[21]。本研究同样以对侧大脑半球镜像区作为参照,以患侧大脑半球兴趣区与镜像区血流动力学参数比值获得 rCBV、rCBF、rMTT 和 rTTP,以消除个体差异。

PWI 可以全面评价颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术前和术后脑血流动力学异常程度和范围,为术前评价提供客观的影像学依据^[22]。当颈内动脉或大脑中动脉粥样硬化致闭塞时,脑血流动力学参数随之变化,作为观察脑血管储备能力的敏感指标,MTT 和 TTP 可以先于 CBF 和 CBV 改变,表现为对比剂充盈和排空时间延迟,MTT 和 TTP 延长^[23]。通过上述脑血流动力学参数变化,可以了解脑组织灌注情况:(1) MTT 和 TTP 明显延长、CBV 减少、CBF 明显减少,提示脑组织灌注不足。(2) MTT 和 TTP 延长、CBV 正常或增加、CBF 正常或减少,提示侧支循环形成,若 CBF 正常则侧支循环有效、CBF 减少则侧支循环不良。(3) MTT 和 TTP 正常或缩短、CBV 增加、CBF 正常或轻度增加,提示脑缺血-再灌注。(4) CBV 和 CBF 明显增加、MTT 和 TTP 正常或缩短,则提示脑组织过度灌注。

本研究同时测量基底节区和半卵圆中心层面脑血流动力学参数,76 例患者术后患侧基底节区层面和半卵圆中心层面 rCBF 均较术前升高,基底节区层面 rCBV 较术前升高,基底节区层面和半卵圆中心层面 rMTT 和 rTTP 均较术前降低,提示侧支循环通畅;而半卵圆中心 rCBV 与术前无明显差异,与其他研究结果不符。究其原因,可能是由于其他研究 rCBF 的测量区域仅笼统地命名为大脑中动脉供血区、测量区域多位于基底节区层面,而实际上大脑中动脉供血区是一个三维区域,距离供血动脉主干远近不同,脑血流灌注到达时间和数量亦不尽相同,故搭桥近端与搭桥远端灌注效果存在差异,因此,仅分析基底节区层面脑血流动力学参数不能全面反映颈内动脉和(或)大脑中动脉重度狭窄或闭塞患者脑血管搭桥术后大脑中动脉供血区脑血流灌注的整体情况。

颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术后 PWI 异常区域程度减轻、范围缩小,表明手术增加血供途径,rTTP

和 rMTT 较术前缩短,延迟好转;rCBF 和 rCBV 较术前增加,侧支循环代偿充分建立。若 rCBF 无明显改变,推测可能与吻合口通畅度欠佳、侧支循环代偿不充分有关;rCBV 无明显改变,提示尽管手术可以增加 rCBF,但毛细血管灌注压低于血管调节上限,血管仍处于最大扩张状态。除半卵圆中心层面 rCBV 外,各项脑血流动力学参数均较术前改善,提示颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术可以改善颈内动脉或大脑中动脉重度狭窄和(或)闭塞患者的脑血流灌注。基底节区层面 rCBF 增加、rCBV 亦增加,提示侧支循环充分建立;半卵圆中心层面 rCBF 增加、rCBV 无变化,提示不同脑区血流动力学改善程度不尽相同,搭桥近端改善程度优于搭桥远端。推测可能与颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术为低流量搭桥术式有关。因此,同时监测基底节区和半卵圆中心层面血流动力学参数更有利于全面评价手术疗效。

脑组织灌注是正向供血和侧支循环代偿的综合结果,临床症状源于重要功能区灌注不足。大脑中动脉功能区包括位于凸面的语言相关脑区和位于额顶叶交界区的感觉运动区。从脑血流异常至梗死灶形成,脑血流动力学存在从良性代偿至代偿不良再至失代偿的病理生理学过程。PWI 能够通过多参数图确切反映上述过程的分期,梗死前期可以进一步分为侧支循环代偿期和失代偿期。对于大脑中动脉重度狭窄和(或)闭塞患者,正向供血明显减少甚至消失,患侧大脑中动脉供血区主要来自大脑前动脉、大脑后动脉和颈外动脉等经软脑膜的代偿。此种情况下,颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术相当于为缺血区人为引入一支侧支循环。本研究术后 PWI 显示大脑中动脉相关重要功能区血流从术前的失代偿期改善为代偿期,从而改善脑灌注损伤,预防侧支循环的代偿恶化,减少短暂性脑缺血发作(TIA)。发生上述脑血流动力学变化时,有可能临床表现正常,因此,只有术后复查 PWI 方可确切评价疗效,同时根据梗死前期的灌注分期明确颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术能否改善脑血流动力学变化和改善程度。

尽管本研究观察到上述影像学改变,但是未能采集到相应的临床数据,缺乏相应的临床佐证。在今后的研究中,我们将进一步完善数据,以体现 PWI 对评价颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术治疗缺血性脑血管病脑血流动力学和循环代偿能力的重要临床价值。

参 考 文 献

- [1] Yasargil MG, Kravynbuhl HA, Jacobson JH 2nd. Microneurosurgical arterial reconstruction. *Surgery*, 1970, 67:221-233.
- [2] EC/IC Bypass Study Group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke: results of an international randomized trial. *N Engl J Med*, 1985, 313:1191-1200.
- [3] Adams HP Jr, Powers WJ, Grubb RL Jr, Clarke WR, Woolson RF. Preview of a new trial of extracranial-to-intracranial arterial anastomosis: the carotid occlusion surgery study. *Neuro Clin N Am*, 2001, 12:613-624.
- [4] Ogasawara K, Ogawa A. JET study (Japanese EC-IC Bypass Trial). *Nihon Rinsho*, 2006, 64 Suppl 7:524-527.
- [5] Muroi C, Khan N, Bellut D, Fujioka M, Yonekawa Y. Extracranial - intracranial bypass in atherosclerotic cerebrovascular disease: report of a single centre experience. *Br J Neurosurg*, 2011, 25:357-362.
- [6] Duan HZ, Li L, Qiu JX, Zhang Y, Yi ZQ, Zhang JY, Bao SD. Extracranial - intracranial artery bypass based on cerebral CT perfusion imaging for ischemic cerebrovascular disease. *Zhongguo Wei Chuang Wai Ke Za Zhi*, 2013, 13:110-115.[段鸿洲, 李良, 邱建星, 张扬, 伊志强, 张家湧, 鲍圣德. 基于CT灌注成像的颅内外动脉旁路移植术在治疗缺血性脑血管病中的应用. *中国微创外科杂志*, 2013, 13:110-115.]
- [7] Li GS, Hu FG, Liang CH, Li C, Diao X, Wang LQ, Wu Q, Xie SW, Guo HJ. The therapeutic effect of superficial temporal artery - middle cerebral artery bypass in the treatment of ischemic adult Moyamoya disease. *Nao Yu Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2016, 24:346-349.[李国胜, 胡福广, 梁朝辉, 李琛, 刁勋, 王立群, 武强, 谢松旺, 郭洪均. 颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术治疗成人缺血性烟雾病的疗效分析. *脑与神经疾病杂志*, 2016, 24:346-349.]
- [8] Qi H, Yin W, Huang D, Han ZL. Clinical efficacy of superficial artery - middle cerebral artery anastomosis for adult Moyamoya disease. *Zhongguo Wei Qin Xi Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2016, 21:199-201.[齐辉, 尹卫, 黄达, 韩宗利. 颞浅动脉-大脑中动脉吻合术治疗成人烟雾病的疗效分析. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2016, 21:199-201.]
- [9] Hwang G, Oh CW, Bang JS, Jung CK, Kwon OK, Kim JE, Bae HJ, Han MK. Superficial temporal artery to middle cerebral artery bypass in acute ischemic stroke and stroke in progress. *Neurosurgery*, 2011, 68:723-729.
- [10] Li Z, Zhou P, Xiong Z, Ma Z, Wang S, Bian H, Chen J. Perfusion - weighted magnetic resonance imaging used in assessing hemodynamics following superficial temporal artery - middle cerebral artery bypass in patients with moyamoya disease. *Cerebrovasc Dis*, 2013, 35:455-460.
- [11] Chou CW, Chang JH, Lin SZ, Cho DY, Cheng YW, Chen CC. Extracranial-intracranial (EC-IC) bypass of symptomatic middle cerebral artery (MCA) total occlusion for haemodynamic impairment patients. *Br J Neurosurg*, 2012, 26:823-826.
- [12] Serrone JC, Jimenez L, Hanseman DJ, Carroll CP, Grossman AW, Wang L, Vagal A, Choutka O, Andaluz N, Ringer AJ, Abruzzo T, Zuccarello M. Changes in computed tomography perfusion parameters after superficial temporal artery to middle cerebral artery bypass: an analysis of 29 cases. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2014, 75:371-377.
- [13] Low SW, Teo K, Lwin S, Yeo LL, Paliwal PR, Ahmad A, Sinha AK, Teoh HL, Wong LY, Chong VF, Seet RC, Chan BP, Yeo TT, Chou N, Sharma VK. Improvement in cerebral hemodynamic parameters and outcomes after superficial temporal artery - middle cerebral artery bypass in patients with severe stenooclusive disease of the intracranial internal carotid or middle cerebral arteries. *J Neurosurg*, 2015, 123:662-669.
- [14] Tsvigoulis G, Alexandrov AV. Cerebral hemodynamics in acute stroke: pathophysiology and clinical implications. *J Vasc Interv Neurol*, 2008, 1:65-69.
- [15] Mateo J, Izquierdo-Garcia D, Badimon JJ, Fayad ZA, Fuster V. Noninvasive assessment of hypoxia in rabbit advanced atherosclerosis using ¹⁸F-fluoromisonidazole positron emission tomographic imaging. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2014, 7:312-320.
- [16] Peng YM, Zhang CY. Progress of application of PET/CT in ischemic cerebrovascular diseases. *Zhongguo Yi Xue Ying Xiang Ji Shu*, 2015, 31:949-952.[彭一檬, 张春银. PET/CT在缺血性脑血管病中的应用进展. *中国医学影像技术*, 2015, 31:949-952.]
- [17] Tian B, Xu B, Liu Q, Hao Q, Lu J. Adult Moyamoya disease: 320-multidetector row CT for evaluation of revascularization in STA-MCA bypasses surgery. *Eur J Radiol*, 2013, 82:2342-2347.
- [18] Mukherjee P, Kang HC, Videen TO, McKinstry RC, Powers WJ, Derdeyn CP. Measurement of cerebral blood flow in chronic carotid occlusive disease: comparison of dynamic susceptibility contrast perfusion MR imaging with positron emission tomography. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2003, 24:862-871.
- [19] Tong T, Yao ZW, Feng XY. Multislice CT perfusion imaging and MRI perfusion weighted imaging in normal rabbits cerebral hemodynamics. *Zhongguo Yi Xue Ji Suan Ji Cheng Xiang Za Zhi*, 2007, 13:1-4.[童彤, 姚振威, 冯晓源. 正常兔脑多层螺旋CT灌注及MR灌注成像. *中国医学计算机成像杂志*, 2007, 13:1-4.]
- [20] Yun TJ, Sohn CH, Han MH, Kang HS, Kim JE, Yoon BW, Paeng JC, Choi SH, Kim JH, Song IC, Chang KH. Effect of delayed transit time on arterial spin labeling: correlation with dynamic susceptibility contrast perfusion magnetic resonance in moyamoya disease. *Invest Radiol*, 2013, 48:795-802.
- [21] Wang R, Yu S, Alger JR, Zuo Z, Chen J, Wang R, An J, Wang B, Zhao J, Xue R, Wang DJ. Multi-delay arterial spin labeling perfusion MRI in moyamoya disease: comparison with CT perfusion imaging. *Eur Radiol*, 2014, 24:1135-1144.
- [22] Xu Y, Lü JH, Ma L, Chen WJ, Lou X. Multi-parameter arterial spin labeling versus dynamic magnetic - sensitive enhanced cerebral perfusion imaging for diagnosis of transient cerebral ischemic attack. *Nanfang Yi Ke Da Xue Xue Bao*, 2016, 36:768-774.[许洋, 吕晋浩, 马林, 陈为军, 娄昕. 多参数动脉自旋标记与动态磁敏感增强脑灌注成像在诊断短暂性脑缺血性发作中的对比. *南方医科大学学报*, 2016, 36:768-774.]
- [23] Wang DJ, Alger JR, Qiao JX, Hao Q, Hou S, Fiaz R, Gunther M, Pope WB, Saver JL, Salamon N, Liebeskind DS; UCLA Stroke Investigators. The value of arterial spin-labeled perfusion imaging in acute ischemic stroke: comparison with dynamic susceptibility contrast - enhanced MRI. *Stroke*, 2012, 43:1018-1024.

(收稿日期:2017-05-04)