

· 论 著 ·

间接手术技术治疗颈内动脉巨大动脉瘤：
一项单中心、回顾性队列研究丁茂华* 佟小光*[⊗]

【摘要】目的 间接手术(脑血管搭桥术)治疗颈内动脉巨大动脉瘤(giant internal carotid aneurysms, GICAs)单中心经验总结。**方法** 回顾性分析本中心2016年5月至2023年5月期间,应用间接手术技术治疗GICAs患者的临床预后。对于球囊闭塞试验阴性的GICAs患者,采用颈内动脉(internal carotid artery, ICA)缩窄术联合/不联合颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术(superficial temporal artery-middle cerebral artery, STA-MCA)。对于球囊闭塞试验阳性的GICAs患者,采用ICA结扎术联合高流量搭桥术(external carotid artery-radial artery-middle cerebral artery /M2, ECA-RA-M2)。全脑血管造影记录患者术前术后O'Kelly-Marotta(OKM)分级,及动脉瘤最大直径变化。随访患者术前、术后改良Rankin评分(modified Rankin scale, mRS)及临床症状变化,以评估间接手术治疗GICAs的安全性与有效性。**结果** 共有22例患者纳入本研究,接受ICA缩窄联合/不联合STA-MCA搭桥术的患者为16例,接受ICA结扎术联合高流量搭桥术的患者为6例。50%(11/22)的患者术后OKM分级达到C/D级,与术前相比,存在统计学差异($P<0.001$)。术后或未次影像学随访结果显示19例患者的颅内动脉瘤缩小,2例保持不变,1例增大,较术前存在统计学差异($t=5.439, P<0.001$)。至随访末,22例患者mRS评分较术前下降,且存在统计学差异($t=2.531, P=0.019$)。**结论** 在神经介入时代,间接术式仍然是治疗难治性或复发性GICAs的一种重要补充术式。

【关键词】 颈内动脉巨大动脉瘤 颈内动脉缩窄术 颈内动脉结扎术 脑血管重建术 病例回顾性研究

【中图分类号】 R615

【文献标识码】 A

Indirect surgical technique for the treatment of giant internal carotid artery aneurysms: a single-center retrospective cohort study. DING Maohua, TONG Xiaoguang. Department of Neurosurgery, Tianjin Huanhu Hospital; Clinical College of Neurology, Neurosurgery and Neurorehabilitation, Tianjin Medical University, Tianjin 300350, China. Tel: 022-59065282.

【Abstract】 Objective To summarize the single-center experience with indirect surgery (cerebrovascular bypass) for the treatment of giant internal carotid aneurysms (GICAs). **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical outcomes of patients with GICAs treated using indirect surgical techniques at our center from May 2016 to May 2023. For patients who tested negative in the balloon occlusion test (BOT), internal carotid artery (ICA) constriction was performed with or without low-flow bypass from the superficial temporal artery (STA) to the middle cerebral artery (MCA). For patients who tested positive in the BOT, ICA ligation was combined with high-flow bypass (external carotid artery-radial artery-M2). Preoperative and postoperative O'Kelly-Marotta (OKM) grading and changes in the maximum diameter of the aneurysm were examined through cerebral angiography. The preoperative and postoperative modified Rankin Scale (mRS) scores and changes in clinical symptoms were followed up to evaluate the safety and efficacy of the indirect surgery. **Results** A total of 22 patients were included in this study. Sixteen patients underwent ICA constriction with or without STA-MCA bypass, while six patients underwent ICA ligation combined with high-flow bypass. Postoperative OKM grades reached C/D in 50% (11/22) of the patients, showing a statistically significant improvement compared to preoperative

doi:10.3969/j.issn.1002-0152.2024.07.004

* 天津市环湖医院(天津市脑系科中心医院)神经外科,天津医科大学神经内外科及神经康复临床学院(天津300350)

[⊗] 通信作者(E-mail: txghyy@126.com)

grades ($P<0.0001$). Postoperative or final imaging follow-up showed that the size of aneurysms was decreased in 19 patients, remained unchanged in 2 patients, and increased in 1 patient, which reached a statistically significant difference compared to preoperative measurements ($t=5.439, P<0.001$). Follow-up results indicated that the mRS scores of the 22 patients decreased significantly compared to preoperative scores ($t=2.531, P=0.019$). **Conclusion** In the era of neurointervention, indirect surgical techniques remain an important complementary approach for the treatment of refractory or recurrent GICAs.

【Keywords】 Giant internal carotid aneurysms Internal carotid artery constriction Internal carotid artery ligation Cerebrovascular reconstruction surgery Retrospective study

由于出血、占位效应和远端血栓栓塞等并发症的存在,未经治疗的症状性颈内动脉巨大动脉瘤(giant internal carotid aneurysms, GICAs)患者预后较差^[1-2]。直接手术(动脉瘤颈夹闭)的手术难度大、并发症发生率较高^[2-4]。血流导向装置(flow diverter, FD)目前是GICAs最主流的诊疗措施^[5]。然而,这项技术也面临着一些挑战,如早期/迟发性缺血卒中并发症、术后需长期抗血小板治疗,以及费用昂贵等^[6-10]。第三种可供选择的手术方式为间接手术,即颈内动脉(internal carotid artery, ICA)结扎术联合颅外-颅内搭桥术^[11-13]。尤其是对于介入术后复发或介入困难通路无法应用FD的患者,该术式也是最终选择。但是,ICA结扎术本身存在发生缺血性卒中的风险^[14-16]。为弥补这一缺陷,天津市环湖医院神经外科在临床诊疗中,对于术前球囊闭塞试验(balloon occlusion test, BOT)阴性的GICAs患者,采用ICA缩窄术联合/不联合颅外-颅内高流量搭桥的手术方式,而对于术前BOT阳性患者,我们采用传统的ICA结扎术联合颅外-颅内搭桥术的手术方式,现报告如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本研究为单中心回顾性队列研究。纳入标准包括:①病变主体位于ICA的巨大型(最大径 ≥ 25 mm)动脉瘤;②手术采用动脉瘤孤立术联合EC-IC高流量搭桥术(external carotid artery-radial artery-middle cerebral artery/M2, ECA-RA-M2)或ICA缩窄术联合/不联合颞浅动脉-大脑中动脉搭桥(superficial temporal artery-middle cerebral artery, STA-MCA)的手术方式;③患者年龄18~80

岁。排除标准包括:①伴有累及患侧ICA以外其他颅内外动脉分支的多发动脉瘤;②除患有GICAs以外,还患有其他颅内严重疾病,如动静脉畸形、硬脑膜动静脉瘘、颅内肿瘤等;③患有其他严重影响患者生存时间的疾病。患者均签署知情同意书。本回顾性研究获得了天津市环湖医院伦理委员会的伦理批准(批文号:2021-058)。

1.2 资料收集 患者的术前一般资料包括性别、年龄、病变位置、动脉瘤最大直径、术前灌注、术前O'Kelly-Marotta (OKM)分级量表评分^[17]、临床症状,以及术前改良Rankin评分(modified Rankin scale, mRS)。手术后立即进行全脑DSA以评估ICA缩窄程度。对患者进行定期随访,术后至随访未收集的资料包括术后OKM分级、术后动脉瘤最大直径、术后灌注、手术并发症、随访末mRS,以及随访时间(月)。

1.3 术前评估 拟接受间接手术的GICAs患者,术前需要接受患侧ICA的BOT,以证实前交通动脉(anterior communicating artery, AcomA)和后交通动脉(posterior communicating artery, PcomA)代偿血流的存在。此外,所有患者在术前接受磁共振灌注成像(perfusion weighted imaging, PWI),结合血流储备和术前症状来判断患侧对于缺血的耐受性。对于能够耐受BOT的患者,如果BOT证实AcomA和PcomA代偿血流均能供应患侧前循环,且PWI脑灌注 \leq II1,则选择单纯ICA缩窄术。对于能够耐受BOT的患者,如果仅存在AcomA和PcomA两者其中之一的代偿血流,和(或)PWI $>$ II1,那么我们则倾向于联合ICA缩窄术与低流量搭桥术(STA-

MCA)。最后,对于BOT阳性的GICAs患者,我们采取ICA结扎术联合高流量搭桥术(ECA-RA-M2)的手术方式。

1.4 手术方法 13例在复合手术室完成单纯ICA缩窄术。病例11因视力减退、上睑下垂和面部疼痛住院。术前DSA显示右侧ICA岩骨段-海绵窦段巨大动脉瘤,动脉瘤最长径49 mm(图1)。BOT阴性,同时存在前交通动脉和后交通动脉向患侧良好的代偿血供。手术方式采用单纯ICA缩窄术。ICA分叉部的手术显露过程基本类似于颈动脉内膜剥脱术^[18]。沿着ICA起始部,横向切开ICA横径的1/2(图2),并缝合两侧游离缘,人工缩窄70%~90%的ICA。然后将两侧游离缘缝合在一起,以避免血管扭曲。术中吲哚菁绿造影验证ICA的通畅性。最后,缝合皮肤及浅筋膜。术后DSA显示缩窄程度约为95%。动脉瘤显影浅淡,充盈不完全。OKM分级从术前A3变为术后B3。

3例行ICA缩窄术联合低流量搭桥术。病例16因视力减退住院。术前DSA显示右侧ICA海绵

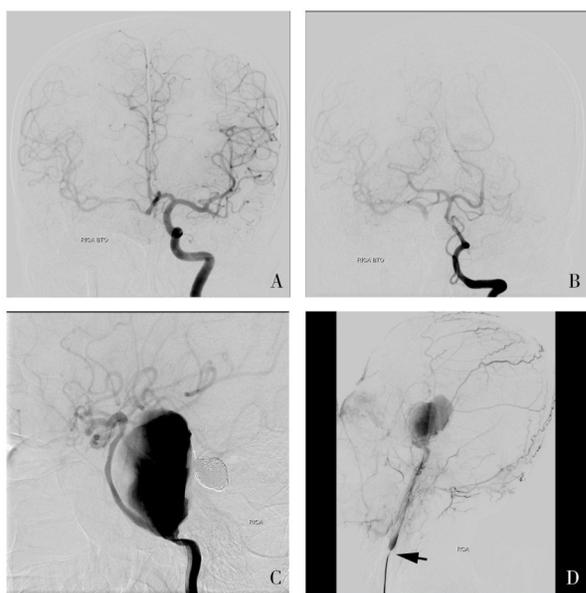


Fig.1 Illustrative cases for ICA constriction

图1 单纯ICA缩窄术示例 A、B,右侧ICA-BOT显示存在前交通动脉和后交通动脉向患侧良好的代偿血供。C,右侧ICA岩骨段-海绵窦段巨大动脉瘤,动脉瘤最大长径49 mm。D,右侧ICA起始部缩窄术后DSA显示缩窄程度约为95%。动脉瘤显影浅淡,充盈不完全(箭头)。OKM分级从术前A3变为术后B3。

窦段巨大动脉瘤,动脉瘤最长径46 mm(图3)。右

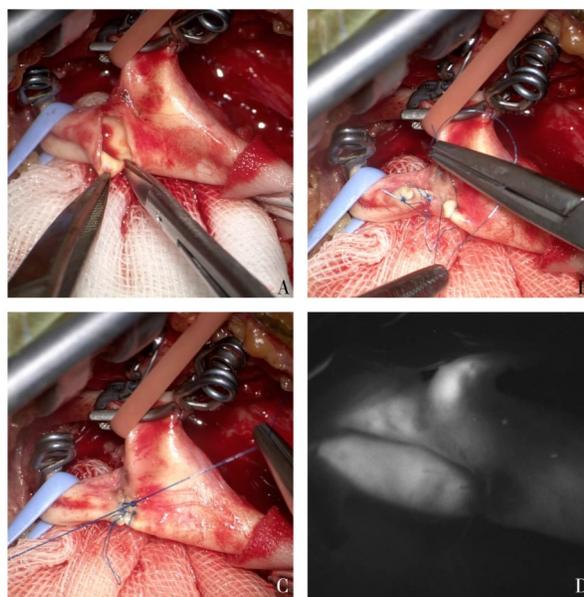


Fig.2 Surgical steps of ICA constriction surgery

图2 ICA缩窄术手术步骤 A,显露ICA起始部血管并分别阻断,沿着ICA起始部切开管径周长的一半。B、C,分别缝合两侧的切缘,形成70%~90%的血管狭窄,再将已缝合的两血管断端缝合在一起,以避免血管扭转。D,吲哚菁绿造影显示ICA远端血流通畅。

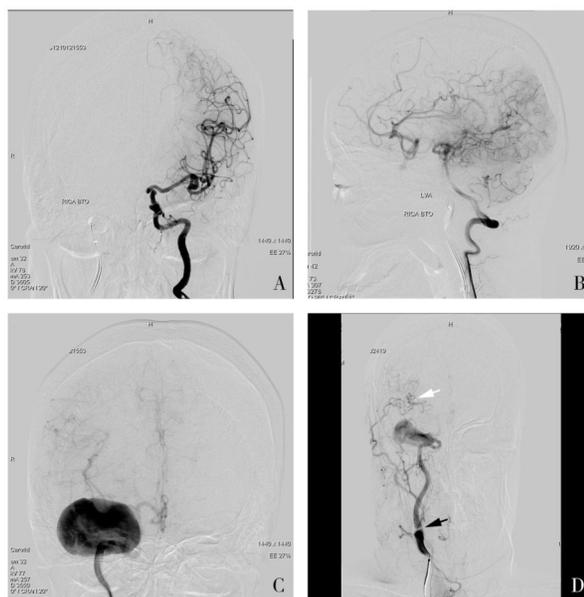


Fig.3 Illustrative cases for ICA constriction+STA-MCA bypass

图3 ICA缩窄术联合低流量搭桥术示例 A、B,右侧ICA-BOT显示仅存在后交通动脉代偿血供。C,DSA显示右侧ICA海绵窦段巨大动脉瘤最大长径46 mm。D,术后DSA显示ICA缩窄程度约为90%(黑色箭头)。动脉瘤显影浅淡,充盈不完全。OKM分级从术前A3变为术后C3。桥血管通畅(白色箭头)。

侧ICA-BOT显示仅存在后交通动脉代偿血供。手术方式采用了ICA缩窄术联合低流量搭桥术。手术切口设计选择翼点额颞皮肤切口,显微镜下切开头皮,分离颞浅动脉主干及额顶支。选择颞浅动脉双支搭桥。将双支STA吻合至MCA的M3-M4交界部位。经吲哚菁绿血管造影确定搭桥通畅后。进一步行ICA缩窄术(如前所述)。术后DSA显示ICA缩窄为重度狭窄(90%)。动脉瘤显影浅淡,充盈不完全。OKM分级从术前A3变为术后C3。

6例行ICA结扎术联合高流量搭桥术(ECA-RA-M2)。均采用颈内动脉结扎,联合ECA-RA-M2搭桥的手术方式,具体手术步骤已被广泛描述^[19]。见图4。

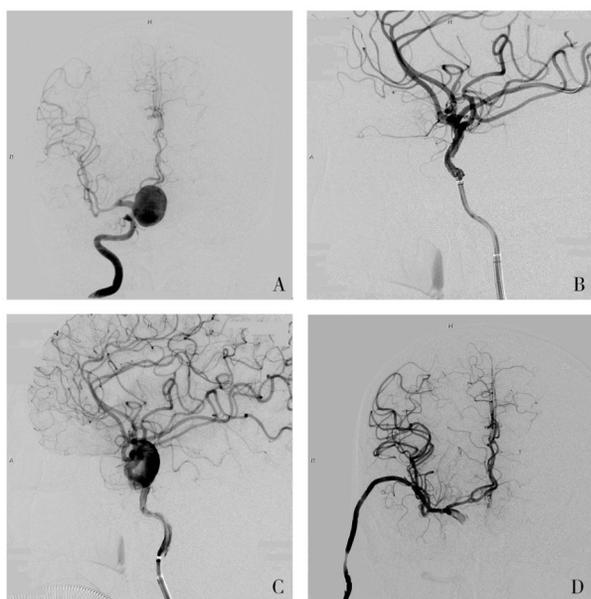


Fig.4 Illustrative Cases for ICA ligation+ECA-RA-M2 bypass
图4 ICA结扎术联合高流量搭桥术(ECA-RA-M2)示例 A,右侧ICA眼动脉段巨大动脉瘤,直径25.6 mm。B,接受右侧ICA覆膜支架置入术即刻,动脉瘤不显影。C,支架置入后短时间内动脉瘤再次显影,考虑支架贴壁不全。D,1.5个月后,患者接受右侧ECA-RA-M2搭桥+右侧ICA起始部结扎术,术后造影动脉瘤不显影。

1.5 统计学方法 采用SPSS 19.0行统计学分析。间接术式(ICA缩窄术/结扎术)治疗海绵窦巨大动脉瘤手术效果评估,通常术后DSA达到OKM分级C级/D级,即被认为是理想治疗效果。手术前后OKM分级达到C/D级病例数之间的比较行Fisher

精确检验法;手术前后动脉瘤最大直径和mRS比较采用配对样本 t 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料 2016年5月至2023年5月,共有22例单侧GICAs患者(动脉瘤最大直径25~76 mm)接受了血管重建手术。见表1。

2.2 手术与随访结果 见表1。术中吲哚菁绿血管造影及术后DSA显示所有搭桥血管均通畅。术后随访51.5(34.3,67.0)个月,所有患者无新发卒中。

2.2.1 手术前后OKM分级比较 OKM分级量表结果显示11例患者OKM分级达到C/D级。术后动脉瘤的OKM分级与术前相比,存在统计学差异($P<0.001$)。但ICA结扎患者的OKM分级C/D级比例(5/6)大于ICA缩窄患者比例(6/16)。

2.2.2 手术前后动脉瘤最大直径比较 术后或末次影像学随访结果显示,19例动脉瘤缩小,2例保持不变,1例增大(病例13)。动脉瘤最大直径较术前减小,存在统计学意义($t=5.439, P<0.001$)。1例患者(病例13)因术后4个月动脉瘤内夹层增大,进行了动脉瘤孤立+动脉瘤切开取栓+STA-MCA搭桥术,至随访末,患者恢复良好。

2.2.3 手术前后患侧脑灌注比较 22例患者中,有4例患者术后PWI较术前得到有效改善,16例患者在随访过程中脑血流灌注保持不变,另外2例患者术后未行PWI检查。值得注意的是,不仅6例接受高流量搭桥的患者术后灌注不低于术前,16例接受ICA缩窄的患者,亦没有出现患侧脑灌注下降的病例。

2.2.4 手术并发症 见表1。术后16例接受缩窄的患者中有1例患者出现左侧额叶梗死,不完全运动型失语。6例接受颈动脉结扎术联合高流量搭桥术的患者中,有3例出现术后缺血性卒中并发症,均导致卒中对侧肌力下降等新发神经功能缺损。

2.2.5 手术前与随访末mRS评分及临床症状比较 随访末mRS较术前mRS下降,且存在统计学差异($t=2.531, P=0.019$)。从结果中可以看到,16例接受

Tab.1 Patient's clinical data

表1 患者资料

| 编号 | 性别/年龄(岁) | 病变位置 | 动脉瘤最大直径(mm) | 术前灌注 | 术前OKM分级 | 临床症状 | 术前mRS评分 | 术后OKM分级 | 术后动脉瘤最大直径 | 术后灌注 | 手术并发症 | 随访末mRS评分 | 随访时间(月) |
|----|----------|----------------------|-------------|----------|---------|--------------------|---------|---------|-----------|------|-------------------|----------|---------|
| 1 | 男/61 | 海绵窦段(右侧) | 43 | III | A3 | 面部疼痛、上睑下垂、复视 | 1 | B3 | 38 | III | - | 0 | 75 |
| 2 | 女/55 | 海绵窦段(左侧) | 29 | I2 | A2 | 癫痫 | 0 | D1 | 20 | I2 | 右额叶梗死,不全运动失语 | 0 | 72 |
| 3 | 女/46 | 眼动脉段(左侧) | 26 | III | A2 | 面部疼痛 | 0 | B2 | 21 | III | - | 0 | 68 |
| 4 | 女/44 | 海绵窦段(右侧) | 30 | I2 | A1 | 复视,上睑下垂 | 1 | C2 | 18 | I2 | - | 0 | 55 |
| 5 | 女/77 | 海绵窦段(右侧) | 34 | 正常 | A1 | 面部疼痛,上睑下垂,眼球活动障碍 | 1 | A3 | 22 | 正常 | - | 1 | 64 |
| 6 | 女/60 | 床突段-海绵窦段(右侧) | 25 | III | A3 | 视力减退 | 1 | C3 | 25 | III | - | 0 | 46 |
| 7 | 男/19 | 动脉眼段(左侧) | 28 | III | A1 | 面部疼痛,视力减退 | 1 | A2 | 15 | III | - | 0 | 52 |
| 8 | 女/43 | 海绵窦段-眼动脉段(左侧) | 29 | 正常 | A1 | 面部疼痛、呕吐 | 1 | B2 | 10 | 正常 | - | 0 | 35 |
| 9 | 女/74 | 海绵窦段(右侧) | 43 | III | A3 | 面部麻木,眼球活动障碍 | 1 | D1 | 0 | III | - | 0 | 57 |
| 10 | 女/56 | 海绵窦段(右侧) | 42 | III | A1 | 面部疼痛,复视 | 1 | B2 | 40 | I2 | - | 0 | 54 |
| 11 | 男/27 | 岩骨段-海绵窦段(右侧) | 49 | III | A3 | 视力减退,上睑下垂,面部疼痛 | 1 | B3 | 37 | I2 | - | 1 | 20 |
| 12 | 女/53 | 眼动脉段-床突段-海绵窦段(左侧) | 36 | III | A1 | 上睑下垂、复视、眼球活动障碍 | 1 | A3 | 32 | III | - | 0 | 11 |
| 13 | 女/61 | 后交通段(右侧) | 42 | 正常 | B1 | 上睑下垂、眼球活动障碍、走路不稳 | 4 | C2 | 44 | 正常 | - | 3 | 26 |
| 14 | 女/23 | 海绵窦段(左侧) | 25 | I2 | A1 | 面部疼痛 | 0 | B3 | 25 | I2 | - | 0 | 86 |
| 15 | 女/65 | 海绵窦段(左侧) | 37 | III | A3 | 眼球活动障碍 | 2 | C3 | 13 | I2 | - | 0 | 57 |
| 16 | 女/53 | 海绵窦段(右侧) | 46 | III | A3 | 视力减退 | 1 | B3 | 20 | III | - | 0 | 50 |
| 17 | 女/62 | 海绵窦段(左侧) | 43.1 | 左侧额颞顶III | A1 | 左眶周疼痛、左眼视物模糊、左眼睑下垂 | 1 | D1 | 0 | - | 左侧额颞岛叶脑梗死 | 0 | 89 |
| 18 | 男/71 | 床突段(左侧) | 27 | II2 | A1 | 行走不稳,右手精细运动差 | 1 | D1 | 0 | II2 | 左额颞岛叶梗死,右侧小脑梗死 | 4 | 76 |
| 19 | 女/56 | 眼动脉段(右侧) | 27.3 | III | A1 | 右眼视力下降视野缺损 | 1 | D1 | 0 | III | - | 0 | 56 |
| 20 | 女/52 | 眼动脉段(右侧) | 25.6 | 正常 | A1 | 头痛、左下肢乏力感 | 1 | D1 | 0 | 正常 | - | 0 | 34 |
| 21 | 女/56 | 海绵窦段-眼动脉段巨大夹层动脉瘤(左侧) | 76 | I2 | A1 | 头痛/乏力/右眼视力下降 | 3 | B1 | 25.3 | - | 左顶硬膜外血肿;左侧额叶分水岭梗死 | 4 | 32 |
| 22 | 女/59 | 床突段(左侧) | 33 | III | A1 | 左眼视物模糊 | 1 | D1 | 0 | I2 | - | 0 | 18 |

ICA 缩窄的患者中,有 11 例患者随访末 mRS 优于术前,5 例与术前等同,无劣于术前病例。而 6 例接受 ICA 结扎的患者中,有 2 例患者随访末 mRS 劣于术前,其余 4 例优于术前。至随访末,16 例 ICA 缩窄

患者中,2 例术前临床症状消失,12 例改善,2 例同术前。6 例 ICA 结扎患者中,2 例临床症状消失,1 例临床症状改善,3 例术后出现新发神经功能缺损(病例 17、18、21)。

3 讨论

回顾性研究本中心应用间接术式治疗 GICAs 的临床经验,所采用的术式分别为 ICA 缩窄术联合/不联合低流量搭桥术(STA-MCA)(16例)和 ICA 结扎术联合高流量搭桥术(ECA-RA-M2)(6例)。在结果中可以看到,22例患者中有11例(11/22)术后 OKM 分级达到 C/D 级。19例动脉瘤缩小,2例保持不变。颈动脉结扎患者的动脉瘤闭塞率(5/6)高于颈动脉缩患者(6/16)。术后 DSA 显示搭桥血管均通畅,所有患者术后脑灌注不劣于术前。然而手术并发症和患者预后随访结果显示,ICA 缩窄的患者似乎优于 ICA 结扎患者。ICA 结扎患者术后缺血性卒中发生率(3/6)高于 ICA 缩窄的患者(1/16)。至随访末,ICA 结扎患者 mRS 劣于术前的比例(2/6)也高于 ICA 缩窄患者(0/16)。先前研究^[20]结果显示,即使对于能够耐受 BOT 的患者,永久闭塞 ICA 后仍有 10%~22% 的患者发生远期卒中并发症。值得引起注意的是,海绵窦巨大动脉瘤不是肿瘤,在动脉瘤不破裂的情况下,患者可以带瘤长期生存,因此调整动脉瘤的血流也是海绵窦巨大动脉瘤患者重要的治疗方法之一。鉴于直接将 ICA 永久结扎可能产生严重缺血并发症的风险,我们建议对于 BOT 阴性患者,使用 ICA 缩窄术来治疗海绵窦段巨大动脉瘤。ICA 缩窄术可以显著减少从载瘤动脉至动脉瘤的血流,同时保留载瘤血管的血流。该操作也保留了眼动脉与穿支血管。这避免了 ICA 永久结扎引起的缺血性脑卒中的风险。因此 ICA 缩窄术可能会成为 BOT 阴性的 GICAs 患者所常规采用的 ICA 结扎术的替代方案。

虽然目前 FD 已经成为 GICAs 最主流的诊疗措施^[21-22],但其长期随访安全性仍需要探索^[23]。NURMINEN 等^[24]报道 62 例 76 个颈内动脉瘤(72 个未破裂,4 个破裂)接受 70 次 FD 置入术。69% 患者在平均 18 个月随访末,实现动脉瘤闭塞,但 24% 患者术后出现缺血或出血性并发症,6% 患者出现神经功能下降或死亡。FUJII 等^[25]报道了使用 FD 治

疗大型/巨大型 ICA 动脉瘤 3 年临床随访结果,83 例中 6 例支架内血栓形成,导致载瘤动脉闭塞;2 例在 FD 置入 6 个月至 3 年之间出现延迟性并发症;3 例出现严重卒中而预后不良。在最近的一项研究中,BRASILIENSE 等^[26]报道接受 FD 治疗的 GICAs 患者,24 h 后行弥散加权成像,发现 62% 患者出现无症状的缺血性梗塞。BRINJIKJI 等^[27]报道 GICAs 病例队列,接受 FD 治疗后,穿通支梗塞的发生率接近 3%。RANGEL-CASTILLA 等^[28]报道 FD 术后侧支血管闭塞的长期发生率为 15.8%。本中心提出的 ICA 缩窄技术治疗的 16 例 GICAs 患者的随访时间为 51.8(43.3,65.0)个月,术后缺血性卒中发生率为 1/16,且至随访末,无新发卒中事件发生。考虑其中的重要原因,我们选择接受 ICA 缩窄术的 GICAs 患者为 BOT 阴性患者,这些患者颅内代偿血流较佳,减少载瘤动脉向动脉瘤的供血,同时维持穿支血管的血供,可能为这一部分患者提供更良好的愈后。

然而,每项手术技术的成熟都需要持之以恒的探索与完善。在本研究中,存在缺乏大样本量随机对照研究的证据支持。此外,ICA 缩窄术虽能明显减低动脉瘤体内的血流压力,然而供血动脉仍存在残余血流,这使动脉瘤存在破裂风险。一旦进行了 ICA 起始部缩窄手术,则患侧就不能再进行介入手术治疗。

在神经介入时代,间接手术技术在 GICAs 的诊疗中仍扮演着重要角色,ICA 缩窄术具有简单可行且安全的优势。在 BOT 阴性的 GICAs 患者中,ICA 缩窄术因其对 ICA 穿支血管具有保护作用,可以作为 ICA 结扎术的一种替代治疗方案。该手术技术的开发与应用为 GICAs 的治疗提供了新的选择。

参 考 文 献

- [1] MIRANDA M, MARQUES D, MONTES V, et al. No reason to smile: giant internal carotid artery aneurysm[J]. *Neurol Sci*, 2022, 43(4): 2891-2893.
- [2] LUZZI S, GRAGNANIELLO C, LUCIFERO A G, et al. Surgical management of giant intracranial aneurysms: overall results of a large series[J]. *World Neurosurg*, 2020, 144: e119-e137.

- [3] İNCI S, AKBAY A, ASLAN T. The Longest Angiographic and Clinical Follow-Up of Microsurgically Treated Giant Intracranial Aneurysms: Experience with 70 Cases[J]. *World Neurosurg*, 2020, 134: e412-e421.
- [4] BEHARI S, DIKSHIT P, SINGH S, et al. Paraclinoid segment aneurysms of the internal carotid artery: surgical clipping[J]. *Neuro India*, 2021, 69(5): 1184-1195.
- [5] 管磊, 顾大群, 张扬, 等. 血流导向装置治疗颅内复杂破裂动脉瘤研究进展[J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2017, 43(7): 442-445.
- [6] GU DON A, CLAREN ON F, DI MARIA F, et al. Very late ischemic complications in flow-diverter stents: a retrospective analysis of a single-center series[J]. *J Neurosurg*, 2016, 125(4): 929-935.
- [7] CHARBONNIER G, DESILLES J-P, ESCALARD S, et al. Timing and spectrum of neurological complications after flow diverter implantation for intracranial aneurysms[J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 590383.
- [8] SENOL Y C, ORSCELİK A, GHOZY S, et al. The safety profile of single antiplatelet therapy with flow diverters: Systematic review and meta-analysis[J]. *Interv Neuroradiol*, 2023: 159101992 31168669.
- [9] DE CASTRO-AFONSO L H, NAKIRI G S, ABUD T G, et al. Aspirin monotherapy in the treatment of distal intracranial aneurysms with a surface modified flow diverter: a pilot study[J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13(4): 336-341.
- [10] PARK K, OZAKI T, KOSTYNSKY A, et al. Ticagrelor versus clopidogrel in the dual antiplatelet regimen for intracranial stenting or flow-diverter treatment for unruptured cerebral aneurysms: a single-center cohort study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(9): 1638-1644.
- [11] SRIAMORNATTANAKUL K, SAKARUNCHAI I, YAMASHIRO K, et al. Surgical treatment of large and giant cavernous carotid aneurysms[J]. *Asian J Neurosurg*, 2017, 12(3): 382-388.
- [12] 王杏东, 佟小光. 以脑缺血为首发症状的前循环动脉瘤临床特点与治疗[J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2023, 49(6): 345-350.
- [13] DODIER P, WANG W-T, HOSMANN A, et al. Combined standard bypass and parent artery occlusion for management of giant and complex internal carotid artery aneurysms[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14(6): 593-598.
- [14] SONG J, MAO Y. Giant Aneurysm Management[J]. *Adv Tech Stand Neurosurg*, 2022, 44: 133-160.
- [15] MATANO F, MURAI Y, SATO S, et al. Risk factors for ischemic complications in vascular reconstructive surgeries[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 193: 105768.
- [16] IDEGUCHI M, KIM K, MIZUNARI T, et al. Distal Endovascular Occlusion for Incomplete Occlusion of Cavernous Carotid Aneurysms after High-flow Bypass and Cervical Internal Carotid Artery Ligation[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2023, 63(8): 356-363.
- [17] O'KELLY C J, KRINGS T, FIORELLA D, et al. A Novel Grading Scale for the Angiographic Assessment of Intracranial Aneurysms Treated Using Flow Diverting Stents[J]. *Interv Neuroradiol*, 2010, 16(2): 133-137.
- [18] HARBAUGH R. Carotid endarterectomy: experience with more than 1500 operations [J]. *Chin J Contemp Neurol Neurosurg*, 2006, 6: 367-371.
- [19] BULSARA K R, PATEL T, FUKUSHIMA T. Cerebral bypass surgery for skull base lesions: technical notes incorporating lessons learned over two decades[J]. *Neurosurgical Focus FOC*, 2008, 24(2): E11.
- [20] AMBEKAR S, MADHUGIRI V, SHARMA M, et al. Evolution of management strategies for cavernous carotid aneurysms: a review [J]. *World neurosurg*, 2014, 82(6): 1077-1085.
- [21] VAKHARIA K, MUNICH S A, WAQAS M, et al. Treatment of Anterior Circulation Aneurysms in the Internal Carotid Artery With Flow Diverters[J]. *Neurosurgery*, 2020, 86(Suppl 1): S55-S63.
- [22] CAGNAZZO F, DERRAZ I, DARGAZANLI C, et al. Flow-diversion treatment for unruptured ICA bifurcation aneurysms with unfavorable morphology for coiling[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(6): 1087-1092.
- [23] FIORELLA D, CACHE L, FRAME D, et al. How safe and effective are flow diverters for the treatment of unruptured small/medium intracranial aneurysms of the internal carotid artery? Meta-analysis for evidence-based performance goals[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12(9): 869-873.
- [24] NURMINEN V, RAJ R, NUMMINEN J, et al. Flow diversion for internal carotid artery aneurysms: Impact of complex aneurysm features and overview of outcome[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 193: 105782.
- [25] FUJII T, TERANISHI K, YATOMI K, et al. Long-term Follow-up Results after Flow Diverter Therapy Using the Pipeline Embolization Device for Large or Giant Unruptured Internal Carotid Artery Aneurysms: Single-center Retrospective Analysis in the Japanese Population[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2022, 62(1): 19-27.
- [26] BRASILIANSE L B, STANLEY M A, GREWAL S S, et al. Silent ischemic events after Pipeline embolization device: a prospective

- evaluation with MR diffusion-weighted imaging[J]. J Neurointerv Surg, 2016, 8(11): 1136-1139.
- [27] BRINJIKJI W, LANZINO G, CLOFT H J, et al. Risk Factors for Ischemic Complications following Pipeline Embolization Device Treatment of Intracranial Aneurysms: Results from the IntrePED Study [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37(9): 1673-1678.
- [28] RANGEL-CASTILLA L, MUNICH S A, JALEEL N, et al. Patency of anterior circulation branch vessels after Pipeline embolization: longer-term results from 82 aneurysm cases [J]. J Neurosurg, 2017, 126(4): 1064-1069.
- (收稿日期:2024-04-05 录用日期:2024-07-27)
(责任编辑:甘章平)

欢迎关注《中国神经精神疾病杂志》微信公众号。本刊已于2014年1月开通微信公众号“中国神经精神疾病杂志”，欢迎关注！打开微信扫描下方二维码，或在微信“添加朋友”中查找“nervousmental”，即可关注。本刊将在此平台定时推送近期杂志刊出的文章，您也可以查看近年杂志目录、本刊举办会议和继续教育等信息。

