



电子、语音版

·综述·

## 小脑后下动脉动脉瘤的治疗进展

冯佳慧, 刘仁杰, 权西洋, 田野, 赵晨, 陈儼  
吉林大学第一医院, 吉林 长春 130021

**摘要:**小脑后下动脉(PICA)动脉瘤是导致蛛网膜下腔出血及后循环缺血的原因之一,由于解剖结构较复杂,故该动脉瘤治疗难度较大,预后较差。根据动脉瘤位置的不同、性质的不同,可选用的治疗方案也各不相同。该文在复习文献的基础上就累及PICA动脉瘤的最新治疗进展进行综述。

[国际神经病学神经外科学杂志, 2024, 51(1): 67-73]

**关键词:**动脉瘤;小脑后下动脉;神经外科手术

中图分类号:R651.1

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2024.01.012

### Advances in the treatment of posterior inferior cerebellar artery aneurysm

FENG Jiahui, LIU Renjie, QUAN Xiyang, TIAN Ye, ZHAO Chen, CHEN Xuan

The First Hospital of Jilin University, Changchun, Jilin 130021, China

Corresponding author: CHEN Xuan, Email: chen\_xuan@jlu.edu.cn

**Abstract:** Posterior inferior cerebellar artery (PICA) aneurysm is one of the causes of subarachnoid hemorrhage and posterior circulatory ischemia, which is difficult to treat and has a poor prognosis due to its complex anatomic structure. Available treatment regimens vary based on the location and nature of the aneurysm. By summarizing related articles, this article reviews the latest advances in the treatment of PICA aneurysm.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2024, 51(1): 67-73]

**Keywords:** aneurysm; posterior inferior cerebellar artery; neurosurgery

小脑后下动脉(posterior inferior cerebellar artery, PICA)动脉瘤是指各种原因导致PICA局限性异常扩张、膨出而形成的病理性改变<sup>[1]</sup>。PICA动脉瘤发病率约占所有颅内动脉瘤的0.5%~3.0%,占后循环动脉瘤的11%~20%<sup>[2]</sup>。PICA具有复杂的解剖结构以及特殊的血供范围,当此处动脉瘤因出血或缺血等情况起病时,多病情急骤,常伴有呼吸以及循环系统的并发症。因此,累及PICA的动脉瘤治疗起来极具挑战性。目前,多位学者探讨了多种关于PICA动脉瘤的不同治疗方式,主要包括开颅夹闭手术治疗、血管内治疗、开颅介入联合治疗、搭桥手术治疗、椎动脉(vertebral arteries, VA)闭塞及神经内镜夹闭治疗等。PICA动脉瘤分型多、解剖关系复杂、发病急,最佳的治疗方式的选择尚有争议。多数学者认

为<sup>[1-6]</sup>PICA动脉瘤治疗的核心是维持PICA正常血液供应,并尽可能孤立或栓塞动脉瘤,以预防其缺血或破裂出血。因此,积极探索PICA动脉瘤发病机制及自然病程,从而制订较为合理且安全的治疗策略十分重要。本文对PICA动脉瘤及其治疗策略最新研究进展综述如下。

#### 1 解剖关系

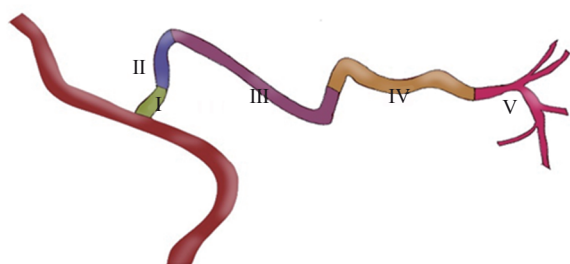
PICA是VA最重要的分支,一般起自脑干前外侧VA,也有一部分起自基底动脉<sup>[3]</sup>。PICA从延髓池内向后外走行,又经扁桃体上方向下转行,最后分为扁桃体半球支和小脑蚓支,沿途发出分支供应外侧延髓、后组脑神经等结构。PICA按照与周围解剖结构的毗邻关系可分为5段:延髓前段、延髓侧段、扁桃体延髓段、带帆扁桃体段和皮质段<sup>[4]</sup>(见图1)。

基金项目:吉林省直卫生专项项目(2018SCZWSZX-058)。

收稿日期:2022-10-08;修回日期:2023-10-26

作者简介:冯佳慧(1998—),女,在读硕士研究生,主要从事神经血管病外科方面研究。Email:751293355@qq.com。

通信作者:陈儼(1978—),男,主任医师,教授,医学博士,主要从事神经血管病外科方面研究。Email:chen\_xuan@jlu.edu.cn。



I:延髓前段, II:延髓侧段, III:扁桃体延髓段, IV:带帆扁桃体段, V:皮质段。

图1 PICA 解剖分段

有学者<sup>[4]</sup>又在此基础上将PICA分为近端(延髓前段和延髓侧段)、过渡段(扁桃体延髓段)和远端(带帆扁桃体段和皮质段)。故PICA区域梗死常表现为典型的延髓背外侧综合征(lateral medullary syndrome, LMS),即小脑

下后动脉综合征<sup>[5]</sup>。破裂的PICA动脉瘤多以第四脑室出血发病,由于靠近生命中枢,常伴有呼吸及循环系统的并发症<sup>[6]</sup>。

## 2 动脉瘤分型

PICA动脉瘤的形态主要包括囊状、夹层以及梭形<sup>[7]</sup>,其中梭形动脉瘤更常见<sup>[8-9]</sup>。这种动脉瘤可以发生在PICA上5个节段中的任何一段,但大多数动脉瘤都发生在近端(见图2)(延髓前段和延髓侧段),尤其是VA与PICA交界处,即血管壁遭受血流冲击力作用最大的部位<sup>[10]</sup>。这种情况下也多表现为夹层动脉瘤或梭形动脉瘤<sup>[10-11]</sup>。另外还有位于PICA过渡段(见图3)(扁桃体延髓段)的动脉瘤及位于PICA远端(见图4)(带帆扁桃体段和皮质段)的动脉瘤。PICA远端动脉瘤约占所有PICA动脉瘤的10%,其中巨大动脉瘤约占PICA远端动脉瘤的2%<sup>[12]</sup>。



图2 PICA 近端动脉瘤



图3 PICA 过渡段动脉瘤



图4 PICA 远端动脉瘤

PICA动脉瘤的发生常常伴有其他血管的结构异常,如动脉发育不良、一侧主干缺失或出现双主干和三主干、左右两侧不对称等<sup>[5]</sup>。约10%的PICA动脉瘤合并动脉畸形,且多与PICA远端动脉瘤有关<sup>[4]</sup>。

## 3 发病机制

颅内动脉瘤的形成往往与高血压、血流动力学改变、脂质代谢障碍及遗传易感性等因素相关<sup>[10]</sup>。McLaughlin等<sup>[13]</sup>发现PICA动脉瘤的形成与高血压的相关性更大。Kang等<sup>[14]</sup>曾调查过未破裂动脉瘤的发病率和危险因素,将这些危险因素根据动脉瘤的位置如前循环和后循环分别进行了研究,统计数据提示,后循环动脉瘤患者的高血压患病率高于对照组,并表示高血压是与后循环动脉瘤形成相关的唯一因素。血压升高可对血管壁产生血流剪切力的作用,这样的作用既破坏血管内皮细胞,又可继发炎症反应,这种炎症反应可以增加氧化应激,是导致颅内动脉瘤发展和破裂的关键因素<sup>[15]</sup>。这两方面共同促进了PICA动脉瘤的形成和发展<sup>[10, 16]</sup>。PICA动脉瘤还常伴随动静脉畸形(arteriovenous malformation, AVM)发生, Kaptain等<sup>[17]</sup>提出伴随AVM发生的PICA动脉瘤约81%位于PICA的远端,此处曲折的解剖结构更易造成血流动力学的异常<sup>[18]</sup>,导致血管壁重塑,增加了动脉瘤的形成及破裂的概率<sup>[10]</sup>。Caranci等认为<sup>[19]</sup>,吸烟、饮酒过量等环境

因素对PICA动脉瘤的形成也有影响。总之,PICA动脉瘤的形成是多因素的,因此在预防、发现、治疗的过程中应尽可能全面考虑所有危险因素,以降低动脉瘤的发病率及病死率<sup>[20]</sup>。

## 4 临床表现

### 4.1 缺血性症状

PICA区域梗死常表现为典型的LMS,也会出现自主神经功能障碍,即霍纳综合征<sup>[5]</sup>。这些症状既可以急性出现,又可以逐渐出现,持续数小时至数天<sup>[7]</sup>。Miao等<sup>[7]</sup>认为相比于其他部位,位于PICA近端的夹层动脉瘤更容易导致缺血梗死,因为这种动脉瘤的内膜和中膜之间有剥离,易在内膜下形成血肿引起血管腔阻塞从而提高缺血性事件发生的概率<sup>[21]</sup>。

### 4.2 出血性症状

由于PICA动脉瘤具有相对脆弱的血管壁,所以即使体积小,也很容易破裂<sup>[7]</sup>。Bohnstedt等研究<sup>[22]</sup>发现,PICA动脉瘤的破裂率约为77%~88%。与幕上动脉瘤的破裂出血相比,PICA动脉瘤破裂引起的头痛更常见于枕部和颈部<sup>[7]</sup>。一些患者也会出现癫痫和烦躁等症状<sup>[23]</sup>。PICA动脉瘤的位置会影响出血后血液聚集的位置,据此有学者将PICA动脉瘤的破裂出血分为以下几种类型:小脑出血、广泛性蛛网膜下腔出血(subarachnoid haemorrhage,

SAH)、局限于幕下区的SAH和第四脑室出血<sup>[24]</sup>,其中第四脑室出血和广泛性SAH最为多见<sup>[25]</sup>。有研究表明PICA远端动脉瘤破裂出血的概率更高,因其壁薄且更容易继发于动脉夹层而表现为非典型的囊性动脉瘤<sup>[26-27]</sup>,而囊性动脉瘤往往更容易出血<sup>[21]</sup>。有研究统计<sup>[6]</sup>超过40%的PICA动脉瘤破裂出血的患者Hunt-Hess分级达到4/5级,致残率、致死率也都较高。

### 4.3 其他临床表现

除缺血性卒中和出血性卒中以外,PICA的病变还可有其他形式的表现,包括神经血管压迫综合征、舌咽神经痛、面肌痉挛、三叉神经痛、骨髓压迫综合征和脑肿瘤等<sup>[7]</sup>。

## 5 影像学表现

### 5.1 电子计算机断层扫描(CT)

目前临床诊断动脉瘤破裂出血多以多层螺旋CT最为常见,且可为临床早期诊疗提供有效依据。PICA动脉瘤破裂出血行CT检查提示其多局限于枕骨大孔周围,可表现为第四脑室出血,这可能与PICA压力较低以及其解剖位置有关<sup>[28]</sup>。更甚者可向上破入小脑脑组织内部齿状核,表现为类似于单纯高血压小脑出血的假象<sup>[29]</sup>。

### 5.2 CT血管成像(CTA)

颅内动脉瘤应用CTA进行诊断也具有一定的价值。有研究统计<sup>[27]</sup>,CTA诊断颅内动脉瘤灵敏度与特异度分别为92.73%和85.45%。另外3D-CTA可以通过对患者快速注射造影剂后采用多层螺旋CT连续扫描获取原始数据,再通过图像后处理软件重建获取脑血管、颅骨结构的三维立体影像,可以更清晰地显示动脉瘤的位置、数目、几何形态、瘤颈情况及与周围血管的关系<sup>[30]</sup>。但3D-CTA的不足之处是无法分清血流方向<sup>[31]</sup>。Chen等<sup>[25]</sup>认为,相比于数字减影血管造影,双源CT血管造影术(dual-source CT angiography, DS-CTA)对于PICA动脉瘤的诊断具有更高的敏感性和特异性。DS-CTA无创,扫描时间短,允许无骨化显示颅内动脉瘤,即便对于直径小于3 mm的动脉瘤来说敏感性也可超过90%<sup>[32]</sup>。Chen等<sup>[25]</sup>认为DS-CTA可作为诊断PICA动脉瘤的首选方式,但由于其研究样本量偏小,仍需要临床上进一步的研究。

### 5.3 磁共振血管成像(MRA)

CTA和MRA均可在动脉瘤的诊断上发挥作用,但两者相比,CTA更有优势,因为CTA的图像可以进行旋转,在显示动脉瘤的部位、形状、大小、瘤颈指向、瘤体分叶数目及与附近血管和骨质的关系等方面优于MRA<sup>[31, 33]</sup>。

但相比于CTA,因MRA无创且不接触射线<sup>[34-35]</sup>,故可作为一种为SAH患者进行颅内动脉瘤筛查较为理想的方法。有学者研究证明<sup>[36]</sup>MRA诊断颅内动脉瘤的准确性可达90%以上,可以达到早诊断早治疗的目的。值得注意的是,对于小于3 mm的PICA动脉瘤,无论是CTA还是

MRA,检查结果的准确性都会有一定程度的下降<sup>[37]</sup>。

### 5.4 数字减影血管造影(DSA)

目前DSA仍作为颅内血管性疾病诊断的“金标准”并广泛应用于临床诊断,且近年的DSA检查可通过旋转采集三维血管立体图像,再由后处理软件获取血管壁透明化的3D-DSA图像,动态显示动脉瘤的部位、数量、大小、形态、载瘤动脉与其他血管的关系<sup>[28]</sup>,进行诊断的同时也能够为临床治疗提供有效的信息,有利于为患者确定最优治疗方案。但DSA也存在明显的缺陷,主要在于其对动脉瘤空间位置的分辨的局限性,且作为一种有创检查,诊断费用较高,无法广泛开展。DSA检查也仍存在漏诊的情况,对于首次造影结果提示阴性的SAH患者短期内应复查DSA<sup>[28]</sup>。

## 6 治疗

### 6.1 开颅夹闭手术

开颅夹闭术作为PICA动脉瘤有效治疗方法已有较长的发展历史。不同部位的PICA动脉瘤可采用不同的手术入路进行显微外科治疗以取得最好的临床效果<sup>[4]</sup>。

根据PICA动脉瘤位置的不同,可选择的手术入路也各不相同<sup>[38]</sup>:①近端未破裂动脉瘤患者通常选用远外侧入路,例如Lazy S切口,这样的手术视野更深更广,可以清楚观察到PICA的起始部位;②近端破裂动脉瘤且需要后颅窝减压(posterior fossa decompression, PFD)的患者,通常采用曲棍球棒切口,这种切口可以延续到中线附近,更方便进行PFD操作。对于不需要进行PFD的近端破裂动脉瘤,在出血量很小的情况下,仍然可以选用Lazy S切口进行处理。③远端动脉瘤可选择中线入路,行正中枕下开颅术进行治疗,值得注意的是应严密闭合硬脑膜,以避免脑脊液漏的发生。

开颅夹闭术治疗PICA动脉瘤有不可替代的优势,可最大限度地去除动脉瘤破裂出血引起的占位效应,从而减少对周围脑神经等重要结构的压迫,减轻SAH引起的血管痉挛<sup>[39]</sup>。对于不同部位的PICA动脉瘤,选择开颅夹闭或是血管内介入治疗一直具有争议。通常情况下,血管内介入治疗都可以带来较好的临床后果,但就其无法为患者提供减压效果且操作常常受到瘤颈宽度的限制来说,开颅夹闭对于有脑室内出血和脑积水患者来说更适用<sup>[40]</sup>。对于有双重起源罕见解剖变异的PICA来说,当动脉瘤出现在VA-PICA交界区时,若选择血管内介入治疗则可能因为插入导丝而增加损伤脑干穿支的风险,而选择开颅夹闭术则可以充分暴露动脉瘤周围的解剖结构和其他重要穿支,避免了风险的发生<sup>[41]</sup>,治疗效果和预后也往往更好。对于较罕见的PICA远端巨大动脉瘤,这种巨大瘤体常引起后颅窝的一系列临床并发症,这时开颅夹闭也应被视为一线治疗<sup>[41]</sup>。

开颅夹闭术也不可避免地具有弊端,广泛的手术入



路可能会引起术后感染、脑脊液瘘等;而较小的手术入路则要承担神经血管损伤的风险<sup>[42]</sup>,Bohnstedt等<sup>[22]</sup>对102个PICA动脉瘤病例进行了回顾性分析,其中63.7%的患者采用开颅夹闭治疗,作者发现开颅手术组术后神经功能缺损较其他治疗方式都有增加( $P=0.003$ ),但Glasgow预后评分在术后6个月和1年时均无明显差异。

总的来说,由于PICA解剖结构的复杂以及多样性,外科医生手术时应多加关注变异,谨慎操作,选择最适合患者的手术方式及手术入路,尽量减免术后并发症的发生。

## 6.2 搭桥手术

对于一些复杂的PICA近端动脉瘤,如PICA自动脉瘤体发出,瘤体内血栓压迫脑干,多发动脉瘤,PICA走行复杂等<sup>[40]</sup>,单纯采取血管内治疗或简单开颅夹闭无法达到满意的临床效果,需采用血流重建方法减轻或完全去除颅内动脉瘤的占位效应。这种方法可分为枕动脉(occipital artery, OA)-PICA搭桥术,PICA-PICA搭桥术和OA移植术。对于近端PICA动脉瘤,常使用OA-PICA搭桥术,对于远端PICA动脉瘤,则需要对穿支动脉和动脉瘤的相对位置进行评估。如果动脉瘤与穿支动脉较为紧密,采用OA-PICA搭桥术进行治疗,如果动脉瘤周围没有明显的穿支动脉,则采用PICA-PICA搭桥术或OA移植术<sup>[43]</sup>。复杂颅内动脉瘤行血流重建后常见的并发症包括吻合血管闭塞、术后脑缺血、后组脑神经损伤及脑脊液漏<sup>[11, 44]</sup>。

经多次临床试验研究表明,对于囊内有血栓的动脉瘤来说,血管内治疗往往起不到很好的效果,开颅夹闭术的并发症发生率较高,相比之下对于这种解剖结构复杂的PICA动脉瘤来说,旁路手术复发率更低且闭塞率更高<sup>[43]</sup>。未来对于复杂PICA动脉瘤的治疗手段选择上,旁路手术将很可能成为主流的治疗手段。但搭桥手术过程较为精细,需要术者具有丰富的临床经验及谨慎的操作。

## 6.3 血管内治疗

随着介入技术的日益发展,血管内介入治疗也逐渐成为PICA动脉瘤的主要治疗方案。对于PICA近端动脉瘤,血管内介入治疗往往可以作为首选方案,因为血管内介入治疗具有其自身的优势,相比于开颅夹闭术,介入手术避免了对后颅窝重要结构的大范围操作<sup>[45-46]</sup>,可以保护PICA近段的穿支,避免了严重的脑干和小脑梗死,因为病变的PICA区域也可以通过对侧PICA或同侧小脑前下动脉进行供应<sup>[42]</sup>。

血管内介入治疗可以有多种形式:弹簧圈独立盘绕、支架辅助弹簧圈盘绕、微导管辅助弹簧圈盘绕、载瘤动脉栓塞等。术者往往需要根据动脉瘤的解剖部位,瘤颈宽窄以及瘤体形态来选择不同的手术方式。

6.3.1 载瘤动脉重建及闭塞 对于瘤颈较窄的近端

PICA动脉瘤常行单纯弹簧圈栓塞进行治疗,如果出现动脉瘤破裂时则需考虑球囊重建<sup>[22]</sup>;对于瘤颈较宽的近端PICA动脉瘤则需要行球囊或支架辅助弹簧圈盘绕<sup>[45]</sup>,而有些动脉瘤瘤颈过宽,或动脉瘤壁的解剖性质不支持弹簧圈置入,这时可以选择性地行载瘤动脉闭塞,因为PICA区域也可以有来自小脑上动脉和小脑前下动脉的侧支代偿供应<sup>[47]</sup>。对于这两种动脉瘤来说,血管内介入均可提供有效治疗,但其弊端是无法为脑组织提供减压效果,若出现大量脑室内出血和脑积水则无法进行清除血肿或脑脊液引流的治疗<sup>[41]</sup>;对于PICA远端动脉瘤,有学者认为<sup>[3]</sup>由于PICA远段髓质缺少穿支,故载瘤动脉闭塞可作为首选,相比于开颅夹闭术,死亡率更低(3.57% vs 12.5%),完全闭塞率更高(100% vs 87.5%),但会增加缺血梗死发生的概率,经过随访这类梗死大多没有明显的临床症状。当PICA远端动脉瘤出现破裂时,载瘤动脉栓塞也是更为安全的选择;当出现PICA夹层动脉瘤(不规则梭形扩张或不规则狭窄)时,无论动脉瘤位于近端或远端,都要考虑阻断载瘤动脉<sup>[48-49]</sup>;对部分伴有脑积水或脑室出血、意识障碍较深、病情较重患者应尽早行脑室引流术<sup>[10]</sup>。

6.3.2 瘤内扰流装置 Woven Endo Bridge(WEB)(一种瘤内扰流装置)是目前研究最多的流动干扰器。WEB由球形镍钛合金丝网构成,可以在不影响载瘤动脉的同时在动脉瘤颈处引起即刻的血流中断效应,并随着时间的推移促进动脉瘤内的血栓形成,从而达到动脉瘤的治疗目的,且不需要紧急抗凝治疗,并可为动脉瘤的破裂处提供保护,故该装置适用于治疗破裂动脉瘤<sup>[50-51]</sup>。Monteiro等<sup>[52]</sup>对WEB扰流装置用于急性破裂动脉瘤的治疗进行了系统评价,结果发现术后充分闭塞率较高、术中和术后并发症发生率较低、再治疗率较低且无再出血病例。Goertz等<sup>[53]</sup>最近的多中心实验结果,16例接受WEB栓塞术治疗的患者,在6个月的临床随访中,13名(85%)有良好的结果( $mRS<1$ ),3名患者 $mRS>1$ ,可能会出现SAH等不良预后,但总体来看仍是一种可以提供良好栓塞率和安全性的治疗方式。

WEB特殊的球形形态,可以使其在没有支架的情况下牢固锚定在动脉瘤中,可以更多地应用于宽颈动脉瘤的治疗<sup>[54]</sup>。Goertz等<sup>[53]</sup>通过预后分析认为WEB更适用于近端PICA动脉瘤的治疗,而治疗远端PICA动脉瘤的可行性仍不确定。

目前关于WEB装置用于治疗未破裂动脉瘤已经具备强有力的数据支持,但对于急性破裂动脉瘤的证据较少,故WEB扰流装置用于破裂动脉瘤的治疗在国内尚未得到大规模的应用,仍需要进一步实验来证明WEB在不同动脉瘤治疗上的可行性。

6.3.3 血流导向装置 血流导向装置对于未破裂的

PICA 动脉瘤患者来说也是一种安全有效的血管内治疗方法。该装置可通过阻断动脉瘤内血流的同时促进动脉瘤颈处血管内膜的恢复,在保护载瘤动脉和主要穿支的同时将动脉瘤从循环中剔除<sup>[48]</sup>。当动脉瘤较大(>10 mm)或动脉瘤发生急性破裂时,血流导向装置植入治疗可以给动脉瘤的瘤顶提供保护作用<sup>[55]</sup>。有学者认为这种技术不适用于梭形动脉瘤,因为梭形动脉瘤往往伴发壁内血栓,这时放置血流导向装置会增加缺血的风险<sup>[56]</sup>。另外值得注意的是,装置置入之前应全面考量动脉瘤的周围解剖,以选择最佳的放置位置<sup>[57]</sup>。

**6.3.4 微导管技术** 微导管技术是血管内介入治疗 PICA 动脉瘤的另一种方法,主要针对不适合球囊或支架技术的宽颈动脉瘤。该技术可以在栓塞宽颈动脉瘤的过程中保护载瘤动脉和穿支动脉。微导管技术相比于其他手术操作还有以下几个较为显著的优点<sup>[58]</sup>:技术操作较简单、在较狭窄且迂曲的动脉中操作更便捷、缺血风险较小、术前术后可以避免行抗血小板凝集治疗。还有研究称<sup>[59]</sup>微导管保护技术在治疗 VA 夹层动脉瘤过程中可以在 VA 完全闭塞的同时在不使用支架和分流器的情况下保护相邻的 PICA。所以这项技术也可以在 VA 栓塞过程中对 PICA 动脉瘤的治疗作出贡献。

**6.3.5 VA 闭塞** VA 闭塞在治疗近端 PICA 动脉瘤上具有一定的优势,该手术操作可减少 PICA 和动脉瘤处的血流量,且不阻断流向关键穿支和皮质分支的血流,给重要穿支和皮质支的侧支循环的建立提供缓冲时间,使夹闭载瘤动脉后的缺血性并发症发生率降低<sup>[7]</sup>。但动脉瘤内形成血栓需要一定的时间,这段时间内动脉瘤一直存在破裂的风险<sup>[45]</sup>。所以实时监控动脉瘤的状态对患者的预后来说至关重要。

有研究<sup>[29]</sup>纳入了 36 例经 DSA 检查确诊为 PICA 动脉瘤的患者。手术方法包括血管内介入术(22 例)、开颅夹闭术(9 例)以及开颅血管搭桥联合介入栓塞术(5 例)。通过对手术疗效的评估和随访结果得出对于瘤颈较窄的 PICA 近端动脉瘤一般首选血管内治疗。对于老年患者、Hunt 和 Hess 评分较差以及具有良好瘤颈比的动脉瘤患者,使用血管内治疗也更加常见<sup>[40]</sup>。

在血管内介入治疗 PICA 动脉瘤时,往往会出现不可避免的技术上的失误。包括动脉瘤导管插入失败、弹簧圈挤压以及由于血管口径较小及 PICA 走势弯曲而导致的支架或球囊展开失败。血管内介入治疗也不可避免地伴随一系列并发症,出现的原因主要是 PICA 复杂的解剖结构以及对微导丝和微导管操纵的限制。并发症大体可以分为出血性并发症和缺血性并发症,小脑梗死较为常见,部分患者还会出现血管痉挛甚至再出血,这种情况往往需要进行后颅窝减压术<sup>[9]</sup>。根据学者报告<sup>[39]</sup>,血管内介入治疗 PICA 动脉瘤的出血性和缺血性总并发症发生

率分别为 11.8% 和 24.4%。Bohnstedt 等<sup>[22]</sup>发现血管内治疗的另一困难是动脉瘤复发率较高,可达 20%,但术后再出血率较低(1.4%),Chalouhi 等<sup>[48]</sup>报告 18.2% 的患者需要再次治疗。

随着介入技术及介入材料日益发展,血管内介入手段被更多地应用于临床。为尽可能减少并发症的发生以达到更好的预后,通过迂曲的血管安全准确地到达动脉瘤瘤腔对术者来说仍是很大的考验。

#### 6.4 联合治疗

对于一些解剖位置较复杂的 PICA 动脉瘤,例如开颅夹闭过程中发现动脉瘤与颅神经或脑干之间存在粘连而难以单纯手术夹闭时,可以进行第二阶段的血管内夹闭。这样可以缩短手术时间,且减少对颅神经的损伤。此外,这种联合治疗不需要像常规开颅手术那样进行复杂的解剖分离,很大程度地减少了对颅内神经的破坏<sup>[41]</sup>。对于一些宽颈动脉瘤,也可以先行开颅手术夹闭部分瘤颈,将宽颈变为窄颈,再行血管内介入治疗<sup>[60]</sup>。

#### 6.5 神经内镜夹闭

近年来,神经内镜手术技术快速发展,从垂体手术发展为更为复杂颅底手术。这种技术可以使术者更易于对病变位置进行解剖分离,同时对于主要的神经血管结构的显露也更为清晰。其局限性是通过神经内镜技术无法实现 OA-PICA 及 PICA-PICA 旁路的建立<sup>[61]</sup>。有学者提出<sup>[40]</sup>,对于已破裂的 VA-PICA 交界处动脉瘤可以通过单纯经颅神经内镜方法进行治疗,这种治疗方式与经鼻入路相比,大大降低了脑脊液鼻漏风险。但这类手术操作难度较高,需要外科大夫具有较熟练的显微外科技术<sup>[40]</sup>。

综上,PICA 动脉瘤出现出血或缺血症状时多起病急骤,且病情凶险,常伴有呼吸、循环系统并发症,故对这类动脉瘤采取更及时且更合适的治疗方案显得尤为重要。根据动脉瘤位置的不同,性质的不同,可选用的治疗方案也各不相同。总的来说,对于致力于保护脑干穿支及动脉瘤位置更为罕见的患者,开放性手术可以作为首选,而对于老年患者、Hunt 和 Hess 评分较差的患者以及具有良好瘤颈比的及更关注预后恢复情况的患者,血管内介入治疗往往是更好的选择。其中瘤内扰流装置更多的出现在大众视线,基于其适用于破裂动脉瘤和宽颈动脉瘤的优点来说未来可能会有较大的发展空间。在 PICA 动脉瘤不规则且无法通过血管重建进行治疗的情况下,可尝试采用联合治疗。对于解剖结构较为复杂的 PICA 动脉瘤,近年来搭桥手术越来越多地出现在人们的视野中且往往都会取得较好的临床效果,未来可能会成为 PICA 动脉瘤的主流治疗方式。其他手术方式如 VA 闭塞,神经内镜夹闭等方式也随神经外科的发展更广泛地应用于临床。但无论选择哪种手术方案,都需要术者具备熟练的外科技术,团队内通力合作,手术过程谨慎操作,减少并

发病的发生,为患者带来更好的预后。

#### 参 考 文 献

- [1] AL-KHAYAT H, AL-KHAYAT H, BESHAY J, et al. Vertebral artery-posteroinferior cerebellar artery aneurysms: clinical and lower cranial nerve outcomes in 52 patients[J]. *Neurosurgery*, 2005, 56(1): 2-10.
- [2] 唐晓平, 余定庸, 毛伯镛, 等. 小脑后下动脉动脉瘤的诊断和治疗[J]. *中华神经外科杂志*, 2007, 23(11): 823-825.
- [3] CHEN XY, SUN ZY, SHI LG, et al. Endovascular management of ruptured distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a retrospective cohort study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(49): e13300.
- [4] 李贞伟, 李冰, 黄楦. 小脑后下动脉远端动脉瘤的显微手术治疗[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2019, 24(5): 222-223.
- [5] TATIT RT, PACHECO C, AGUIAR P, et al. The posterior inferior cerebellar artery (PICA): an anatomical and clinical analysis[J]. *Turk Neurosurg*, 2022, 32(2): 244-250.
- [6] 孙青, 张东平, 张鹏, 等. 小脑后下动脉瘤解剖仿真模型建立及其用于血管重建术训练的可行性[J]. *山东医药*, 2018, 58(48): 82-84.
- [7] MIAO HL, ZHANG DY, WANG T, et al. Clinical importance of the posterior inferior cerebellar artery: a review of the literature[J]. *Int J Med Sci*, 2020, 17(18): 3005-3019.
- [8] WILLIAMSON RW, WILSON DA, ABLA AA, et al. Clinical characteristics and long-term outcomes in patients with ruptured posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a comparative analysis[J]. *J Neurosurg*, 2015, 123(2): 441-445.
- [9] HAN JL, CHEN JG, TONG X, et al. Morphological characteristics associated with ruptured intracranial vertebral artery dissecting aneurysms[J]. *J Neurointerv Surg*, 2023, 15(4): 321-324.
- [10] 胡小辉, 张世明. 颅内动脉瘤形成机制的研究进展[J]. *中国临床神经科学*, 2016, 24(4): 453-456.
- [11] 邢晓锋, 施铭岗, 佟小光. 血流重建方法治疗复杂小脑后下动脉近端动脉瘤[J]. *中华神经外科杂志*, 2019, 35(3): 293-297.
- [12] HALL S, STEINFORT B, DEXTER M. Giant aneurysms of the distal posterior inferior cerebellar artery - systematic review[J]. *Br J Neurosurg*, 2021: 1-7. DOI: 10.1080/02688697.2021.1950631. Epub ahead of print.
- [13] MCLAUGHLIN N, BOJANOWSKI MW. Ruptured aneurysm at the choroidal branch of the posterior inferior cerebellar artery: a case report, review of the literature and proposed pathogenesis[J]. *Br J Neurosurg*, 2005, 19(3): 250-253.
- [14] KANG HG, KIM BJ, LEE J, et al. Risk factors associated with the presence of unruptured intracranial aneurysms[J]. *Stroke*, 2015, 46(11): 3093-3098.
- [15] 白旭升, 冯志芳, 赵常发, 等. 血管结构蛋白、生成因子和基质蛋白酶在颅内动脉瘤破裂进程中的表达规律研究[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2022, 49(3): 14-20.
- [16] ŠČEPANOVIĆ V, TASIĆ G, REPAC N, et al. The role of oxidative stress as a risk factor for rupture of posterior inferior cerebellar artery aneurysms[J]. *Mol Biol Rep*, 2018, 45(6): 2157-2165.
- [17] KAPTAIN GJ, LANZINO G, DO HM, et al. Posterior inferior cerebellar artery aneurysms associated with posterior fossa arteriovenous malformation: report of five cases and literature review[J]. *Surg Neurol*, 1999, 51(2): 146-152.
- [18] AZZAM CJ. Growth of multiple peripheral high flow aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery associated with a cerebellar arteriovenous malformation[J]. *Neurosurgery*, 1987, 21(6): 934-939.
- [19] CARANCI F, BRIGANTI F, CIRILLO L, et al. Epidemiology and genetics of intracranial aneurysms[J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82(10): 1598-1605.
- [20] 邓汉顺, 王清华. 颅内动脉瘤的形成原因及破裂因素研究进展[J]. *医学综述*, 2018, 24(15): 3018-3022, 3028.
- [21] TAWK RG, BENDOK BR, QURESHI AI, et al. Isolated dissections and dissecting aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery: topic and literature review[J]. *Neurosurg Rev*, 2003, 26(3): 180-187.
- [22] BOHNSTEDT BN, ZIEMBA-DAVIS M, EDWARDS G, et al. Treatment and outcomes among 102 posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a comparison of endovascular and microsurgical clip ligation[J]. *World Neurosurg*, 2015, 83(5): 784-793.
- [23] PARK MG, CHOI JH, YANG TI, et al. Spontaneous isolated posterior inferior cerebellar artery dissection: rare but underdiagnosed cause of ischemic stroke[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2014, 23(7): 1865-1870.
- [24] KALLMES DF, LANZINO G, DIX JE, et al. Patterns of hemorrhage with ruptured posterior inferior cerebellar artery aneurysms: CT findings in 44 cases[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1997, 169(4): 1169-1171.
- [25] CHEN GZ, LUO S, ZHOU CS, et al. Digital subtraction CT angiography for the detection of posterior inferior cerebellar artery aneurysms: comparison with digital subtraction angiography[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(9): 3744-3751.
- [26] ISOKANGAS JM, SINILUOTO T, TIKKAKOSKI T, et al. Endovascular treatment of peripheral aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, 29(9): 1783-1788.
- [27] 赵世珍, 杜红. CTA和MRA诊断脑动脉瘤的价值比较[J]. *临床医学*, 2021, 41(9): 66-68.
- [28] 李志清, 梁国标, 王晓刚, 等. 小脑后下动脉动脉瘤的特点与血管内治疗[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2015, 20(1): 4-6.
- [29] 高亦深, 张彩红, 王凯. 不同手术方式治疗小脑后下动脉动脉瘤的临床疗效[J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36(2): 173-176.
- [30] 王晓慧, 杨娟, 张瑜. 3D-CTA对颅内动脉瘤诊断效能及治疗指导的价值研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20(1): 18-20.
- [31] 王义宝, 景治涛, 刘云会, 等. 颅内后循环动脉瘤的诊断与治疗(附23例病例分析)[J]. *中国医科大学学报*, 2009, 38(5): 390-392.
- [32] LU L, ZHANG LJ, POON CS, et al. Digital subtraction CT angiography for detection of intracranial aneurysms: comparison with three-dimensional digital subtraction angiography[J].



- Radiology, 2012, 262(2): 605-612.
- [33] DULOQUIN G, HENON H, PASI M, et al. Challenging the diagnosis of a posterior circulation dissecting aneurysm[J]. *Neurol Sci*, 2022, 43(5): 3415-3417.
- [34] OKAHARA M, KIYOSUE H, YAMASHITA M, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance angiography for cerebral aneurysms in correlation with 3D-digital subtraction angiographic images: a study of 133 aneurysms[J]. *Stroke*, 2002, 33(7): 1803-1808.
- [35] 付美萍, 吴耀贤, 郭本树, 等. 3.0T磁共振MRA在蛛网膜下腔出血颅内动脉瘤筛查中的应用价值[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2011, 14(5): 25-27.
- [36] 李辉安, 余佩君, 关红博, 等. MRA与DSA在颅内动脉瘤诊断的比较研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2017, 15(12): 22-25.
- [37] WHITE PM, WARDLAW JM, EASTON V. Can noninvasive imaging accurately depict intracranial aneurysms? A systematic review[J]. *Radiology*, 2000, 217(2): 361-370.
- [38] LA PIRA B, STURIALE CL, DELLA PEPA GM, et al. Surgical approach to posterior inferior cerebellar artery aneurysms[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2018, 160(2): 295-299.
- [39] HOU K, LV XL, GUO YB, et al. Endovascular treatment of posterior inferior cerebellar artery trunk aneurysm[J]. *Acta Neurol Belg*, 2022, 122(6): 1405-1417.
- [40] CAI Q, GUO Q, ZHANG WF, et al. Surgical treatment of a posterior inferior cerebellar artery aneurysm via transcranial neuroendoscopic approach: a case report[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(17): e15304.
- [41] TAYEBI MEYBODI A, BORBA MOREIRA L, ZHAO XC, et al. Double origin of the posterior inferior cerebellar artery: anatomic case report[J]. *World Neurosurg*, 2019, 124: 110-115.
- [42] SONG J, PARK JE, CHUNG J, et al. Treatment strategies of ruptured posterior inferior cerebellar artery aneurysm according to its segment[J]. *Surg Neurol Int*, 2017, 8: 155.
- [43] ZHAO HJ, TONG XG. Bypass surgery management of complex proximal and distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms [J]. *J Craniofac Surg*, 2022, 33(7): 2049-2054.
- [44] DUANGPRASERT G, TANTONGTIP D. Ruptured aneurysm arising at anterior spinal artery as the collateral circulation with bulbar artery supply to posterior inferior cerebellar artery treated by proximal occlusion and occipital artery-posterior inferior cerebellar artery bypass: a case report and literature review[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021, 163(11): 2977-2982.
- [45] SONG HH, WON YD, KIM YJ, et al. The endovascular management of saccular posterior inferior cerebellar artery aneurysms[J]. *Korean J Radiol*, 2008, 9(5): 396-400.
- [46] 王俊宏, 厉华, 杨洪宽, 等. 累及小脑后下动脉椎动脉夹层动脉瘤的治疗进展[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2020, 47(5): 521-524.
- [47] BACIGALUPPI S, BERGUI M, CROBEDDU E, et al. Aneurysms of the medullary segments of the posterior-inferior cerebellar artery: considerations on treatment strategy and clinical outcome[J]. *Neurol Sci*, 2013, 34(4): 529-536.
- [48] CHALOUHI N, JABBOUR P, STARKE RM, et al. Endovascular treatment of proximal and distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms[J]. *J Neurosurg*, 2013, 118(5): 991-999.
- [49] BENALIA VHC, CORTEZ GM, BRASILIENSE LBC, et al. Silk vista baby for the treatment of complex posterior inferior cerebellar artery aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2022, 91(4): 547-554.
- [50] GOERTZ L, LIEBIG T, SIEBERT E, et al. Woven EndoBridge embolization versus microsurgical clipping for unruptured anterior circulation aneurysms: a propensity score analysis[J]. *Neurosurgery*, 2021, 88(4): 779-784.
- [51] HARKER P, REGENHARDT RW, ALOTAIBI NM, et al. The Woven EndoBridge device for ruptured intracranial aneurysms: international multicenter experience and updated meta-analysis [J]. *Neuroradiology*, 2021, 63(11): 1891-1899.
- [52] MONTEIRO A, LAZAR AL, WAQAS M, et al. Treatment of ruptured intracranial aneurysms with the Woven EndoBridge device: a systematic review[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14(4): 366-370.
- [53] GOERTZ L, LIEBIG T, SIEBERT E, et al. Treatment of proximal posterior inferior cerebellar artery aneurysms by intrasaccular flow disruption: a multicenter experience[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2022, 43(8): 1158-1163.
- [54] PENNIG L, GOERTZ L, HOYER UCI, et al. The Woven EndoBridge (WEB) versus conventional coiling for treatment of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: propensity score-matched analysis of clinical and angiographic outcome data[J]. *World Neurosurg*, 2021, 146: e1326-e1334.
- [55] ATALLAH E, SAAD H, LI J, et al. The experience with flow diverters in the treatment of posterior inferior cerebellar artery aneurysms[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2019, 17(1): 8-13.
- [56] ADEEB N, GRIESSENAUER CJ, DMYTRIY AA, et al. Risk of branch occlusion and ischemic complications with the pipeline embolization device in the treatment of posterior circulation aneurysms[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2018, 39(7): 1303-1309.
- [57] SRINIVASAN VM, GHALI MCZ, REZNIK OE, et al. Flow diversion for the treatment of posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a novel classification and strategies[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10(7): 663-668.
- [58] LEE JY, SEO JH, CHO YD, et al. Endovascular treatment of wide-neck intracranial aneurysms using a microcatheter protective technique: results and outcomes in 75 aneurysms[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011, 32(5): 917-922.
- [59] LOH D, BASILIO FA, TAN L, et al. Microcatheter-assisted protection of the posterior inferior cerebellar artery during parent artery sacrifice of a vertebral artery dissecting aneurysm [J]. *Cureus*, 2021, 13(6): e15773.
- [60] 王汉东. 复合手术治疗颅内动脉瘤[J]. *医学研究生学报*, 2018, 31(3): 225-228.
- [61] ENSEÑAT J, ALOBID I, DE NOTARIS M, et al. Endoscopic endonasal clipping of a ruptured vertebral-posterior inferior cerebellar artery aneurysm: technical case report[J]. *Neurosurgery*, 2011, 69(1 Suppl Operative): onsE121-onsE127.

责任编辑:王荣兵