

- [27] Hashimoto T, Meng H, Young W L. Intracranial aneurysms: links among inflammation, hemodynamics and vascular remodeling. *Neurol Res*, 2006, 28(4): 372-380.
- [28] Meng H, Tutino VM, Xiang J, et al. High WSS or low

WSS? Complex interactions of hemodynamics with intracranial aneurysm initiation, growth, and rupture: toward a unifying hypothesis. *Am J Neuroradiol*, 2014, 35(7): 1254-1262.

## 颈内动脉眼动脉段动脉瘤血管内治疗进展

王昆 综述 李真保 审校  
皖南医学院, 安徽 芜湖 241000

**摘要:** 目前对于脑动脉瘤的介入治疗进展迅速, 但颈内动脉眼动脉段动脉瘤的治疗仍是目前的治疗难点之一。本文就介入治疗颈内动脉眼动脉段动脉瘤的技术现状与进展进行综述。

**关键词:** 颈内动脉眼动脉段动脉瘤; 介入治疗

颈内动脉眼动脉段动脉瘤 (ophthalmic segment aneurysms of internal carotid artery, OSAs-ICA) 是起于远侧硬膜环, 止于后交通动脉起点的近侧的动脉瘤, 占颅内动脉瘤的 0.47% ~ 9.26%, 其瘤体形态常不规则, 多表现为小瘤囊、宽瘤颈<sup>[1]</sup>。该段动脉瘤周围结构多, 毗邻解剖关系复杂, 围绕着较多骨性结构, 也是颅底穿行神经最多、最复杂的区域之一, 开颅夹闭手术并发症相对较高<sup>[2]</sup>。近年来, 介入技术渐趋成熟, 已成为 OSAs-ICA 的重要治疗方法。本文通过文献复习, 对当前 OSAs-ICA 介入治疗的现状和进展综述如下。

### 1 单纯弹簧圈栓塞治疗

单纯弹簧圈栓塞主要用于形态为小瘤囊或动脉瘤颈 < 4 mm, 瘤体: 瘤颈 > 1.5 的 OSAs-ICA。弹簧圈闭塞动脉瘤的主要原理有两方面: 一是利用弹簧圈填塞动脉瘤腔; 二是解脱后诱发血栓形成。Durst 等<sup>[3]</sup>报道血管内介入治疗 65 例 OSAs-ICA 患者, 其中 52.8% 患者使用单纯弹簧圈栓塞治疗, 其余病人选用球囊、支架等辅助弹簧圈技术, 术后动脉瘤总体完全闭塞率 55%, 病死率为 0, 术后 16 例复发, 1 例病例出现急性脑梗塞合并脑积水, 2 例血栓急性脑梗死, 复发病例多单纯行弹簧圈栓塞治

疗。弹簧圈栓塞动脉瘤常见的并发症有术中动脉瘤破裂、瘤颈残留、动脉瘤复发等。分析并发症出现的原因: ①弹簧圈本身材质致栓塞的致密度不够。②OSAs-ICA 载瘤动脉常较迂曲, 瘤壁较薄, 瘤颈较宽, 载瘤动脉直径较细。

#### 1.1 3D 弹簧圈栓塞

由于 OSAs-ICA 大多瘤颈较宽, 单纯的弹簧圈栓塞往往达不到理想的效果。随着弹簧圈的广泛使用, 人们逐渐研究出相应的技术手段使弹簧圈栓塞更加致密。3D 弹簧圈具有二级螺旋结构, 第一枚弹簧圈释放时, 能紧贴着 OSAs-ICA 瘤壁缠绕, 形成一个“篮状框架”, 使随后填入的弹簧圈可在瘤颈部被框住聚合, 一则达到类似于瘤颈“塑形”的目的, 使瘤颈逐步“缩窄”; 二则对后续填入的弹簧圈起到支撑阻挡的作用, 降低了弹簧圈跑圈溢出的风险, 最大限度地致密填塞 OSAs-ICA<sup>[4]</sup>。

#### 1.2 Penumbra 400 弹簧圈

近年来不仅弹簧圈的使用技术不断革新, 一些新型材料的弹簧圈也不断问世。Penumbra 400 弹簧圈便是其中一种, 其具有较大的外径和良好的拉伸性能。它可以提供 400% 的有效填塞空间, 可获得更高的填塞密度。德国慕尼黑一家临床研究机构选

收稿日期: 2015-11-17; 修回日期: 2016-01-25

作者简介: 王昆 (1987-), 男, 在读硕士研究生, 主要从事脑血管疾病基础与临床研究。

通讯作者: 李真保, Email: lizhenbao-86@163.com。

取了233名动脉瘤患者进行研究,其中37例使用Penumbra 400弹簧圈栓塞,其有效填塞空间达 $218.9\text{ mm}^3$ ,而同样数量的传统弹簧圈的有效填塞空间仅达 $47.1\text{ mm}^3$ <sup>[5]</sup>。Chaudry等<sup>[6]</sup>报道用Penumbra 400弹簧圈栓塞143枚脑动脉瘤,其中20%为OSAs-ICA,取得良好效果。Mascitelli等<sup>[7]</sup>报道2004~2011年间95例弹簧圈栓塞治疗脑动脉瘤病人,术后随访Penumbra 400弹簧圈组栓塞致密度达36.8%,而传统弹簧圈组仅达28.1%。这种新型弹簧圈目前国内尚无临床病例使用报告,其有效性有待进一步确认。

## 2 球囊辅助弹簧圈栓塞技术

该技术适用于瘤颈 $>4\text{ mm}$ 的OSAs-ICA。一般来说,Hyperglide球囊用于动脉侧壁型的宽颈动脉瘤,而Hyperform球囊则用于分叉部位的动脉瘤。方法为将球囊放置于瘤颈,并将微导管放置于动脉瘤体内,充盈球囊使瘤颈得以封闭,再选取合适的弹簧圈,推入动脉瘤内部,抽空球囊使囊壁与弹簧圈全面接触而稳定,最后解脱弹簧圈,使动脉瘤达到致密填塞。球囊辅助弹簧圈技术具有相对的优势<sup>[8-9]</sup>,例如,球囊充盈的同时可固定微导管,减少微导管的移动;反复充盈球囊还能使弹簧圈更致密填塞动脉瘤,防止弹簧圈移位。若推送时发生移位,可再次充盈球囊使弹簧圈压回动脉瘤内。Ahn等<sup>[10]</sup>报道利用球囊辅助弹簧圈治疗43例OSAs-ICA患者,效果良好。Kim等<sup>[11]</sup>通过对15例宽颈动脉瘤患者使用球囊技术栓塞动脉瘤治疗时发现对于小型或微小动脉瘤,其瘤腔空间较小,弹簧圈及微导管在瘤腔内回旋余地较小,在释放弹簧圈后挤压力量过大易导致瘤壁破裂。OSAs-ICA瘤壁较薄,载瘤动脉管径较细<sup>[12]</sup>,因此,对于球囊充盈的控制则显得十分重要。Gentric等<sup>[13]</sup>回顾性分析2008~2010年间107例(其中30例为OSAs-ICA患者)未破裂动脉瘤血管内治疗,其中球囊辅助结合支架辅助弹簧圈组51例(含OSAs-ICA16例),余46例(含OSAs-ICA14例)为支架辅助弹簧圈组,术后12月后造影影像发现前者瘤颈残留率为6.1%,后者为22.7%;前者病例中无OSAs-ICA患者复发,后者5例OSAs-ICA患者复发,结果提示球囊辅助结合支架辅助弹簧圈组治疗效果明显优于单纯支架辅助弹簧圈组。该研究为临床治疗OSAs-ICA提供了新的思路。

## 3 支架辅助弹簧圈治疗

支架为载瘤血管壁提供了支撑,避免弹簧圈移

位至载瘤动脉,并可以加快动脉瘤瘤颈内皮形成<sup>[14]</sup>。支架辅助栓塞动脉瘤还可通过改变血流动力学以减少血流对动脉瘤瘤壁冲击力,减少再出血及动脉瘤复发的风险<sup>[15]</sup>。高金属覆盖率的支架可以更好地减少动脉瘤内血流,造成动脉瘤囊内的血液滞留缓慢形成血栓。但同时高金属覆盖率可能影响穿支血管的通畅性,增加血栓事件的风险,支架的柔顺性和可控性随着支架金属覆盖率提高通常下降,增加了支架植入的难度。华西医院徐剑锋等<sup>[16]</sup>报道血管内介入治疗114例OSAs-ICA患者的129枚动脉瘤,其中89枚行支架辅助弹簧圈栓塞术,40枚例行单纯弹簧圈栓塞术,术后12个月内随访发现支架辅助弹簧圈栓塞治疗组患者效果较好,动脉瘤的完全闭塞率(91%)高于单纯弹簧圈栓塞组(70%),12个月后随访,动脉瘤复发7例,均为单纯弹簧圈栓塞组。表明支架辅助弹簧圈栓塞介入治疗目前已经成为OSAs-ICA的一种较为理想方式。Colby等<sup>[17]</sup>报道单用弹簧圈及应用支架辅助弹簧圈治疗了90例OSAs-ICA,单用弹簧圈栓塞组的复发率35.9%远高于支架辅助弹簧圈组复发率的11.5%。两组患者动脉瘤的Hunt-Hess分级差异及瘤颈的宽度、体积均无统计学意义。这一结果与国内学者用支架辅助弹簧圈栓塞术治疗OSAs-ICA的较为理想的效果相吻合。

### 3.1 LVIS支架辅助弹簧圈栓塞治疗

近年来许多新型支架装置的出现,为支架辅助弹簧圈栓塞治疗OSAs-ICA提供了更多选择。LVIS支架是一种新上市的自膨式闭环支架。LVIS支架辅助栓塞OSAs-ICA由于其自身设计的特点可能较传统支架具有一定优势:第一,其可视性较传统支架更强,由于其末端的不透射线标记,加上两根螺旋丝,使得支架整体可视,方便术者观察支架的位置情况。第二,网孔更加致密。一方面,这种网孔直径 $1\text{ mm}$ 的支架高金属覆盖率(23%)能够更有效地改善动脉瘤内血流方向,一定程度上起到了血流转换装置的作用;同时促进血管内皮修复,减少动脉瘤复发。另一方面其能够方便填塞微小动脉瘤,尤其能够避免直径 $1.5\text{ mm}$ 弹簧圈突入血管内,其增加了致密栓塞的程度,同时降低了由于弹簧圈突入载瘤动脉造成血栓形成的风险。第三,其具有更好的贴壁性。由于其单根金属丝编织成的可滑动网状结构,术者能够通过操作使其更好地顺应血管情况,同时为瘤颈部位提供更好的支撑

力。第四,支架的植入可以改变血管角度,增强血流的导向作用。LVIS 支架有 2 种型号及多种尺寸,能较好地适应 OSAs-ICA 的解剖特点,据 Di Maria 等<sup>[18]</sup>报道对 138 例病人的 162 个未破裂的 OSAs-ICA 血管内栓塞治疗,其中 77 例患者的 95 个未破裂的 OSAs-ICA 使用了 LVIS 支架治疗。术后 12 个月随访 85.3% 动脉瘤获得了完全栓塞,动脉瘤复发率仅为 2.1%,病死率为 0。但这种支架国内运用病例较少,有效性和安全性仍有待于进一步对照研究证实。

#### 4 液态栓塞剂 Onyx 胶辅助弹簧圈治疗

新型液体栓塞剂 Onyx 胶与血液接触后可顺动脉瘤壁迅速固化,可达到减少动脉瘤死腔的目的,并且不黏附导管。因其具备液态流动性,与弹簧圈结合使用可以增加填塞致密性,而且可以加固动脉瘤壁,防止术中动脉瘤破裂出血。Weber 等<sup>[19]</sup>报道运用 Onyx 胶结合弹簧圈栓塞 22 例宽颈动脉瘤(其中 15 例为 OSAs-ICA),术后 13 个月影像学随访显示 18 例动脉瘤完全栓塞,仅 4 例动脉瘤颈少许残留,无明显严重并发症患者,死亡率为 0。但由于 Onyx 胶有较强的弥散性,在栓塞过程中有可能导致载瘤动脉及其细小动脉交通支的闭塞。Johnson 等<sup>[20]</sup>报道运用 Onyx 胶 500 结合弹簧圈治疗 OSAs-ICA,术后一例患者出现动脉闭塞、视神经坏死的并发症。临床运用需警惕这些并发症。

#### 5 血流导向装置治疗

单纯的弹簧圈栓塞不能改变持续的血流通过载瘤动脉和弹簧圈时对动脉瘤的冲击性剪切力,因此再发率和再通率也相对较高。血流导向装置的置入可以通过改变载瘤动脉的成角,重建载瘤动脉,同时使血管新生内膜增生致血管腔重建,从而使瘤颈的血流动力学发生改变。长海医院黄清海等<sup>[21]</sup>研究支架金属覆盖率对血流动力学影响,发现 30%~40% 的支架金属覆盖率即可以达到显著改变动脉瘤内血流动力学目的,显著减少 50%~70% 血流流进瘤颈动脉瘤腔。目前国外常用的血流导向装置有“管线栓塞装置”(pipeline embolization device, PED) 和“线状血流转向装置”(SILK flow diverter, SFD) 2 种,国内主要是长海医院研制的 Tubridge 血流导向装置。

##### 5.1 Pipeline 支架

资料统计 Pipeline 支架的动脉瘤栓塞率可达 74%。Zanaty 等<sup>[22]</sup>报道 2009~2014 年间 44 例

Pipeline 支架治疗的 OSAs-ICA 患者,术后影像学随访发现 34 例(77.27%) 完全栓塞,3 例(6.81%) 接近完全栓塞,仅 1 例(2.27%) 出现并发症,病死率为 0。随着载瘤动脉血管腔的重建,血液动力学逐渐恢复正常,动脉瘤随之消失,载瘤动脉也恢复了正常的解剖结构,因此 PED 支架在减轻血管重建技术中对动脉瘤本身的影响方面有独特的优势。Moon 等<sup>[23]</sup>报道 2011 年以来使用 PED 支架治疗 30 例 OSAs-ICA 患者,术后影像学随访发现动脉瘤完全栓塞率达 92.1%,5 例患者出现轻微的围手术期并发症,死亡率为 0。

##### 5.2 Silk 支架

Silk 支架是一种镍钛合金的编织支架,该支架金属覆盖率约 35%~55%,网孔密度比 PED 更加致密,释放后孔径大小约 110~250 μm。Wagner 等<sup>[24]</sup>用 SFD 治疗了 22 例患者的 23 枚宽颈动脉瘤,术后 6 月时影像学随访 68% 动脉瘤完全闭塞,1 年后影像学随访 86% 的动脉瘤完全闭塞。Shankar 等<sup>[25]</sup>报道运用 SFD 治疗当地 2009~2013 年间 92 例动脉瘤患者,术后造影随访 83.1% 患者完全栓塞或接近完全栓塞。

总体看来,血流导向装置所产生的积极作用可改变动脉瘤的预后,但 PED 及 SFD 目前在国内也只是少数几家临床中心刚刚使用,有效性和安全性仍有待于进一步前瞻性多中心的对照研究证实。相信会在不久的将来在治疗 OSAs-ICA 上有大的用武之地。

#### 6 展望

在过去的几十年中,影像学、医用材料学的协同发展使得治疗 OSAs-ICA 从开颅手术向血管内介入治疗转变,为 OSAs-ICA 治疗的发展提供了新的动力。相信在不远的将来会有更多栓塞材料及新技术新设备涌现,可以减少 OSAs-ICA 治疗的并发症,降低患者治疗费用,为 OSAs-ICA 患者带来福音。

#### 参 考 文 献

- [1] Federica B, Norberto A, Mario Z, et al. Aneurysms of the Ophthalmic (C6) Segment of the Internal Carotid Artery. *Neurosurgery*, 2005, 15(2): 79-90.
- [2] Ding D. Modern management of intracranial aneurysms: Surgical clipping versus endovascular occlusion for ophthalmic segment aneurysms. *Clinical neurology and neurosurgery*, 2015, 128: 130-131.
- [3] Durst CR, Starke RM, Gaughen J, et al. Vision outcomes

- and major complications after endovascular coil embolization of ophthalmic segment aneurysms. *American Journal of Neuroradiology*, 2014, 35(11): 2140-2145.
- [4] Lang S, Rösch J, Göllitz P, et al. Comparison of intracranial aneurysms treated by 2-D versus 3-D coils: A matched-pairs analysis. *Clin Neuroradiol*, 2015: 1-7.
- [5] Kaesmacher J, Müller-Leisse C, Huber T, et al. Volume versus standard coils in the treatment of intracranial aneurysms. *J Neurointerv Surg*, 2015, Oct 21.
- [6] Chaudry I, Frei D, Baxter B, et al. E-037 Initial Multi-Centre Experience with the Penumbra PC 400 Detachable Coil in aneurysms 10 mm or greater. *J Neurointerv Surgery*, 2013, 5( Suppl 2): A50-A50.
- [7] Mascitelli JR, Polykarpou MF, Patel AA, et al. Initial experience with Penumbra Coil 400 versus standard coils in embolization of cerebral aneurysms: a retrospective review. *J Neurointerventional Surgery*, 2013, 5(6): 573-576.
- [8] Machi P, Costalat V, Lobotesis K, et al. LEO Baby Stent Use following Balloon-Assisted Coiling: Single-and Dual-Stent Technique—Immediate and Midterm Results of 29 Consecutive Patients. *Am J Neuroradiol*, 2015, 36(11): 2096-2103.
- [9] Bechan RS, Sprengers ME, Majoie CB, et al. Stent-Assisted Coil Embolization of Intracranial Aneurysms: Complications in Acutely Ruptured versus Unruptured Aneurysms. *Am J Neuroradiol*, 2015, Sep 24.
- [10] Ahn JH, Cho YD, Kang HS, et al. Endovascular treatment of ophthalmic artery aneurysms: assessing balloon test occlusion and preservation of vision in coil embolization. *American J Neuroradiol*, 2014, 35(11): 2146-2152.
- [11] Kim JW, Park YS. Endovascular treatment of wide-necked intracranial aneurysms: techniques and outcomes in 15 patients. *J Korean Neurosurg Soc*, 2011, 49(2): 97-101.
- [12] Ota N, Tanikawa R, Miyazaki T, et al. Surgical microanatomy of the anterior clinoid process for paraclinoid aneurysm surgery and efficient modification of extradural anterior clinoidectomy. *World Neurosurg*, 2015, 83(4): 635-643.
- [13] Gentric JC, Biondi A, Piotin M, et al. Balloon remodeling may improve angiographic results of stent-assisted coiling of unruptured intracranial aneurysms. *Neurosurgery*, 2015, 76(4): 441-445.
- [14] Chien A, Vinuela F, Duckwiler G. Blood flow changes induced by flow diverting stent in a large wide-neck intracranial aneurysm. *J Vascular and Interv Radiol*, 2015, 26(1): 148.
- [15] Johnson AK, Munich SA, Tan LA, et al. Complication analysis in nitinol stent-assisted embolization of 486 intracranial aneurysms. *J Neurosurg*, 2015: 1-7.
- [16] 徐剑峰, 谢晓东, 王朝华, 等. 血管内介入治疗颈内动脉眼动脉段动脉瘤的临床效果分析. *成都医学院学报*, 2014, 9(1): 18-21.
- [17] Colby GP, Lin LM, Paul AR, et al. Cost comparison of endovascular treatment of anterior circulation aneurysms with the pipeline embolization device and stent-assisted coiling. *Neurosurgery*, 2012, 71(5): 944-950.
- [18] Di Maria F, Pistocchi S, Clarençon F, et al. Flow Diversion versus Standard Endovascular Techniques for the Treatment of Unruptured Carotid-Ophthalmic Aneurysms. *Am J Neuroradiol*, 2015, 36(12): 2325-2330.
- [19] Weber W, Siekmann R, Kis B, et al. Treatment and follow-up of 22 unruptured wide-necked intracranial aneurysms of the internal carotid artery with Onyx HD 500. *Am J Neuroradiol*, 2005, 26(8): 1909-1915.
- [20] Johnson JN, Elhammady M, Post J, et al. Optic pathway infarct after Onyx HD 500 aneurysm embolization: visual pathway ischemia from superior hypophyseal artery occlusion. *J Neurointerv Surg*, 2014, 6(9): e47.
- [21] 黄清海, 杨鹏飞, 张星, 等. 血流转向装置对动脉瘤血流动力学影响的数值模拟研究. *中华医学杂志*, 2010, 90(15): 1024-1027.
- [22] Zanaty M, Chalouhi N, Barros G, et al. Flow-Diversion for ophthalmic segment aneurysms. *Neurosurgery*, 2015, 76(3): 286-290.
- [23] Moon K, Albuquerque FC, Ducruet AF, et al. Treatment of ophthalmic segment carotid aneurysms using the pipeline embolization device: clinical and angiographic follow-up. *Neurol Res*, 2014, 36(4): 344-350.
- [24] Wagner A, Cortsen M, Hauerberg J, et al. Treatment of intracranial aneurysms. Reconstruction of the parent artery with flow-diverting (Silk) stent. *Neuroradiology*, 2012, 54(7): 709-718.
- [25] Shankar JJS, Tampieri D, Iancu D, et al. SILK flow diverter for complex intracranial aneurysms: a Canadian registry. *J Neurointerv Surg*, 2016; 8(3): 273-278.