

•神经介入 Neurointervention•

Onyx 胶治愈性栓塞脑动静脉畸形的临床研究

杨 鹏, 赵 卫, 沈 进

【摘要】 目的 介绍 Onyx 胶治愈性栓塞脑动静脉畸形的经验。**方法** 2008 年 8 月至 2012 年 8 月收治 40 例脑动静脉畸形患者, 临床表现为颅内出血 18 例, 癫痫发作 8 例, 头痛 7 例, 神经功能障碍 5 例和偶尔发现 2 例。根据 S-M 分级, I 级 10 例, II 级 15 例, III 级 9 例, IV 级 4 例, V 级 2 例。对所有患者均采用 Onyx 胶液体栓塞剂进行栓塞治疗, 并进行随访。**结果** 栓塞后造影显示 22 例达到完全栓塞, 10 例 80% ~ 90% 栓塞, 5 例 60% ~ 70% 栓塞, 3 例 50% 左右栓塞。未能完全栓塞的 18 例中 2 例接受立体定向放射治疗痊愈。11 例发生并发症, 导致 1 例永久性神经功能障碍, 无死亡病例。6 个月后血管造影随访, 22 例患者完全栓塞。**结论** 血管内栓塞治疗脑动静脉畸形安全性好, 损伤小, Onyx 胶适合作为脑动静脉畸形的栓塞材料, 并能达到较高治愈率。

【关键词】 脑动静脉畸形; 治愈性栓塞; Onyx 胶

中图分类号: R743.3 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2013)-02-0093-06

Curative embolization with Onyx for brain arteriovenous malformations: a clinical study YANG Peng, ZHAO Wei, SHEN Jin. Imaging Center, the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan Province 650032, China

Corresponding author: ZHAO Wei, E-mail: kyyyzhaowei@vip.km169.net

【Abstract】 Objective To summarize the experience of using Onyx in the curative embolization for the endovascular treatment of brain arteriovenous malformations (BAVMs). **Methods** Between August 2008 and August 2012, a total of 40 patients with BAVMs were admitted to authors' hospital. Clinical presentations included intracerebral hemorrhage ($n = 18$), seizure ($n = 8$), headache ($n = 7$), neurologic deficits ($n = 5$), and incidental finding ($n = 2$). According to the Spetzler-Martin scale, 10 patients belonged to grade I, 15 belonged to grade II, 9 belonged to grade III, 4 belonged to grade IV, and 2 belonged to grade V. Embolization therapy with Onyx was carried out in all patients. Follow-up was conducted. **Results** After the embolization, angiography showed that complete occlusion of BAVMs was achieved in 22 cases, 80% ~ 90% occlusion was obtained in 10 cases, 60% ~ 70% occlusion was seen in 5 cases, and about 50% occlusion was found in 3 cases. Of the 18 cases having incomplete embolization, stereotactic radiotherapy was employed in 2 with excellent result. Complications occurred in 11 patients, leading to permanent neurologic deficits in 1 patient. No death occurred. Follow-up angiography performed at six months after the treatment showed that complete occlusion was obtained in 22 patients. **Conclusion** Endovascular embolization is an effective, safe and mini-invasive treatment for BAVMs. Onyx is a suitable embolization agent for the treatment of BAVMs with rather higher cure rate. (J Intervent Radiol, 2013, 22: 093-098)

【Key words】 brain arteriovenous malformation; curative embolization; Onyx

脑动静脉畸形 (brain arteriovenous malformations, BAVM) 是最常见的一种颅内血管疾病, 具有较高的致残率和致死率, 一旦确诊应积极治疗。目

前治疗方法有显微外科切除术、血管内栓塞治疗和立体定向放射治疗以及联合以上方法等。近年来, 随着栓塞技术的不断发展及经验的不断积累, Onyx 胶的应用, 使血管内栓塞治愈 BAVM 的可能及比率增加。本文总结 Onyx 胶血管内栓塞治疗 BAVM 的经验。

1 资料和方法

1.1 一般资料

2008 年 8 月至 2012 年 8 月我科收治 40 例 BAVM 患者,行 Onyx 胶栓塞术,其中男性 26 例,女性 14 例,年龄 6 ~ 65 岁,平均年龄 37.8 岁。首发症状为颅内出血 18 例,癫痫发作 8 例,头痛 7 例,神经功能障碍 5 例和偶尔发现 2 例。

1.2 影像学资料

患者入院前均行头颅 CT、MRI、MRA 及 DSA 检查,病变位于小脑半球 2 例,顶叶 5 例,颞叶 6 例,枕叶 4 例,颞枕叶 6 例,额顶叶 4 例,额叶 5 例,顶枕叶 3 例。基底节区 5 例,病灶直径 2 ~ 12 cm,平均直径为 5.8 cm,单支动脉供血 5 例,双支动脉供血 26 例,三支及以上动脉供血 9 例。采用 Spetzler-Martin 分级:Ⅰ级 10 例,Ⅱ级 15 例,Ⅲ级 9 例,Ⅳ级 4 例,Ⅴ级 2 例。3 例 BAVM 伴有动脉瘤。

1.3 围手术期处理

术前进行血、尿、粪三大常规、肝肾功能、凝血功能及心电图等检查;有癫痫病史者术前口服抗癫痫药物,有癫痫近期发作者要控制癫痫发作后再行介入治疗。为防止栓塞后血流动力学急剧变化导致出血,术前、术中控制性降低血压 10% ~ 20%,为防止脑血管痉挛及脑缺血发生,术前 1 天开始静脉持续泵入尼莫地平(3 ~ 5 ml/h);介入术开始前先行头颅 CT 平扫,普通肝素进行全身肝素化(45 u/kg),并每隔 1 h 加注 1 000 u。

40 例患者在结束手术后均送入 ICU 病房,延迟 6 h 拔出动脉鞘。术后在 ICU 密切监护 24 ~ 72 h,持续镇静麻醉,应行控制性降低血压,血压降至患者基础血压的 2/3 水平,预防术后发生正常灌注压突破。对术后微导管滞留患者,术后 3 d 皮下注射低分子肝素 4 000 u(每 12 小时 1 次),并口服氯吡格雷 75 mg/d、阿司匹林 100 mg/d 持续 6 个月。术前有癫痫发作者术后继续服用抗癫痫药物。

1.4 治疗方法

所有患者均行全身麻醉,采用 Seldinger 技术经右侧股动脉入路,6 F 导引导管选择性进入颈内动脉或椎动脉造影,明确 BAVM 血管构筑及畸形血管团血流动力学等基本情况,评估栓塞治疗的风险。二甲基亚砜(DMSO)相容性微导管(Ultra Flow 或 Marathon)借血流向作用和在微导丝的帮助下,超选择进入靶供血动脉,头端尽可能靠近畸形血管团,但要避免越过畸形团进入引流静脉内。行放大

图像微导管超选择性造影,进一步对畸形团血管构筑进行分析。根据需要调整球管投照角度,以利于栓塞过程中观察反流的长度、向周边血管逆流栓塞的情况及保护引流静脉。确定后用导引导管造影作为参考。生理盐水 10 ml 冲洗微导管后,注入 0.26 ml DMSO 将其注满,然后在空白路径图监视下采用“推注-停顿技术”缓慢注入 Onyx 胶。在 Onyx 胶弥散过程中要仔细观察,一旦反流或进入引流静脉,立即停止注射,等待 30 ~ 120 s 后再注射,确保 Onyx 胶在畸形血管团内充分弥散。栓塞满意、反流长度超过 2 cm 或注射压力明显增大时停止注射。供血动脉直径越小、越迂曲,允许反流的长度相应越短。对于供血动脉细小或血管条件不好者通常只做 1 次弥散,供血动脉显著迂曲,行程长或长时间注射,选用头端 1.5 及 2.5 cm 可解脱的 SONIC 微导管。3 例合并有动脉瘤,先处理动脉瘤,再栓塞畸形血管。栓塞后即刻造影,了解畸形血管团栓塞情况和侧支血管循环情况。拔管时采用慢拔管的方式,首先将微导管顺直,然后缓慢牵拉微导管,保持一定的张力,逐渐使微导管头端脱离畸形血管团。如果拔管困难可留微导管于体内。术后行头颅 CT。

1.5 随访

术后进行电话或门诊随访,每 3 ~ 6 个月 1 次,询问有无再次出血、肢体活动、精神状态、生活自理能力等。门诊随访同时行 MRA 或 DSA 检查,了解完全栓塞情况。

2 结果

2.1 栓塞结果

40 例 BAVM 共栓塞 64 次,23 例行 1 次栓塞,10 例行 2 次栓塞,7 例行 3 次栓塞。每次注射时间 10 ~ 55 min(平均 27 min),每次注射 Onyx 胶量 0.9 ~ 12 ml(平均 5.2 ml)。22 例(55%)达到完全栓塞(图 1、2),不再行其他治疗,10 例(25%)80% ~ 90% 栓塞,5 例(12.5%)60% ~ 70% 栓塞,3 例(7.5%)50% 左右栓塞。未能完全栓塞的 18 例中 2 例接受立体定向放射治疗。本组 3 例 BAVM 伴随动脉瘤致密栓塞。

2.2 并发症

本组术中出血 3 例(7.5%),用鱼精蛋白中和肝素后用 Onyx 胶封堵破口;3 例(7.5%)患者微导管拔管困难,滞管于体内,术后低分子肝素 3 d,未出现新的后遗症,顺利出院,并口服氯吡格雷 75 mg/d、阿司匹林 100 mg/d,持续 6 个月;2 例(5%)患者发

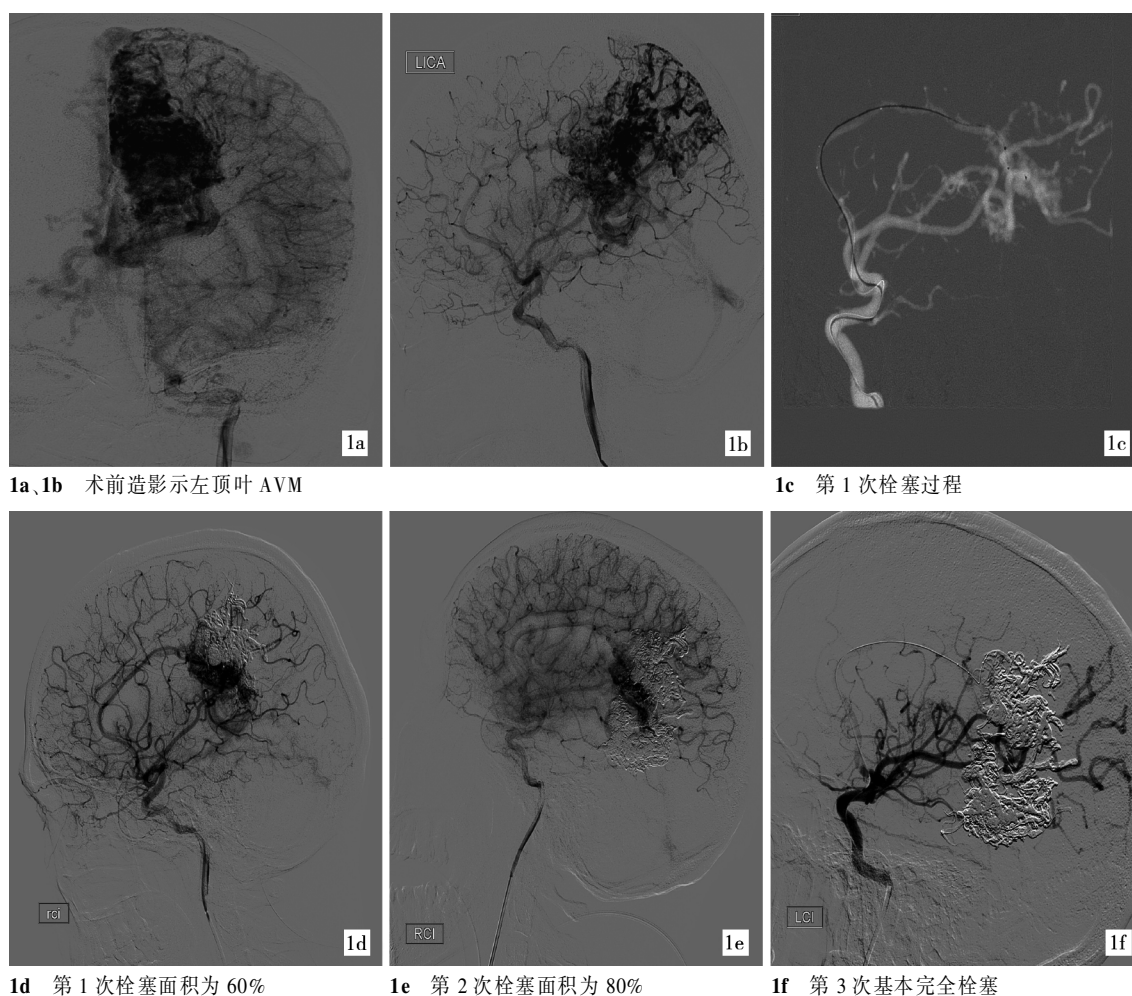


图 1 左顶叶 AVM 3 次栓塞达到治愈性栓塞

生正常灌注压突破,经去骨瓣减压术后,保守治疗;3 例发生神经功能障碍,经过相应治疗后其中完全恢复 2 例,1 例永久性神经功能障碍。40 例中 11 例发生栓塞相关并发症,发生率为 27.5%,无死亡病例。

2.3 随访结果

栓塞结束后造影显示,完全栓塞的 22 例患者于术后 3 ~ 6 个月 DSA 检查未见再通;2 例出现正常灌注压突破的患者术后改善良好;18 例以颅内出血发病患者临床症状于栓塞治疗后逐渐恢复,无再次出血病例;2 例患者术前无症状,随访也未出现明显临床症状。术前 5 例神经功能障碍者,3 例运动障碍患者症状明显好转,1 例语言障碍患者恢复良好,1 例发生永久性神经功能障碍;7 例头痛患者明显减轻;以癫痫首发的 8 例患者,术后抗癫痫治疗,癫痫未再发作。

3 讨论

BAVM 治疗目的是完全闭塞或切除畸形血管团,恢复脑组织正常血液循环,保护神经功能不受

损害。

目前,治疗 BAVM 的方法有显微外科切除术、血管内栓塞术和立体定向放射治疗以及联合以上方法。随着血管内栓塞技术的不断改进和栓塞材料的发展,对 BAVM 血管构筑研究的深入和影像导向设备的发展,血管内栓塞治疗已经成为 BAVM 治疗的主要措施之一^[1],尤其对病灶位于深部或者重要功能区的复杂性 BAVM 有突出的疗效。传统观点认为辅助性栓塞可减少手术切除的困难和风险,或减少放疗前病灶体积^[2-4]。目前多数学者认为用 Onyx 胶栓塞治疗 BAVM 可以达到治愈性栓塞^[5],即完全栓塞,消除畸形血管团、消除动静脉瘘、无畸形血管显影、引流静脉近端闭塞、长期随访无再通、或接近完全栓塞,这样残留的畸形血管团非常小,更容易接受外科切除和放射治疗。

3.1 栓塞材料

Onyx 胶的应用使 BAVM 痊愈性栓塞的可能和比率增加。Onyx 胶由聚乙烯和乙烯醇合成 EVAL,溶解于 DMSO 制成。EVAL 无毒性,生物相容性好,



2a 术前造影示小脑蚓部及四叠区动静 2b 微导管进入畸形血管团理想位置 2c 术后造影 BAVM 已经完全栓塞
脉畸形主要由小脑上动脉分支供血

图 2 小脑蚓部及四叠区动静脉畸形经过 1 次栓塞治疗达到治愈性栓塞

注入血管后 DMSO 迅速弥散到血液中, EVAL 沉淀为海绵状栓塞血管, 能栓塞 80 μm 小动脉, 随访研究证明, 栓塞 6 个月后不发生慢性血管再通、血管炎性反应等组织学变化。栓塞亚急性期(1 个月)可见轻度炎性反应, 可能与有机溶剂 DMSO 血管腐蚀毒性有关, 但动物实验证实缓慢注射小剂量(0.5 ml/30 ~ 120 s) DMSO 是安全的。Onyx 胶允许长时间注射和重复注射, 能够在畸形血管团内充分弥散, 在长时间注射过程中安全和可控^[2-3,5]。

通常情况下, 我们采用“road-block”技术注射 Onyx 胶, 即微导管头端在畸形血管团口处, 微导管头端通常能阻断血流, 然后注射 Onyx 胶, 使之逐渐弥散, 填充铸型, 将畸形血管团全部或部分闭塞, 达到治愈 BAVM 或减少病灶、减轻临床症状的目的。BAVM 是一种复杂的多通道血管畸形, Onyx 胶进入血液后, 顺着病灶部位的动力血流方向以及压力梯度向阻力最小的地方渗透。后续注入的栓塞剂可以推着前面的 Onyx 胶继续向前推动和弥散, 到达更细小的分支血管, 畸形血管团达到满意栓塞效果。当 Onyx 胶反流进入引流静脉或动脉危险吻合口时, 停止注胶, 等待 2 min, 形成铸型, Onyx 胶弥散趋势和方向改变。

文献报道 Onyx 胶栓塞 BAVM 的治愈率为 16% ~ 38%, 但这些文献不是以治愈性栓塞 BAVM 为目的, 仅用于手术或定向放射治疗前减小动静脉畸形的体积。Mounayer 等^[5]报道以治愈性栓塞为目的用 Onyx 胶和 NBCA 胶联合栓塞 53 例 BAVM, 完全栓塞 26 例(49%), 本组以治愈性栓塞为目的的 40 例经过 64 次栓塞, 最后完全栓塞 22 例(55%), 完全栓塞率高于先前的文献报道^[5], 但有关治愈性栓塞为目的的

文献很少。Katsaridis 等^[6]报道用 Onyx 胶栓塞 BAVM, 治愈率达 53.9%。我们认为多次使用安全性高、易控制、非粘附性的 Onyx 胶栓塞治疗 BAVM 能达到 50% 左右的治愈率。

Onyx 胶能使大多数 BAVM 部分栓塞或完全栓塞率提高, 使大型和 S-M 分级高的 BAVM 治愈性栓塞成为可能。Onyx 胶已成为目前最常用的液体栓塞剂。但在伴随高血流量瘘道等特殊的 BAVM 中, 常需与 NBCA、微粒、弹簧圈等栓塞材料联合应用。Onyx 胶的应用也有其限制和缺点。不透射线是 Onyx 胶的优点之一, 而大剂量注射 Onyx 胶治疗大型 BAVM 时变为缺点, 不易观察到 Onyx 胶弥散情况, 导致 Onyx 胶反流到引流静脉或正常供血动脉造成灾难性后果, 不能准确估测畸形血管团的栓塞程度^[7]。我们认为治疗大型 BAVM 中, 注入大剂量 Onyx 胶时, 反流到引流静脉或正常供血动脉, 应立即停止注胶。Van Rooij 等^[3]报道 Onyx 胶反流到细小而弯曲动脉时很难显影, 导致反流过多造成拔管困难, Onyx 胶长时间注射, 随之 X 线辐射剂量增加, 可对操作者和患者造成不可避免的伤害, Lopes 等^[8]报道用双导管注胶技术在短 X 线辐射时间和 Onyx 胶注射达到有效栓塞率。

3.2 并发症

Onyx 胶栓塞治疗 BAVM 已有很多年, 但栓塞治疗带来的较高并发症越来越受到关注。Onyx 胶栓塞治疗 BAVM 的出血并发症为 5.9% ~ 16.7%, 发病率为 4.6 ~ 16.7%, 死亡率为 0 ~ 3.2%。本组中出血并发症为 12.5%(5/40), 致残率为 2.5%(1/40), 死亡率为 0。本组无死亡病例, 可能得益于术后 ICU 病房的严密观察、严格控制血压及一旦发现血肿后能及

时外科处理。

3.2.1 脑出血 术中出血主要由神经微导丝或微导管刺破脆弱的畸形血管团或者血管壁,粘管时拔出微导管或伴随动脉瘤破裂出血,这要求我们尽量操作轻柔。本组中 3 例由于微导丝刺破血管壁,透视可见其偏离血管走向,微导管造影发现对比剂外渗时,立即用鱼精蛋白中和剩余的肝素,Onyx 胶栓塞、封堵出血部位,术后给予相关保守治疗,效果好。Mounayer 等^[5]报道术中出血可导致患者死亡。因此,术中操作尽量轻柔,通过旋转 3D-DSA 选择正确靶血管,充分应用血流漂浮,配合使用微导丝支撑导向,使用脉冲液体注射微管头反弹转向等技术,可以提高微导管到达理想位置。

Onyx 胶是非粘附性材料,不会出现粘管现象,但微导管头端处于迂曲细小的供血动脉,长时间注射和 Onyx 胶过度反流,可能发生粘管。若发生,进行规范的拔管操作后仍然无法拔除,尽量不要再尝试拔管,最好留管于体内,以免牵拉微导管引起血管或畸形血管团破裂出血。本组中 2 例出现该并发症,经术后抗凝和抗血小板治疗,患者恢复良好。因此,术前应仔细分析 BAVM 血管构筑,选择相对较直且明显增粗的入路动脉,这样的血管抗拉力较好,易于拔管。若供血动脉迂曲和细小时,Maimon 等^[9]认为可用头端 1.5 cm 及 2.5 cm 处可牵拉解脱的 SONIC 微导管防止暴力撤管引起出血。

栓塞后出血是一种常见的并发症,主要由正常灌注压突破、术中引流静脉阻塞和正常动脉供血减少、静脉流动减慢导致术后静脉迟发性血栓形成,这种机制导致流进道-流出道失衡,畸形血管团破裂出血。Van Rooij 等^[3]和 Mounayer 等^[5]报道血管内栓塞治疗 BAVM 术后发生出血并发症,认为是静脉血栓迟发性形成机制引起。

正常灌注压突破引起栓塞术后出血是最严重的并发症,是正常脑组织长期处于缺氧低灌注状态,自动调节功能失调,栓塞后,原来存在“盗血”现象使正常脑组织不能适应灌注的急剧变化,引起严重的脑水肿、脑肿胀,甚至颅内出血等。Mounayer 等^[5]认为治愈性栓塞 BAVM 超过 2 cm 的动静脉畸形应分次栓塞,间隔 4 ~ 6 个月,每次不超过 30%,从而有限度地改变血流动力学特征,使正常脑组织有时间适应血流动力学变化;围手术期内严格控制血压避免严重出血和水肿^[10]。采用该策略,此并发症发生的概率可能会更少。本组中 2 例发生正常灌注压突破,原因是术后返回病房后由于麻醉减浅,气管

插管刺激等因素,引起血压明显波动,患者意识水平减低,患侧瞳孔扩大,光发射减弱,急诊 CT 示 BAVM 病灶周围出血,形成血肿,中线移位;一次栓塞面积过多(> 60%),经去骨瓣减压后,对症治疗,患者恢复良好。因此,术前仔细分析 BAVM 的血管构筑,有正常灌注压突破的高风险因素作好防治,采用对 4 cm 以下小的 BAVM 可一次性栓塞治愈,对 4 ~ 6 cm 的 BAVM 根据血流情况、供血动脉数及病灶位置等决定一次或分次栓塞,对 6 cm 以上巨大型 BAVM 常分次栓塞,术后继续保持麻醉状态 24 ~ 72 h,术后 24 ~ 72 h 严格控制行低血压,使平均动脉血压下降 1/3,尽可能缩小巨大 BAVM 动静脉分流体系治疗前后的灌注压差,使治疗前后的灌注压变化缓慢出现,以恢复脑自身调节功能。

引流静脉栓塞畸形血管团未完全栓塞时,栓塞了主要引流静脉,导致残余畸形血管团引流不畅破裂出血。尤其是单一深部引流静脉受损,流出道梗阻,畸形血管团内压力增大破裂出血。文献报道单一深部引流静脉闭塞是 BAVM 栓塞术或外科切除后引起出血的危险因素之一^{[[11-12]]}。吴红星等^[13]认为完全栓塞 BAVM,引流静脉闭塞不会引起出血;但部分栓塞畸形团以前,Onyx 胶反流栓塞了引流静脉,引流静脉阻塞,改变颅内压力引起畸形团破裂或出血的风险增高^[14]。另外,畸形血管团周围的脑组织因动脉流入畸形血管团减少导致静脉充血,诱发血栓形成,最终导致残余畸形血管团破裂出血^[8-15]。Taylor 等^[16]认为部分栓塞畸形血管团后 Onyx 胶缓慢流动栓塞引流静脉而不是术中直接栓塞引流静脉,引起残余畸形血管团破裂出血。因此,选择工作体位时应看清引流静脉起始部,避免 Onyx 胶过多进入,闭塞主要的引流静脉。

这些导致脑出血的因素,随着术者操作经验的积累,可以减少或避免发生。无论以上何种原因引起出血,若不能及时止血,患者会有生命危险。应分析出血的原因,特别是正常灌注压突破引起的出血,形成血肿,发生占位效应,必须立即去骨瓣减压或开颅清除血肿。

3.2.2 神经功能障碍 本组中 3 例发生术后神经功能障碍,2 例术后数天完全恢复,1 例最后永久性神经功能障碍。3 例患者术后头颅 CT 检查无出血新征象。2 例由于术中脑血管痉挛,导致一过性神经功能障碍,术中经导管注入罂粟碱 10 ~ 15 mg,术后回病房后给予扩容、扩血管治疗,如术后尼莫地平 3 ~ 5 ml/h 经静脉持续泵入 3 d 以上,患者恢复

正常;1 例可能由于术中 Onyx 胶反流误栓了正常动脉引起。van Rooij 等^[3]报道术后 3 例发生神经功能障碍,是因反流栓塞了供应脑组织的正常动脉引起,而不是由出血引起,最后 2 例出现短暂性神经功能障碍,1 例出现永久性神经功能障碍。尽管我们术中未观察到正常脑灌注分支闭塞,但造成短暂性脑缺血可引起暂时非出血性神经功能障碍。足够的脑灌注通过侧支循环,短暂神经功能障碍可能恢复;若缺少侧支循环,可能发生永久性神经功能障碍。因此,微导管精确到位、良好的 DSA 显示设备,可使误栓的可能性降低至最低限度;严格全身肝素化,故所有同轴导管间均应有加压持续冲洗装置;尽量不经“过路型”供血动脉栓塞 BAVM,因为容易反流到正常血管,造成其供应区域的脑组织缺血坏死。

总之,Onyx 胶栓塞 BAVM 的经验说明,Onyx 胶是弥散性好、可控性好、治愈率高的非粘附性栓塞材料。此外,血管内栓塞治疗 BAVM 带来的致残率和死亡率在可接受范围内,治愈性栓塞策略没有明显增加血管内栓塞的风险。本组并发症发生率高,可能系前期应用神经微导管经验不足引起。随着对 BAVM 的血管构筑、血流动力学的研究深入、对栓塞材料性能更好的把握及并发症预防措施,可以使 BAVM 获得更高的治愈率,但需要长期随访。

[参 考 文 献]

- [1] 温玉东,魏建军. Onyx 在脑动静脉畸形中应用进展 [J]. 介入放射学杂志, 2010, 19: 921 - 924.
- [2] Hauck EF, Welch BG, White JA, et al. Preoperative embolization of cerebral arteriovenous malformations with onyx [J]. Neurosurgery, 2009, 30: 492 - 495.
- [3] van Rooij WJ, Sluzewski M, Beute GN. Brain AVM embolization with Onyx[J]. Am J Neuroradiol, 2007, 28: 172 - 177.
- [4] Hauck EF, Welch BG, White JA, et al. Preoperative embolization of cerebral arteriovenous malformations with onyx [J]. Am J Neuroradiol, 2009, 30: 492 - 495.
- [5] Mounayer C, Hammami N, Piotin M, et al. Nidal embolization of brain arteriovenous malformations using Onyx in 94 patients [J]. Am J Neuroradiol, 2007, 28: 518 - 523.
- [6] Katsaridis V, Papagiannaki C, Aimar E. Curative embolization of cerebral arteriovenous malformations (AVMs) with Onyx in 101 patients[J]. Neuroradiology, 2008, 50: 589 - 597.
- [7] Wong GK, Yu SC, Zhu XL, et al. Use of onyx (a patented ethylene - vinyl alcohol copolymer formulation) embolisation of cerebral arteriovenous malformations in Hong Kong: initial experience[J]. Hong Kong Med J, 2009, 15: 359 - 364.
- [8] Lopes DK, Bagan B, Wells K. Onyx embolization of arteriovenous malformations using 2 microcatheters [J]. Neurosurgery, 2010, 66: 616 - 618.
- [9] Maimon S, Strauss I, Frolov V, et al. Brain arteriovenous malformation treatment using a combination of Onyx and a new detachable tip microcatheter, SONIC: short-term results[J]. Am J Neuroradiol, 2010, 31: 947 - 954.
- [10] Natarajan SK, Ghodke B, Britz GW, et al. Multimodality treatment of brain arteriovenous malformations with microsurgery after embolization with onyx: single - center experience and technical nuances[J]. Neurosurgery, 2008, 62: 1213 - 1225.
- [11] 宋冬雷, 冷 冰, 徐 斌, 等. 新型液态栓塞剂栓塞脑动静脉畸形 70 例经验总结[J]. 中华外科杂志, 2007, 45: 223 - 225.
- [12] Stapf C, Mast H, Sciacca RR, et al. Predictor of hemorrhage in patients with untreated brain arteriovenous malformation [J]. Neurology, 2006, 66: 1350 - 1355.
- [13] 吴红星, 白 晋, 刘 杰, 等. Onyx 栓塞治疗脑动静脉畸形出血性并发症的初步分析[J]. 中华神经外科杂志, 2012, 28: 264 - 267.
- [14] 宋冬雷, 冷 冰, 顾宇翔. 新型液态栓塞剂(Onyx)栓塞治疗脑动静脉畸形 28 例临床分析 [J]. 介入放射学杂志, 2004, 12: 105 - 108.
- [15] 晁迎九, 傅先明, 张 扬, 等. Onyx 栓塞治疗脑中央区动静脉畸形[J]. 介入放射学杂志, 2010, 19: 3 - 5.
- [16] Taylor CL, Dutton K, Rappard G, et al. Complications of preoperative embolization of cerebral arteriovenous malformations [J]. J Neurosurg, 2004, 100: 810 - 812.

(收稿日期:2012-10-25)

(本文编辑:侯虹鲁)