

胚胎型大脑后动脉伴发颈内动脉后交通动脉瘤血管内治疗——单中心经验

章 杨, 陈 力, 顾 奕, 顾斌贤, 李明华, 王 武

【摘要】 目的 探讨胚胎型大脑后动脉(fPCA)伴发颈内动脉后交通动脉瘤血管内治疗的安全性和有效性。**方法** 回顾性分析 2010 年 12 月至 2018 年 12 月采用血管内弹簧圈栓塞治疗的 25 例 fPCA 伴发颈内动脉后交通动脉瘤患者临床资料。采用改良 Raymond-Roy 分类(MRRC)评估动脉瘤即刻治疗和随访结果,改良 Rankin 量表(mRS)评分评估患者预后。**结果** 25 例共 25 枚 fPCA 伴发颈内动脉后交通动脉瘤患者中女 22 例,破裂出血 23 例。术后即刻造影显示充分栓塞 15 例(MRRC I 级 7 例, II 级 8 例),不全栓塞 10 例(IIIa 级 6 例, IIIb 级 4 例)。DSA 随访平均(20.7±20.6)(3~73)个月,除二期支架辅助弹簧圈栓塞治疗 3 例外,复发 4 例,其中 2 例接受支架辅助弹簧圈栓塞再治疗;随访终点显示 MRRC I 级 10 例, II 级 10 例, IIIb 级 4 例。临床随访平均(40.1±30.5)(3~117)个月,患者预后均良好(mRS 评分 0 分 23 例,1 分 1 例)。**结论** 血管内弹簧圈栓塞治疗 fPCA 伴发颈内动脉后交通动脉瘤安全有效,很多情况下需要支架辅助,且需要长期密切随访。

【关键词】 胚胎型大脑后动脉; 颅内动脉瘤; 血管内治疗; 弹簧圈; 支架

中图分类号:R543.4 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2020)-11-1067-05

Endovascular treatment for the posterior communicating artery aneurysms of the internal carotid artery associated with the fetal posterior cerebral artery: a single center experience ZHANG Yang, CHEN Li, GU Yi, GU Binxian, LI Minghua, WANG Wu. Institute of Diagnostic and Interventional Radiology, Affiliated Sixth People's Hospital of Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233, China

Corresponding author: WANG Wu, E-mail: wangwangwu@hotmail.com

【Abstract】 Objective To explore the safety and effectiveness of endovascular treatment for the posterior communicating artery aneurysms of the internal carotid artery associated with fetal posterior cerebral artery(fPCA). **Methods** The clinical data of 25 patients with posterior communicating artery aneurysms of the internal carotid artery associated with fPCA, who were treated with endovascular coil embolization therapy during the period from December 2010 to December 2018, were retrospectively analyzed. Modified Raymond-Roy classification(MRRC) was used to evaluate the immediate therapeutic response and follow-up results of the aneurysms, and modified Rankin scale(mRS) score was used to assess the prognosis of patients. **Results** In the 25 patients, a total of 25 posterior communicating artery aneurysms of the internal carotid artery associated with fPCA were detected. Of the 25 patients, 22 were females and ruptured aneurysm with bleeding was observed in 23. Immediate postoperative angiography showed that MRRC grade I was achieved in 7 patients, grade II in 8 patients, grade IIIa in 6 patients and grade IIIb in 4 patients. The mean follow-up time with DSA was (20.7±20.6) months(range of 3-73 months). Except 3 patients who received second-stage stent-assisted coiling(SAC) embolization, 4 patients developed recurrence, among them 2 patients had to further receive SAC. At the time of follow-up end-point, MRRC grade I was obtained in 10 patients, grade II in 10 patients and grade IIIb in 4 patients. The mean clinical follow-up time was (40.1±30.5) months(range of 3-117 months), and all patients had a good prognosis with an mRS score of 0 point(n=23) or one point(n=1). **Conclusion** For the treatment of posterior communicating artery aneurysms of the internal carotid artery associated with fPCA,

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2020.11.001

基金项目: 国家自然科学基金(81771951)、上海市科技创新项目(201409006000)

作者单位: 200233 上海交通大学附属第六人民医院介入影像中心

通信作者: 王 武 E-mail: wangwangwu@hotmail.com

endovascular coil embolization therapy is safe and effective, although stent-assisted technique is needed in many cases and long-term close follow-up to observe the therapeutic efficacy is also necessary. (J Intervent Radiol, 2020, 29:1067-1071)

【Key words】 fetal posterior cerebral artery; intracranial aneurysm; endovascular treatment; coil; stent

血管内栓塞治疗颅内动脉瘤具有微创、高安全性和疗效良好的优势,血管内弹簧圈栓塞术已成为世界上很多临床中心治疗颅内动脉瘤的首选方法^[1-2]。颈内动脉后交通动脉瘤在临床上较常见,占颅内动脉瘤 15%~20%。文献报道证实血管内治疗颈内动脉后交通动脉瘤效果显著^[2-3]。但伴发胚胎型大脑后动脉(fetal posterior cerebral artery, fPCA)的颈内动脉后交通动脉瘤可能增加血管内治疗技术难度,且文献报道中很少涉及 fPCA 伴发型后交通动脉瘤血管内治疗的远期安全性和有效性^[4-5]。本研究回顾单中心相关治疗经验,为临床诊治提供参考。

1 材料与方法

1.1 一般资料

收集 2010 年 12 月至 2018 年 12 月于上海交通大学附属第六人民医院接受弹簧圈栓塞治疗的 25 例 fPCA 伴发型颈内动脉后交通动脉瘤患者临床资料。分析患者一般特征,如性别、年龄、高血压史、糖尿病史、吸烟史、饮酒史、蛛网膜下腔出血(SAH)(Hunt-Hess 分级)和治疗方式等,以及血管造影特征,如动脉瘤瘤体大小、瘤颈宽度、体颈比、是否伴发其他部位动脉瘤、即刻栓塞程度和最后随访栓塞程度等。fPCA 分为部分型(脑血管造影显示后交通动脉明显粗于发育不良的 P1 段)和完全型(P1 段缺如)^[6]。瘤颈直径 ≥ 4 mm 或体颈比 < 2 定义为宽颈动脉瘤^[7]。

1.2 血管内治疗方法

术前对破裂、未破裂动脉瘤分别行脑血管 CTA、MRA 检查,以确定动脉瘤性质和初步制定治疗方案^[8]。一般对急性出血性颅内动脉瘤首选弹簧圈栓塞治疗,若无法彻底栓塞后续行二期栓塞,随访发现复发则需再治疗;对未破裂动脉瘤原则上行支架辅助弹簧圈栓塞(stent-assisted coiling, SAC)治疗。二期栓塞和再治疗原则上应用 SAC 技术,以达到根治目的。DSA 造影、治疗过程及所用材料均类同既往文献报道^[9-11],简述为常规右腹股沟股动脉穿刺置 6 F 导管鞘,术中确保充分肝素化;根据 3D-DSA 确定 1~2 个最佳工作角度;实时路径图下微导丝导引微导管到达动脉瘤腔内或瘤颈后,实施弹

簧圈栓塞治疗。若填塞弹簧圈在瘤腔内不稳定,则更换不同弹簧圈或实施 SAC 技术。最后复查工作位和正侧位 DSA,结束手术。对术中计划外植入支架患者予以替罗非班治疗,术后口服抗血小板聚集药物。

1.3 评价方法和随访

采用改良 Raymond-Roy 分类(modified Raymond-Roy classification, MRRC)判定动脉瘤即刻治疗和随访造影结果:Ⅰ级,完全栓塞;Ⅱ级,次全栓塞,瘤颈少许残留;Ⅲa 级,瘤体残留伴弹簧圈间隙内对比剂充盈;Ⅲb 级,瘤体残留伴弹簧圈间隙外对比剂充盈^[12]。将 MRRC Ⅰ、Ⅱ级统称为充分栓塞,Ⅲa、Ⅲb 级称为不全栓塞。动脉瘤栓塞影像随访观察——复发:MRRC Ⅰ、Ⅱ级转变为Ⅲa、Ⅲb 级;稳定:MRRC 评级保持不变;进行性闭塞:Ⅲa、Ⅲb 级转变为Ⅰ、Ⅱ级。影像学随访原则,见本中心既往报道^[13];破裂出血患者原则上 3 个月内接受首次 DSA 复查,若为偶发,对充分栓塞动脉瘤于 6 个月内复查,对不全栓塞动脉瘤于 3 个月内复查,对仍保持充分或接近充分栓塞动脉瘤则可适当延长至 1 年或 2 年复查,以后每 2 年复查头颅 CTA/MRA。本研究临床评价包括围手术期并发症(30 d)和临床随访终点(末次来院门诊复查:3~12 个月,或电话询问:12~24 个月)改良 Rankin 量表(mRS)评分(0~2 分为预后良好,3~6 分为预后不良)。

2 结果

25 例患者共 25 枚动脉瘤一般特征见表 1。患者年龄 35~75 岁,平均 (61.4 ± 9.9) 岁,男女比例为 3:22。手术即刻造影结果显示,破裂出血性动脉瘤 23 例,其中 Hunt-Hess 分级Ⅰ级 1 例,Ⅱ级 14 例,Ⅲ级 4 例,Ⅳ级 3 例,Ⅴ级 1 例;动脉瘤大小为 2~10.1 mm,平均 (5.4 ± 2.3) mm;颈部平均宽度为 (3.5 ± 1.7) mm,平均体颈比为 1.6 ± 0.6 ;21 枚动脉瘤(84%)为宽颈动脉瘤;3 例(12%)患者伴有颅内其他部位动脉瘤(对侧镜像后交通动脉瘤 1 例,对侧颈内动脉 C6 段动脉瘤 1 例,同侧大脑中动脉分叉部动脉瘤 1 例)。未发生围手术期并发症。

25 例患者中 P1 段完全缺如 8 例,发育不良 17 例,压颈试验显示其中 9 例 P1 段发育不良患者 P1

表 1 25 例 fPCA 伴发型后交通动脉瘤患者一般资料

参数	数值 (n=25)
年龄/岁	61.4±9.9(35~75)
女性/n(%)	22(88.0)
动脉瘤瘤体最大直径/mm	5.4±2.3(2.00~10.12)
颈部宽度/mm	3.5±1.7(1.31~9.11)
体颈比	1.6±0.6(1.09~3.62)
临床表现/n(%)	
偶发	2(8.0)
SAH	23(92.0)
基础疾病/n(%)	
高血压	18(72.0)
糖尿病	2(8.0)
吸烟史	1(4.0)
饮酒史	1(4.0)
伴发其他部位动脉瘤/n(%)	3(12.0)

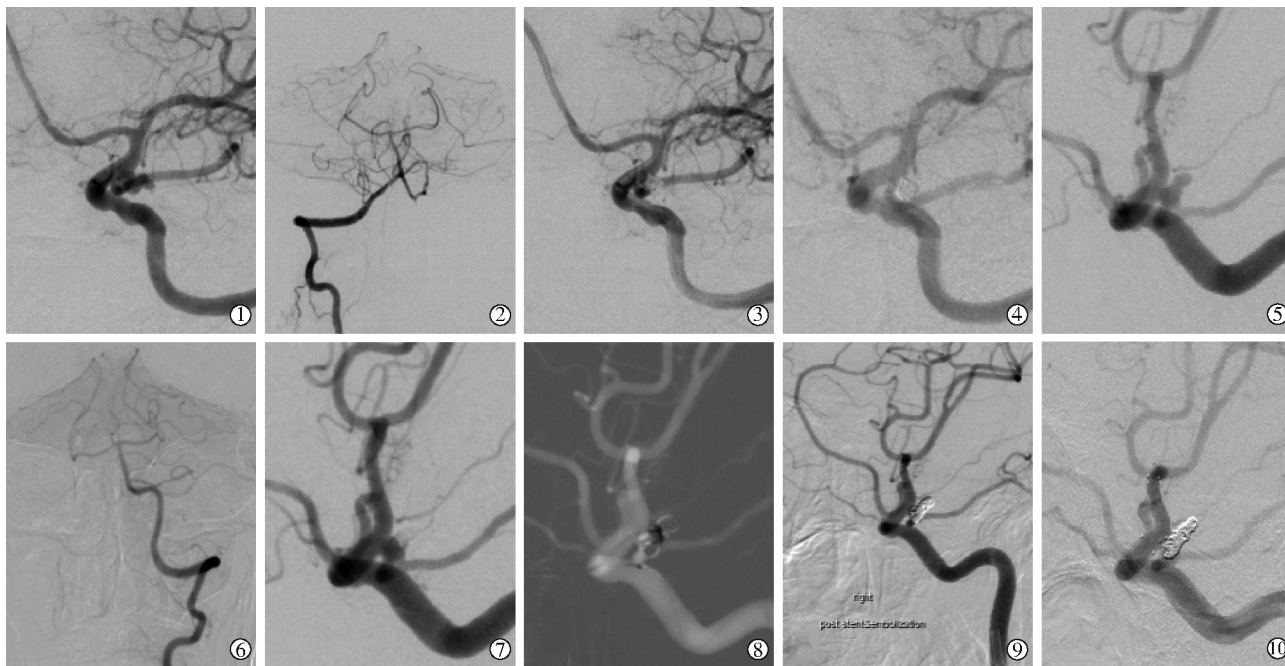
段血流增加。所有患者弹簧圈栓塞治疗均获成功,其中 2 例动脉瘤载瘤动脉迂曲,且瘤颈较宽,接近最大径,接受 SAC 治疗。术后即刻造影显示充分栓塞 15 例(60%,MRRC I 级 7 例,见图 1①~④, II 级 8 例),不全栓塞 10 例(40.0%, III a 级 6 例, III b 级 4 例),见表 2。

术后除 1 例因 SAH 并发症多脏器衰竭于术后 4 d 死亡外,24 例患者获随访。临床随访平均(40.1±

表 2 患者治疗和随访结果

参数	数值 (n=25/24)
支架辅助/n(%)	7(28.0)
术后即刻 MRRC/n(%)	
I 级	7(28.0)
II 级	8(32.0)
III a 级	6(24.0)
III b 级	4(16.0)
DSA 随访时间/月	20.7±20.6(3~73)
临床随访时间/月	40.1±30.5(3~117)
动脉瘤转归/n(%)	
进行性闭塞	5(20.8)
稳定	12(50.0)
复发	4(16.7)
分期治疗	3(12.5)
随访终点 MRRC/n(%)	
I 级	10(41.7)
II 级	10(41.7)
III a 级	0
III b 级	4(16.7)
临床随访终点/n(%)	
预后良好	23(95.8)
预后不良	1(4.2)

30.5)(3~117)个月,患者预后均良好(mRS 评分 0 分 23 例,1 分 1 例),见表 2。DSA 随访平均(20.7±20.6)(3~73)个月,平均 3.9 次。24 例中 12 例(50%)最



▲病例 1,女,55 岁,突发头痛伴恶心呕吐 3 h 入院:①工作位脑血管 DSA 造影示左 fPCA 伴发型后交通动脉瘤和动脉瘤囊泡;②造影示伴发左 fPCA;③弹簧圈栓塞术后即刻造影示该动脉瘤完全栓塞,囊泡不显示,fPCA 开口处尽可能保留;④术后 18 个月复查造影示该动脉瘤完全栓塞,fPCA 通畅

▲病例 2,女,58 岁,突发头痛恶心 5 h 入院:⑤工作位脑血管 DSA 造影示左胚胎型后交通动脉瘤伴囊泡;⑥压颈后左椎动脉造影示双侧大脑后动脉完全不显影;⑦单纯弹簧圈优先栓塞囊泡;⑧⑨术后 1 个月二期治疗行支架辅助弹簧圈栓塞,瘤体完全闭塞;⑩术后 57~60 个月复查该动脉瘤完全栓塞,fPCA 通畅

图 1 fPCA 伴发型后交通动脉瘤血管内治疗影像

终结果与即刻造影结果保持不变(6 例稳定保持 MRRC I 级,5 例保持 II 级,1 例保持 IIIb 级),5 例(20.8%)显示进行性闭塞(3 例 MRRC IIIa 级转变为 II 级,2 例 IIIa 级转变为 I 级),4 例(16.7%)一期不全栓塞(3 例接受二期治疗并达到完全栓塞,见图 1⑤~⑩,1 例拒绝手术),4 例(16.7%)复发(3 例 MRRC II 级和 1 例 I 级转变为 IIIb 级),其中 2 例接受再治疗(1 例术后 24 个月随访达到 MRRC II 级,1 例近期完成再治疗即刻达到 I 级),2 例拒绝再治疗(1 例于随访第 10 年动脉瘤破裂,在外院治疗后因 SAH 并发症死亡,另 1 例至今无明显临床症状,继续随访中);随访终点显示,20 例(83.3%)充分栓塞,4 例(16.7%)不全栓塞,见表 2。

本组患者一期、二期及复发再治疗术中均未出现明显缺血和出血等不良事件。

3 讨论

fPCA 是 Willis 环常见变异之一,单侧 fPCA 发生率为 4%~29%,双侧 fPCA 发生率为 1%~9%,由前循环供血 PCA^[6,14]。文献报道 10%颈内动脉后交通动脉瘤与 fPCA 变异有关^[4],本组病例与此相仿,11.4%(25/220)后交通动脉瘤为 fPCA 伴发。血流动力学上,fPCA 将增加自颈内动脉进入 PCA 血流量,促进 fPCA 起源的动脉瘤形成和破裂^[15-16]。因此,治疗 fPCA 伴发后交通动脉瘤必须保持 fPCA 通畅,否则易导致相关并发症,有报道其脑梗死并发症发生率>50%^[11,17-18]。

随着颅内动脉瘤血管内治疗技术和材料飞速发展,目前临床上血流导向装置(flow diverter,FD)应用最广泛。其适应对象为颈内动脉近段大型或巨型宽颈动脉瘤^[19],可有效减少流入动脉瘤腔血流,从而引起瘤腔内血栓形成,支架表面内皮细胞附着,进一步内皮化^[20]。其超适应证应用也取得可观疗效,尤其是对小动脉瘤和复发动脉瘤^[21],因此也用于治疗 fPCA 伴发后交通动脉瘤。然而很多临床中心报道单纯 FD 治疗 fPCA 伴发后交通动脉瘤效果欠佳,一项 FD 治疗 50 例 fPCA 伴发后交通动脉瘤研究显示,仅 17 例(34%)动脉瘤达到完全栓塞,9 例(18%)次全栓塞,其余 24 例均为不全栓塞^[22-28]。Kan 等^[27]研究认为 fPCA 存在巨大血流压力梯度,伴发的动脉瘤并不会自发性血栓形成。Tsang 等^[28]则认为,通过 fPCA 自 PCA 区域回流也可能导致持续动脉瘤灌注和冲击。综合以上因素,弹簧圈栓塞治疗 fPCA 伴发后交通动脉瘤可能需要配合应用 FD。

本中心一直首选弹簧圈栓塞作为 fPCA 伴发后交通动脉瘤血管内治疗方法。本组 25 例 fPCA 伴发后交通动脉瘤均接受血管内弹簧圈栓塞治疗,其中 2 例于一期治疗中接受 SAC 治疗;随访过程中发现复发 4 例,其中 2 例接受再治疗;3 例一期不全栓塞按计划接受二期治疗。再治疗和二期治疗均采用 SAC 技术,以期达到根治目的;DSA 随访终点证实,充分栓塞 20 例(83.3%,MRRC I 级 10 例,II 级 10 例),不全栓塞 4 例(16.7%,为 IIIb 级)。本组患者随访过程中 5 例发生进行性闭塞,这与 Mascitelli 等^[12]报道结论一致,MRRC IIIa 级动脉瘤比 IIIb 级更易发生进行性血栓形成。本组患者一期、二期及复发再治疗术中均未发生手术相关并发症,临床随访中 23 例生存患者预后良好。本组患者治疗结果与文献报道的血管内弹簧圈栓塞治疗 fPCA 伴发后交通动脉瘤结果一致^[4,17,29-30]。4 篇总计 167 例 fPCA 伴发后交通动脉瘤患者血管内弹簧圈栓塞治疗相关报道显示,137 例动脉瘤(82%)达到充分栓塞,30 例(18%)为不全栓塞。这些报道中弹簧圈栓塞治疗相比并发症发生率较低(0.6%),本组结果支持这一结果。血管内弹簧圈栓塞治疗颅内动脉瘤具有一定的复发率,尤其是宽颈动脉瘤。Choi 等^[29]最近报道迄今最大的弹簧圈治疗 480 例伴有和不伴有 fPCA 的后交通动脉瘤临床研究,结果显示匹配病例前伴有 fPCA 会加重后动脉瘤复发率(37.8%对 26.9%, $P<0.05$),而匹配后复发率差异无统计学意义(22.5%对 18.0%, $P>0.05$)。本研究 fPCA 伴发后交通动脉瘤治疗复发率为 16.7%,与文献报道一致(15%~33%)^[31-32]。

本研究仍存在一些局限性:单中心病例诊治经验,可能不适用于其他中心;采用 MRRC 评价 fPCA 伴发后交通动脉瘤血管内栓塞治疗,可能受评价者经验影响;本研究为非随机对照试验。因此有必要进一步开展大规模研究和长期随访,以确认其远期疗效。

本研究结论认为,血管内弹簧圈栓塞治疗 fPCA 伴发后交通动脉瘤安全有效,很多情况下需要支架辅助,且需要长期密切随访。

〔参考文献〕

- [1] Molyneux AJ, Birks J, Clarke A, et al. The durability of endovascular coiling versus neurosurgical clipping of ruptured cerebral aneurysms: 18 year follow-up of the UK cohort of the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT)[J]. Lancet, 2015, 385: 691-697.
- [2] Choi HH, Cho YD, Yoo DH, et al. Comparative analysis of coil embolization in posterior and anterior communicating artery aneurysms[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11: 790-795.

- [3] Cho YD, Lee WJ, Kim KM, et al. Stent-assisted coil embolization of posterior communicating artery aneurysms[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013, 34: 2171-2176.
- [4] Chen Z, Niu Y, Tang J, et al. Endovascular treatment of posterior communicating artery aneurysms in the presence of the fetal variant of posterior cerebral artery[J]. *Interv Neuroradiol*, 2015, 21: 456-461.
- [5] Sanai N, Caldwell N, Englot DJ, et al. Advanced technical skills are required for microsurgical clipping of posterior communicating artery aneurysms in the endovascular era[J]. *Neurosurgery*, 2012, 71: 285-294.
- [6] van Raamt AF, Mali WPTM, van Laar PJ, et al. The fetal variant of the circle of Willis and its influence on the cerebral collateral circulation[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2006, 22: 217-224.
- [7] Hendricks BK, Yoon JS, Yaeger K, et al. Wide-neck aneurysms: systematic review of the neurosurgical literature with a focus on definition and clinical implications[J]. *J Neurosurg*, 2019, 14: 1-7.
- [8] Li MH, Li YD, Tan HQ, et al. Contrast-free MRA at 3.0 T for the detection of intracranial aneurysms[J]. *Neurology*, 2011, 77: 667-676.
- [9] 王武, 李明华, 杜倬婴, 等. Neuroform3 支架在急诊血管内栓塞破裂性颅内宽颈动脉瘤中的应用[J]. *介入放射学杂志*, 2009, 18:4-10.
- [10] 顾斌贤, 李明华, 王武. 单个弹簧圈栓塞颅内微小动脉瘤的单中心经验[J]. *介入放射学杂志*, 2011, 20: 93-96.
- [11] Endo H, Sato K, Kondo R, et al. Tuberothalamic artery infarctions following coil embolization of ruptured posterior communicating artery aneurysms with posterior communicating artery sacrifice[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2012, 33: 500-506.
- [12] Mascitelli JR, Moyle H, Oermann EK, et al. An update to the Raymond-Roy occlusion classification of intracranial aneurysms treated with coil embolization[J]. *J Neurointerv Surg*, 2015, 7: 496-502.
- [13] Li MH, Gao BL, Fang C, et al. Angiographic follow-up of cerebral aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: an analysis of 162 cases with 173 aneurysms[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006, 27: 1107-1112.
- [14] Horikoshi T, Akiyama I, Yamagata Z, et al. Magnetic resonance angiographic evidence of sex-linked variations in the circle of willis and the occurrence of cerebral aneurysms[J]. *J Neurosurg*, 2002, 96: 697-703.
- [15] Xu Z, Kim BS, Lee KS, et al. Morphological and clinical risk factors for the rupture of posterior communicating artery aneurysms: significance of fetal-type posterior cerebral artery[J]. *Neurol Sci*, 2019, 40: 2377-2382.
- [16] Songsaeng D, Geibprasert S, Willinsky R, et al. Impact of anatomical variations of the circle of Willis on the incidence of aneurysms and their recurrence rate following endovascular treatment[J]. *Clin Radiol*, 2010, 65: 895-901.
- [17] Kim YJ, Ko JH. Coiling of a recurrent broad-necked posterior communicating aneurysm incorporating a fetal cerebral artery: a technical case report[J]. *Interv Neuroradiol*, 2015, 21: 44-49.
- [18] Arjal RK, Zhu T, Zhou Y. The study of fetal-type posterior cerebral circulation on multislice CT angiography and its influence on cerebral ischemic strokes[J]. *Clin Imaging*, 2014, 38: 221-225.
- [19] Walcott BP, Stapleton CJ, Choudhri O, et al. Flow diversion for the treatment of intracranial aneurysms[J]. *JAMA Neurol*, 2016, 73: 1002-1008.
- [20] Kuhn AL, Dabus G, Kan P, et al. Flow-diverter stents for endovascular management of non-fetal posterior communicating artery aneurysms-analysis on aneurysm occlusion, vessel patency, and patient outcome[J]. *Interv Neuroradiol*, 2018, 24: 363-374.
- [21] Pujari A, Howard BM, Madaelil TP, et al. Pipeline embolization device treatment of internal carotid artery terminus aneurysms[J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11: 485-488.
- [22] Rinaldo L, Brinjikji W, Cloft H, et al. Effect of fetal posterior circulation on efficacy of flow diversion for treatment of posterior communicating artery aneurysms: a multi-institutional study[J]. *World Neurosurg*, 2019, 127: e1232-e1236.
- [23] Enriquez-Marulanda A, Ravindran K, Salem MM, et al. Evaluation of radiological features of the posterior communicating artery and their impact on efficacy of saccular aneurysm treatment with the pipeline embolization device: a case series study[J]. *World Neurosurg*, 2019, 125: e998-e1007.
- [24] Daou B, Valle-Giler EP, Chalouhi N, et al. Patency of the posterior communicating artery following treatment with the Pipeline embolization device[J]. *J Neurosurg*, 2017, 126: 564-569.
- [25] Wallace AN, Kayan Y, Austin MJ, et al. Pipeline embolization of posterior communicating artery aneurysms associated with a fetal origin posterior cerebral artery[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2017, 160: 83-87.
- [26] Roy AK, Howard BM, Haussen DC, et al. Reduced efficacy of the Pipeline embolization device in the treatment of posterior communicating region aneurysms with fetal posterior cerebral artery configuration[J]. *Neurosurgery*, 2018, 82: 695-700.
- [27] Kan P, Duckworth E, Puri A, et al. Treatment failure of fetal posterior communicating artery aneurysms with the Pipeline embolization device[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8: 945-948.
- [28] Tsang AC, Fung AM, Tsang FC, et al. Failure of flow diverter treatment of intracranial aneurysms related to the fetal-type posterior communicating artery[J]. *Neurointervention*, 2015, 10: 60-66.
- [29] Choi HH, Cho YD, Yoo DH, et al. Impact of fetal-type posterior cerebral artery on recanalization of posterior communicating artery aneurysms after coil embolization: matched-pair case-control study[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12: 783-787.
- [30] Raper DMS, Rutledge WC, Winkler EA, et al. Y-stent technique for treatment of wide-necked posterior communicating artery aneurysm associated with fetal posterior cerebral artery: technical report[J]. *World Neurosurg*, 2020, 133: 173-177.
- [31] Raymond J, Guilbert FO, Weill A, et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils[J]. *Stroke*, 2003, 34: 1398-1403.
- [32] Campi A, Ramzi N, Molyneux AJ, et al. Retreatment of ruptured cerebral aneurysms in patients randomized by coiling or clipping in the international subarachnoid aneurysm trial (ISAT)[J]. *Stroke*, 2007, 38: 1538-1544.

(收稿日期:2020-06-25)

(本文编辑:边 佳)