

·综述 General review·

基底动脉尖区动脉瘤合并基底动脉尖综合征介入术相关性分析及治疗进展

杨净松, 赵 卫, 黄建强

【摘要】 随着颅内动脉瘤介入栓塞技术的进步,介入治疗基底动脉尖区域动脉瘤已经逐渐取代外科手术,基底动脉尖综合征作为颅内尤其是后循环动脉瘤栓塞并发症可能导致严重后果。该文通过以往后循环介入手术相关文献综述,介入术后合并基底动脉尖综合征的相关描述,结合作者自身经验及临床所见,阐述介入术中、术后可能引起基底动脉尖综合征危险操作,发生基底动脉尖综合征的典型临床表现、影像学特点和与之相关的解剖基础如穿支动脉闭塞等进行分析。结合近年来介入相关技术的新进展,对基底动脉尖区域内动脉瘤的栓塞治疗与基底动脉尖综合征的预防予以讨论。

【关键词】 基底动脉尖综合征;并发症;动脉瘤栓塞

中图分类号:R743.3 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2018)-08-0801-05

Interventional management for aneurysms located at the tip of basilar artery complicated by top of the basilar syndrome: correlation analysis and progress in treatment YANG Jingsong, ZHAO Wei, HUANG Jianqiang. Department of Medical Imaging, First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan Province 650032, China

Corresponding author: HUANG Jianqiang, E-mail: 291591552@qq.com

【Abstract】 With the progress of interventional embolization technology applied to intracranial aneurysms, interventional therapy for aneurysms located at the apical area of basilar artery has gradually replaced surgical procedure. As a complication of embolization of intracranial aneurysms, especially posterior circulation vascular aneurysms, the top of the basilar syndrome (TOBS) can lead to serious consequences. This paper aims to summarize the relevant literature concerning the interventional procedure of posterior circulation, to describe the manifestations of TOBS occurring after interventional embolization therapy, combined with authors' own experience and clinical findings to explain the dangerous intraoperative and postoperative manipulations that might cause the occurrence of TOBS, to represent the typical clinical manifestations and imaging features of this syndrome with explanation of their anatomical basis such as occlusion of perforating artery, etc. Combined with the new advances achieved in interventional techniques in recent years, the embolization therapy for aneurysms located at the apical area of basilar artery and the prevention of TOBS are discussed. (J Intervent Radiol, 2018, 27: 801-805)

【Key words】 top of the basilar syndrome; complication; embolization of aneurysm

血管内治疗后循环动脉瘤较手术更安全^[1-3],其中基底动脉尖区(tip of basilar artery, TBA)动脉瘤占多数^[4-6]。由于以上动脉存在诸多穿支,介入手术相关的穿支动脉损伤、闭塞可能导致基底动脉尖综

合征(top of the basilar syndrome, TOBS),出现严重的并发症导致患者重残、死亡。TOBS是基底动脉尖及分支闭塞而产生一系列临床综合征,以丘脑、中脑、颞枕叶等损害为主^[7],本文主要对基底动脉尖及其各分支动脉动脉瘤介入术后发生TOBS相关解剖学基础、影像特点、介入手术中可能引起TOBS的操作及栓塞技术等潜在危险因素进行分析,并结合近来介入技术的进展,对术中、术后TOBS的预防及处理进行讨论。

1 TBA 动脉瘤栓塞治疗后发生 TOBS

1.1 TBA 各穿支分布及穿支闭塞后相关临床症状

基底动脉顶端穿支血管闭塞可能引起中脑顶盖区至动眼神经核等缺血,导致同侧动眼神经麻痹、凝视麻痹、复视、瞳孔散大^[8]。

大脑后动脉(*posterior-cerebral artery, PCA*)动脉瘤并发夹层、巨大动脉瘤可能性较大, P1 段+P2 段动脉瘤约占全部 PCA 动脉瘤的 70%^[9], 大多数的穿通支闭塞损伤等严重的术后并发症发生于此, 而 P3、P4 段由于距离远, 微导管难以到位, 常选择闭塞载瘤动脉, 且一般无严重的并发症。PCA 近端发出穿支动脉包括: ①丘脑穿动脉(*thalamo perforating arteries, TPA*): 是 P1 段较为恒定的穿支动脉, 约 3.1 支/侧, TPA 由 1 支或多支主干发出往往提示动脉干周围小穿支动脉发出的减少甚至缺失^[10], 闭塞可能引起对侧偏瘫、共济失调、意识障碍、认知功能障碍、眼球运动障碍(动眼神经麻痹)以及对侧半身舞蹈(红核综合征)等^[10-12]; Percheron 动脉(*artery of Percheron, AOP*)是一种解剖变异, 表现为 TPA 双侧共干并发出分支供应双侧丘脑旁正中及中脑嘴部, 主干血管起源更加靠近分叉处, 阻塞引起供血区域梗死, 可累及丘脑上行网状激活系统和丘脑边缘系统等, 出现三联症: 垂直凝视麻痹、意识障碍、记忆障碍。由于 AOP 管径小, CTA、MRA 等很难发现, 判断梗死主要通过临床表现和典型的 MR 表现, 即双侧丘脑腹内侧 DWI 高信号合并或不合并中脑嘴部“V”型高信号^[13-14]; ②旋支(*circumflex branches*): 根据其终止位置分为短旋动脉(*short circumflex arteries, SCxA*)和长旋动脉(*long circumflex arteries, LCxA*), 闭塞可能导致后连合、Darkschewitsch 核、Cajal 核等区域缺血梗死, 引起眼球垂直运动障碍^[11-12]。③脉络膜后内侧动脉(*medial posterior choroidal arteries, MPChA*): 缺血可能出现情绪反应异常、低落、偶见短暂的记忆减退^[15]。其余 PCA 穿支如丘脑膝状体动脉(*thalamogeniculate arteries, TG arteries*)、大脑脚穿动脉(*peduncular perforating arteries*)、脉络膜后外侧动脉(*lateral posterior choroidal arteries, LPChA*)等闭塞可能引起典型的丘脑症候群(Dejerine-Roussy 综合征)发生对侧偏身感觉异常、丘脑痛、对侧痉挛性偏瘫、动眼神经麻痹、对侧面瘫、震颤、共济失调等。

小脑上动脉(*superior cerebellar artery, SCA*)穿支闭塞可能引起恶心、呕吐、眩晕、意向性震颤、肌张力降低等, 靠近基底动脉的穿支闭塞可能引起脑干症状^[16]。

1.2 术中、术后出血, 炎症刺激引起血管痉挛

术中血管痉挛主要由于操作不得当如导丝反复置入刺激血管壁、弹簧圈反复调整位置时刺激血管、未及时使用扩张血管药物及术前抗血管痉挛药物应用不及时等^[17]; 术后血管痉挛主要由于蛛网膜下腔出血吸收过程中红细胞破坏引起炎症反应导致脑水肿导致血管受到炎症刺激导致痉挛。张健等^[18]认为尽早进行脑脊液外引流可以有效缓解蛛网膜下腔出血后的血管痉挛, 但脑脊液外引流也存在增加脑脊液通路发生医院感染等风险。

1.3 基底动脉顶端动脉瘤栓塞后弹簧圈移位及栓塞后占位效应

基底动脉顶端至 PCA 分叉部由于其特殊的血流动力学及血流切应力等因素, 是 TBA 动脉瘤最常见部位, 此处发生动脉瘤有形态不规则、宽瘤颈、常累及周围血管的特点, 特殊的血流及解剖学特点, 使得此处动脉瘤的栓塞难度大, 发生并发症更严重, 即使采用支架辅助栓塞, 也可能出现弹簧圈团由于压力过大导致支架塌陷而出现严重后果(图1); 基底动脉顶端处周围有视神经、动眼神经等重要脑神经毗邻, 动脉瘤栓塞后可以形成类似肿瘤的“占位效应”而导致患者出现偏盲、上睑下垂、双侧瞳孔不等大等症状, 但相较动脉瘤搏动时引起的压迫症状缓解, 且一般在术后 6 个月~2 年内症状可以得到缓解。



采用 Y 型支架(Enterprise)辅助弹簧圈栓塞技术进行动脉瘤栓塞, 栓塞过程中出现右侧大脑后动脉显影(白箭头)弹簧圈团压力过高导致支架塌陷弹簧圈移位(黑箭头), 左侧大脑后动脉闭塞

图1 基底动脉顶端宽颈动脉瘤栓塞并弹簧圈移位

综上, 据临床病例分析及相关文献所载, 介入术后发生 TOBS 原因主要有: 基底动脉顶端及 PCA 重要穿支血管术中闭塞、损伤; 蛛网膜下腔出血导

致迟发脑水肿、炎性反应等引起血管痉挛,基底动脉尖供血区域缺血梗死;栓塞器材如弹簧圈在基底动脉尖区域中产生占位效应,压迫周围神经、血管,导致相应症状。

2 基底动脉顶端及分支血管动脉瘤血管内治疗进展

2.1 TBA 动脉瘤的治疗进展和思考

文献指出造影发现 70%瘤顶朝上,10%~15%瘤顶向前,余向后,动脉瘤栓塞引起的穿动脉闭塞是导致该段出现 TOBS 的主要原因,在治疗时应结合 3D-DSA 对瘤顶解剖特点进行观察。

单纯弹簧圈栓塞可能并发弹簧圈突出、脱出、解旋等,引起 PCA、SCA 穿支闭塞,尽管弹簧圈新技术如 Medina®装置^[19]等具有瓣膜覆盖瘤颈和阻断动脉瘤血流快速形成血栓的特点,仍可因瘤腔大小不匹配等原因导致压缩和不完全栓塞,且常需要其他型弹簧圈同用而出现相同问题,对于这种动脉瘤常使用球囊或支架辅助栓塞,席春江等^[6]使用超顺应性 Hyperform 分叉球囊进行 TBA 宽颈动脉瘤栓塞,取得不错效果,但球囊辅助栓塞可能需要暂时闭塞一侧甚至双侧的后循环血流,可能引起后循环缺血甚至脑梗死、穿通支动脉闭塞,且在球囊辅助成型后,弹簧圈再移位的可能^[20];随着支架辅助弹簧圈栓塞技术的进展,对于多数宽颈动脉瘤,支架辅助栓塞已经成为首选的血管内治疗方法,在长期疗效、安全性、防止动脉瘤复发等方面也得到肯定^[20-21]。对于 TBA 宽颈动脉瘤,可使用“Y”型支架技术^[20-21],将开环和/或闭环支架(虽然选择开环或闭环支架对动脉瘤栓塞效果及并发症发生等无显著关系^[22],但根据报道^[23],Enterprise 支架具有更好的顺应性和可操作性且配套微导管相对细,使得支架更易到位并释放,支架尾端可平行放置也可以交叉“kissing”,也有学者认为可以使用 Livis 支架,但穿网眼相对困难)同时或分别置入两侧 PCA,支架辅助可防止弹簧圈解旋,使弹簧圈盘绕得更密,具有血流动力学重建和保护重要分支及穿通支血管的作用^[23],改变动脉瘤口部的血流动力学特点,降低动脉瘤复发出血的风险,多支架的应用,在严格规范的抗血小板凝集治疗下并不会增加血栓事件的发生率^[22,24]。TBA 动脉瘤瘤口常累及分支动脉,为了维持分支动脉血流,在支架辅助栓塞时,常不得不采用成篮技术疏松填塞动脉瘤腔而出现动脉瘤栓塞不完全、复发,且 Y 型支架的特点使得对于复发的动脉瘤再次介入治疗难度非常高^[24]。

TBA 动脉瘤的 Y 型支架辅助弹簧圈栓塞的重要意义不在于使栓塞更致密、更完全,而在其支撑、保护分支血管成型和顶端血流重建作用,避免弹簧圈突入分支导致严重的 TOBS。PulseRider 装置(Pulsar Vascular)作为一种新型的分叉部动脉瘤辅助栓塞器材,设计理念印证了这一想法,PulseRider 技术比 Y 型支架具有放置过程相对简单、仅顶端动脉瘤瘤颈支撑部覆盖金属、可回收重新放置、对分支血管内膜刺激小的特点,其治疗的安全性及有效性也得到肯定^[25-26]。

即使有保护装置,也不代表可以无顾忌地追求动脉瘤完全栓塞,追求完美而进行致密填塞可能会出现过度栓塞、瘤颈处压力过大,甚至出现弹簧圈整团或部分移位导致支架塌陷、弹簧圈进入支架,造成分支狭窄、血栓形成甚至闭塞(图 1),在动脉瘤顶栓塞后若由于栓塞效果未达到相对满意,应在之后每次弹簧圈填塞后造影,若出现血管闭塞等并发症立即抢救,这种情况可以采用球囊预保护。Guenego 等^[27]就报道将新型同轴双腔球囊导管(COP2L)应用于介入栓塞术中发生的穿支动脉闭塞与血栓形成的抢救,这种导管可以兼容多种支架输送系统,可以作为血栓栓塞或出血事件的预保护措施。

有学者报道将 pCONus、pCANvas 等应用于分叉部动脉瘤辅助栓塞取得不错效果^[28-29],pCONus 支架基于 Solitaire AB,远端由两股交叉尼龙纤维构成,周围有 4 个类似花瓣样结构,这些瓣在输送至动脉瘤腔内部后部分分布在瘤颈,起到固定和辅助栓塞的作用,pCANvas 支架是在 pCONus 的远端瓣上覆膜,以达到阻断动脉瘤内血流的作用,Perez 等^[30]通过测量动脉瘤的平均流的振幅比(MAFA)发现 pCANvas 相比于 pCONus 可以明显减少动脉瘤腔内的血流。其他的分叉部宽颈动脉瘤栓塞装置如 WEB 动脉瘤囊内栓塞装置,在诸多外文报道中发现其在随访过程中出现变形压缩、瘤颈残留,对分叉部动脉瘤的栓塞中长期效果不佳^[31-32]。

2.2 PCA 动脉瘤的治疗进展和思考

在 P1 段宽颈、夹层动脉瘤,多采用支架辅助栓塞,由于 P1 段存在诸多穿支动脉,且半数以上的丘脑穿动脉为双侧性分布,故单支穿通支闭塞引起 TOBS 的发病率和病损程度由于代偿而降低,支架辅助栓塞导致 TPA 闭塞引起临床症状一般不严重,但 AOP 等存在双侧供血特点,应特别注意动脉瘤瘤颈附近有无 Perchreon 动脉存在,在进行栓塞时若存在单支 AOP 发出诸多小穿支或对侧 TPA 的血供

不明确时,不能闭塞该动脉,否则会引起严重的 TOBS 甚至致死,Perchreon 动脉较其他穿支粗,可采用导管、导丝保护技术,将微导管/导丝在栓塞前预先置于穿动脉内,再行动脉瘤瘤顶的疏松栓塞,注意成篮方向不要朝穿动脉发出方向,再使用单或多支架覆盖瘤颈,这样既保存穿动脉血供,又降低动脉瘤复发出血的可能性。支架微导管存在顺应性差、不易到位等缺点,LVIS Jr 支架可以用于管径更小的微导管,使得远端血管的到位及支架放置难度大大降低^[33],在发现动脉瘤瘤颈周围存在穿支血管时,还可以通过“灯笼”和/或“压缩”技术,调整支架对于瘤颈及周围血管的金属覆盖率,重塑瘤颈形态以达到保护穿通支及动脉瘤栓塞的目的,可以应用于 P1 段及 P2 段宽颈、夹层动脉瘤,但应注意 PCA 血管直径较小,应注意选择适宜支架,LVIS 支架在小血管中会被拉长,改变金属覆盖率后可能导致血栓事件及周围穿支闭塞可能^[34],这更强调了术后严格抗血小板凝集的重要性,美国食品药品监督管理局(FDA)2010 年曾声明:氯吡格雷代谢减低者,抗血小板治疗效益降低^[35],故对于颅内支架辅助栓塞的患者,应常规行 CYP2C19 基因检测,对于携带功能减少类型基因者,可加量使用氯吡格雷或更换其他抗血小板凝集类型药物如替格瑞洛^[36]。

大部分 P2 段分支及穿支有丰富的侧支循环,闭塞后少有严重的缺血症状,在微导管无法超选择或诊断为假性动脉瘤时,通常选择载瘤动脉闭塞^[36-37],但相关文献并未报道闭塞血管的具体位置(P2A 或 P2P),根据相关解剖文献,丘脑膝状体动脉多从 P2 段中后发出且存在诸多侧支,当存在胚胎型大脑后动脉时,原 P1 段的穿通动脉由何处发出,是否存在穿通支发出位置变异等尚无相关解剖学研究,Xu 等^[38]认为存在胚胎型大脑后动脉时进行闭塞载瘤动脉是非常危险的,应在术前行闭合试验及造影观察周围血管侧支及软脑膜动脉对载瘤动脉供血区域代偿等,但闭合试验也存在假阳性、患者烦躁不配合,有学者在栓塞术前行 P2 段远端的搭桥术,但患者依然有可能因供血动脉流量过小而导致脑卒中^[39]。有报道在 PCA 的 P2 段及远端 PCA 使用导管栓塞装置(pipeline embolization device, PED),PED 装置对于梭形动脉瘤等是安全有效的,伴较低的分支动脉闭塞率,缺点是其管径最小 2.5 mm,放置后小的血栓形成可能导致严重的血栓事件,有报道 PED 用于伴有胚胎型大脑后动脉的动脉瘤栓塞时,动脉瘤栓塞效果不佳^[40]。

2.3 小脑上动脉

由于小脑上动脉与其他小脑供血动脉及基底动脉等存在丰富的侧支循环,出现远端超选择插管困难等导致无法精确栓塞动脉瘤时,可以行小脑上动脉闭塞,但大多数 SCA 动脉瘤位于基底动脉-小脑上动脉起始部,甚至可见 SCA 发自动脉瘤瘤颈,故多使用支架辅助弹簧圈后释放技术栓塞动脉瘤,在栓塞中应注意动脉瘤成篮方向,尽量避免栓塞 SCA 引起严重的脑干症状。

TOBS 作为 TBA 及其分支血管动脉瘤血管内治疗及手术治疗的严重并发症,在诸多文献中提及,供应丘脑、脑干、中脑的穿通支血管闭塞是引起严重致残、致死事件的主要原因,术中通过造影(3D-DSA 等)识别穿动脉并预估穿通动脉损伤和支架辅助栓塞后的抗凝治疗十分重要。随着颅内介入手术技术的发展和成熟,穿动脉保护愈来愈受到术者重视,对于 TBA 解剖研究的深入以及介入方法、器材的进步,可以有效减少甚至避免 TOBS 的发生,尤其是特殊类型如胚胎型大脑后动脉动脉瘤的介入治疗及 TOBS 的介入治疗有望得到解决。

[参考文献]

- [1] 李欢欢,李俊,杨铭,等.椎基底动脉分支远端动脉瘤的治疗方法探讨[J].临床外科杂志,2015,23:417-419.
- [2] 赵占升.15 例后循环动脉瘤介入栓塞治疗分析[J].中国实用神经疾病杂志,2013,16:68-69.
- [3] 陈华云,陈谦学,王军民,等.颅内后循环动脉瘤的血管内治疗[J].中国临床神经外科杂志,2013,18:577-579.
- [4] Qin XF, Xu F, Maimaiti Y, et al. Endovascular treatment of posterior cerebral artery aneurysms: a single center's experience of 55 cases[J]. J Neurosurg, 2017, 126: 1094-1105.
- [5] Wael Osman M, Kadziolka K, Peirot L. Optional endovascular therapy of dissecting posterior cerebral artery aneurysm[J]. Interv Neurol, 2017, 6: 219-228.
- [6] 席春江,李佑祥,吴中学.基底动脉动脉瘤的血管内治疗[J].山东医药,2010,50:51-52.
- [7] 阎艳,杨丽慧,薛寿儒.32 例基底动脉尖综合征临床分析[J].浙江临床医学,2015,17:206-207.
- [8] 曹凡,代大伟,王勋.脑干梗死综合征的研究进展[J].中国临床神经科学,2017,25:68-76.
- [9] Goehre F, Jahromi BR, Hernesniemi JA, et al. Characteristics of posterior cerebral artery aneurysms: an angiographic analysis of 93 aneurysms in 81 patients[J]. Neurosurgery, 2014, 75: 134-143.
- [10] Kaya AH, Dagecin A, Ulu MO, et al. The perforating branches of the P1 segment of the posterior cerebral artery[J]. J Clin Neurosci, 2010, 51: 80-84.

- [11] Parraga RG, Ribas GC, Andrade SE, et al. Microsurgical anatomy of the posterior cerebral artery in three - dimensional images[J]. *World Neurosurg*, 2011, 75: 233-257.
- [12] Rhoton RA Jr. The supratentorial arteries [J]. *Neurosurgery*, 2002, 51(4 Suppl): S53-S120.
- [13] Puri PR, Sijapati A. Bilateral internuclear and internal ophthalmoplegia due to artery of Percheron infarction [J]. *Clin Case Rep*, 2017, 5: 280-284.
- [14] 尚运之, 董晓宇, 冯 娟. Percheron 动脉闭塞的临床及影像学表现[J]. *医学临床研究*, 2016, 33: 473-475.
- [15] Weidauer S, Nichtweiss M, Zanella FE, et al. Assessment of paramedian thalamic infarcts: MR imaging, clinical features and prognosis[J]. *Eur Radiol*, 2004, 14: 1615-1626.
- [16] Alurkar A, Karanam LS, Nayak S, et al. Endovascular management of fusiform superior cerebellar artery aneurysms: a series of three cases with review of literature[J]. *J Clin Imaging Sci*, 2012, 2: 47.
- [17] 张彦冰, 管 生, 郭新宾, 等. 颅内动脉瘤介入治疗围术期缺血并发症病因分析与防治(附 48 例报告) [J]. *介入放射学杂志*, 2017, 26: 291-295.
- [18] 张 健, 王 中, 孙晓欧. 脑脊液持续外引流联合鞘内注入尿激酶防治动脉瘤术后脑血管痉挛的临床研究[J]. *苏州大学学报·医学版*, 2006, 26: 300-302.
- [19] Sourour NA, Perre SV, Di Maria F, et al. Medina® embolization device for the treatment of intracranial aneurysms: safety and angiographic effectiveness at 6 months[J]. *Neurosurgery*, 2018, 82: 155-162.
- [20] Cho YD, Park SW, Lee JY, et al. Nonoverlapping Y - configuration stenting technique with dual closed - cell stents in wide-neck basilar tip aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2012, 70: 244-249.
- [21] Fargen KM, Hoh BL, Welch BG, et al. Long - term results of enterprise stent - assisted coiling of cerebral aneurysms [J]. *Neurosurgery*, 2012, 71: 239-244.
- [22] Fargen KM, Mocco J, Neal D, et al. A multicenter study of stent-assisted coiling of cerebral aneurysms with a Y configuration [J]. *Neurosurgery*, 2013, 73: 466-472.
- [23] 潘 力, 刘 鹏, 秦 杰, 等. Y 型支架辅助技术在颅内动脉分叉部宽颈动脉瘤治疗中的应用[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2016, 21: 394-397.
- [24] 柯勋昌, 何旭英, 李西锋, 等. 大型/巨大型颅内动脉瘤支架辅助与单纯弹簧圈栓塞术后复发率比较[J]. *介入放射学杂志*, 2017, 26: 579-584.
- [25] Gory B, Spiotta AM, Di Paola F, et al. PulseRider for treatment of wide-neck bifurcation intracranial aneurysms: 6-month results [J]. *World Neurosurg*, 2017, 99: 605-609.
- [26] Spiotta AM, Derdeyn CP, Tateshima SA, et al. Results of the ANSWER trial using the PulseRider for the treatment of broad-necked, bifurcation aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2017, 81: 56-65.
- [27] Guenego A, Zerlauth JB, Puccinelli F, et al. Balloon - assisted coil embolization and large stent delivery for cerebral aneurysms with a new generation of dual lumen balloons (Copernic 2L) [J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10: 395-400.
- [28] Aguilar-Perez M, Kurre W, Fischer S, et al. Coil occlusion of wide-neck bifurcation aneurysms assisted by a novel intra-to extra - aneurysmatic neck - bridging device (pCONus): initial experience[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014, 35: 965-971.
- [29] Lubicz B, Morais R, Alghamdi F, et al. The pCONus device for the endovascular treatment of wide neck bifurcation aneurysms [J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8: 940-944.
- [30] Perez MA, Henkes H, Bouillot P, et al. Intra-aneurysmal hemodynamics: evaluation of pCONus and pCANvas bifurcation aneurysm devices using DSA optical flow imaging[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8: 1197-1201.
- [31] Sivan-Hoffmann R, Gory B, Riva R, et al. One-year angiographic follow-up after WEB - SL endovascular treatment of wide-neck bifurcation intracranial aneurysms[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2015, 36: 2320-2324.
- [32] Cognard C, Januel AC. Remnants and recurrences after the use of the WEB intrasaccular device in large-neck bifurcation aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2015, 76: 522-530.
- [33] Alghamdi F, Mine B, Morais R, et al. Stent-assisted coiling of intracranial aneurysms located on small vessels: midterm results with the LVIS junior stent in 40 patients with 43 aneurysms[J]. *Neuroradiology*, 2016, 58: 665-671.
- [34] 陈 振, 刘 朝, 李冬冬, 等. LVIS 支架辅助栓塞颅内动脉瘤安全性及有效性分析[J]. *介入放射学杂志*, 2017, 26: 775-778.
- [35] 张红井, 王 攀, 李 健. 经皮冠状动脉介入术后抗血小板个体化治疗研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2016, 37: 677-681.
- [36] 谭华桥, 周育苗, 方 淳, 等. 血管内介入治疗周围型颅内动脉瘤 17 例[J]. *介入放射学杂志*, 2016, 25: 279-285.
- [37] Kumar NG, Ladner TR, Kahn IS, et al. Parent vessel occlusion for treatment of cerebral aneurysms: is there still an indication? A series of 17 patients[J]. *J Neurol Sci*, 2017, 372: 250-255.
- [38] Xu J, Xu L, Wu Z, et al. Fetal-type posterior cerebral artery: the pitfall of parent artery occlusion for ruptured P2 segment and distal aneurysms[J]. *J Neurosurg*, 2015, 123: 906-914.
- [39] Britz GW, Zomorodi A, Powers CJ. Distal posterior cerebral artery revascularization for a fusiform PCA aneurysm: a lesson learned[J]. *Asian J Neurosurg*, 2017, 12: 273-275.
- [40] 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.

(收稿日期:2017-09-07)

(本文编辑:俞瑞纲)