

非急性基底动脉闭塞血管内治疗研究进展

孔倩倩, 黄浩, 骆翔

摘要 基底动脉是后循环颅内动脉闭塞的最好发部位之一,基底动脉闭塞常伴有很高的致残率和致死率。一部分的急性基底动脉闭塞患者经过药物治疗,进入非急性期阶段,此阶段最佳治疗手段尚不明确。随着非急性颅外大动脉闭塞开通治疗的实践以及近年来介入技术及器械的发展,非急性基底动脉闭塞的血管内治疗成为焦点。现将其研究现状综述如下,以期促进对非急性基底动脉闭塞血管内治疗的认识。

关键词 非急性;基底动脉闭塞;血管内治疗;综述

中图分类号 R741;R741.05;R743 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20210837

本文引用格式:孔倩倩, 黄浩, 骆翔. 非急性基底动脉闭塞血管内治疗研究进展[J]. 神经损伤与功能重建, 2023, 18(5): 279-282.

Research Progress of Endovascular Treatment for Non-acute Basilar Artery Occlusion KONG Qian-qian, HUANG Hao, LUO Xiang. Department of Neurology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

Abstract In the posterior circulation, intracranial artery occlusion is common in the basilar artery, and basilar artery occlusion(BAO) carries high disability and mortality rates. A proportion of patients with BAO can endure the acute arterial occlusion and transform into the non-acute stage with the medical treatment. There is no consensus on the optimal treatment of non-acute basilar artery occlusion. With the practice of endovascular treatment for non-acute extracranial artery occlusion and the development of interventional technology in recent years, endovascular recanalization of non-acute basilar artery occlusion has received much attention. This article reviews the recent progress in order to improve the recognition of endovascular treatment for non-acute basilar artery occlusion.

Keywords non-acute; basilar artery occlusion; endovascular treatment; review

基底动脉是后循环及其重要的供血动脉,主要负责脑干区域的供血。由于脑干受累程度不同,基底动脉闭塞(basilar artery occlusion, BAO)可出现从孤立性脑神经麻痹或偏瘫到闭锁综合征或死亡等严重程度不同的临床表现,早期卒中复发率和病死率显著高于其他部位脑血管狭窄/闭塞发生的比例^[1]。一部分的急性基底动脉闭塞患者经过药物治疗,进入非急性期阶段,此阶段可选择的治疗方式包括药物治疗、血管内治疗及颅内外科搭桥治疗等,但最佳治疗手段尚不明确。《中国颅内外大动脉非急性闭塞血管内介入治疗专家共识》指出,药物治疗是症状性非急性颅内大动脉闭塞的基础治疗;症状性非急性颅内大动脉闭塞合并严重血流动力学障碍可考虑血管内再通治疗;颅内外科搭桥治疗存在较高围手术期风险,安全性和有效性有待进一步探究^[2]。当前,血管内再通治疗的探索性研究正逐渐增加,然而少有文献对其相关研究的结果作一系统阐述。本文将从影像学评估及病例选择、手术要点、治疗效果三方面对非急性BAO血管内治疗最新进展进行综述。

1 非急性BAO评估及病例选择

1.1 影像学评估

非急性BAO的影像学评估包括闭塞部位形

态、闭塞长度、闭塞远端血管床及侧支循环等^[3]。全脑血管数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是诊断及评估病变血管的金标准,有很好的时间及空间分辨率,可动态观察病变血管及闭塞部位的情况,指导进一步的治疗策略。Gao等^[4]根据闭塞长度及侧支循环对基底动脉进行分型:I型(BAO闭塞长度 ≤ 10 mm,基底动脉闭塞远端侧支充盈良好);II型(BAO闭塞长度 > 10 mm,基底动脉闭塞远端侧支充盈良好);III型(BAO闭塞长度不确定或累计基底动脉远端,BAO远端未见侧支充盈)。研究结果提示,闭塞长度及侧支循环与血管再通率及短期卒中复发率、死亡率显著相关。对于侧支循环的评估,目前尚无统一的评估体系。可应用美国介入和治疗神经放射学学会(American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology, ASITN)/介入放射学学会(Society of Interventional Radiology, SIR)侧支分级系统,也可采用多时相CTA动态评估侧支循环状态,以协助预测血管内治疗的获益与风险^[5]。另外闭塞血管形态,如迂曲、成角等可能与血管内治疗预后相关,这一发现对非急性BAO血管内治疗的病例选择具有指导意义^[6]。近年来开展的高分辨率磁共振成像(high-resolution magnetic resonance imaging, HR-MRI)能清楚显示血管壁的病变,尤其是对于动脉粥样硬化斑块稳定

作者单位

华中科技大学同济医学院附属同济医院神经内科

武汉 430030

收稿日期

2021-09-06

通讯作者

骆翔

flydottjh@163.com

性及斑块成分的评估,有助于判断动脉闭塞的病因而指导介入治疗^[6]。

1.2 功能学评估

非急性BAO的功能性评估包括对梗死核心、缺血半暗带的评估等。

1.2.1 梗死核心评估 梗死核心是发生不可逆性损伤的脑组织,在计算机断层扫描(computed tomography, CT)上显示为低密度区,梗死核心大小与血管内治疗功能性预后密切相关,因此准确评估梗死核心有助于筛选血管内治疗受益的患者。评估梗死核心大小的影像学指标主要为Alberta卒中项目早期CT评分(Alberta Stroke Program Early CT Score, ASPECTS),其次是梗死核心体积。可通过NCCT、CTP及MRI DWI计算ASPECTS评分,通过CTP、MRI DWI及灌注加权成像(perfusion weighted image, PWI)等评估梗死核心体积^[7]。然而,在非急性BAO血管内治疗的研究中,研究者很少对患者进行梗死核心的评估。只有Gao等^[4]通过后循环ASPECTS评分量表来计算梗死核心大小,排除大面积梗死患者。

1.2.2 缺血半暗带评估 缺血半暗带为脑梗死核心灶周围由于脑血流灌注不足而导致神经功能受损的脑组织,但其细胞电活动仍可维持正常,半暗带的体积在临床预后上有独立的预测作用,是临床研究及治疗的焦点^[7]。Lian等^[8]纳入病例时引入临床扩散不匹配(clinical-diffusion mismatch, CDM)的概念评估非急性BAO的缺血半暗带。前循环卒中研究中CDM定义为NIHSS评分与DWI病变体积之间的不匹配。而此定义在后循环卒中研究中少有应用,该研究将CDM定义为GCS评分<8分,并且入院时DWI病变不局限于背脑桥、中脑或丘脑,以筛选能从血管内治疗中获益的患者^[9]。此外,在前循环急性缺血性脑卒中血管内治疗的研究中,评估缺血半暗带的常用影像学指标为不匹配率,即缺血低灌注体积/梗死核心体积。例如,EXTEND-IA研究^[10]中CTP不匹配率>1.2,且缺血半暗带体积>10 mL;SWIFT-PRIME研究^[11]中CTP不匹配率>1.8,缺血半暗带体积>15 mL。这些纳排标准是否适用于非急性BAO尚有待于进一步研究。

此外,针对后循环脑梗死,脑桥-中脑指数(Pons-Midbrain Index, PMI)作为一种新型的影像学半定量评估方法应用于临床研究中。PMI旨在评价急性缺血性脑卒中患者脑桥和中脑早期缺血性改变。研究显示,PMI与BAO患者的不良预后相关^[12]。由首都医科大学宣武医院吉训明教授牵头的BAOCHE研究(Basilar Artery Occlusion Chinese Endovascular Trial, BAOCHÉ)主要评估发病6~24 h时间窗急性BAO患者行血管内再通治疗的安全性和有效性。BAOCHE研究方案(NCT02737189)提出,对患者的CTA源图像进行评估,PMI≤2的患者可考虑入组,目前该研究还在进行中。因此,PMI能否作为筛选非急性BAO患者行血管内治疗获益的指标有待进一步探讨。

1.3 病例选择

1.3.1 适应证 相关研究提示非急性BAO患者进行血管内治疗的适应证:①症状性非急性动脉粥样硬化性BAO患者;②经

过规范药物治疗仍有症状波动或症状恶化^[4,13,14];③短节段闭塞、远端BA侧支良好。Gao等^[4]研究结果显示,I型病变血管成功再通率最高(90.0%),围手术期并发症发生率最低(5.0%),30天内卒中或死亡发生率最低(5.0%)。Ⅲ型再通率50%、围手术期并发症发生率37.5%及30天内卒中或死亡发生率37.5%,Ⅱ型病变血管各事件发生率介于I型与Ⅲ型之间。该研究提示,I型病变血管再通效果良好,可作为筛选非急性BAO进行血管内治疗的依据。Ⅲ型病变血管闭塞大小不确定,血管内再通的手术风险显著增加,应谨慎进行;④小梗死核心患者,Gao等^[4]纳入后循环ASPECTS≥6分的非急性BAO患者,以排除大面积梗死核心患者。

1.3.2 禁忌证 ①非动脉粥样硬化性BAO患者,如动脉夹层、烟雾病或血管炎等;②心源性栓塞共存(如房颤、细菌性心内膜炎、心内凝块、二尖瓣狭窄、6周内心肌梗死、人工瓣膜、室壁瘤等);③同时存在颅内动脉瘤或出血疾患;④其他健康问题导致的预期寿命<1年;⑤已知对阿司匹林、氯吡格雷、肝素、造影剂过敏。

2 血管内治疗的手术要点

血管内再通对于非急性BAO是一项高风险、高挑战性操作,应由熟练的操作人员进行,手术过程中应注意以下几点:①非急性BAO血管内治疗相关研究中提到的手术方式包括单独球囊成形和联合支架置入治疗,目前尚无明确的推荐。Dashti等^[14]、Gao等^[4]选择常规球囊成形联合支架置入治疗,Lian等在研究中指出,球囊扩张病变血管后,若脑血管造影发现血管严重狭窄(狭窄率>70%),则放置支架重塑血管^[9]。球囊扩张术和支架置入术也存在潜在的弊端,如球囊扩张术过程中容易发生血管痉挛;支架置入术可能引起支架内血栓及迟发性的支架内狭窄,其出血转换风险尚不明确等^[15];②闭塞再通的关键在于顺利通过闭塞病变。术前使用CTA可以评估闭塞段和远端血管情况,但与DSA相比,CTA往往高估了闭塞段长度^[16]。术中前后循环同时造影建立路径图,多角度投射,节段性微导管低压造影适时判别导丝走向等可帮助导丝导管通过闭塞段^[13,14,16];③在血管再通过程中,导丝反复尝试穿透血栓,可能进入血管内膜下导致夹层的发生,使血管发生再狭窄或闭塞。因此,术中要注意操作轻柔,仔细辨认血管真腔以减少动脉夹层风险^[9]。

3 血管内治疗的效果评价

3.1 有效性和安全性

目前非急性BAO血管内治疗的研究多为病例报道,且病例数较少,相关研究的病例特征见表1。4项研究共涉及81例非急性BAO患者,从发现血管闭塞到手术的中位数时间为31 h至30 d,血管成功再通率为76.2%~88.9%不等。多数成功再通的患者预后较好,随访期间mRS评分为0~3分。Lian等^[9]研究对8例成功再通的病例随访3月,良好临床结局(mRS 0~2分)率为75%;Zhao等^[13]研究中17例患者病变血管获得成功再通,在3月的随访期间,1例患者死于与手术无关的肺炎,其余16例无卒

中/TIA复发,其中13例(76.5%)获得良好的临床结局;Gao等^[4]研究中成功再通的病例在临床随访期间的卒中/TIA复发率为6.7%,其中2例患者分别于再通术后3月或6月出现脑干和同侧小脑缺血性卒中。CTA显示支架内再狭窄,经康复和药物治疗症状均得到缓解(mRS评分分别为1和2分)。

然而,Dashti等^[14]研究中对7例成功再通的患者随访11月的死亡率为28.6%。分析出现较高死亡率的原因,其一,该研究纳入经药物治疗无效的9例患者中,7例为进展性卒中,2例为复发性卒中,血管内治疗成为一种补救措施;其二,对2例死亡的患者分析死因,1例术后5月死于心脏病发作;1例术后1年死于肝活检后的出血并发症,其死前随访检查中神经系统完好无损,没有血管狭窄。这2例患者的死亡是否与血管内手术有关未有定论;其三,该研究发表于2010年,当时的围手术期用药及介入装置等与现在有所不同,可能对患者的预后有一定影响。

此外,Lin等^[17]报道1例症状性非急性BAO患者经血管内治疗成功再通,术后6月随访期内无缺血性症状复发,仅有轻微的残余共济失调症状。Yu等^[18]在2007年也报道类似的非急性BAO发病后80 d成功应用血管内治疗的病例报道。

3.2 并发症

非急性BAO血管内治疗的并发症可分为围手术期并发症与远期并发症,见表2。围手术期并发症包括缺血性和出血性,以缺血性多见。Zhao、Gao等两项研究的患者只出现缺血性并发症,包括穿支动脉卒中、动脉夹层及急性支架血栓形成等^[4,13]。出血性并发症包括血管穿孔、再灌注导致的出血等。Dashti等^[14]报道1例因术中基底动脉穿孔而出现致死性蛛网膜下腔出血;Lin等研究中1例患者术后出现头痛,经影像学证实为蛛网膜下腔出血,未经特殊处理症状消失^[17]。远期并发症主要是支架再狭窄等。支架再狭窄一般定义为支架置入后狭窄 $\geq 50\%$ 及绝对管腔损失 $\geq 20\%$ ^[19]。支架再狭窄的发生率在各个研究的报道中差别较大,见表2。

4 血管内治疗的并发症处理

4.1 缺血性并发症处理

要根据患者个体情况及并发症的类型而定。①对于远端栓塞导致大血管的缺血性卒中,可行取栓治疗;如果穿支动脉闭塞导致小血管闭塞,则术中可使用替罗非班,术后继续抗血小板、降脂治疗等标准内科治疗。②对于血管夹层,常需行支架置入术,术后根据患者情况,选择抗凝或者抗血小板治疗。③对于急性支架血栓形成可考虑采用动脉内溶栓和使用替罗非班^[4,11]。低剂量替罗非班已被证明可改善急性缺血性脑卒中患者血管内血栓切除术后的功能预后^[20]。

4.2 出血性并发症处理

出血性并发症往往和术中操作密切相关,因此术中应小心操作。①术中造影发现明显的血管穿孔,可考虑采取减少血管灌注、使用鱼精蛋白中和肝素、使用Onyx胶栓塞或弹簧圈治疗等处理措施^[21]。②再灌注引起的出血目前文献中未见报道,其危险因素可能包括邻近血管狭窄、侧支血流差、高血压和近期卒中病史^[22],应以预防为主,尤其是控制血压,根据患者个体情况酌情处理^[23]。

4.3 支架再狭窄处理

对于支架再狭窄的处理,目前没有统一的指南推荐。Kang等对颅内支架再狭窄的研究纳入32例颅内动脉再狭窄的患者,22例采用球囊扩张,8例采用支架置入,2例失败。71.9%的患者实现成功再通(术后再狭窄 $< 30\%$),围手术期30 d内无卒中、死亡、心梗事件。但在随访过程中,10.7%的患者有卒中复发,41.2%的患者再次出现支架内再狭窄。该研究提示颅内动脉支架再狭窄采用血管内治疗的方式,围手术期相对安全,但远期风险仍较高^[24]。吴中华等^[25]研究纳入21例颅内动脉再狭窄的患者,10例采用球囊扩张,11例采用支架置入治疗,术后1例发生穿支卒中事件,无明显后遗症,造影随访11例,发现3例出现再次狭窄。该研究作者建议术后1年内的症状性支架

表1 非急性BAO血管内治疗相关研究的病例特征

作者	例数	发现血管闭塞至手术时间	成功再通率 TICI $\geq 2b$	随访mRS 评分	随访卒中/ TIA发生率	随访 死亡率
Dashti等 ^[14]	9	3(3, 28) d	88.9%(8/9)	2.5(0, 6)	0(0/8)	28.6%(2/7)
Lian等 ^[9]	9	31(28, 47) h	88.9%(8/9)	1.5(1, 2)	0(0/8)	0(0/8)
Zhao等 ^[13]	21	15(10.5, 20) d	81.0%(17/21)	1(0, 2)	0(0/17)	5.9%(1/17)
Gao等 ^[4]	42	30(19.5, 52.5) d	76.2%(32/42)	2(1, 3)	6.7%(2/30)	0(0/30)

注:①从发现血管闭塞至手术时间描述为:中位数(P25,P75);②除Gao等研究随访mRS评分数据外,其余随访mRS评分、卒中/TIA发生率、死亡率数据均为成功再通病例的随访结果;③随访mRS评分:Dashti等研究记录平均随访11月的mRS评分结果,其余三项研究均为90 d mRS评分结果

表2 非急性基底动脉闭塞血管内治疗相关研究并发症分析

作者	例数	围手术期并发症					远期并发症	
		总计	穿支卒中	夹层	急性支架血栓形成	死亡	影像学平均随访时间	支架再狭窄率
Dashti等 ^[14]	9	44.4%(4/9)	/	11.1%(1/9)	11.1%(1/9)	22.2%(2/9)	8.6月	66.7%(4/6)
Lian等 ^[9]	9	0(0/9)	/	/	/	/	/	/
Zhao等 ^[13]	21	9.5%(2/21)	9.5%(2/21)	/	/	/	9.8月	20.0%(1/5)
Gao等 ^[4]	42	14.3%(6/42)	9.5%(4/42)	2.4%(1/42)	2.4%(1/42)	/	11.5月	12.5%(4/32)

再狭窄患者接受球囊扩张,1年以上的患者接受支架置入,同时建议使用Enterprise支架,因其具有通过性好、可回收、径向支撑力合适等优点,且闭环结构避免了支架结构突入分支血管开口。

Dashti等通过回顾分析出现支架再狭窄病例的药物治疗,提出了支架再狭窄的防治方案:优化术后抗血小板方案和管理其他并发症,如糖尿病和高血压,可能有助于防治再狭窄,但未明确具体方案^[14];Zhao等^[26]研究中6例患者接受药物涂层球囊(drug-coated ballon,DCB)血管成形术,DCB已被证实能有效抑制冠状动脉和周围动脉内膜增生,降低再狭窄的风险。此外,以往有研究显示,使用DCB治疗症状严重的颅内动脉粥样硬化性疾病的有效性和安全性,因此该研究作者提出需要进一步的研究和随访来确认DCB的应用是否能有效降低或延迟BAO再通中的再狭窄率^[27]。

5 总结与展望

对于症状性非急性BAO患者,药物治疗是基础治疗,血管内治疗可作为药物治疗无效后的补救措施。目前关于非急性BAO血管内治疗的文献相对较少,从仅有的文献看,血管内治疗适用于动脉粥样硬化所致的闭塞,梗死核心较小、短节段闭塞、远端BA侧支良好的患者。目前的研究结果显示,非急性BAO患者进行血管内治疗的成功再通率较高,预后较好。未来应采用更加精准的影像学评估手段筛选可获益的患者,以及进行更多全面合理的临床试验来验证非急性BAO血管内治疗的安全性和有效性。

参考文献

[1] Weimar C, Goertler M, Harms L, et al. Distribution and outcome of symptomatic stenoses and occlusions in patients with acute cerebral ischemia[J]. Arch Neurol, 2006, 63: 1287-1291. DOI: 10.1001/archneur.63.9.1287.

[2] 中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组. 中国颅内大动脉非急性闭塞血管内介入治疗专家共识[J]. 中华内科杂志, 2020, 59: 932-941. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20200413-00366.

[3] 陈康宁, 王伊龙. 2018症状性动脉粥样硬化性非急性颅内大动脉闭塞血管内治疗中国专家共识[J]. 中国卒中杂志, 2018, 13: 1166-1181. DOI:10.3969/j.issn.1673-5765.2018.11.009.

[4] Gao F, Han J, Guo X, et al. Endovascular recanalization for non-acute basilar artery occlusions with progressive or recurrent ischemic symptoms: a multicenter clinical experience[J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14: 133-137. DOI:10.1136/neurintsurg-2020-017213.

[5] Zheng M, Song Y, Zhang J, et al. Endovascular Recanalization of Non-acute Symptomatic Middle Cerebral Artery Total Occlusion and Its Short-Term Outcomes[J]. Front Neurol, 2019, 10: 484. DOI: 10.3389/fneur.2019.00484.

[6] Fakih R, Roa JA, Bathla G, et al. Detection and Quantification of Symptomatic Atherosclerotic Plaques With High-Resolution Imaging in Cryptogenic Stroke[J]. Stroke, 2020, 51: 3623-3631. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.031167.

[7] 霍晓川, 高峰. 急性缺血性卒中血管内治疗中国指南2018[J]. 中国卒中杂志, 2018, 13: 706-729. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2018.07.014.

[8] Dávalos A, Blanco M, Pedraza S, et al. The clinical-DWI mismatch: a new diagnostic approach to the brain tissue at risk of infarction[J]. Neurology, 2004, 62: 2187-2192. DOI:10.1212/01.wnl.0000130570.41127.ea.

[9] Lian X, Xu D, Wu J, et al. Endovascular recanalisation therapy for prolonged basilar artery occlusion based on clinical-diffusion MRI mismatch[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2013, 115: 915-919. DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.09.013.

[10] Campbell BC, Mitchell PJ, Kleinig TJ, et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection[J]. N Engl J Med, 2015, 372: 1009-1018. DOI: 10.1056/NEJMoa1415061.

[11] Saver JL, Goyal M, Bonafe A, et al. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke[J]. N Engl J Med, 2015, 372: 2285-2295. DOI: 10.1056/NEJMoa1415061.

[12] Pallesen LP, Khomenko A, Dzialowski I, et al. CT-angiography source images indicate less fatal outcome despite coma of patients in the Basilar Artery International Cooperation Study[J]. Int J Stroke, 2017, 12: 145-151. DOI: 10.1177/1747493016669886.

[13] Zhao W, Zhang J, Song Y, et al. Endovascular Recanalization for Symptomatic Subacute to Chronic Atherosclerotic Basilar Artery Occlusion[J]. Front Neurol, 2019, 10: 1290. DOI: 10.3389/fneur.2019.01290.

[14] Dashti SR, Park MS, Stiefel MF, et al. Endovascular recanalization of the subacute to chronically occluded basilar artery: initial experience and technical considerations[J]. Neurosurgery, 2010, 66: 825-832. DOI: 10.1227/01.NEU.0000367611.78898.A3.

[15] 高峰, 徐安定. 急性缺血性卒中血管内治疗中国指南2015[J]. 中国卒中杂志, 2015, 10: 590-606. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2015.07.011.

[16] 贺迎坤, 李钊硕, 李天晓, 等. 非急性期颅内椎-基底动脉闭塞支架再通术围手术期并发症分析[J]. 介入放射学杂志, 2012, 21: 797-801. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2012.10.001.

[17] Lin R, Aleu A, Jankowitz B, et al. Endovascular revascularization of chronic symptomatic vertebrobasilar occlusion[J]. J Neuroimaging, 2012, 22: 74-79. DOI: 10.1111/j.1552-6569.2010.00554.x.

[18] Yu W, Kostanian V, Fisher M, Endovascular recanalization of basilar artery occlusion 80 days after symptom onset[J]. Stroke, 2007, 38: 1387-1389. DOI: 10.1161/01.STR.0000260186.93667.a2.

[19] Levy EI, Turk AS, Albuquerque FC, et al. Wingspan in-stent restenosis and thrombosis: incidence, clinical presentation, and management[J]. Neurosurgery, 2007, 61: 644-651. DOI: 10.1227/01.NEU.0000290914.24976.83.

[20] Zhao W, Che R, Shang S, et al. Low-Dose Tirofiban Improves Functional Outcome in Acute Ischemic Stroke Patients Treated With Endovascular Thrombectomy[J]. Stroke, 2017, 48: 3289-3294. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.019193.

[21] Balami JS, White PM, McMeekin PJ, et al. Complications of endovascular treatment for acute ischemic stroke: Prevention and management[J]. Int J Stroke, 2018, 13: 348-361. DOI: 10.1177/1747493017743051.

[22] Abou-Chebl A, Yadav JS, Reginelli JP, et al. Intracranial hemorrhage and hyperperfusion syndrome following carotid artery stenting: risk factors, prevention, and treatment[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 43: 1596-1601. DOI: 10.1016/j.jacc.2003.12.039.

[23] 郑永强, 秦碧勇, 刘南暖, 等. 脑动脉支架置入术围手术期出血观察及原因分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2015, 10: 347-349. DOI: 10.3870/sjssc.2015.04.025.

[24] Kang K, Gao F, Mo D, et al. Outcome of endovascular recanalization for intracranial in-stent restenosis[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12: 1094-1098. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015607.

[25] 吴中华, 仇汉诚, 胡苏娜, 等. 症状性颅内支架内再狭窄的介入治疗[J]. 中华医学杂志, 2018, 98: 3017-3020. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.37.014.

[26] Tepe G, Zeller T, Albrecht T, et al. Local delivery of paclitaxel to inhibit restenosis during angioplasty of the leg[J]. N Engl J Med, 2008, 358: 689-699. DOI: 10.1056/NEJMoa0706356.

[27] Han J, Zhang J, Zhang X, et al. Drug-coated balloons for the treatment of symptomatic intracranial atherosclerosis: initial experience and follow-up outcome[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11: 569-573. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014237.

(本文编辑:王晶)