

支架治疗颅内远端动脉瘤安全性和有效性分析

张鸿运, 邵秋季, 李立, 贺迎坤, 常凯涛, 张倩倩, 林枫, 李天晓

【摘要】目的 探讨血管内支架治疗颅内远端动脉瘤的安全性和有效性。**方法** 回顾性分析 2018 年 1 月至 2021 年 12 月在河南省人民医院接受血管内支架治疗的 40 例颅内远端动脉瘤患者临床资料, 动脉瘤共 43 枚。动脉瘤辅助支架栓塞治疗 32 例(34 枚), 血流导向装置治疗 8 例(9 枚)。颅内远端动脉瘤定义为位于前循环中 A2/M2 段、后循环中 P2 段及其远端动脉瘤。随访期采用 Raymond 分级评分评估动脉瘤栓塞情况, 改良 Rankin 量表(mRS)评分评估临床预后。**结果** 34 枚动脉瘤成功完成支架辅助弹簧圈栓塞治疗, 末次影像随访结果显示 31 枚(91.2%)动脉瘤 Raymond 评分 I 级, 3 枚 II 级。4 例(12.5%)患者发生手术相关缺血性并发症。中位随访 6.5 个月, 31 例(96.9%)患者 mRS 评分为 0~2 分, 获得良好预后。9 枚动脉瘤成功完成血流导向装置治疗, 末次影像随访结果显示 5 枚动脉瘤 Raymond 分级 I 级, 3 枚 II 级, 1 枚失访。1 例患者发生缺血性并发症。中位随访 9 个月, 6 例患者 mRS 评分为 0~2 分, 获得良好预后。**结论** 血管内支架辅助栓塞颅内远端动脉瘤是一种安全有效的治疗策略。小口径支架应用提高了颅内远端动脉瘤治疗闭塞率, 血流导向装置是用传统方法治疗具有挑战性的远端动脉瘤的有效替代方法。

【关键词】 颅内动脉瘤; 远端动脉; 血管内治疗; 支架

中图分类号: R743 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2022)-12-1146-05

Stenting for intracranial distal aneurysms: analysis of its safety and efficacy ZHANG Hongyun, SHAO Qiuji, LI Li, HE Yinkun, CHANG Kaitao, ZHANG Qianqian, LIN Feng, LI Tianxiao. Department of Cerebrovascular Disease, People's Hospital of Zhengzhou University (Henan Provincial People's Hospital), Zhengzhou, Henan Province 450003, China

Corresponding author: LI Tianxiao, E-mail: dr.litianxiao@zzu.edu.cn

【Abstract】Objective To discuss the safety and efficacy of endovascular stent implantation in the treatment of intracranial distal aneurysms. **Methods** The clinical data of 40 patients with intracranial distal aneurysm(43 aneurysms in total), who were admitted to the Henan Provincial People's Hospital of China to receive endovascular stent implantation therapy between January 2020 and December 2021, were retrospectively analyzed. Stent-assisted spring coil embolization therapy of aneurysm was adopted in 32 patients(34 aneurysms in total), and flow diverter device was employed in 8 patients(9 aneurysms in total). Intracranial distal aneurysm was defined as an aneurysm that was located at the A2/M2 segment of the anterior circulation, or at the P2 segment of the posterior circulation and its distal end. During the follow-up period, the aneurysm embolization condition was assessed by Raymond grade score, and the clinical outcome was evaluated by modified Rankin scale(mRS) score. **Results** Successful stent-assisted spring coil embolization was accomplished for 34 aneurysms. The last follow-up angiography showed that Raymond score of grade I was obtained in 31 aneurysms(31/34, 91.2%) and grade II in 3 aneurysms. Four patients (12.5%) developed surgery-related ischemic complications. The patients were followed up for a median time of 6.5 months, and 31 patients(96.9%) had an mRS score of 0-2 points and achieved a good prognosis. Successful flow diverter device treatment was accomplished for 9 aneurysms. The last follow-up angiography revealed that Raymond score of grade I was obtained in 5 aneurysms and grade II in 3 aneurysms, and one patient was lost in touch. One patient developed ischemic complication. The median follow-up time was 6.5 months, and 6 patients had an mRS score of 0-2 points and achieved a good prognosis. **Conclusion** For intracranial distal aneurysms, endovascular stent-assisted spring coil embolization

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2022.12.002

基金项目: 河南省自然科学基金(222300420357), 河南省科技攻关项目(222102310208)

作者单位: 450003 河南郑州 郑州大学人民医院(河南省人民医院)脑血管病科

通信作者: 李天晓 E-mail: dr.litianxiao@zzu.edu.cn

is a safe and effective treatment. The application of small-caliber stent can improve the occlusion rate of intracranial distal aneurysms, while the use of flow diverter device is an effective alternative to traditional treatment. (J Intervent Radiol, 2022, 31: 1146-1150)

【Key words】 intracranial aneurysm; distal artery; endovascular treatment; stent

颅内远端动脉瘤指 Wills 环以远动脉瘤, 发病率较低, 占有颅内动脉瘤 1%~9%^[1]。按照标准化节段解剖学定位, 远端动脉瘤定义为大脑前动脉(ACA)A2、大脑中动脉(MCA)M2 和大脑后动脉(PCA)P2 解剖节段上或以远动脉瘤^[2]。远端动脉瘤外科手术夹闭的技术难题在于位置较深、视野狭小、操作空间局限、囊小、颈宽或梭形、夹层动脉瘤以及很难保留载瘤动脉等。近年来, 血管内治疗创新为远端动脉瘤治疗提供了新策略, 但支架治疗颅内远端动脉瘤的效果鲜有报道。为此, 本研究纳入 40 例远端动脉瘤患者, 探讨支架治疗的安全性和有效性。

1 材料与方法

1.1 一般资料

收集 2018 年 1 月至 2021 年 12 月在河南省人民医院接受血管内支架治疗的 40 例颅内远端动脉瘤患者临床资料。男女各 20 例, 平均年龄 58.4 岁(16~78 岁)。纳入标准: ①确诊为颅内远端动脉瘤; ②前交通动脉复合体远端(A2~5 节段)、MCA 远端(M2~4 节段)、PCA 远端(P2~4 节段)动脉瘤; ③囊性宽颈或梭形动脉瘤, 夹层动脉瘤。排除标准: ①单纯弹簧圈栓塞治疗; ②开颅手术夹闭治疗; ③小脑上动脉、小脑后下动脉和小脑前下动脉瘤。所有患者或家属均签署手术知情同意书。

1.2 资料收集

收集患者性别、年龄、动脉瘤尺寸和部位、入院 Hunt-Hess 评分、支架类型、围手术期出血或缺血并发症; 术前头颅 CT、全脑 DSA 检查评估颅内情况及动脉瘤情况; 术后 CTA 或 DSA 评估、改良 Rankin 量表(mRS)评分评估预后结果。

1.3 治疗方法

入组患者多为宽颈或复杂动脉瘤(梭形、夹层), 治疗方式主要为颅内动脉瘤支架辅助栓塞术和血流导向装置植入术。对于颅内未破裂动脉瘤患者, 术前给予口服阿司匹林 100 mg 和氯吡格雷 75 mg 3~5 d; 对于颅内破裂动脉瘤患者, 术中支架释放时经静脉给予替罗非班(先推注负荷剂量 $8.0 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 3 \text{ min}^{-1}$, 后改为静脉输注 $0.1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 持续 24~48 h)。

术后第 2 天替换为双联抗血小板聚集药物。同时, 术中静脉注射肝素($50 \sim 100 \text{ U/kg}$), 达到活化凝血时间 $> 250 \text{ s}$ 。出院后支架辅助栓塞患者口服双联抗血小板聚集药物 3 个月, 血流导向治疗后患者口服双联抗血小板聚集药物 6 个月; 后改为口服单一抗血小板聚集药物(阿司匹林, 100 mg/d)至少至术后 1 年。

1.4 临床和影像学随访

出院时、术后 3~24 个月行临床和影像学随访, 采用 mRS 评分(0~2 分为预后良好, 3~6 分为预后不佳)判断患者预后, Raymond 分级评估动脉瘤闭塞情况^[3]。影像学资料由 2 名高年资神经介入医师共同评估。

2 结果

2.1 患者动脉瘤特征

40 例患者 43 枚颅内远端动脉瘤, 位于前循环 33 枚, 后循环 10 枚; 31 枚为未破裂动脉瘤, 12 枚为破裂动脉瘤; 大动脉瘤($> 10 \text{ mm}$)2 枚, 小动脉瘤($\leq 10 \text{ mm}$)41 枚。动脉瘤特征见表 1。

表 1 40 例患者 43 枚颅内远端动脉瘤特征

指标	支架辅助治疗 (n=34)	血流导向装置 (n=9)	总数 (n=43)
动脉瘤尺寸(mm)	4.54±2.35	5.01±3.31	4.64±2.54
瘤颈(mm)	3.11±1.57	4.58±2.86	3.42±1.96
瘤颈比	1.55±0.58	1.16±0.42	1.47±0.57
载瘤动脉直径(mm)	1.92±0.31	1.93±0.38	1.92±0.32
动脉瘤位置(n)			
ACA A2	6	3	9
ACA A3	12	3	15
ACA A4	2	1	3
MCA M2	5	1	6
PCA P2	8	1	9
PCA P3	1	0	1
动脉瘤类型(n)			
囊性	30	8	38
梭形	4	0	4
夹层	0	1	1
破裂动脉瘤(n)	11	1	12
Hunt-Hess 分级(n)			
I	1	0	1
II	6	0	6
III	3	1	4
IV	1	0	1

2.2 血管内支架治疗

32 例 34 枚动脉瘤接受支架辅助弹簧圈栓塞治疗,使用 Enterprise 支架(Codman,美国)3 枚,LEO Baby 支架(Balt,法国)7 枚,LVIS 支架(MicroVention,美国)2 枚,LVIS Jr 支架(MicroVention,美国)6 枚,Neuroform Atlas 支架(Stryker Neurovascular,美国)16 枚。均顺利完成支架辅助弹簧圈治疗,技术成功率为 100%。术中无动脉瘤破裂及患者死亡。术后即刻 DSA 检查结果显示,Raymond I 级 31 枚(91.2%),II 级 3 枚(8.8%)。出院时 mRS 评分,0~2 分 28 例(87.5%),3~5 分 4 例(12.5%)。4 例(12.5%)患者发生手术相关缺血性并发症,其中 1 例 A3 段患者术前 Hunt-Hess 评分 2 分,术后右侧肢体肌力 I 级,考虑脑血管痉挛,出院时 mRS 评分 0 分;1 例 A3 段患者术前 Hunt-Hess 评分 2 分,术后左侧肢体肌力 I 级,头颅 MRI 结果示双侧额叶及侧脑室前角见低密度影,出院时 mRS 评分 4 分;1 例 P2 段患者术后言语不利,右侧肢体肌力 I 级,头颅 MRI 结果示左额颞顶枕枕叶、基底节及放射冠区急性梗死可能,出院时 mRS 评分 4 分;另 1 例 P2 段患者术中载瘤动脉显影纤细,给予 2 mL 替罗非班显影改善,言语欠流利,右侧肌力 5-,出院时 mRS 评分 0 分。支架辅助弹簧圈栓塞治疗 1 例 ACA 动脉瘤过程影像见图 1。

8 例患者 9 枚动脉瘤接受血流导向装置治疗。术后即刻 DSA 检查结果显示,Raymond I 级 1 枚,

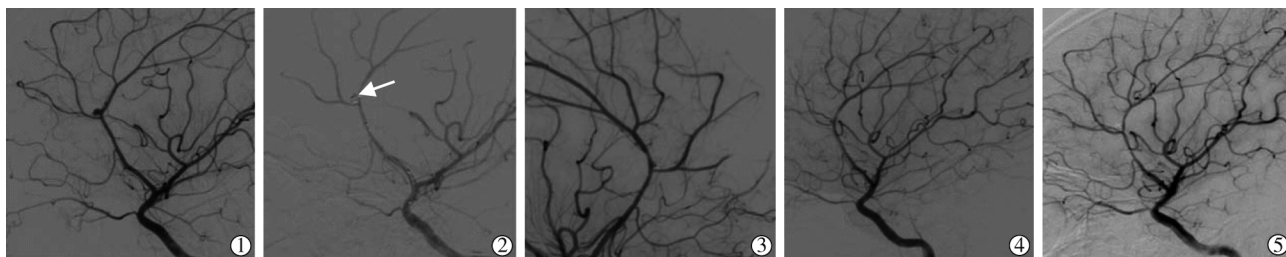
II 级 2 枚,III 级 6 枚;血流导向装置均顺利植入,技术成功。术中无动脉瘤破裂及死亡。出院时 mRS 评分,0~2 分 7 例,3~5 分 1 例。1 例 P2 段患者术前 Hunt-Hess 评分 3 分,术后右基底节及丘脑低密度影,左侧放射冠区腔隙灶可能,出院时 mRS 评分 4 分。Pipeline 栓塞装置(PED)治疗 1 例 ACA 动脉瘤过程影像见图 2。

2.3 术后随访

接受支架辅助弹簧圈治疗患者均获随访,末次影像学检查结果显示,Raymond 分级 I 级动脉瘤 31 枚(91.2%),II 级 3 枚(8.8%);中位临床随访时间 6.5 个月(范围 1~15 个月),患者 mRS 评分为 0~2 分 31 例(96.9%),6 分 1 例(3.1%)。7 例接受血流导向装置治疗 8 枚动脉瘤获得完整的影像随访,Raymond 分级 I 级 5 枚,II 级 3 枚;中位随访时间 9 个月(范围 6~19 个月),mRS 评分为 0~2 分 6 例,3 分 1 例。

3 讨论

颅内远端动脉瘤的定义目前没有明确标准。大多数动脉瘤血管内治疗研究中,将 Willis 环以远的动脉瘤定义为远端动脉瘤^[4]。本研究中,根据既往此类病变的节段解剖学命名法,仅纳入起始于或超过 A2、M2 或 P2 解剖段的动脉瘤病例进行数据分析^[2]。新型支架的出现为远端动脉瘤血管内治疗提供了



①术前 DSA 造影示左 ACA A3 段囊性动脉瘤;②术中成功填塞 2 枚弹簧圈后释放 LVIS Jr 小口径支架,动脉瘤致密栓塞,载瘤血管显影良好;③造影示弹簧圈在位;④术后造影示动脉瘤不显影,载瘤血管通畅;⑤术后 8 个月复查造影示动脉瘤无复发,载瘤动脉通畅

图 1 支架辅助弹簧圈栓塞治疗 1 例 ACA 动脉瘤过程影像



①术前 DSA 造影示左 ACA A2 段动脉瘤;②③PED 成功植入,贴壁性良好,载瘤动脉通畅;④⑤术后 12 个月 CT 血管成像示动脉瘤无显影,载瘤血管及分支动脉通畅

图 2 PED 治疗 1 例 ACA 动脉瘤过程影像

更多便利,由于此类病变少见,且文献中少见报道,支架治疗 A2、M2、P2 及更远段动脉瘤的安全性和有效性知之甚少。本研究为支架辅助栓塞治疗动脉瘤展示了良好结果,96.9%随访患者有良好的临床疗效,动脉瘤完全闭塞率为 91.2%。手术相关并发症发生率为 15.6%,包括支架内血栓形成和术后早期缺血性事件。

血管内支架辅助弹簧圈栓塞是一种安全有效的治疗远端动脉瘤策略。远端动脉瘤存在着特殊的解剖结构,ACA 迂曲狭长,位于脑半球间隙,开颅手术区域相对狭小;PCA 远端动脉瘤往往位于大脑深部,被扣带回和胼胝体或小脑、脑桥等重要功能区组织所包围。外科开颅手术治疗因术野狭窄、动脉瘤位置深在、周边结构重要而复杂,易增加手术并发症发生率^[5-6]。MCA 远端动脉瘤位置相对表浅,显微神经外科手术是主要治疗策略,尤其是在破裂动脉瘤伴大量颅内血肿情况下,展现出良好的手术预后^[7-8],但依然存在创伤大、恢复时间长、因手术加重神经功能损伤等问题。与开颅手术相比,血管内治疗具有技术优势,如微创、技术安全、长期疗效好^[9]。本研究采用支架辅助弹簧圈治疗的各个分支节段动脉瘤取得了良好结果,出院时 mRS 评分 0~2 分 28 例(87.5%)。此外,动脉瘤辅助支架治疗有助于提高动脉瘤闭塞率。既往单纯弹簧圈栓塞远端动脉瘤存在较多不完全栓塞,一项血管内治疗远端动脉瘤的研究显示动脉瘤完全闭塞率仅 78.6%^[10]。本研究结果证实,支架应用使远端动脉瘤治疗的闭塞率得到提高。

本研究中所有患者均顺利完成手术,技术成功率为 100%。这种高治疗成功率,考虑主要与应用小口径支架有关。第一,与传统支架比较,小口径支架可植入小直径载瘤血管内,适配更细的微导管,实际操作中可通过 0.017 英寸系列微导管,其作为支架导管具有较好的通过性,即使在细小且迂曲血管内一般也可顺利到位及灵活释放。第二,新型支架各有优势,LEO Baby 和 LVIS Jr 支架分别在释放 95%和 80%时可回收重新释放或定位,便于调整支架位置,增加手术成功率;近端闭环式、远端开环式 Neuroform Atlas 支架有较好的贴壁性、柔韧性、稳定性和径向支撑力。在小口径支架应用前,本研究尝试应用 Enterprise 支架辅助治疗。Enterprise 支架是目前颅内支架中顺应性最好、到位成功率较高的支架之一,具有极佳柔韧性,但其支架导管直径较大,在远端动脉中操作受限^[11]。本研究建议,基于

动脉瘤位置及解剖结构选取适宜的支架,患者获益更大。

既往研究报道,支架辅助治疗颅内动脉瘤手术并发症以缺血最为常见^[6,12]。本研究中 4 例(12.5%)患者发生手术相关缺血性并发症,与既往远端动脉瘤血管内治疗并发症结果相似^[4],较近端动脉瘤血管内治疗并发症相对较高^[13]。主要考虑以下 3 点原因:①术后抗血小板聚集药物治疗不充分或存在药物抵抗;②颅内远端动脉存在路径迂曲、血管内多发斑块狭窄及病变复杂等因素,致使手术时间长;③颅内远端动脉血管迂曲,支架局部贴壁不良,支架套叠导致局部金属覆盖率过高。

血管内支架辅助栓塞远端动脉瘤展现了良好结果,但也存在局限性。在载瘤动脉直径较小、动脉瘤直径较小时,双微导管技术操作难度大,易增加手术并发症^[14]。然而血流导向装置基于其重建载瘤动脉的能力,适应证外应用不断扩大,包括远端位置和解剖结构复杂的动脉瘤^[15-16]。血流导向装置被认为是一种替代方法,特别是用传统方法治疗具有挑战性的远端动脉瘤时^[17]。

本研究中,1 枚夹层动脉瘤、8 枚宽颈动脉瘤接受血流导向装置治疗,中位随访时间 9 个月时 5 枚动脉瘤 Raymond 分级为 I 级,6 例患者获得良好临床预后,1 例发生术后缺血性并发症。有研究报道,在平均 6 个月随访中 83%患者动脉瘤完全闭塞,并发症发生率为 7.7%^[18]。这些研究结果证实,血流导向装置治疗远端动脉瘤具有较高的闭塞结果和可接受的并发症发生率。Atallah 等^[19]研究认为,在并发症发生率和血管造影结果方面,PED 治疗远端动脉瘤与治疗更近端位置的动脉瘤相当,且适当的计划和更严格的患者选择可能会取得更好的临床疗效。

本研究局限性:①是一项回顾性研究,主要关注血管内支架治疗后结果,未与开颅手术进行比较;②远端动脉瘤临床相对少见,样本量相对较小,未进一步分析比较支架辅助治疗与血流导向装置治疗,因此需要纳入更大的样本量,以全面评估血管内支架治疗远端动脉瘤的效果和安全性;③未能获得一些病例的随访数据。

[参考文献]

- [1] Carvi YM. The influence of configuration and location of ruptured distal cerebral anterior artery aneurysms on their treatment modality and results: analysis of our casuistry and literature

- review[J]. *Neurol Res*, 2010, 32: 73-81.
- [2] Rodriguez-Hernandez A, Zador Z, Rodriguez-Mena R, et al. Distal aneurysms of intracranial arteries: application of numerical nomenclature, predilection for cerebellar arteries, and results of surgical management[J]. *World Neurosurg*, 2013, 80: 103-112.
- [3] Roy D, Milot G, Raymond J. Endovascular treatment of unruptured aneurysms[J]. *Stroke*, 2001, 32: 1998-2004.
- [4] Petr O, Coufalova L, Bradac O, et al. Safety and efficacy of surgical and endovascular treatment for distal anterior cerebral artery aneurysms: a systematic review and meta-analysis[J]. *World Neurosurg*, 2017, 100: 557-566.
- [5] Honda M, Tsutsumi K, Yokoyama H, et al. Aneurysms of the posterior cerebral artery: retrospective review of surgical treatment[J]. *Neurol Med Chir(Tokyo)*, 2004, 44: 164-168.
- [6] Zheng Y, Liu Y, Leng B, et al. Periprocedural complications associated with endovascular treatment of intracranial aneurysms in 1764 cases[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8: 152-157.
- [7] Lyu N, Zhou Y, Yang P, et al. Endovascular treatment of distal middle cerebral artery aneurysms: report of eight cases and literature review[J]. *Interv Neuroradiol*, 2016, 22: 12-17.
- [8] Iida Y, Mori K, Kawahara Y, et al. Characteristics and management of ruptured aneurysms originating from the penetrating artery of the distal middle cerebral artery[J]. *NMC Case Rep J*, 2021, 8: 7-12.
- [9] Husain S, Andhitara Y, Jena SP, et al. Endovascular management of ruptured distal anterior cerebral artery (DACA) aneurysms: a retrospective review study[J]. *World Neurosurg*, 2017, 107: 588-596.
- [10] Zhou J, Wang Y, Wang D, et al. Endovascular treatment for ruptured aneurysms at distal cerebral arteries[J]. *World Neurosurg*, 2019, 123: e387-e392.
- [11] Wang H, Xu D, Xiang Y, et al. Endovascular treatment for wide-necked intracranial aneurysms with the enterprise stent[J]. *Neurol India*, 2011, 59: 548-552.
- [12] Zhou B, He Y, Cheng J, et al. Treatment of the acute thromboembolic event during endovascular embolization of intracranial aneurysm[J]. *J Interv Med*, 2020, 3: 208-212.
- [13] 蒋业清, 鲁刚, 葛亮, 等. 颅内动脉瘤介入治疗相关症状性缺血并发症分析[J]. *介入放射学杂志*, 2021, 30: 112-117.
- [14] Ma C, Zhu H, Liang S, et al. Pipeline for the treatment of distal cerebral circulation aneurysms: a multicenter study focusing on periprocedural complications[J]. *Interv Neuroradiol*, 2021: 15910199211063703.
- [15] Dabus G, Grossberg JA, Cawley CM, et al. Treatment of complex anterior cerebral artery aneurysms with pipeline flow diversion: mid-term results[J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9: 147-151.
- [16] De Macedo RK, Kuhn AL, Tamura T, et al. Pipeline embolization device for pericallosal artery aneurysms: a retrospective single center safety and efficacy study[J]. *Oper Neurosurg(Hagerstown)*, 2018, 14: 351-358.
- [17] Lin N, Lanzino G, Lopes DK, et al. Treatment of distal anterior circulation aneurysms with the pipeline embolization device: a US multicenter experience[J]. *Neurosurgery*, 2016, 79: 14-22.
- [18] Primiani CT, Ren Z, Kan P, et al. A2, M2, P2 aneurysms and beyond: results of treatment with pipeline embolization device in 65 patients[J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11: 903-907.
- [19] Atallah E, Saad H, Mouchtouris N, et al. Pipeline for distal cerebral circulation aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2019, 85: E477-E484.

(收稿日期:2022-05-08)

(本文编辑:边 伟)