

血流导向装置与支架辅助弹簧圈治疗颅内夹层动脉瘤的临床疗效及预后分析

朱 鹏¹, 宁显宾^{1*}, 刘馨雅²

¹北华大学附属医院神经外科, 吉林 吉林

²北华大学附属医院肿瘤内科, 吉林 吉林

收稿日期: 2025年11月4日; 录用日期: 2025年11月29日; 发布日期: 2025年12月5日

摘 要

目的: 探讨血流导向装置(FD)与传统支架辅助弹簧圈(SAC)在治疗颅内夹层动脉瘤(intracranial dissecting aneurysm, IDA)中的安全性和有效性。方法: 回顾性分析北华大学附属医院神经外科2019年9月~2024年9月期间收治并采用血管内介入技术治疗的38例颅内夹层动脉瘤患者的临床资料, 记录患者基本资料、临床症状、手术方式、围术期并发症与手术时间等信息。以动脉瘤显影水平评估栓塞程度、改良Rankin量表(mRS)评估预后, 评估两种手术方式的安全性和有效性。结果: 38例患者均成功接受治疗, 其中16例患者接受Fd治疗, 22例接受SAC治疗。共植入16枚Fd, 其中4例患者接受单纯Fd治疗, 12例患者接受Fd联合弹簧圈栓塞治疗, 围术期发生缺血性并发症2例(12.5%), 为急性血栓形成, 予以溶栓对症处理, 术后恢复尚可; 植入22枚传统支架, 其中2例患者接受单纯支架治疗, 20例患者接受SAC治疗, 围手术期缺血并发症3例(13.6%)。Fd组14例获得随访, DSA复查显示完全栓塞13例, 不全栓塞1例; SAC组18例患者获得随访, DSA复查显示完全栓塞11例, 不全栓塞7例, 其中2例复发, 1例再次栓塞, 1例考虑相对稳定, 继续随访观察。结论: 统计学分析显示, 术后梗死、术后出血、术后肺部感染、脑积水等围手术期并发症发生率($P > 0.05$)方面未发现明显统计学差异。FD组的手术时长明显短于传统支架组($P = 0.031$)、动脉瘤完全闭塞率($P = 0.047$), 有统计学差异。FD治疗的动脉瘤手术时间短、闭塞率较高, 效果良好、安全性好, 但围手术期并发症仍需注意防治。

关键词

颅内夹层动脉瘤, 血管内介入治疗, 血流导向装置, 传统支架, 疗效

Clinical Outcomes and Prognostic Analysis of Flow Diverter versus Stent-Assisted Coil Embolization for Intracranial Dissecting Aneurysms

*通讯作者。

文章引用: 朱鹏, 宁显宾, 刘馨雅. 血流导向装置与支架辅助弹簧圈治疗颅内夹层动脉瘤的临床疗效及预后分析[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 891-898. DOI: 10.12677/acm.2025.15123483

Peng Zhu¹, Xianbin Ning^{1*}, Xinya Liu²

¹Department of Neurosurgery, Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin Jilin

²Department of Medical Oncology, Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin Jilin

Received: November 4, 2025; accepted: November 29, 2025; published: December 5, 2025

Abstract

Objective: To evaluate the safety and efficacy of flow diverter (FD) devices versus conventional stent-assisted coiling (SAC) in the treatment of intracranial dissecting aneurysms (IDA). **Methods:** A retrospective review was conducted of clinical data from 38 patients with IDA who underwent endovascular intervention at the Department of Neurosurgery, Affiliated Hospital of Beihua University, between September 2019 and September 2024. Patient demographics, presenting symptoms, procedural techniques, perioperative complications, and operative duration were recorded. Aneurysm occlusion was assessed according to angiographic visualization. Functional outcomes were evaluated using the modified Rankin Scale (mRS). The safety and efficacy of FD and SAC were compared. **Results:** All 38 patients underwent successful endovascular treatment, including 16 patients in the FD group and 22 in the SAC group. Sixteen FD devices were implanted: four patients received FD alone, and twelve received FD combined with coil embolization. Ischemic complications occurred in two patients (12.5%) in the FD group due to acute thrombus formation; all were managed with thrombolysis and recovered satisfactorily postoperatively. In the SAC group, 22 stents were implanted: two patients received stent-only treatment, and twenty underwent SAC. Ischemic complications were observed in three cases (13.6%). Fourteen patients in the FD group completed follow-up; digital subtraction angiography (DSA) demonstrated complete occlusion in thirteen cases and incomplete occlusion in one case. Eighteen patients in the SAC group were followed; DSA revealed complete occlusion in eleven cases and incomplete occlusion in seven cases, among which two experienced recurrence, one underwent repeat embolization, and one remained stable under observation. **Conclusion:** Statistical analysis showed no significant differences between FD and SAC groups in perioperative complication rates, including postoperative infarction, hemorrhage, pulmonary infection, or hydrocephalus ($P > 0.05$). However, the FD group showed significantly shorter operative duration ($P = 0.031$) and higher complete occlusion rates ($P = 0.047$) compared with the SAC group. FD treatment for IDA offers shorter procedure times and higher aneurysm occlusion rates, with favorable safety and efficacy profiles, although vigilance for perioperative complications remains essential.

Keywords

Intracranial Dissecting Aneurysm, Endovascular Intervention, Flow Diverter, Conventional Stent, Therapeutic Outcome

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

颅内夹层动脉瘤(intracranial dissecting aneurysm, IDA)是一种由动脉壁层间分离导致的致命性脑血管疾病,其病理特征复杂,临床表现为缺血性卒中、蛛网膜下腔出血或神经压迫症状,尤其在年轻人群中

具有较高的致残率和死亡率[1][2]。尽管 IDA 仅占有颅内动脉瘤的 3%~5%，但其破裂后死亡率可达 9%~18%，再出血率高达 30%，严重威胁患者生命[3][4]。近年来，随着影像学技术的进步[5][6]，IDA 的检出率显著提高，但其治疗仍面临巨大挑战。治疗方式包括内科药物保守治疗、外科手术及血管内介入治疗[7]。其中，支架辅助弹簧圈栓塞术(stent-assisted coiling, SAC)作为血管内重建性治疗的代表[8]，通过填塞瘤腔并保留载瘤动脉通畅，早期闭塞率可达 75%，但长期随访显示其复发率较高(约 25%~30%)，且对累及长节段血管的夹层病变修复效果有限。此外，SAC 需联合抗血小板治疗，可能增加出血风险，尤其对破裂病例的围手术期管理提出更高要求。血流导向装置(flow diverter, FD)的出现为 IDA 治疗提供了新思路。FD 通过高金属覆盖率和血流动力学重塑作用，减少瘤内血流冲击并促进血管内皮修复，理论上能够更彻底地隔绝瘤腔并重建载瘤动脉[9]。多项临床研究证实，FD 治疗 IDA 的完全闭塞率可达 67%~87%，且复发率显著低于 SAC (7% vs. 24.5%) [10][11]。现有研究多聚焦于 FD 的单组疗效分析，针对 FD 与 SAC 的对比研究仍较匮乏，两种术式的安全性和有效性差异尚未明确。

本研究基于系统综述与单中心临床病例分析，旨在对比 FD 与 SAC 治疗 IDA 的临床疗效及预后差异。本研究通过单中心回顾性分析，对比两种术式在安全性、有效性方面的差异，为临床决策提供依据。通过评估两种术式的围手术期并发症发生率、手术时间、动脉瘤完全闭塞率及改良 Rankin 量表(mRS)评分等指标，为优化 IDA 的血管内治疗策略提供循证依据，推动个体化治疗方案的发展。

2. 资料与内容

2.1. 研究对象

选取 2019 年 9 月至 2024 年 9 月北华大学附属医院收治的 38 例 IDA 患者为研究对象，所有病例均经数字减影血管造影(DSA)确诊，符合《中国颅内动脉夹层诊治指南》影像学诊断标准。根据治疗方式分为两组：FD 组 16 例(男 11 例，女 5 例)，平均年龄(53.5 ± 11.5)岁；SAC 组 22 例(男 15 例，女 7 例)，平均年龄(54.1 ± 11.1)岁。纳入标准：1. 诊断标准：符合以下影像学特征之一：(1) DSA 显示“线样征”“串珠征”或梭形扩张；(2) CTA/MRA 可见双腔征、内膜瓣或壁间血肿；(3) 三维重建显示非分叉部位不规则瘤样扩张合并局限性狭窄。2. 临床特征：(1) 存在蛛网膜下腔出血(SAH)相关症状(如突发头痛、意识障碍)；(2) 未破裂动脉瘤需符合干预指征(占位效应、短期增大或药物治疗无效)。3. 治疗要求：(1) 接受 FD 或 SAC 血管内治疗；(2) 围术期管理及随访资料完整；(3) 签署知情同意书并通过伦理审查。排除标准：1. 基础疾病：(1) 合并严重凝血功能障碍；(2) 严重心、肝、肾功能不全；(3) 活动性感染或恶性肿瘤。2. 动脉瘤特征：(1) 外伤性或感染性动脉瘤；(2) 累及椎动脉颅外段(V3 段)或基底动脉主干；(3) 多发动脉瘤或既往同部位治疗史。

2.2. 数据收集与处理

基线资料：记录人口学特征(性别、年龄)、血管危险因素(高血压、糖尿病、冠心病、高血脂、吸烟史、饮酒史)、手术时间、破裂情况、临床症状。

2.3. 围术期管理

(1) FD 组术前双抗治疗(阿司匹林 + 氯吡格雷/替格瑞洛)，术后长期抗血小板；(2) SAC 组根据破裂状态调整抗栓方案(未破裂者常规双抗，破裂者负荷剂量)。

2.4. 手术方法

所有患者术前需经过完整的术前讨论，要求至少 2 名具有 5 年介入治疗经验丰富的专家商量后拟定治疗方案，主要包括血流导向装置置入、支架辅助颅内动脉瘤栓塞、单纯支架置入等，手术方案的选取

主要依据患者年龄，术前症状及状态，动脉瘤部位等。FD 组采用 Pipeline 或 Tubridge 血流导向装置治疗，其中 4 例单纯 FD 植入，12 例联合弹簧圈栓塞。术中通过 6/8 F 长鞘将中间导管置入载瘤动脉，微导管精准定位至病变远端后，采用半释放技术逐步展开支架覆盖瘤颈及夹层全程，必要时通过支架网眼进行弹簧圈致密填塞。SAC 组采用 Neuroform 或 LVIS 支架辅助治疗，其中 2 例单纯支架置入，20 例联合弹簧圈栓塞。两组术后均行双联抗血小板治疗(阿司匹林 100 mg/d + 氯吡格雷 75 mg/d)持续 6 个月。

2.5. 疗效评估

主要评估为术后 6 个月~2 年 DSA 显示的动脉瘤完全闭塞率(Raymond-Roy 分级：完全闭塞：I级；显影残留：II~III级)，次要评估包括改良 Rankin 量表(mRS)评分、相关并发症(支架内血栓、穿支闭塞)。有效性评估为末次 DSA 评估动脉瘤 Raymond 分级；安全性评估为：围术期并发症(血栓形成、颅内出血等)；预后指标：改良 Rankin 量表(mRS)评分(0~2 分：良好；3~6 分：不良)；随访策略：术后 3 个月、6 个月、1 年及 2 年复查 DSA。统计学分析：运用 SPSS 27.0 对收集的数据进行统计学分析，连续变量资料用均数和标准差表示；分类变量资料用频数(n)和百分比(%)表示，用 Fisher 精确检验及 Logistic 回归分析处理数据， $P < 0.05$ 表示有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组人口学信息资料比较

两组人口学信息资料比较：本研究共纳入了 38 例患有 IDA 的患者。16 例 IDA 采用 PED 栓塞，中位年龄 53.5 岁，男性 11 例(68.8%)，女性 5 例(31.2%)；22 例 IDA 采用 SAC 治疗；中位年龄 54.1 岁，男性 15 (68.2%)，女性 7 (31.8%)。两组之间在性别、年龄、基础疾病(高血压、糖尿病、冠心病、高血脂)、吸烟、饮酒、动脉瘤是否破裂、入院前症状(头痛、头晕、恶心、呕吐)等方面 P 值均 >0.05 (见表 1)。

Table 1. Comparison of baseline demographic and clinical characteristics between the two groups
表 1. 两组人口学信息资料比较

项目	血流导向装置组(n = 16)	传统支架(n = 22)	P 值
男性	11 (68.8)	15 (68.2)	0.626
中位年龄	53.5 ± 11.5	54.1 ± 11.1	0.554
高血压	9 (56.3)	14 (63.6)	0.743
糖尿病	3 (18.8)	4 (18.2)	0.641
冠心病	4 (25.0)	6 (27.3)	0.589
高血脂	3 (18.8)	5 (22.7)	1.000
吸烟史	7 (43.8)	10 (45.5)	1.000
饮酒史	4 (25.0)	5 (22.7)	0.584
动脉瘤破裂	10 (62.5)	16 (72.7)	0.725
头痛、头晕	8 (50.0)	13 (59.1)	0.743
恶心、呕吐	4 (25.0)	8 (36.4)	0.504

注：与观察组比较，^a $P < 0.05$ 。

3.2. 两组手术时间与围手术期并发症比较

Fd 组与 SAC 组围手术期并发症发生率如下表，两组之间在术中脑血管痉挛、术后梗死、术后出血、术后肺部感染、术后脑积水等方面 P 值均大于 0.05；所有患者术中均无夹层动脉瘤再破裂。FD 组手术时间中位数为 69.1 min，SAC 组手术时间中位数为 107.4 min，P 值 < 0.05。见表 2。

Table 2. Comparison of operative time and perioperative complications between the FD and SAC groups

表 2. 两组手术时间与围手术期并发症比较

项目	血流导向装置组(n = 16)	传统支架(n = 22)	P 值
手术时间(min)	69.1 ± 20.2	107.4 ± 24.9	0.031
术中脑血管痉挛	0 (0)	2 (9.1)	0.329
术后梗死	2 (12.5)	3 (13.6)	1.000
术后出血	0 (0)	1 (4.5)	0.579
术后肺部感染	2 (12.5)	4 (18.1)	0.688
术后脑积水	1 (6.3)	3 (13.6)	0.624

注：与观察组比较，^aP < 0.05。

3.3. 两组入院时与出院时 mRS 评分比较

FD 组 14 例术后恢复较好(0~2 分)，2 例预后不良(3~6 分)，总良好率为 87.5%。SAC 组 18 例术后恢复较好(0~2 分)，4 例预后不良(3~6 分)，总良好率 81.2%，P 值为 1.000，表明两组其出院预后与治疗方式没有统计学差异，两组均具有较好的安全有效性(见表 3)。

Table 3. Comparison of modified Rankin scale scores at admission and at discharge between the FD and SAC groups

表 3. 两组入院时与出院时 mRS 评分比较

Mrs 评分	血流导向装置组(n = 16)	传统支架(n = 22)	P 值
0~2 入院	10 (62.5)	13 (59.1)	1.000
出院	14 (87.5)	18 (81.2)	
3~6 入院	6 (37.5)	8 (36.4)	
出院	2 (12.5)	4 (18.2)	
Mrs 评分	血流导向装置组(n = 16)	传统支架(n = 22)	P 值
0~2 入院	10 (62.5)	13 (59.1)	

注：与观察组比较，^aP < 0.05。

3.4. 两组末次 DSA 随访观察时动脉瘤闭塞情况

Table 4. Aneurysm occlusion status at final follow-up digital subtraction angiography

表 4. 末次 DSA 随访观察时动脉瘤闭塞情况

闭塞情况	血流导向装置组(n = 14)	传统支架(n = 18)	P 值
完全闭塞	13 (92.9)	11 (61.1)	0.047
不全闭塞	1 (7.1)	7 (38.9)	

注：与观察组比较，^aP < 0.05。

在最终 DSA 随访时动脉瘤的闭塞程度结果中, 随访 32 例患者, FD 组 14 例, 其中完全闭塞 13 例(92.9%), 不全闭塞 1 例(7.1%); SAC 组 18 例, 其中完全栓塞 11 例(61.1%), 不全闭塞 7 例(38.9%), 其中有 2 例复发, 1 例再次栓塞, 1 例考虑相对稳定, 继续随访观察, P 值 < 0.05 (见表 4)。

4. 讨论

颅内夹层动脉瘤(IDA)因其高致残率、致死率及复杂的病理特征, 对治疗策略提出了严峻挑战。本研究通过对比分析血流导向装置(FD)与传统支架辅助弹簧圈栓塞术(SAC)治疗 38 例 IDA 患者的临床数据, 旨在为优化治疗方案提供循证依据。核心发现包括: FD 显著缩短手术时间, 显著提高动脉瘤完全闭塞率, 同时围术期安全性指标与 SAC 相当。

4.1. 两种术式的安全性比较

本研究结果显示, 两组患者在围手术期并发症发生率方面差异无统计学意义($P > 0.05$)。FD 组发生缺血性并发症 2 例(12.5%), SAC 组 3 例(13.6%), 均为急性血栓形成, 经溶栓或抗血小板治疗后症状改善。这一结果与既往研究一致[12]-[14], 表明在有经验的神经介入团队操作下, FD 与 SAC 短期安全性相当。FD 的术中操作相对简洁, 可一次性覆盖病变长节段, 减少反复导管操作, 有助于降低手术相关风险; 但其高金属覆盖率可能增加穿支动脉闭塞的风险, 尤其在后循环动脉瘤中需谨慎评估[15] [16]。SAC 在破裂动脉瘤中优势在于可快速实现瘤腔致密填塞, 降低早期再出血风险, 但需在瘤颈处反复操作微导管, 理论上可能增加手术时间及术中并发症风险[17]。

4.2. 手术时间的差异与临床意义

研究发现, FD 组平均手术时间(69.1 ± 20.2 min)显著短于 SAC 组(107.4 ± 24.9 min, $P = 0.031$)。原因可能包括: ① FD 治疗多为单一器械操作, 简化操作流程, 尤其在单纯 FD 植入时无须反复更换微导管及填塞弹簧圈[18]; ② FD 可一次性覆盖病变全长, 减少复杂瘤颈塑形及多枚支架交叉放置的时间; ③术中影像确认步骤相对简化。手术时间缩短不仅有助于减少麻醉风险和辐射暴露, 也可能降低导管相关并发症发生率, 减少了麻醉相关并发症风险, 对全身情况较差或合并严重基础疾病的患者意义尤为重要。

4.3. 动脉瘤完全闭塞率的比较

末次 DSA 随访显示, FD 组完全闭塞率为 92.9%, 显著高于 SAC 组的 61.1% ($P = 0.047$)。这一结果具有重要的临床意义, 印证了 FD 在动脉瘤血流动力学重塑方面的优势[19]。FD 通过高金属覆盖率改变瘤颈处血流模式, 显著减少瘤腔内血流冲击, 促进血栓形成及瘤颈内皮化过程, 从而实现持久闭塞, 这种机制特别适合于 IDA 这种累及动脉壁层间、形态复杂(梭形、长节段)的病变。SAC 虽然在术中可快速填塞瘤腔, 然而, 对于 IDA, 其夹层腔隙往往不规则、呈裂隙状或累及范围广, 弹簧圈难以实现稳定、致密的填塞。弹簧圈在血流持续冲击下可能出现压缩、移位, 导致复发。本研究 SAC 组随访中出现 2 例复发病例, 其中 1 例需再次栓塞治疗, 提示在累及长节段的夹层动脉瘤治疗中, FD 的远期稳定性可能优于 SAC。虽然本研究随访时间集中在术后 6 个月至 2 年, 但大量关于 FD (尤其 Pipeline)的长期随访研究(如 5 年随访)显示, 其闭塞率随时间推移持续增高[20]-[22], 且一旦达到完全闭塞, 复发率极低。本研究的 FD 组在相对中期的随访即达到 93% 的完全闭塞率, 预示了良好的长期预后潜力。

4.4. 预后(mRS 评分)的比较

出院时, FD 组 mRS 0~2 的比例为 87.5%, SAC 组为 81.2%, 两组差异无统计学意义($P = 1.000$), 这表明在现有治疗和围术期管理下, 两种技术都能在短期内为大多数 IDA 患者带来可接受的神经功能恢

复。这与既往文献的结论一致[23][24],即血管内重建性治疗(无论FD还是SAC)均可有效改善IDA患者的近期功能状态。需要注意的是,本研究中大部分患者在入院时mRS已处于较低水平(0~2分占比均超过60%),病情基线较轻,两组患者基线特征(包括破裂比例、症状)均衡。严重并发症发生率相似,短期内两种技术带来的神经功能结果相似就相对合理。SAC组略低的良好预后率(81.2% vs 87.5%)可能与稍高的并发症发生率(如1例出血、略高的肺炎和脑积水)有关,但样本量小并未体现差异。对于入院时mRS评分较高、合并大面积梗死或重度SAH的患者,预后改善的幅度可能有限。长期神经功能预后可能与动脉瘤的持久闭塞状态密切相关。FD组更高的完全闭塞率和更低的复发风险(本研究中SAC组有2例复发)预示着其长期神经功能保护和预防再出血方面可能具有优势,这需要更长时间的随访(>2年)来验证。

4.5. 术式选择的临床考虑

FD与SAC在治疗IDA时各有优势与局限。FD适合累及长节段、瘤颈宽大或形态不规则的夹层动脉瘤,尤其在未破裂病例中优势明显;但在急性破裂动脉瘤中,由于需要术前负荷双抗,可能增加早期再出血风险,需权衡病情急迫性与抗栓管理的矛盾。SAC在破裂动脉瘤急诊处理中的可行性更高,可在短时间内达致密栓塞,减少再出血概率;但其长期闭塞率低于FD,且复发风险较高。因此,在术式选择时应综合考虑动脉瘤破裂状态、解剖特点、患者全身状况及抗血小板治疗耐受性等因素。

4.6. 本研究的局限性与展望

本研究为单中心回顾性分析,最终仅有32例完成DSA随访,失访率约为15.8%。失访可能会造成一定的选择性偏倚。通常情况下,复发或并发症较轻的患者更可能未能按期随访,从而导致完全闭塞率被高估、并发症发生率被低估;亦可能因失访患者的临床结局不明,使得真实的长期预后被部分掩盖。此外,研究未分亚组分析前循环与后循环动脉瘤、破裂与未破裂动脉瘤的预后差异,可能掩盖部分术式选择的细节差异。为尽量减小此影响,本研究在统计分析时仅纳入完成随访的患者,但未来应通过前瞻性设计与多中心联合登记研究,运用失访数据多重填补(multiple imputation)等方法,以提高结果的代表性与稳健性;所有数据来自单一中心,其结果可能受该中心特定的患者群体、术者偏好和技术水平的影响,影响结论的外推性。未来应开展多中心、大样本、前瞻性随机对照研究,进一步验证FD与SAC在不同类型IDA中的疗效与安全性差异。

本研究通过回顾性分析表明,在治疗颅内夹层动脉瘤(IDA)时,血流导向装置(FD)相较于传统支架辅助弹簧圈栓塞术(SAC),在保证围手术期安全性相当的前提下,具有显著缩短手术操作时间和提高动脉瘤完全闭塞率的优势。FD组在中期随访中展现出高达92.9%的完全闭塞率,显著优于SAC组的61.1%,且手术时间缩短近40%。这一结果强力支持了FD通过其独特的血流动力学重塑和内皮化机制,在处理IDA这类复杂病变方面的卓越有效性。尽管两种技术在患者出院时的短期神经功能预后(mRS)无显著差异,但FD带来的持久血管重建预期将更为患者提供更可靠的长期保护,降低复发和再干预风险。这一结论与既往多项以Pipeline、TUBRIDGE等器械为代表的研究结果一致,进一步验证了FD在血流重建性治疗中的有效性与安全性。因此,对于符合条件的IDA患者,FD应被视为优先选择的血管内治疗策略。未来需要通过更大规模、前瞻性、长周期的研究进一步验证FD的长期安全性、有效性及经济效益,并探索优化个体化治疗方案。

参考文献

- [1] 凌国源, 黄玮. 颅内夹层动脉瘤的分型及血管内治疗进展[J]. 卒中与神经疾病, 2018, 25(6): 126-128+134.
- [2] DeBette, S., Compter, A., Labeyrie, M., Uyttenboogaart, M., Metso, T.M., Majersik, J.J., et al. (2015) Epidemiology, Pathophysiology, Diagnosis, and Management of Intracranial Artery Dissection. *The Lancet Neurology*, 14, 640-654.

- [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(15\)00009-5](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(15)00009-5)
- [3] Ortiz, J. and Ruland, S. (2015) Cervicocerebral Artery Dissection. *Current Opinion in Cardiology*, **30**, 603-610. <https://doi.org/10.1097/hco.0000000000000224>
- [4] 杨铭. 颅内动脉夹层动脉瘤[J]. 中国临床神经外科杂志, 2013, 18(8): 505-508.
- [5] 师艳芳, 武剑, 宋海庆, 等. 颈动脉超声和 CT 血管成像及 DSA 在颈动脉夹层诊断中的应用价值[J]. 中国脑血管病杂志, 2014(5): 242-245.
- [6] 赵兵. 颅内动脉夹层的发病机制及影像学表现[J]. 实用放射学杂志, 2018, 34(7): 1130-1133.
- [7] 杨新健, 刘建民, 张义森. 颅内夹层动脉瘤的血管内治疗中国专家共识[J]. 中华神经外科杂志, 2018, 34(8): 757-763.
- [8] Song, Y., Wang, Y., Li, C., Wang, Y., Mu, S. and Yang, X. (2014) Retreatment and Outcomes of Recurrent Intracranial Vertebral Artery Dissecting Aneurysms after Stent Assisted Coiling: A Single Center Experience. *PLOS ONE*, **9**, e113027. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113027>
- [9] Turhon, M., Kang, H., Liu, J., Zhang, Y., Zhang, Y., Huang, J., *et al.* (2022) In-Stent Stenosis after Pipeline Embolization Device in Intracranial Aneurysms: Incidence, Predictors, and Clinical Outcomes. *Neurosurgery*, **91**, 943-951. <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000002142>
- [10] 韩奖励. 颅内椎动脉夹层动脉瘤的形态特征及血管内治疗研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2023.
- [11] Li, L., Xu, G.Q., Gao, H.L., *et al.* (2022) Endovascular Treatment of Intracranial Vertebral Artery Unruptured Dissecting Aneurysms: Comparison of Flow Diversion and Stent-Assisted Coiling or Stenting Alone. *Frontiers in Neurology*, **13**, Article 919866. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.919866>
- [12] Catapano, J.S., Ducruet, A.F., Cadigan, M.S., Farhadi, D.S., Majmundar, N., Nguyen, C.L., *et al.* (2021) Endovascular Treatment of Vertebral Artery Dissecting Aneurysms: A 20-Year Institutional Experience. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **14**, 257-261. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-017089>
- [13] 田伟伟, 朱辰路, 孙阳阳, 等. 血管内介入治疗椎动脉颅内段夹层动脉瘤[J]. 中国临床神经外科杂志, 2021, 26(5): 324-326.
- [14] 陶木顺. Pipeline 栓塞与支架辅助弹簧圈栓塞对于治疗未破裂颅内夹层动脉瘤的比较[D]: [硕士学位论文]. 晋中: 山西医科大学, 2021.
- [15] Narata, A.P., Yilmaz, H., Schaller, K., Lovblad, K.O. and Pereira, V.M. (2012) Flow-Diverting Stent for Ruptured Intracranial Dissecting Aneurysm of Vertebral Artery. *Neurosurgery*, **70**, 982-989. <https://doi.org/10.1227/neu.0b013e318236715e>
- [16] Balik, V., Yamada, Y., Talari, S., Kei, Y., Sano, H., Suyama, D., *et al.* (2018) State-of-Art in Surgical Treatment of Dissecting Posterior Circulation Intracranial Aneurysms. *Neurosurgical Review*, **41**, 31-45. <https://doi.org/10.1007/s10143-016-0749-0>
- [17] 蔡楚伟, 李辉, 徐可, 等. 支架辅助治疗椎-基底动脉夹层动脉瘤的疗效分析[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2020, 25(11): 508-509.
- [18] Suh, D.C., Song, Y.S., Park, S.I. and Kwon, B. (2023) Flow Diverter Treatment Using a Flow Re-Direction Endoluminal Device for Unruptured Intracranial Vertebral Artery Dissecting Aneurysm: Single-Center Case Series and Technical Considerations. *Neurointervention*, **18**, 114-122. <https://doi.org/10.5469/neuroint.2023.00199>
- [19] 任伟, 汪姝, 张坤, 等. 血流动力学优化血流导向装置治疗椎基底动脉夹层动脉瘤近期疗效分析[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2022, 36(12): 1219-1223.
- [20] 姜世豪, 夏源, 艾孜买提江·吐尔逊, 等. 血流导向装置治疗椎动脉夹层动脉瘤疗效分析[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2024, 50(6): 355-359.
- [21] Oh, H.S., Bae, J.W., Hong, C., Kim, K.M., Yoo, D.H., Kang, H., *et al.* (2022) Flow Diverter in Unruptured Intracranial Vertebral Artery Dissecting Aneurysm. *Frontiers in Neurology*, **13**, Article 912863. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.912863>
- [22] 李航, 贺迎坤, 白卫星, 等. Pipeline 血流导向装置治疗复杂颅内动脉瘤的安全性及中期疗效[J]. 中华神经外科杂志, 2018, 34(5): 442-446.
- [23] Engelter, S.T., Traenka, C., Von Hessling, A. and Lyrer, P.A. (2015) Diagnosis and Treatment of Cervical Artery Dissection. *Neurologic Clinics*, **33**, 421-441. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2014.12.002>
- [24] Oya, S., Yoshida, S., Saito, A., *et al.* (2022) The Optimal Management of Ruptured Basilar Artery Dissecting Aneurysms: A Case Series and Scoping Review. *Neurosurgical Review*, **45**, 3427-3436.