

# 椎动脉起始部狭窄血管内介入治疗 中国专家共识(2024 版)

中国医师协会介入医师分会 中国医师协会神经外科医师分会神经介入专业委员会  
中国卒中学会神经介入分会

通信作者: 刘建民, 海军军医大学第一附属医院临床神经医学中心, 上海 200433, Email: Liu118@vip.163.com; 杨鹏飞, 海军军医大学第一附属医院脑血管病中心, 上海 200433, Email: p.yang@vip.163.com; 缪中荣, 首都医科大学附属北京天坛医院介入神经病学科, 北京 100070, Email: zhongrongm@163.com

**【摘要】** 椎动脉起始部狭窄(VAOS)是椎动脉狭窄最常见的类型,将导致后循环系统供血减少或继发椎-基底动脉栓塞,产生一系列神经系统功能缺损的临床表现。目前关于VAOS治疗的临床随机对照研究相对较少,其治疗经验主要来自冠状动脉硬化性心脏病、颈动脉狭窄等疾病的治疗,包括药物治疗和血运重建等。血管内介入治疗因其操作简便、创伤小、安全性高等优势,逐渐成为VAOS的首选血运重建策略。但该技术临床应用中仍存在手术指征不明确、手术策略不一致等不足,故本共识结合最新临床研究成果和专家意见,在VAOS术前评估、围手术期管理、血管内介入治疗策略、并发症防治及术后随访内容等方面提出如下意见及建议。

**【关键词】** 椎动脉起始部; 狭窄; 血运重建; 血管内介入治疗; 药物洗脱支架; 专家共识

基金项目: 2022 年国家临床重点专科建设项目(Z155080000004)

实践指南注册: 国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2024CN086)

DOI:10.3760/cma.j.cn115354-20240910-00556

## Chinese expert consensus on endovascular intervention for vertebral artery ostium stenosis (2024 edition)

Chinese College of Interventionalists, Neurointerventional Professional Committee of Chinese Congress of Neurological Surgeons, Interventional Neuroradiology Branch of Chinese Stroke Association

Corresponding author: Liu Jianmin, Clinical Neuromedicine Center, First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200433, China, Email: Liu118@vip.163.com; Yang Pengfei, Neurovascular Center, First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200433, China, Email: p.yang@vip.163.com; Miao Zhongrong, Department of Interventional Neurology, Beijing Tiantan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100070, China, Email: zhongrongm@163.com

**【Abstract】** Vertebral artery ostium stenosis (VAOS), a common site of vertebral artery stenosis, could reduce the blood supply of posterior circulation or cause secondary embolism to the vertebral-basilar artery, following with a series of clinical features of neurological dysfunction. Few clinical randomized controlled studies have designed for VAOS treatment; VAOS treatment experiences mainly come from management of coronary heart disease and carotid artery stenosis, including drug therapy and revascularization. Endovascular intervention has become the preferred revascularization strategy for VAOS due to user-friendly control, minimal trauma and high safety. However, there are still some deficiencies in its clinical application, such as unclear surgical indications and inconsistent surgical strategies. This consensus aims to provide suggestions on preoperative evaluation, perioperative management, endovascular interventional strategies, prevention and management of complications, and postoperative follow-up of VAOS based on the latest clinical studies and experts' opinions.

**【Key words】** Vertebral artery ostium; Stenosis; Revascularization; Endovascular intervention; Drug-eluting stent; Expert consensus



**Fund program:** 2022 National Clinical Key Specialty Construction Project (Z15508000004)

**Practice Guide Registration:** International Practice Guide Registration and Transparency Platform (PREPARA-2024CN086)

DOI:10.3760/cma.j.cn115354-20240910-00556

椎动脉起始部狭窄 (vertebral artery ostium stenosis, VAOS) 是指各种原因导致的椎动脉起始部管腔变窄、血流受限, 将导致椎-基底动脉系统供血减少, 从而产生一系列后循环缺血相关的神经系统功能缺损表现, 如头晕、视物旋转、视物模糊或双影、肢体活动障碍、构音障碍、共济失调等<sup>[1]</sup>。后循环卒中登记研究结果表明, 后循环缺血事件中约 7.9% 病例与 VAOS 直接相关 (动脉-动脉栓塞), 约 4.9% 病例与 VAOS 可能相关, 无症状性 VAOS 发生率约为 5.4%<sup>[2]</sup>。回顾性研究表明, 20.2%~31.6% 行血管内治疗的急性基底动脉闭塞病例是由椎动脉起始部狭窄处血栓脱落所导致<sup>[3-4]</sup>。VAOS 的治疗取决于狭窄的严重程度、临床表现和血管代偿情况, 治疗方法包括一般治疗、药物治疗和血运重建 (血管内介入治疗、外科手术治疗), 其中血管内介入治疗因其创伤小、安全性高等优势, 逐渐成为 VAOS 的首选血运重建策略。为进一步规范 VAOS 血管内介入治疗流程及操作, 中国医师协会介入医师分会组织专家讨论并结合最新临床研究成果制定本共识, 围绕围手术期管理、血运重建适应证、手术策略选择和术后随访这四个方面提出若干推荐意见。

### 一、共识制定过程及方法学

#### (一) 共识发起机构及工作流程

本共识由中国医师协会介入医师分会发起和组织撰写, 撰写工作自 2023 年 10 月启动, 邀请了国内神经外科、神经内科、血管外科、神经介入科、放射介入科等 99 位专家参与编写和讨论。通过文献检索、证据总结及结合专家临床实践经验, 形成共识框架及初拟推荐意见。采用改良德尔菲法对专家组进行 2 轮专家函询及 1 轮线下论证, 形成最终推荐意见, 汇总得到最终共识内容。

### (二) 文献检索

检索数据库包括 PubMed、Web of Science、Embase、中国知网和万方数据知识服务平台; 检索关键词包括 “vertebral artery ostium stenosis、vertebral artery origine stenosis、vertebral artery ostium、vertebral artery origine、vertebral artery stenosis、endovascular treatment、endovascular intervention treatment、椎动脉起始部狭窄、椎动脉起始部、椎动脉狭窄、介入治疗等”。检索时间为建库开始至 2024 年 4 月, 纳入文献类型包括临床指南、专家共识、综述、荟萃分析和原创论著; 剔除重复文献、无法获取全文的文献。

### (三) 推荐等级

本共识采用改良德尔菲法, 即专家组投票的形式决定推荐意见的分级, 投票设置 5 个选项: (1) 强推荐; (2) 弱推荐; (3) 无明确推荐意见; (4) 弱不推荐; (5) 强不推荐。通过统计投票结果中不同选项及组合的投票比例, 将推荐等级分为 I、II、III、IV 级, 具体代表意义见表 1。

## 二、椎动脉概述

### (一) 椎动脉的解剖结构

椎动脉一般起自锁骨下动脉中段, 向上经第 6 至第 1 颈椎的横突孔, 再向后方穿过枕下三角, 然后通过枕骨大孔进入颅内; 双侧椎动脉汇合形成基底动脉。椎动脉在解剖学上分为四段, 分别为颈段 (V1 段)、椎间段 (V2 段)、枕段 (V3 段) 和颅内段 (V4 段)<sup>[5]</sup>。人群中约 11% 存在椎动脉发育不良, 包括椎动脉纤细、椎动脉仅供血至小脑后下动脉、椎动脉缺如等<sup>[6-7, 3]</sup>。研究表明, 存在椎动脉发育不良的人群脑卒中风险明显增加<sup>[8-9]</sup>。椎动脉的侧支代偿相对较弱, 主要来自后交通动脉, 其次为颈外动脉系

表 1 专家共识推荐等级及其代表意义

Tab.1 Recommendation level and significance of the consensus

推荐等级	代表意义
I 级 (一致推荐或一致不推荐)	投票 100% 一致, 所有专家完全达成共识
II 级 (强推荐或强不推荐)	投票 75%~99% 一致, 绝大多数专家达成共识
III 级 (弱推荐或弱不推荐)	投票 50%~74% 一致, 多数专家达成共识, 但少数专家存在分歧
IV 级 (专家未达成一致性结论)	投票 <50% 一致, 专家未达成一致性结论

统中枕动脉-咽升动脉之间的吻合、肋颈干-颈深动脉的侧支吻合、甲状颈干-颈升动脉的侧支吻合、脉络膜动脉侧支代偿和双侧椎动脉间的肌支吻合等。后交通动脉发育不良会影响椎动脉的侧支代偿,发生后循环大血管闭塞时,存在胚胎型大脑后动脉的患者,其对后循环的侧支代偿更为薄弱<sup>[10]</sup>;其他代偿途径主要见于慢性椎动脉闭塞的患者。一项纳入了 22 例双侧 VAOS 或闭塞的研究表明:双侧 VAOS 或闭塞后可启动 6 条侧支代偿途径,分别为后交通动脉、颈深动脉、甲状颈干、枕动脉、脉络膜动脉、双侧椎动脉间肌支等,多种代偿途径可同时存在<sup>[11]</sup>。

### (二)VAOS 的病因

VAOS 的病因主要包括动脉粥样硬化、纤维肌发育不良、血管炎、先天性发育异常、放射性损伤、机械性损伤(颈椎退行性变、外伤、主动脉夹层、胸廓出口综合征等)等<sup>[12]</sup>。动脉粥样硬化是 VAOS 最常见的病因,椎动脉起始部是血管内斑块形成和进展的第二常见部位,仅次于颈动脉分叉部<sup>[13-14]</sup>。

### (三)VAOS 狭窄程度分级

VAOS 狭窄程度的测量与计算方法相关。数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)为判断 VAOS 狭窄程度的金标准。造影后,参照北美症状性颈动脉内膜切除试验(North American symptomatic carotid endarterectomy trial, NASCET)中关于颈动脉狭窄的测量方法<sup>[15]</sup>,公式为狭窄率(%)=(1-残余管腔直径)/狭窄远端正常管腔直径×100%。VAOS 的狭窄程度分为:轻度狭窄(狭窄率≤49%)、中度狭窄(狭窄率为 50%~69%)和重度狭窄(狭窄率为 70%~99%)。

## 三、VAOS 的诊断

VAOS 诊断主要依赖于临床表现及辅助检查。常用的辅助检查方法包括:血管超声、磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)、计算机断层扫描血管成像(computed tomography angiography, CTA)、DSA、高分辨率 MRI 和光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)等,这些技术能够提供详细的血管结构信息,以评估狭窄部位、狭窄程度、斑块性质等。

### (一)临床表现

VAOS 引起后循环缺血常见的临床表现包括平衡障碍、头晕、恶心呕吐、眼球震颤、复视、吞咽困难、肢体无力、意识障碍、跌倒发作和偏盲等;较为少见的表现包括短暂性全面性遗忘、枕部头痛和双侧运动和(或)感觉障碍<sup>[16-18]</sup>。狭窄部位的易损斑块

或者血栓也可能脱落进入到后循环血管中,进而导致短暂性脑缺血发作或者后循环脑梗死。其严重程度受多种因素影响,包括狭窄程度、侧支代偿、解剖变异及危险因素等,例如双侧椎动脉都存在病变的患者更容易出现相关临床表现<sup>[15]</sup>。

### (二)辅助检查

1. 血管超声:血管超声是 VAOS 早期筛查和诊断中最常用的检查手段,具有安全、无创、可重复、经济有效的特点。血管超声探查椎动脉起始部时由于受到锁骨阻挡,一般需要使用凸阵探头;不仅能探查血管狭窄程度,还能探查椎动脉血流方向、速度及有无盗血,并可用于长期随访。椎动脉起始部的解剖结构较为复杂,血管走行迂曲,管径较小,起始部重度狭窄患者超声检测具有一定的挑战性<sup>[19]</sup>。

2. CTA/MRA:CTA 和 MRA 在诊断 VAOS 时具有较高的准确性,能够清晰显示椎动脉的走行、狭窄程度等重要信息<sup>[20]</sup>。经过后处理的 CTA 图像还能够实现多角度旋转和多方位观察。CTA 的缺点包括:难以准确识别广泛钙化血管的管腔直径<sup>[17]</sup>、造影剂的肾脏毒性、过敏反应、射线辐射等。

时间飞跃法磁共振血管成像(time of flight MRA, TOF-MRA)是最常用、无创且不需对比剂的椎动脉成像方式,但成像质量受到血流速度、血管迂曲等多种因素的影响,可能夸大血管狭窄的程度;而使用对比剂的 MRA 可以提高准确度<sup>[21]</sup>。

无论 CTA 还是 MRA,尽管有较好的空间分辨率,但是缺乏时间分辨率,不能实时地观察 VAOS 及血流情况。

3. DSA:DSA 是诊断 VAOS 的金标准,有较好的空间和时间分辨率,可实时监测血流变化,有助于精准评估血管狭窄程度和血流动力学变化及椎动脉血流代偿情况,但其风险也是所有影像学检查中最高的<sup>[21-23]</sup>。DSA 一般不作为常规影像学筛查方法,当血管超声、CTA 或 MRA 提示中-重度 VAOS 拟行血管内介入治疗时,需要行 DSA 检查进一步准确评估狭窄程度及血流代偿或行血管内介入治疗。

4. 其他影像检查:高分辨率 MRI 和 OCT 也逐步用于评估颅内、外动脉狭窄程度及斑块性质,并指导治疗策略的制定。高分辨率 MRI 在确定动脉粥样硬化斑块的组成和稳定性,鉴别夹层、管腔内斑块长度及有无血栓等腔内容物性质方面具有显著性优势<sup>[24]</sup>。OCT 旨在提供目标动脉的横截面视图,用于评估血管内皮完整性、斑块性质,同时辅助评价支架置入术后支架贴壁性、支架表面的内膜增生



和再狭窄情况等<sup>[25]</sup>。随着影像技术的发展,多模影像融合技术可以实现 CTA、MRA、DSA 间的影像融合,从而实现术前、术中精准血管评估并指导治疗。

#### 四、VAOS 的治疗

##### (一) 药物治疗

动脉粥样硬化引起的 VAOS 首选药物治疗;对于大动脉炎引起的 VAOS,需要参照血管炎的相关治疗。VAOS 的最佳药物治疗包括血脂管理、抗血小板聚集治疗和抗凝治疗等。

1. 血脂管理:依据《中国缺血性脑卒中血脂管理指南》的建议,VAOS 患者属于伴有多种危险因素的高危血脂异常人群,需要强化降脂,建议服用他汀类药物,将低密度脂蛋白胆固醇水平降低至 1.8 mmol/L 以下<sup>[26-28]</sup>。服用他汀类药物期间定期监测肝功能。

2. 抗血小板聚集治疗:VAOS 抗血小板聚集治疗的循证医学证据较少,其用药经验临床上多基于冠状动脉、颈动脉或颅内动脉狭窄等疾病的治疗经验。拟行血管内介入治疗时,双联抗血小板聚集治疗至少于术前 72 h 开始实施;临时给予负荷剂量的双联抗血小板聚集药物或静脉给予糖蛋白 II b/III a 受体拮抗剂可作为术前用药不足 72 h 时的替代治疗<sup>[29]</sup>。2023 年美国神经介入外科标准和指南协会发表的《神经介入术中抗血小板和抗血栓药物:指南更新》<sup>[30]</sup>中指出,行介入手术治疗的颅内动脉粥样硬化性狭窄或颈动脉支架置入术后,双联抗血小板聚集治疗至少应用 3 个月。而植入药物涂层支架建议双联抗血小板聚集治疗 9~12 个月后改用单一抗血小板聚集治疗<sup>[31]</sup>。氟化聚合物涂层药物洗脱支架生物相容性较好,有研究显示,使用氟化聚合物涂层支架术后双联抗血小板聚集时间缩短至 1~3 个月不增加缺血风险,同时减少主要出血事件<sup>[32]</sup>。使用抗血小板聚集治疗时,应行血小板聚集功能检测或基因检测,并定期监测血小板功能。对于阿司匹林抵抗或不耐受的患者,应加大剂量或更换药物以增强对血小板的抑制<sup>[33]</sup>;而对于氯吡格雷抵抗的患者,可同时参考与氯吡格雷低反应有关的 CYP2C19\*2 等位基因多态性检测结果,增加药物剂量或更换药物。

3. 抗凝治疗:血管夹层是导致 VAOS 的少见病因之一,2021 年《欧洲卒中组织颅外和颅内动脉夹层管理指南》<sup>[34]</sup>针对这类患者推荐行抗血小板聚集或抗凝治疗。目前关于 VAOS 合并房颤的药物治疗研究较少,国内大多参考冠心病合并心房颤动的围

手术期用药。2020 年《冠心病合并心房颤动患者抗栓管理中国专家共识》<sup>[35]</sup>中指导意见推荐围手术期抗凝+双抗的三联抗栓治疗;合并房颤的急性冠脉综合征患者拟行经皮冠脉介入手术时可考虑采用 P2Y<sub>12</sub>受体拮抗剂预处理(负荷剂量 300 mg)。高缺血/血栓栓塞风险和低出血风险患者,术后三联抗栓治疗一般不超过 1 个月,在患者出院时改为口服抗凝+单一抗血小板聚集的双联疗法;术后 1 年时可停用抗血小板聚集药物,仅抗凝治疗。低缺血/血栓栓塞风险和高出血风险的患者可考虑在术后 6 个月停用抗血小板聚集药物。

**VAOS 围手术期药物治疗推荐意见:**(1)VAOS 血管内介入治疗术前应口服阿司匹林和氯吡格雷至少 72 h;VAOS 金属裸支架植入术后服用双联抗血小板聚集药物 1~3 个月后改用单一抗血小板聚集治疗;药物洗脱支架植入术后双联抗血小板聚集治疗 3~6 个月后改用单一抗血小板聚集治疗(推荐等级:II 级)。(2)合并房颤或瓣膜病时,术前予以口服抗凝+双联抗血小板聚集的三联治疗;高缺血/血栓栓塞风险和低出血风险患者,术后 1 个月改为口服抗凝+单一抗血小板聚集的双联疗法,术后 12 个月改为单一抗凝治疗或个体化继续双联治疗;低缺血/血栓栓塞风险和高出血风险者,出院后即改为口服抗凝+单一抗血小板聚集的双联疗法,术后 6 个月停用抗血小板聚集药(推荐等级:II 级)。

##### (二) 血运重建

研究表明,症状性椎动脉狭窄即使给予规范的药物其 90 d 脑卒中复发风险仍高达 25%<sup>[36]</sup>。2017 年欧洲卒中组织、欧洲心脏病学会和欧洲血管外科协会合作制定的《外周动脉疾病诊断和治疗指南》<sup>[37]</sup>中指出,症状性 VAOS 狭窄程度 $\geq 50\%$ 且给予最佳药物治疗后仍出现后循环缺血事件时,建议行血运重建。无症状性 VAOS 血运重建存在争议。欧洲血管外科学会 2023 年发布的《动脉粥样硬化性颈动脉和椎动脉疾病管理临床实践指南》<sup>[38]</sup>对于无症状性椎动脉狭窄患者不推荐行手术治疗。一项纳入了 3 717 例动脉粥样硬化性疾病患者的研究中 7.6% 的患者经多普勒超声诊断为无症状性椎动脉狭窄且狭窄程度 $> 50\%$ ,该组人群平均 4.6 年随访中年脑卒中风险为 0.4%,高于无椎动脉狭窄人群(年脑卒中风险 $< 0.1\%$ );而且,年脑卒中风险因双侧椎动脉狭窄或合并颈动脉狭窄而明显增加<sup>[39]</sup>。故无症状性 VAOS 如存在严重影响椎动脉血供、前循环大血管存在重度狭窄/闭塞病变需要由后循环代偿供血,或后交通动脉缺如等情况,亦可考虑行血运重



建<sup>[5]</sup>。血运重建方法包括血管内介入治疗和外科手术,目前尚缺乏这两种血运重建方式治疗 VAOS 安全性和有效性的循证医学证据<sup>[40]</sup>。

**VAOS 血运重建指征推荐意见:**症状性 VAOS 狭窄率 $\geq 50\%$ 且最佳药物治疗基础上仍发生缺血事件,或无症状性 VAOS 狭窄率 $\geq 70\%$ ,存在下述情况之一时可考虑行血运重建:(1)对侧椎动脉存在发育不良(纤细、缺如、不汇入基底动脉等);(2)后交通动脉缺如或 Willis 环代偿不良;(3)前循环血管重度狭窄或闭塞需要后循环代偿供血。推荐等级:II 级。

1. VAOS 血管内介入治疗常用入路:经桡动脉入路和经股动脉入路是该术式两种常用入路。近年来经桡动脉入路行血管内介入治疗的研究报道逐渐增多<sup>[42-44]</sup>。与经股动脉入路相比,经桡动脉入路治疗 VAOS 具有定位准确、通路稳定性强、并发症发生率低等优点<sup>[45-46]</sup>。一般选择同侧桡动脉,穿刺成功后置入 6Fr 桡动脉鞘。当椎动脉开口位置较低且椎动脉与锁骨下动脉呈锐角、同侧桡动脉入路治疗 VAOS 操作困难时,可以选择经对侧桡动脉穿刺入路或经股动脉穿刺入路。

2. VAOS 血管内介入治疗策略:主要包括球囊扩张术和支架植入术两种。球囊扩张术最大的优点是技术流程简单,无植入物;缺点是单纯球囊扩张术后血管弹性回缩、血管夹层等导致再狭窄发生率较高<sup>[47]</sup>。目前有单纯药物球囊扩张治疗 VAOS 的报道<sup>[48-49]</sup>。一项纳入了 7 项研究的系统回顾分析结果表明,接受单纯药物球囊扩张的 VAOS 患者术后再狭窄率为 11.9%<sup>[50]</sup>。虽然与裸球囊相比,药物球囊可降低 VAOS 术后再狭窄率,但由于血管中膜弹性蛋白和平滑肌含量较高,仍存在血管弹性回缩、动脉夹层和再狭窄风险。

与单纯球囊扩张术相比,支架植入术治疗 VAOS 能显著降低血管夹层和急性血管闭塞的风险,且远期血管通畅率明显升高<sup>[51]</sup>。早期没有专门针对椎动脉狭窄设计的支架,临床主要使用冠脉或外周支架等<sup>[58]</sup>。最常用的两种用于 VAOS 治疗的支架是金属裸支架和药物洗脱支架。金属裸支架包括球囊扩张支架和自膨胀支架;前者主要用于外周血管、冠状动脉或颅内血管狭窄的球囊扩张支架,后者主要为开环设计的颈动脉自膨胀支架。药物洗脱支架包括冠状动脉用药物洗脱支架和椎动脉专用药物洗脱支架;常见的药物涂层为雷帕霉素、紫杉醇。

球囊扩张支架治疗 VAOS 具有较高的支架内内

膜增生、血管再狭窄及支架断裂风险。研究报道表明,球囊扩张支架治疗 VAOS 再狭窄率为 10%~67%,支架断裂率为 4%~25%<sup>[52-54]</sup>。也有研究报道应用开环设计的颈动脉自膨胀支架治疗局部钙化明显、血管直径大或血管走行扭曲的 VAOS,结果表明,对于椎动脉内径 $>4.5$  mm 且锁骨下动脉直径 $<10$  mm 的 VAOS,开环颈动脉自膨胀支架置入手术成功率 100%,术后 3~34 个月随访的血管再狭窄率为 3.1%,且无支架断裂<sup>[55]</sup>。

球囊扩张支架及颈动脉自膨胀支架因受到适应证及再狭窄率等影响,其用于 VAOS 治疗存在一定的限制;椎动脉专用药物洗脱支架规格尺寸更适合 VAOS 治疗。药物洗脱支架上涂有抗增殖剂,能够抑制巨噬细胞聚集和平滑肌细胞增殖,进而降低支架内狭窄率。研究表明,药物洗脱支架组的再狭窄发生率和症状复发率明显低于金属裸支架组<sup>[51-52]</sup>。

药物洗脱支架直径尺寸选择应等于或略大于远端正常管腔的直径,可以参照狭窄远端正常管腔直径的 1.0~1.1 倍原则选择适宜尺寸的支架<sup>[56]</sup>。长度较长的支架植入术后发生断裂的风险明显增加<sup>[57]</sup>;使用较短的支架可避免跨过扭曲段,降低呼吸性扭转效应导致的支架断裂风险<sup>[58]</sup>。因此,在选择支架时,尽量选择相对大规格、完全覆盖病变段且长度较短的支架。在保证完全覆盖病变段前提下,支架近端以突入锁骨下动脉 1~2 mm 为宜<sup>[13]</sup>。

3. VAOS 血管内介入治疗术中并发症:一项纳入 301 例动脉粥样硬化导致的颅外椎动脉狭窄的研究数据表明,74% 患者接受支架植入术诊疗,手术成功率为 98%,30 d 神经功能预后良好率为 80%;并发症发生率为 9.1%,主要为动脉夹层和远端栓塞<sup>[59]</sup>。Radak 等<sup>[16]</sup>纳入了 73 例接受血管内治疗的症状性 VAOS 患者,在平均 44 个月的随访期内无死亡患者,再狭窄发生率为 10.3%。提示支架植入术治疗 VAOS 安全、有效,并发症风险相对较低,围手术期并发症包括皮下血肿、血管痉挛和远端栓塞等。

(1)皮下血肿:皮下血肿是最常见的股动脉入路穿刺部位并发症之一。受服用双联抗血小板聚集药物及术中肝素化的影响,股动脉入路行 VAOS 血运重建时易发生穿刺点周围皮下血肿。通常可以通过手动压迫来缓解皮下血肿的进展,在严重时可使用压迫装置。当患者出现血压不稳定时,需要进一步评估以排除腹膜后血肿和假性动脉瘤形成,局部皮下出血较多时需要手术清除血肿<sup>[42,60]</sup>。

桡动脉入路较少形成皮下血肿。症状较轻的





皮下血肿可采取局部重新加压包扎止血、抬高患肢等措施。若皮下血肿扩大或出现神经血管损害的症状时,需紧急检查动脉是否通畅、测量筋膜室压力,极少情况下会发生需要外科手术治疗的骨筋膜室综合征<sup>[42]</sup>。

(2)血管痉挛:血管痉挛常见于桡动脉入路时。桡动脉痉挛会造成血管腔直径显著减小,导致血管损伤、局部疼痛和拔管困难。缓解桡动脉痉挛的方法包括前臂热敷、给予血管扩张剂或加深镇静、诱导全身麻醉等<sup>[61]</sup>。研究显示将生理盐水稀释的肝素、硝酸甘油和维拉帕米混合组成的“鸡尾酒”经动脉内给药可预防桡动脉痉挛<sup>[62-63]</sup>。外用维拉帕米-硝酸甘油-利多卡因联合凝胶也能显著扩张桡动脉,并缓解穿刺时的疼痛<sup>[64]</sup>。也有个别案例报道,在上述方法均无效时行桡神经或臂丛神经阻滞可作为一种补救性措施<sup>[65-66]</sup>。

(3)支架移位:支架在定位和释放过程中受心脏搏动及呼吸运动的影响可能会发生移位,从而导致支架未完全覆盖靶病变或明显突入锁骨下动脉。因此,在支架输送至靶病变段及充盈球囊释放支架时,需要在不减影图像下推注造影剂、根据骨性解剖结构确定支架位置是否合适。对于钙化病变,可先行球囊预扩张减少支架移位;当支架未完全覆盖靶病变段时,需要再植入一枚支架。

(4)远端栓塞及支架内血栓:远端栓塞是指血管内介入治疗术中斑块受到机械刺激脱落进而造成远端血管的闭塞。椎动脉起始部斑块通常为环形或向心性,支架植入时一般不会出现斑块脱落,但在导丝导管通过狭窄部位,或在球囊扩张释放支架时,由于球囊扩张时对斑块的挤压作用可能会增加栓子脱落、远端栓塞的风险<sup>[67]</sup>。此外,支架植入后存在急性或亚急性血栓形成的风险,导致支架内狭窄或闭塞。当栓子脱落导致大血管闭塞时,可采取动脉内溶栓或取栓治疗<sup>[68]</sup>。术中发生支架内血栓可予以接触溶栓、静脉应用抗血小板、球囊扩张或再植入一枚支架。

**VAOS 血管内介入治疗推荐意见:**(1)VAOS 血管内介入治疗优先选择植入药物洗脱椎动脉支架;支架选择以狭窄远端正常管腔直径的 1.0~1.1 倍、完全覆盖病变且长度较短的支架为宜(推荐等级:Ⅱ级)。(2)桡动脉入路穿刺成功置管后,可给予血管舒张剂减少血管痉挛(推荐等级:Ⅱ级)。(3)支架植入术前一般不需要球囊预扩张;局部重度狭窄致支架通过困难或钙化明显时,建议给予球囊预扩张以减少支架植入时移位(推荐等级:Ⅱ级)。

4. VAOS 血管内介入治疗术后管理:VAOS 术后即刻应行术中平板 CT 或头颅 CT 检查,明确有无颅内出血。出现神经功能障碍时,应及时复查头颅 CT;必要时完善血管检查,评估靶血管情况。

5. VAOS 血管内介入治疗术后随访:应重点关注支架植入后有无支架内再狭窄或闭塞,以及有无支架断裂。一项纳入了 300 例 VAOS 支架植入患者的随访研究显示,平均随访 12 个月后再狭窄率为 26%<sup>[69]</sup>。一项荟萃分析表明,VAOS 支架植入后再狭窄率为 18.5%(253/1 368)<sup>[70]</sup>。影响支架植入后再狭窄相关的因素包括术后靶血管直径的大小以及所植入支架类型。国内一项研究显示术后椎动脉直径每增加 0.1 mm,再狭窄率的危险性减少 53.8%;与金属裸支架相比,药物洗脱支架植入后再狭窄风险显著降低<sup>[71]</sup>。

支架内再狭窄主要发生于术后 1 年内,建议术后第 3、6 和 12 个月进行影像学随访,随后建议每半年进行随访,以评估有无再狭窄发生<sup>[5、14]</sup>。无症状、<50% 再狭窄的患者继续药物治疗,定期随访;再狭窄程度>50% 时可行药物球囊扩张或再次植入支架。发生支架内闭塞时,可考虑行闭塞开通术,包括球囊扩张术、支架植入术或外科手术等。

支架断裂是 VAOS 支架植入术后少见的远期并发症。研究报道支架植入后断裂发生率为 4%~25%,发生率随着随访时间的延长而增高<sup>[53-54]</sup>。局部严重钙化、血管成角明显或扭曲及金属疲劳、支架过度扩张等是导致支架植入后断裂的主要危险因素<sup>[54]</sup>。若支架断裂不影响血流或无症状,继续药物治疗并定期影像随访;若支架断裂明显影响椎动脉前向血流或出现相关缺血事件,需要再次手术治疗,包括血管内介入治疗术、外科手术<sup>[54]</sup>。

**VAOS 随访推荐意见:**支架植入术后再狭窄/闭塞或支架断裂时,若血流不受限,建议继续口服药物治疗,定期复查血管超声或 CTA;若血流受限,建议再次行血管内介入治疗或外科手术治疗(推荐等级:Ⅱ级)。

6. 外科手术:VAOS 的外科手术包括椎动脉内膜剥脱术、椎动脉转位术、椎动脉搭桥术、复合手术等。研究表明,外科手术对 VAOS 症状改善率高,血管长期通畅率较高<sup>[72]</sup>。但外科手术受手术切口、局部解剖等影响,操作难度较大。Ma 等<sup>[73]</sup>、Choi 等<sup>[74]</sup>分别报道了应用复合手术方法治疗椎动脉起始部长节段狭窄/闭塞和症状性 VAOS 介入治疗困难的病例,表明复合手术是一种安全可行的方法。



## 五、小结及展望

本共识旨在推动神经外科、神经内科、血管外科、神经介入科及放射介入科等科室临床医生建立规范的 VAOS 血管内介入治疗操作流程,提高 VAOS 血管内介入治疗的同质化水平,从而为开展全国性 VAOS 治疗登记研究及多中心随机对照研究奠定基础;同时探讨 VAOS 最合理治疗策略,提高患者获益。本专家共识为该领域阶段性认识,仅代表参与编写及讨论的专家观点。共识内容仅用于指导临床实践,不具有法律效力。

### 本共识制定专家组名单

执笔:邢鹏飞(海军军医大学第一附属医院)

专家委员会成员(按姓氏汉语拼音排序):蔡艺灵(解放军总医院第九医学中心)、曹毅(昆明医科大学第二附属医院)、柴青(甘肃省人民医院)、陈康宁(陆军军医大学附属西南医院)、陈文伙(福建医科大学附属协和医院)、陈鑫璞(郑州大学第一附属医院)、代成波(广东省人民医院)、戴冬伟(复旦大学附属华东医院)、戴晶(新疆医科大学第一附属医院)、邓剑平(空军军医大学唐都医院)、段传志(南方医科大学珠江医院)、范一木(天津环湖医院)、方朴(南昌大学第一附属医院)、方亦斌(上海市第四人民医院)、冯大勤(广西医科大学第一附属医院)、冯文峰(南方医科大学南方医院)、顾宇翔(复旦大学附属华山医院)、管生(郑州大学第一附属医院)、郭庆东(空军军医大学西京医院)、韩建峰(西安交通大学第一附属医院)、何伟文(广州医科大学附属第二医院)、洪波(上海交通大学医学院附属第一人民医院)、胡伟(安徽省立医院)、黄昌仁(西南医科大学附属医院)、冷冰(复旦大学附属华山医院)、李敬伟(南京鼓楼医院)、李雷(清华大学第一附属医院)、李强(海军军医大学第一附属医院)、李秋平(复旦大学附属中山医院)、李天晓(河南省人民医院)、李佑祥(首都医科大学附属北京天坛医院)、李真保(皖南医学院弋矶山医院)、李子付(海军军医大学第一附属医院)、李宗正(宁夏医科大学总医院)、梁传声(中国医科大学第一附属医院)、梁国标(中国人民解放军北部战区总医院)、梁军利(广西医科大学第二附属医院)、梁旭光(赤峰学院第二附属医院)、林敏(福建省第二人民医院)、刘建民(海军军医大学第一附属医院)、刘圣(江苏省人民医院)、刘尊敬(北京大学人民医院)、买买提力·艾沙(新疆医科大学第一附属医院)、毛国华(南昌大学第二附属医院)、缪中荣(首都医科大学附属北京天坛医院)、潘剑威(浙江大学医学院附属第一医院)、彭小祥(湖北省第三人民医院)、彭亚(常州市第一人民医院)、乔宏宇(暨南大学附属第一医院)、任少华(山西省人民医院)、史怀璋(哈尔滨医科大学第一附属医院)、孙军(温州市中心医院)、万杰清(上海交通大学医学院附属仁济医院)、万曙(浙江医院)、汪洋(首都医科大学附属北京朝阳医院)、王朝华(四川大学华西医院)、王大明(北京医院)、王东海(山东大学齐鲁医院)、王峰(大连医科大学附属第一医院)、王宏磊(吉林大学第一医院)、王守春(吉林大学第一医院)、王晓健(安徽医科大学第一附属医院)、吴红星(新疆维吾尔自治区人民医院)、吴科学(西藏自治区人民医院)、吴伟(山东大学齐鲁医院)、吴鑫(烟台毓璜顶医院)、夏鹰(海口市人民医院)、肖福顺(天津医科大学总医院)、谢晓东(四川大学华西医院)、邢鹏飞(海军军医大学第一附属医院)、徐锐(青岛大学附属医院)、徐善才(哈尔滨医科大学第一附属医院)、徐翔(唐山市工人医院)、许璟(浙江大学医学院第二附属医院)、许奕(海军军医大学第一附属医院)、闫志勇(青岛大学附属医院)、杨华(贵州医科大学附属医院)、杨鹏飞(海军

军医大学第一附属医院)、殷聪国(杭州市第一人民医院)、喻孟强(中南大学湘雅二医院)、张磊(海军军医大学第一附属医院)、张天(四川省人民医院)、张晓冬(重庆医科大学附属第一医院)、张鑫(南京军区南京总医院)、张扬(安徽省立医院)、张颖影(复旦大学附属中山医院)、张永巍(海军军医大学第一附属医院)、张占普(内蒙古医科大学附属医院)、赵开军(上海市东方医院)、赵林(河北医科大学第二医院)、赵瑞(海军军医大学第一附属医院)、赵振伟(空军军医大学唐都医院)、郑洪波(四川大学华西医院)、钟鸣(温州医科大学附属第一医院)、周宇(海军军医大学第一附属医院)、朱良付(河南省人民医院)、朱卿(苏州大学附属第二医院)、朱悦琦(上海市第六人民医院)、左乔(海军军医大学第一附属医院)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] Schneider V, Dirschinger R, Wustrow I, et al. Endovascular therapy of subclavian artery occlusive disease involving the vertebral artery origin[J]. *Vasa*, 2020, 49(3): 205-213. DOI: 10.1024/0301-1526/a000842.
- [2] Wityk RJ, Chang HM, Rosengart A, et al. Proximal extracranial vertebral artery disease in the new england medical center posterior circulation registry[J]. *Arch Neurol*, 1998, 55(4): 470-478. DOI: 10.1001/archneur.55.4.470.
- [3] Xing PF, Zhang YW, Li ZF, et al. The "distal-to-proximal" strategy for the treatment of posterior circulation tandem occlusions: a single-centre experience[J]. *Neuroradiology*, 2020, 62(7): 867-876. DOI: 10.1007/s00234-020-02412-0.
- [4] Siebert E, Bohner G, Zweynert S, et al. Revascularization techniques for acute basilar artery occlusion : technical considerations and outcome in the setting of severe posterior circulation steno-occlusive disease[J]. *Clin Neuroradiol*, 2019, 29(3): 435-443. DOI: 10.1007/s00062-018-0683-3.
- [5] 中国医疗保健国际交流促进会血管疾病高血压分会专家共识写作组. 锁骨下/颅外椎动脉狭窄的处理: 中国专家共识 [J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(6): 523-532. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2019.06.002. Expert Consensus Writing Group, Branch of Vascular Diseases and Hypertension, China International Exchange and Promotive Association for Medical and Health Care. Chinese expert consensus on the management of subclavian / extracranial vertebral artery stenosis [J]. *Chin J Circul*, 2019, 34(6): 523-532. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2019.06.002.
- [6] Valenzuela-Fuenzalida JJ, Rojas-Navia CP, Quirós-Clavero AP, et al. Anatomy of vertebral artery hypoplasia and its relationship with clinical implications: a systematic review and Meta-analysis of prevalence[J]. *Surg Radiol Anat*, 2024, 46(7): 963-975. DOI: 10.1007/s00276-024-03377-y.
- [7] Chi HY, Chen KW, Hsu CF, et al. Ultrasound findings disclose the mutual impact of vertebrobasilar dolichoectasia and vertebral artery hypoplasia[J]. *J Ultrasound Med*, 2019, 38(11): 3037-3042. DOI: 10.1002/jum.15011.
- [8] Vilimas A, Gaigalaitė V, Urbonas M, et al. Association of vertebral artery hypoplasia and vertebrobasilar cerebrovascular accident[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(9): 1189. DOI:



- 10.3390/medicina58091189.
- [9] Dinç Y, Özpar R, Emir B, et al. Vertebral artery hypoplasia as an independent risk factor of posterior circulation atherosclerosis and ischemic stroke[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(38): e27280. DOI: 10.1097/MD.00000000000027280.
- [10] Dharmasaroja PA, Uransilp N, Piyabhan P. Fetal origin of posterior cerebral artery related to poor collaterals in patients with acute ischemic stroke[J]. *J Clin Neurosci*, 2019, 68: 158-161. DOI: 10.1016/j.jocn.2019.07.006.
- [11] 边洋, 苗妍, 王鲲宇, 等. 双侧椎动脉重度狭窄/闭塞导致头晕患者的侧支循环代偿途径特点分析[J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(39): 3244-3247. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210325-00743.
- Bian Y, Miao Y, Wang KY, et al. Analysis of characteristics of collateral circulation pathways in dizziness patients caused by severe bilateral vertebral artery stenosis/occlusion [J]. *Natl Med J China*, 2021, 101(39): 3244-3247. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210325-00743.
- [12] Burle VS, Panjwani A, Mandalaneni K, et al. Vertebral artery stenosis: a narrative review[J]. *Cureus*, 2022, 14(8): e28068. DOI: 10.7759/cureus.28068.
- [13] Madonis SM, Jenkins JS. Vertebral artery stenosis[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2021, 65: 55-59. DOI: 10.1016/j.pcad.2021.02.006.
- [14] Paik JJ, Lubin G, Gromatzky A, et al. Use of Janus kinase inhibitors in dermatomyositis: a systematic literature review[J]. *Clin Exp Rheumatol*, 2023, 41(2): 348-358. DOI: 10.55563/clinexprheumatol/hxin60.
- [15] Goetz LH, Schork NJ. Personalized medicine: motivation, challenges, and progress[J]. *Fertil Steril*, 2018, 109(6): 952-963. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2018.05.006.
- [16] Radak D, Babic S, Sagic D, et al. Endovascular treatment of symptomatic high-grade vertebral artery stenosis[J]. *J Vasc Surg*, 2014, 60(1): 92-97. DOI: 10.1016/j.jvs.2014.01.023.
- [17] Jenkins JS, Stewart M. Endovascular treatment of vertebral artery stenosis[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2017, 59(6): 619-625. DOI: 10.1016/j.pcad.2017.02.005.
- [18] Drazzyk AM, Markus HS. Recent advances in the management of symptomatic vertebral artery stenosis[J]. *Curr Opin Neurol*, 2018, 31(1): 1-7. DOI: 10.1097/WCO.0000000000000515.
- [19] Zhang J, Xing Y, Cui L. Duplex ultrasonography for the evaluation of extracranial vertebral artery: a prospective comparison with digital subtraction angiography[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 814972. DOI: 10.3389/fneur.2022.814972.
- [20] Xu R, Zhang X, Liu S, et al. Percutaneous transluminal angioplasty and stenting for vertebral artery stenosis[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2022, 5(5): CD013692. DOI: 10.1002/14651858.CD013692.pub2.
- [21] Berghceanu SC, Bodde MC, Jukema JW. Pathophysiology and treatment of atherosclerosis: current view and future perspective on lipoprotein modification treatment[J]. *Neth Heart J*, 2017, 25(4): 231-242. DOI: 10.1007/s12471-017-0959-2.
- [22] Naylor AR, Ricco JB, de Borst GJ, et al. Editor's choice - management of atherosclerotic carotid and vertebral artery disease: 2017 clinical practice guidelines of the european society for vascular surgery (ESVS)[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2018, 55(1): 3-81. DOI: 10.1016/j.ejvs.2017.06.021.
- [23] Rice CJ, Cho SM, Strohm T, et al. Ultrasound criteria for assessment of vertebral artery origins[J]. *J Neuroimaging*, 2020, 30(1): 45-49. DOI: 10.1111/jon.12674.
- [24] Chung JW, Kim BJ, Choi BS, et al. High-resolution magnetic resonance imaging reveals hidden etiologies of symptomatic vertebral arterial lesions[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2014, 23(2): 293-302. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.02.021.
- [25] Volleberg R, Mol JQ, van der Heijden D, et al. Optical coherence tomography and coronary revascularization: from indication to procedural optimization[J]. *Trends Cardiovasc Med*, 2023, 33(2): 92-106. DOI: 10.1016/j.tcm.2021.10.009.
- [26] 他汀类药物防治缺血性卒中/短暂性脑缺血发作专家共识组. 他汀类药物防治缺血性卒中/短暂性脑缺血发作专家共识[J]. *中国卒中杂志*, 2013, 8(7): 565-575. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2013.07.012.
- Expert Consensus Group on Statin Drugs for the Prevention and Treatment of Ischemic Stroke/Transient Ischemic Attack. Expert consensus on statin drugs for the prevention and treatment of ischemic stroke/transient ischemic attack[J]. *Chin J Stroke*, 2013, 8(7): 565-575. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2013.07.012.
- [27] 国家卫生计生委卒中防治工程委员会. 中国缺血性脑卒中血脂管理指南 [EB/OL]. (2015). <https://news.chinasdc.cn/upload/file/20160718/6360443759664309785152720.pdf>.
- National Health and Family Planning Commission Stroke Prevention and Control Engineering Committee. Guidelines for blood lipid management of ischemic stroke in China [EB/OL]. (2015). <https://news.chinasdc.cn/upload/file/20160718/6360443759664309785152720.pdf>
- [28] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南(2016年修订版) [J]. *中国循环杂志*, 2016, 31(10): 937-950. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2016.10.001.
- Joint Committee for Revision of Chinese Guidelines for Prevention and Treatment of Adult Dyslipidemia. Guidelines for the prevention and treatment of abnormal blood lipids in Chinese adults (Revised in 2016) [J]. *Chin J Circul*, 2016, 31(10): 937-950. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2016.10.001.
- [29] 中国卒中学会, 中国卒中学会神经介入分会, 中华预防医学会卒中预防与控制专业委员会介入学组. 替罗非班在动脉粥样硬化性脑血管疾病中的临床应用专家共识[J]. *中国卒中杂志*, 2019, 14(10): 1034-1044. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2019.10.013.
- Chinese Stroke Association, Interventional Neuroradiology Society of Chinese Stroke Association, Interventional Group of Stroke Prevention and Control Professional Committee of Chinese Preventive Medicine Association. Expert consensus on the clinical application of tirofiban in atherosclerotic cerebrovascular diseases [J]. *Chin J Stroke*, 2019, 14(10): 1034-1044. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2019.10.013.
- [30] Schirmer CM, Bulsara KR, Al-Mufti F, et al. Antiplatelets and antithrombotics in neurointerventional procedures: Guideline update[J]. *J Neurointerv Surg*, 2023, 15(11): 1155-1162. DOI: 10.1136/jnis-2022-019844.





- [31] 中华预防医学会卒中预防与控制专业委员会介入学组. 缺血性脑血管病介入治疗抗血小板策略中国专家共识[J]. 中华医学杂志, 2015, 95(11): 803-809. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.11.002.  
Intervention Group of Stroke Prevention and Control Professional Committee of Chinese Preventive Medicine Association. Chinese expert consensus on antiplatelet strategies for interventional therapy of ischemic cerebrovascular disease [J]. Natl Med J China, 2015, 95(11): 803-809. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.
- [32] Watanabe H, Domei T, Morimoto T, et al. Effect of 1-month dual antiplatelet therapy followed by clopidogrel vs 12-month dual antiplatelet therapy on cardiovascular and bleeding events in patients receiving PCI: the STOPDAPT-2 randomized clinical trial [J]. JAMA, 2019, 321(24): 2414-2427. DOI: 10.1001/jama.2019.8145.
- [33] 中国医师协会心血管内科医师分会, 中国卒中学会, 国际血管联盟中国分部. 常用口服抗血小板药物不耐受及低反应性人群诊疗专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2021, 29(5): 241-250. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2021.05.001.  
Cardiovascular Physicians Branch Association of Chinese Medical Doctor Association, Chinese Stroke Association, China Branch of International Vascular Union. Expert consensus on the diagnosis and treatment of intolerant and low responsive populations to commonly used oral antiplatelet drugs[J]. Chin J Intervent Cardiol, 2021, 29(5): 241-250. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2021.05.001.
- [34] Debette S, Mazighi M, Bijlenga P, et al. ESO guideline for the management of extracranial and intracranial artery dissection[J]. Eur Stroke J, 2021, 6(3): XXXIX-LXXXVIII. DOI: 10.1177/23969873211046475.
- [35] Angiolillo DJ, Goodman SG, Bhatt DL, et al. Antithrombotic therapy in patients with atrial fibrillation treated with oral anticoagulation undergoing percutaneous coronary intervention: a north american perspective-2018 update[J]. Circulation, 2018, 138(5): 527-536. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034722.
- [36] Shao JX, Ling YA, Du HP, et al. Comparison of hemodynamic changes and prognosis between stenting and standardized medical treatment in patients with symptomatic moderate to severe vertebral artery origin stenosis[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(13): e14899. DOI: 10.1097/MD.00000000000014899.
- [37] Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, et al. 2017 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral arterial diseases, in collaboration with the european society for vascular surgery (ESVS): document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries endorsed by: the european stroke 'diseases of the european society of cardiology (ESC) and of the european society for vascular surgery (ESVS) [J]. Eur Heart J, 2018, 39(9): 763-816. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx095.
- [38] Naylor R, Rantner B, Ancetti S, et al. Editor's choice-european society for vascular surgery (ESVS) 2023 clinical practice guidelines on the management of atherosclerotic carotid and vertebral artery disease[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2023, 65(1): 7-111. DOI: 10.1016/j.ejvs.2022.04.011.
- [39] Compter A, van der Worp HB, Algra A, et al. Prevalence and prognosis of asymptomatic vertebral artery origin stenosis in patients with clinically manifest arterial disease[J]. Stroke, 2011, 42(10): 2795-2800. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.612903.
- [40] 车武强, 蒋雄京. 颅外椎动脉狭窄的治疗进展[J]. 中国循环杂志, 2017, 32(3): 307-309. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2017.03.025.  
Che WQ, Jiang XJ. Progress in the treatment of extracranial vertebral artery stenosis [J]. Chin J Circul, 2017, 32(3): 307-309. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2017.03.025.
- [41] Chen W, Huang F, Li M, et al. Incidence and predictors of the in-stent restenosis after vertebral artery ostium stenting[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2018, 27(11): 3030-3035. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.06.031.
- [42] 中国医师协会神经介入专业委员会. 神经介入通路建立专家共识[J]. 中国脑血管病杂志, 2023, 20(7): 493-504. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2023.07.010.  
Chinese Federation of Interventional Clinical Neurosciences. Expert consensus on the establishment of neurointerventional pathway[J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2023, 20(7): 493-504. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2023.07.010.
- [43] Maciejewski D, Tekieli Ł, Kablak-Ziembicka A, et al. Transradial approach for vertebral artery stenting[J]. Postepy Kardiol Interwencyjnej, 2015, 11(1): 32-36. DOI: 10.5114/pwki.2015.49182.
- [44] Monteiro A, Cappuzzo JM, Aguirre AO, et al. Transradial versus transfemoral approach for neuroendovascular procedures: a survey of patient preferences and perspectives[J]. World Neurosurg, 2022, 163: e623-e627. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.04.043.
- [45] Wang Y, Zhou Y, Cui G, et al. Transradial versus transfemoral access for posterior circulation endovascular intervention: a systematic review and Meta-analysis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2023, 234: 108006. DOI: 10.1016/j.clineuro.2023.108006.
- [46] 朱灿敏, 常畅, 王迪黎, 等. 桡动脉入路与股动脉入路椎动脉起始部支架植入术的效果对比分析[J]. 中华神经医学杂志, 2022, 21(9): 879-884. DOI: 10.3760/cma.j.cn.115354-20220522-00358.  
Zhu CM, Chang C, Wang DL, et al. Comparison of effectiveness of stenting for vertebral artery ostium severe stenosis via transradial access and transfemoral access [J]. Chin J Neuromed, 2022, 21(9): 879-884. DOI: 10.3760/cma.j.cn.115354-20220522-00358.
- [47] Vajda Z, Miloslavski E, Güthe T, et al. Treatment of stenoses of vertebral artery origin using short drug-eluting coronary stents: improved follow-up results[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2009, 30(9): 1653-1656. DOI: 10.3174/ajnr.A1715.
- [48] Zhao K, Yan P, Wang X, et al. A retrospective study of drug-coated balloon angioplasty for vertebral artery origin stenosis[J]. Neuroradiology, 2022, 64(8): 1617-1625. DOI: 10.1007/s00234-022-02926-9.
- [49] Wang Y, Feng Y, Wang T, et al. Drug-coated balloon for vertebral artery origin stenosis: a pilot study[J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13(9): 827-830. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016723.



- [50] Wu S, Yin Y, Li Z, et al. Using drug-coated balloons for symptomatic vertebral artery origin stenosis: a systematic review and Meta-analysis[J]. *J Clin Neurosci*, 2023, 107: 98-105. DOI: 10.1016/j.jocn.2022.12.004.
- [51] Tank VH, Ghosh R, Gupta V, et al. Drug eluting stents versus bare metal stents for the treatment of extracranial vertebral artery disease: a meta-analysis[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8(8): 770-774. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-011697.
- [52] Raghuram K, Seynnaeve C, Rai AT. Endovascular treatment of extracranial atherosclerotic disease involving the vertebral artery origins: a comparison of drug-eluting and bare-metal stents[J]. *J Neurointerv Surg*, 2012, 4(3): 206-210. DOI: 10.1136/neurintsurg-2011-010051.
- [53] Tsutsumi M, Kazekawa K, Onizuka M, et al. Stent fracture in revascularization for symptomatic ostial vertebral artery stenosis [J]. *Neuroradiology*, 2007, 49(3): 253-257. DOI: 10.1007/s00234-006-0185-x.
- [54] Li M, Tsang A, Tsang F, et al. Long-term risk of in-stent restenosis and stent fracture for extracranial vertebral artery stenting[J]. *Clin Neuroradiol*, 2019, 29(4): 701-706. DOI: 10.1007/s00062-018-0708-y.
- [55] Li Z, Zhang Y, Hong B, et al. Stenting of symptomatic vertebral artery ostium stenosis with self-expanding stents[J]. *J Clin Neurosci*, 2014, 21(2): 274-277. DOI: 10.1016/j.jocn.2013.04.022.
- [56] Lee SY, Zhang JJ, Mintz GS, et al. Procedural characteristics of intravascular ultrasound-guided percutaneous coronary intervention and their clinical implications[J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(14): e025258. DOI: 10.1161/JAHA.122.025258.
- [57] Kan J, Ge Z, Zhang JJ, et al. Incidence and clinical outcomes of stent fractures on the basis of 6,555 patients and 16,482 drug-eluting stents from 4 centers [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(11): 1115-1123. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.02.025.
- [58] Tang X, Tang F, Hu C, et al. Dynamic respiratory tortuosity of the vertebral artery ostium[J]. *J Endovasc Ther*, 2017, 24(1): 124-129. DOI: 10.1177/1526602816676254.
- [59] Fujiwara S, Ishii A, Ohta T, et al. The current status of endovascular treatment for extracranial vertebral artery stenosis in japan: a subanalysis of the japanese registry of neuroendovascular therapy 4[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2024. DOI: 10.2176/jns-nmc.2024-0115.
- [60] Rammos C, Rassaf T. Insight in the treatment of iatrogenic femoral artery pseudoaneurysms[J]. *Vasa*, 2021, 50(3): 163-164. DOI: 10.1024/0301-1526/a000939.
- [61] Sandoval Y, Bell MR, Gulati R. Transradial artery access complications[j]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2019, 12(11): e007386. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.007386.
- [62] Khan MZ, Patel K, Franklin S, et al. Radial artery spasm: reviews and updates[J]. *Ir J Med Sci*, 2020, 189(4): 1253-1258. DOI: 10.1007/s11845-020-02203-9.
- [63] 石鹏, 马永刚, 李克, 等. 经桡动脉入路在神经介入诊疗中的研究进展 [J]. *中华神经医学杂志*, 2023, 22(5): 529-535. DOI: 10.3760/cma.j.cn115354-20230223-00097.
- [64] MikailiMirak S, Talasaz AH, Jenab Y, et al. Novel combined topical gel of lidocaine-verapamil-nitroglycerin can dilate the radial artery and reduce radial pain during trans-radial angioplasty [J]. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2021, 32: 100689. DOI: 10.1016/j.ijcha.2020.100689.
- [65] Fitzgerald BM, Babbel LA, Bacomo FK, et al. Regional to the rescue! axillary brachial plexus nerve block facilitates removal of entrapped transradial catheter placed for cardiac catheterization [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2017, 42(4): 475-477. DOI: 10.1097/AAP.0000000000000595.
- [66] Bhakta P, Zaheer H. Ultrasound-guided radial nerve block to relieve cannulation-induced radial arterial spasm[J]. *Can J Anaesth*, 2017, 64(12): 1269-1270. DOI: 10.1007/s12630-017-0945-6.
- [67] Weber W, Mayer TE, Henkes H, et al. Efficacy of stent angioplasty for symptomatic stenoses of the proximal vertebral artery[J]. *Eur J Radiol*, 2005, 56(2): 240-247. DOI: 10.1016/j.ejrad.2005.05.009.
- [68] Wang Z, Ling Y, Zhao H, et al. A comparison of different endovascular treatment for vertebral artery origin stenosis[J]. *World Neurosurg*, 2022, 164: e1290-e1297. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.06.026.
- [69] Eberhardt O, Naegele T, Raygrotzki S, et al. Stenting of vertebrobasilar arteries in symptomatic atherosclerotic disease and acute occlusion: case series and review of the literature[J]. *J Vasc Surg*, 2006, 43(6): 1145-1154. DOI: 10.1016/j.jvs.2006.02.027.
- [70] Jiang Y, Xu X, Wen Z, et al. In-stent restenosis after vertebral artery stenting[J]. *Int J Cardiol*, 2015, 187: 430-433. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.03.377.
- [71] 马妍, 宋刚, 王旭, 等. 椎动脉起始段狭窄支架置入术后再狭窄危险因素的分析 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2015, 12(7): 337-341. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2015.07.001.
- [72] Shenoy VS, Sekhar LN. High-flow saphenous vein graft bypass from common carotid artery to vertebral artery (V2) for the treatment of vertebrobasilar insufficiency due to bilateral vertebral artery origin stenosis[J]. *World Neurosurg*, 2023, 177: 17. DOI: 10.1016/j.wneu.2023.05.078.
- [73] Ma Y, Yang B, Lu X, et al. Safety and blood-flow outcomes for hybrid recanalization in symptomatic refractory long-segmental vertebral artery occlusion-results of a pilot study[J]. *Front Neurol*, 2020, 11: 387. DOI: 10.3389/fneur.2020.00387.
- [74] Choi E, Lee JY, Cho HJ, et al. Surgical exposure of the vertebral artery for endovascular access in a hybrid operating room[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2022, 164(5): 1271-1280. DOI: 10.1007/s00701-022-05136-7.

(收稿日期: 2024-09-10)

(本文编辑: 张玲)

