· 专家共识 ·

颅内分叉部宽颈动脉瘤介入治疗专家共识（2026版）

中国医师协会神经介入专业委员会　中华医学会神经外科学分会神经介入学组
中国卒中学会神经介入分会
通信作者：何川，首都医科大学宣武医院神经外科，北京 100053，Email：streamhe@163.com；何旭英，广东省第二人民医院神经医学中心，广州 510317，Email：2517079319@qq.com；王朝华，四川大学华西医院神经外科，成都 610000，Email：chaohuawang@sina.com；邓剑平，空军军医大学第二附属医院神经外科，西安 710038，Email：13991139395@163.com

【摘要】 颅内分叉部宽颈动脉瘤（WNBA）破裂风险高，治疗需兼顾动脉瘤彻底闭塞与载瘤动脉、分支血管通畅，处理难度较大，临床决策过程目前仍缺乏标准化指引。本共识基于国内外最新临床研究证据与专家经验，针对WNBA主要介入治疗技术，即弹簧圈栓塞及支架/球囊辅助栓塞、瘤内扰流装置（IFD）植入、血流导向装置（FD）植入技术展开系统阐述。分析不同技术的安全性与有效性、技术要点、围手术期管理策略、手术相关不良事件处理方案及影像学随访方案；提出针对性推荐意见，强调精准测量、规范操作及长期随访的重要性，旨在为临床医师开展WNBA介入治疗提供规范化指导，进一步提升诊疗安全性与有效性。

【关键词】 颅内动脉瘤；　分叉部；　宽颈；　介入治疗；　弹簧圈栓塞；　瘤内扰流装置；　血流导向装置；　专家共识

基金项目：国家科技重大专项（2025ZD0548000、2023ZD0504702、2023ZD0505200）；国家自然科学基金（82271319）；国家卫生健康委医药卫生科技发展研究中心脑卒中防治技术研究项目（WKZX2023CZ0214）；脑卒中防治科技应对重点项目（2025PSPT0702101）

DOI:10.3760/cma.j.cn115354-20251207-00780

Expert consensus on interventional treatment of intracranial wide-necked bifurcation aneurysm (2026 edition)

Neurointerventional Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association, Neurointerventional Group of Neurosurgery Branch of Chinese Medical Association, Neurointerventional Branch of Chinese Stroke Association
Corresponding authors: He Chuan, Department of Neurosurgery, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China, Email: streamhe@163.com; He Xuying, Neurological Medical Center, the Second People's Hospital of Guangdong Province, Guangzhou 510317, China, Email: 2517079319@qq.com; Wang Chaohua, Department of Neurosurgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610000, China, Email: chaohuawang@sina.com; Deng Jianping, Department of Neurosurgery, the Second Affiliated Hospital, Air Force Medical University, Xi'an 710038, China, Email: 13991139395@163.com

【Abstract】 Intracranial wide-necked bifurcation aneurysm (WNBA) has a high risk of rupture, and its treatment requires balancing complete aneurysm occlusion with the patency of the parent artery and branch vessels, which poses significant challenges. Currently, there is a lack of standardized guideline for clinical decision-making in this area. This consensus, based on the latest clinical research evidence at home and abroad and expert experience, systematically elaborates the main interventional treatment techniques for WNBA, namely coil embolization, stent/balloon-assisted embolization, intrasaccular flow disruptor (IFD) implantation, and flow diverter (FD) implantation; it analyzes the safety and efficacy of different techniques, key technical points, perioperative management strategies, treatment plans for surgery-related adverse events, and imaging follow-up plans; it also puts forward

targeted recommendations, emphasizing the importance of precise measurement, standardized operation, and long-term follow-up, aiming to provide standardized guidance for clinicians in the interventional treatment of WNBA and further enhance the accuracy of diagnosis and the safety and efficacy of interventional treatment.

【**Key words**】 Intracranial aneurysm; Bifurcation; Wide-neck; Interventional treatment; Coil embolization; Intrasaccular flow disruptor; Flow diverter; Expert consensus

Fund program: National Science and Technology Major Project (2025ZD0548000, 2023ZD0504702, 2023ZD0505200); National Natural Science Foundation of China (82271319); Brain Stroke Prevention and Treatment Technology Research Project of Development Research Center for S&T in Health and Medicine, National Health Commission (WKZX2023CZ0214); Key Project for Stroke Prevention and Control through Scientific and Technological Response (2025PSPT0702101)

DOI:10.3760/cma.j.cn115354-20251207-00780

颅内动脉瘤(intracranial aneurysm,IA)在普通人群中的患病率为3%~5%,年破裂风险为0.95%[1]。IA一旦破裂出现蛛网膜下腔出血(subarachnoid hemorrhage,SAH),病死率可高达40%[2]。因此,对IA进行适时且规范的干预至关重要。ISAT国际动脉瘤治疗研究[3]和Barrow破裂动脉瘤研究[4]等多项国际大型研究均已证实,在严格选择适应证的病例中,血管内治疗优于开颅夹闭术。

分叉部IA定义为位于脑血管分叉处,且任一分支动脉的直径不小于载瘤动脉1/5的IA[5-6]。常见部位包括颈内动脉末端、大脑中动脉分叉部、前交通动脉复合体、基底动脉尖、颈内动脉后交通段(伴胚胎型大脑后动脉)、粗大小脑后下动脉起始部,以及部分胼周动脉、胼缘动脉等,占全部IA的26.0%~50.9%[7-9]。其中,分叉部宽颈动脉瘤(wide-neck bifurcation aneurysm,WNBA)定义为位于血管分叉处、瘤颈宽度≥4 mm或瘤体/瘤颈<2的IA。

WNBA较易破裂,约占全部破裂动脉瘤(ruptured intracranial aneurysm, RIA)的60%[10-11]。WNBA的治疗需要在彻底闭塞IA的同时,保持载瘤动脉和分支血管的通畅,并保证长期有效性,目前仍面临一定的挑战。在传统弹簧圈栓塞的基础上,多种血管内治疗技术相继出现,如球囊/支架辅助栓塞、血流导向装置(flow diverter,FD)植入以及瘤内扰流装置(intrasaccular flow disruption,IFD)植入等,但目前尚无针对WNBA治疗相关问题的指南或共识,临床诊疗过程仍缺乏参考标准。故本共识结合最新研究进展和临床实践,围绕不同治疗技术的安全性与有效性、围手术期管理、不良事件、影像评估和随访等内容进行阐述,以期为WNBA的临床治疗提供参考。

一、弹簧圈栓塞及支架/球囊辅助栓塞

弹簧圈栓塞是通过微导管将弹簧圈填塞至IA瘤腔内的一种血管内治疗技术,其机制为通过向瘤腔内填塞弹簧圈来阻挡进入瘤腔的血流从而降低破裂出血风险;同时,瘤腔内的弹簧圈可促进血栓形成进而实现IA的完全闭塞。随着应用范围的不断拓展,在单纯弹簧圈栓塞的基础上发展出了球囊辅助栓塞、支架辅助栓塞等技术,旨在提升治疗效果和操作安全性。

(一)不同技术安全性及有效性

1. 单纯弹簧圈栓塞:单纯弹簧圈栓塞可分为单微导管、双微导管和多微导管技术,WNBA治疗中多微导管技术临床应用相对较多,双微导管技术应用最广泛。双微导管技术是将两根微导管置入同一WNBA瘤腔内的不同位置,进行弹簧圈的同步或交替填塞,以使弹簧圈之间相互缠绕形成稳定结构,并降低其突入载瘤动脉的风险。根据WNBA解剖结构,在双微导管基础上可考虑采用三微导管技术来进一步提高填塞稳定性、致密度及保护分支血管。

目前,单纯弹簧圈栓塞技术与其他治疗技术在安全性和有效性方面的比较尚无确切结论,但该技术在无需球囊或支架辅助、可避免抗血小板药物应用的场景中,具备独特临床价值。

2. 球囊辅助弹簧圈栓塞:球囊辅助弹簧圈栓塞技术亦称球囊辅助瘤颈重塑技术,该技术将球囊置于载瘤动脉的瘤颈部位并充盈,临时封闭瘤颈,以实现弹簧圈的良好填塞。在WNBA治疗中,该技术一方面可提高IA填塞的致密度,另一方面也可降低弹簧圈突入载瘤动脉的风险,保护分支血管通畅,已在治疗中体现出较好的效果。在此基础上,一些相对特殊的术式也逐渐应用于临床,如在分叉部两

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

个分支血管中同时放置双球囊技术，以及经Willis环前/后交通动脉逆行超选后于瘤颈处行球囊辅助栓塞的技术等[12]。

Wallace[13]等回顾性分析了231例使用球囊辅助弹簧圈栓塞治疗IA的病例（WNBA占77.5%），结果显示：严重并发症发生率为0.9%（2/231），完全闭塞率（Raymond Ⅰ级）为56.5%。

3. 支架辅助弹簧圈栓塞：支架辅助弹簧圈栓塞是指通过在瘤颈处放置支架避免弹簧圈突入载瘤动脉，并增加IA填塞致密度。目前常用的自膨式辅助支架共有两类：激光雕刻支架和编织型支架，其中激光雕刻支架又分为开环和闭环。该技术需要在载瘤动脉内植入支架，患者通常需接受抗血小板药物治疗，故早期多用于未破裂动脉瘤（unruptured intracranial aneurysm，UIA）；近年随着治疗进步和经验积累，其在RIA中的应用也逐渐增多。

侧壁的宽颈动脉瘤（wide-neck intracranial aneurysm，WNIA）通常应用单支架进行辅助[14]；而WNBA在单支架基础上，有时需两枚支架以保证瘤颈充分覆盖及分支血管通畅，常用的双支架辅助技术包括“Y”型、“X”型和“T”型支架技术[15]。一项纳入27项研究，共750例使用多支架治疗WNBA的Meta分析显示：术后即刻的充分闭塞率（Raymond Ⅰ~Ⅱ级）为82.2%；远期随访时（平均随访时间为14个月）该指标提升至95.4%，致残率和致死率分别为2.4%和1.1%[16]。

（二）围手术期管理

对于单纯使用弹簧圈或是球囊辅助栓塞治疗的患者，因载瘤动脉内无植入物，弹簧圈本身导致载瘤动脉血栓或狭窄的风险较低，因此通常无需抗血小板药物治疗。而对于接受支架辅助栓塞的患者，围手术期及术后较长时间内通常需使用抗血小板药物治疗。此外，有研究表明在术中使用替罗非班可以有效预防支架内血栓形成，并且不会增加IA术中出血的风险[17-18]。

（三）手术相关不良事件及处理

弹簧圈或球囊/支架辅助栓塞的术中并发症包括：IA破裂、血栓形成、弹簧圈或支架移位、分支血管出血等。IA发生破裂时需控制性降血压，肝素化的需中和肝素，并尽快完成IA致密填塞，或转为外科手术治疗，同时积极处理脑血管痉挛和颅内压增高等并发症，必要时采取脑室外引流或去骨瓣减压术等措施。对于支架辅助弹簧圈栓塞治疗，围手术期充分的抗血小板药物治疗是血栓形成的重要预防手段。术中或术后一旦发生血栓，需行溶栓治疗，必要时可考虑进行机械碎栓、取栓等操作。弹簧圈或支架移位相对少见，处理方法包括采用支架/球囊辅助技术继续完成栓塞，术后予以抗血小板药物治疗等，必要时可考虑使用取栓或捕获装置取出移位栓塞材料。发生分支血管出血时的处理方式与IA破裂有一定相似性，可考虑使用球囊封堵破口或栓塞破裂的分支血管[19]。

（四）术后影像学检查方法及随访

WNBA术后影像随访同其他类型IA，旨在评估其闭塞程度、有无复发以及载瘤动脉和分支血管有无狭窄或闭塞等。Raymond分级一直是临床公认的评价IA（包括WNBA）栓塞效果的分级标准，广泛应用于单纯弹簧圈栓塞以及球囊/支架辅助栓塞的效果评价。

DSA是WNBA等IA术后评估的金标准，但因其为有创性检查，可根据患者意愿，寻求更为方便及舒适的影像检查方式，以提升随访依从性。

MRA这一无创检查方式是目前WNBA术后的常用随访方式。有研究指出，时间飞跃法磁共振血管成像（TOF-MRA）评估介入治疗后IA残留的敏感度和特异度分别可达88%和94%[20]。但在评价载瘤动脉的狭窄情况时，由于受支架金属伪影干扰，对比剂增强磁共振血管成像（CE-MRA）与TOF-MRA的效果均不理想。静音MRA是一种新开展的非对比剂增强MRA技术，比其他非DSA类影像检查更适用于支架辅助或FD植入的术后复查。研究表明，在支架辅助弹簧圈栓塞术后患者的影像评估中，静音MRA的图像质量评分显著高于TOF-MRA[21]。另一项研究纳入了78例接受FD植入手术的患者，结果显示，与DSA相比静音MRA和TOF-MRA的检查一致率分别为91.0%和80.8%[22]。

CTA易受栓塞材料金属伪影影响，因此对于采用弹簧圈栓塞治疗的患者，现只考虑作为MRA及DSA检查存在禁忌时的替代方案。

（五）推荐意见

（1）对于WNBA的治疗，单纯弹簧圈栓塞、球囊/支架辅助栓塞均表现出良好的安全性和有效性，可根据患者一般情况、解剖条件和动脉瘤是否破裂进行选择。（2）对于单纯弹簧圈栓塞和球囊辅助栓塞，通常情况下可以不使用抗血小板药物；对于支架辅助弹簧圈栓塞，围手术期及术后建议使用抗血小板药物。（3）若术中出现WNBA破裂，首先积极对症治疗和控制性降血压，并立即进行致密填塞，必要时考虑开颅治疗；若术中出现载瘤动脉、分支血管或支架内血栓形成，可立即给予替罗非班等药物，必

Chinese Medical Association Publishing House

要时行机械碎栓、取栓治疗，并酌情调整抗血小板药物方案。(4)影像随访的金标准是DSA，TOF-MRA和CE-MRA可用于单纯弹簧圈栓塞或球囊辅助栓塞的随访，静音MRA在支架辅助弹簧圈栓塞的随访中可能有更好的应用前景。CTA因受到金属伪影影响，可作为MRA及DSA检查存在禁忌时的替代方案。

二、IFD植入

IFD是专门为WNBA设计的一类新型介入装置，其在瘤腔内释放后形成的自膨式笼状密网结构，一方面能缓解血流对瘤顶的直接冲击，降低破裂风险；另一方面能通过充分覆盖瘤颈，减缓流入血流，将瘤腔和载瘤动脉隔绝，为瘤颈的内皮化提供良好的支撑，并且随着瘤内血栓的形成和瘤颈的内皮化，最终实现WNBA的完全闭塞。以日本泰尔茂WEB装置为例，其为镍钛合金编织的自膨密网结构，两端收束并带有铂金显影标记。IFD接近侧壁的金属覆盖率低至22%，接近顶部和底部收束点的金属覆盖率可达100%，平均金属覆盖率约60%。植入后，其在瘤颈部的金属覆盖率远高于植入载瘤动脉内的FD[23]。

(一)安全性和有效性

国际上常用的IFD包括：WEB自膨式动脉瘤瘤内栓塞装置(日本泰尔茂公司生产)、Contour神经血管系统(以下简称“Contour”，美国史赛克公司生产)和Luna(后更名为“Artisse”，美国美敦力公司生产)。WEB和Luna自2011年相继获得欧盟CE认证后快速进入临床应用，Contour则于2017年获CE批准。

一项Meta研究结果显示，在完全栓塞率、充分栓塞率、再治疗率方面，WEB治疗WNBA和支架辅助弹簧圈栓塞结果类似。但WEB治疗WNBA的并发症显著低于支架辅助弹簧圈栓塞(3.2%比10.1%，P=0.037)；且WEB治疗手术时间显著低于支架辅助弹簧圈栓塞(97.6 min比138.7 min，P<0.001)[24]。Ktayen等[25]报道的Contour治疗后5年随访结果显示其在WNBA中可实现逐步闭塞，前2年闭塞率逐渐提高，5年时充分闭塞率(Raymond Ⅰ~Ⅱ级)达88%，仅少数患者闭塞等级出现轻度恶化，提示该装置在长期随访中仍具备安全性与有效性。

1. 未破裂WNBA：现有研究表明，IFD治疗未破裂WNBA(UWNBA)时安全性较高，并发症发生率较低。三项欧洲系列研究(WEBCAST、WEBCAST-2和the French Observatory研究)汇总数据显示，168例患者中并发症发生率为3.0%，主要包括轻微缺血性事件(1.8%)和装置移位(1.2%)[26-27]。

在有效性方面，上述三项欧洲系列研究的1年随访数据显示，152例患者(153个UWNBA)中充分闭塞率(Raymond Ⅰ~Ⅱ级)为79.1%，其中完全闭塞率(Raymond Ⅰ级)为52.9%。2年随访数据显示，121例患者(121个UWNBA)充分闭塞率(Raymond Ⅰ~II级)为81.0%，其中完全闭塞率(Raymond Ⅰ级)为51.2%[28]。WEB-IT研究共纳入150例患者，其中143例患者术后1年影像随访结果显示，充分闭塞率(Raymond Ⅰ~Ⅱ级)为84.6%；有82例患者完成了术后5年影像随访，与术后1年闭塞状态相比，76.8%的UWNBA保持稳定或有所改善，未进行再次治疗[29]。

2. 破裂WNBA：IFD在治疗破裂WNBA(RWNBA)方面亦显示出良好的安全性和有效性，针对瘤腔的治疗不仅可有效减少对载瘤动脉或分支血管的影响，而且术后通常无需长期抗血小板药物治疗，这在RWNBA治疗中具有明显的优势[30]。多项研究结果显示，对于RWNBA病例，IFD可以作为优先考虑的治疗方案[31-32]。

一项系统评价纳入了25项研究中1 077例应用IFD治疗的RWNBA患者，涉及14个国家的135个中心[33]。随访结果显示，术后3个月、6个月和12个月时，充分闭塞率(Raymond Ⅰ~Ⅱ级)分别为82.61%、93.26%和83.77%，其中完全闭塞率(Raymond Ⅰ级)分别为59.77%、67.57%和59.42%。术后30 d和90 d时，分别有82.55%和87.27%的患者预后良好[改良Rankin量表(mRS)评分0~2分]，再治疗率为7.54%。围手术期死亡率为0.39%，手术相关并发症率为12.82%，其中血栓栓塞事件和出血事件分别占4.55%和1.05%，有症状表现的患者比例分别为0.60%和0.17%。

另一项仅使用IFD治疗的研究进一步证实，破裂组(n=12)与未破裂组(n=35)的充分闭塞率(91.6%比91.4%)、再治疗率(8.0%比5.7%)差异均无统计学意义(P>0.05)[34]。

此外，多项研究显示IFD可有效防止RIA术后再出血[35]。一项纳入9项研究共377个急性RIA(其中82.7%为WNBA)的系统评价显示，85.9%的RIA位于前循环，26.9%的患者伴有高级别SAH。术中及术后并发症发生率分别为8.4%和1.0%，未见再出血患者，充分闭塞率(Raymond Ⅰ~Ⅱ级)达84.8%[36]。

CLARYS研究显示，应用IFD治疗RWNBA时，

Chinese Medical Association Publishing House

平均手术时间为75.3 min（12.0~235.0 min），平均透视时间为27 min（6~82 min），有效缩短了手术时间，减少了辐射暴露[37]。

（二）技术要点

1. WNBA测量和IFD选型：合适的IFD选型是确保WNBA闭塞率和维持载瘤动脉及各分支血管通畅的关键因素。选型前需要基于3D-DSA图像对WNBA进行多角度精确测量。型号过小可能导致瘤体残余、装置移位或压缩，而过大则可能疝出至载瘤动脉或分支血管，造成血管狭窄甚至闭塞。

测量时应首先行3D-DSA血管成像及重建，多角度全面观察，并在可清晰显示WNBA整体形态、瘤颈、载瘤动脉及分支血管的最佳投照视角下，分别于冠状位、矢状位、轴位行多次测量，确定瘤体高度与宽度，以此作为IFD选型依据。

目前IFD装置主要有2种形态：盘状结构和笼状结构。IFD选型的通用策略为选择较宽的装置，以获得更优的径向支撑力和贴壁稳定性。这一策略选择的主要原因在于：装置受瘤囊体部限制越多、装置对瘤颈口的封堵效果越好、在纵轴上抗血流冲击能力越强，越有利于提高即刻封堵效果并降低远期动脉瘤残留与复发风险。

目前，临床中获取WNBA形态学参数仍以手工测量为主，然而不同医生选择的观测角度与个人经验相关，具有主观差异性，会导致测量结果存在偏差[38]。《颅内动脉瘤影像学判读中国指南（2024版）》[39]中指出，通过人工智能算法进行自动测量，可消除人为选择带来的差异，将有望解决这一问题。Muñoz等[40]通过人工智能技术对8例IFD进行模拟选型，其中模拟装置的型号高度平均误差<0.28 mm（±0.44 mm），孔隙率平均误差<7.8%。提示手术模拟和智能选型技术有助于优化操作及IFD型号选择。

2. IFD操作要点：（1）为增加IFD输送过弯时微导管的稳定性，可将外层中间导管输送至较高位置；（2）可根据回弹系数进行IFD适配微导管头端的热塑形，以期微导管更顺畅地输送到位，同时为IFD的植入提供更好的释放角度和支撑力；（3）微导管头端通常有1 mm左右的不显影区，故应将头端输送至瘤腔近端1/3处，且避免贴合瘤壁，同时避免正对子瘤；（4）微导管和IFD的输送全程均应在透视下进行，微导管及IFD输送到位后均应重新做路图，以确定微导管头端的具体位置；（5）不同IFD装置的输送操作有较大区别，临床医生需进行严格的装置操作培训；（6）IFD在完全打开后，需确保微导管和外层中间导管处于无张力状态下再进行解脱，解脱前需要进行造影评估装置的型号适配程度、横向压缩情况、载瘤动脉和各分支血管的通畅情况，且解脱过程需全程透视；（7）一些复杂病例中，IFD植入亦可联合弹簧圈栓塞和（或）支架/球囊辅助栓塞，但需留意各装置的操作干扰及相互应力情况[41-42]。

2016年启动的CLARYS研究中，IFD成功植入率为93.3%（56/60），辅助支架使用比例为3.6%（2/60）[43]。2019年启动的CLEVER研究中，技术成功率提升至100%，微小病变到位率达97.1%[44]。2025年IFD亚洲多中心研究中技术成功率为98.1%[45]。

有文献报道WEB治疗时辅助支架的使用率为12.1%（19/157），使用的场景主要是WEB突出瘤颈时保持载瘤动脉通畅和瘤颈处的分支血管保护[46]。WEB结合支架辅助后，WNBA的完全栓塞率也显著提高。对于形态不规则WNBA，可以考虑使用IFD和弹簧圈联合治疗，以期获得更好的治疗效果。

（三）围手术期管理

对于使用IFD植入、单纯弹簧圈或球囊辅助弹簧圈栓塞的患者，因载瘤动脉内无植入物，可以不使用抗血小板药物。WNBA治疗中，若IFD等栓塞装置暴露于血流中的面积较大，可以考虑使用抗血小板药物。此外，研究表明，IFD近端的显影标记突入载瘤动脉，一般不会引发血栓事件，例如WEB-IT研究中，相关的血栓并发症发生率为0%[27]。

（四）手术相关不良事件及处理

IFD治疗术中可能发生的不良事件主要包括WNBA破裂、装置疝出及解脱后移位等[47]。国际多项前瞻性多中心队列的综合数据显示，术中WNBA破裂发生率为1.2%[48]。Goertz等[49]的回顾性研究中纳入了120例患者，结果显示出血性并发症发生率为1.7%，其中术中破裂1例（0.8%）。临床实践中若术中发生WNBA破裂，应立即中和抗凝；若装置已经释放但尚未解脱，应利用其止血作用，切勿轻易移除。如果出血持续，需考虑采用球囊阻断、弹簧圈填塞、开颅手术等进一步止血措施[9]。

IFD装置释放、解脱前造影偶见装置疝入载瘤动脉或分支血管，并影响血流。Caroff等[50]一项纳入98例WNBA患者的多中心回顾性研究中，5例（5.1%）因IFD疝入载瘤动脉中而需额外植入支架。Goertz等[49]报道2例（1.7%）患者因装置疝出导致血管狭窄，最终将IFD移除。若术中观察到血流受影响，需部分回收装置并重新定位，可尝试将其释放在瘤腔更深处，必要时可使用球囊/支架辅助。若解脱后载瘤动脉或分支血管血流受影响，可经微导管

Chinese Medical Association Publishing House

对装置进行轻柔按摩，或在受影响的血管内植入支架以改善血流[9]。

IFD解脱后可能发生移位，甚至逃逸至载瘤动脉远端，文献报道可采用抓捕器取出移位装置，亦有动物实验中采用支架成功取出移位装置的报道[9]。

（五）术后影像学检查方法及随访

IFD植入后，患者可以接受3.0T以下场强的MR检查，TOF-MRA和CE-MRA在WNBA完全闭塞病例中成像效果与DSA一致，在瘤颈残余病例中敏感性较低、特异性较高，而CTA和DSA可提供更准确的评估结果[51]。

WEB栓塞闭塞量表（WEB occlusion scale，WOS）是专门用于评估WEB植入后IA闭塞程度的分级方法，共分4级：A级（完全闭塞）；B级（瘤体闭塞但“近端凹陷处显影”）；C级（瘤颈残余）；D级（瘤体残余）。影像学随访显示，WNBA复发可能与装置移位或压缩有关，但装置压缩不一定代表选型过小，也未必导致复发[52]。一项针对全球WEB联盟数据库进行的回顾性研究表明，IFD植入后形状改变多发生于术后最初25个月内，之后趋于稳定[53]。此外，一项系统评价共纳入138项研究，涉及12种闭塞评价量表，结果显示：应用最广泛的为Raymond-Roy闭塞分类（Raymond-Roy occlusion classification，RROC），即Raymond分级，占比68%；其次为Bicêtre闭塞量表（Bicêtre occlusion score scale，BOSS），占15%；以及WOS，占12%[54]。但由于多数研究样本量较小、方法学异质性较高，仍需开展更多高质量可靠性研究，为IFD与其他治疗方式的疗效比较提供更充分的依据。

在长期随访方面，目前IFD中仅有WEB装置具有5年及以上的长期随访结果。WEB-IT US对148例患者的5年随访结果显示，完全闭塞率（Raymond Ⅰ级）和充分闭塞率（Raymond Ⅰ~Ⅱ级）分别为58.1%和87.2%[55]。WEBCAST 1&2研究对95例患者的5年随访结果显示，完全闭塞率（Raymond Ⅰ级）和充分闭塞率（Raymond Ⅰ~Ⅱ级）分别为51.6%和77.9%[56]。

（六）推荐意见

（1）对于WNBA的治疗，IFD植入表现出良好的安全性和有效性，无需联合抗血小板药物是其显著优势。（2）IFD的精准选型为成功植入和减少复发的关键环节，应在3D-DSA上进行WNBA的多角度精确测量。（3）对于RWNBA，IFD植入无需联合抗血小板药物，且可同时避免WNBA破裂再出血；对于UWNBA，建议在术前进行抗血小板药物准备，术后根据IFD装置位置和是否采用支架辅助，决定是否继续行抗血小板药物治疗。（4）评估IFD装置位置及对载瘤动脉和分支血管的血流影响，可合理采用DSA等影像学方法。（5）术中出现WNBA破裂，建议中和抗凝，装置若未解脱可暂留止血，必要时使用球囊或弹簧圈阻断血流，或通过开颅手术等方式予以止血。（6）释放前IFD装置疝出瘤颈并影响分支血流时，建议部分回收装置，重新定位，或予以球囊辅助放置；释放后IFD装置疝出瘤颈并影响载瘤动脉血流时，建议微导管按摩、球囊扩张或支架辅助固定。（7）IFD植入的影像学随访应优先采用DSA或CTA，MRA对于识别瘤颈残余具有较低的敏感性，但可避免射线及使用造影剂；影像学的随访时间建议持续至术后1年以上。

三、FD植入

FD治疗UIA已获广泛认可。近年来，FD在WNBA中的使用显著增加。相较于单纯弹簧圈栓塞或球囊/支架辅助栓塞的技术挑战，FD在分叉部位的操作更简单，当前已开展很多有益的探索，并积累大量成功案例，但仍需高质量研究和行业共识规范临床实践。

（一）安全性和有效性

WNBA具有宽颈、解剖结构复杂、合并分支血管等特点，使传统神经介入技术的应用存在一定的局限性[57]。FD的作用机制并非直接针对WNBA本身，而是通过重建载瘤动脉达到治疗目的，因此对于不适合传统介入治疗技术的大/巨大型、不规则或梭形WNBA，FD可提供新选择。

1. 大脑中动脉WNBA：在大脑中动脉WNBA中，FD的治疗效果受解剖结构的影响较大，其安全性和有效性尚待高质量临床研究验证[58]。一项纳入87例患者的多中心回顾性研究中，中位随访16.3个月时，充分闭塞率（Raymond Ⅰ~Ⅱ级）为77.0%，缺血性和出血性并发症发生率分别为8.0%和1.1%[59]。国内一项单中心回顾性研究纳入了46名WNBA患者，结果显示：围手术期症状性缺血事件和出血事件发生率分别为6.5%和2.2%；术后6个月随访期间未观察到新发出血或缺血事件，97.6%的患者的mRS评分为0分，造影复查显示O'Kelly-Marotta（OKM）分级为C级和D级（充分闭塞）的占比达90.3%[60]。然而，另一项多中心回顾性研究发现，中位随访12个月时，与开颅夹闭治疗相比，FD治疗缺血性并发症发生率更高，达到16.7%（9/54）[61]。

Chinese Medical Association Publishing House

2. 颈内动脉末端WNBA：颈内动脉末端WNBA的相关研究较少。一项10例患者的回顾性研究显示，充分闭塞率（Raymond Ⅰ~Ⅱ级）为50%；随访中2例出现并发症，1例为轻微SAH，另一例为无症状性支架内血栓[62]。另一项7例患者的回顾性报道中，术后6~12个月随访时所有患者的WNBA均完全闭塞（Raymond Ⅰ级），且无永久性或短暂性并发症[63]。

3. 基底动脉顶端WNBA：相较于前循环IA，后循环采用FD治疗需要更充分的术前评估。Dmytriw等[64]开展的一项研究纳入16例基底动脉顶端WNBA患者，中位随访6个月时，11例达到充分闭塞（OKM分级C级、D级）；14例患者末次随访时mRS评分较入院时保持稳定或有所改善，1例因术后SAH死亡。Srinivasan等[65]的研究回顾了34例基底动脉IA患者（23例为基底动脉顶端WNBA），术后6个月时充分闭塞率（OKM分级C级、D级）为88%，3例（9%）患者出现严重并发症，其中2例为缺血性并发症，1例患者出现SAH相关的血管痉挛并死亡。

4. 前交通动脉WNBA：目前关于FD治疗前交通动脉WNBA的数据尚少。一项包括14项研究、共计148例前交通动脉IA的荟萃分析显示，FD治疗后，平均随访11个月时充分闭塞率（OKM C级、D级）为87.4%，治疗相关并发症发生率为8.6%，致残率和致死率分别为3.5%和2.5%[66]。另一项Benalia等[67]开展的多中心回顾性研究纳入了147例使用FD治疗的前交通动脉IA患者，中位随访17个月，完全闭塞率（OKM分级为D级）为86.4%，95.1%的患者预后良好（mRS 0~2分），术后并发症发生率为9.7%，其中严重并发症发生率和死亡率共计2.1%。

（二）技术要点

FD治疗WNBA的相关研究提示，术者不仅应关注抗血小板药物的使用，还应该重视FD的精准部署，并保持支架的良好贴壁。合适的FD型号是保证WNBA闭塞和减少并发症发生的重要因素，准确地测量载瘤动脉远、近端直径是FD选型成功的关键步骤[68]。

由于WNBA位置的特殊性，FD治疗会覆盖分叉部血管。研究表明，当血流量减少超过60%时，可能会发生缺血事件[69]。进一步的研究再现了FD所产生的血流动力学影响，表明在载瘤动脉中部署FD一般不会导致分支血流量减少超过50%，从而不会造成缺血事件的发生[70]。总之，对于无其他可行手术或血管内治疗方案的复杂WNBA病例，应在审慎评估并充分考量并发症等风险因素后，将FD植入作为可选治疗方式。

（三）围手术期管理

充分的抗血小板聚集治疗是降低FD植入后缺血性并发症发生率的重要手段，也被证明是有效且安全的，但国内外目前尚无统一标准[71]。阿司匹林和氯吡格雷的联合使用是目前抗血小板聚集治疗的主要方案，而替罗非班的应用研究还比较有限，尚不能形成使用规范[72-74]。

在进行抗血小板聚集治疗之前或治疗过程中，有条件的中心可以采用血栓弹力图（thromboelastogram，TEG）、光学比浊法（light transmittance aggregometry，LTA）、VerifyNow、流式细胞分析等方法检测血小板功能，以及时调整药物治疗方案，减少患者缺血性并发症的发生风险[75-79]。

近年来，抗血栓形成表面改性FD逐渐应用于各类型IA的治疗，其通过光电化学工艺去掉氧化锈层，使支架表面形成一层光滑、稳定的物理自组涂层。在体外血栓形成性评估中，与裸金属密网支架相比，表现出更低的血栓形成性[80]。多项与表面改性FD安全性、有效性相关的研究建议，应用表面改性FD术前、术后应保持双联抗血小板药物治疗，但药物类别和用药时长并未达成共识，仍需进一步研究[81-82]。

（四）手术相关不良事件及处理

FD治疗术中可能发生的不良事件主要包括WNBA破裂、血栓形成、支架贴壁不良等。对于动脉瘤破裂或血栓形成，需按照发生原因进行相应的止血或溶栓治疗。支架贴壁不良者，可行球囊扩张或导丝按摩，支架打开效果不佳或发生严重扭转时，可考虑将FD回收重新释放或更换。

（五）术后影像学检查方法及随访

DSA仍是FD治疗后影像复查的金标准，可以精准评估动脉瘤闭塞水平和载瘤动脉是否发生再狭窄及狭窄程度。对于单纯FD植入的动脉瘤患者，应用CTA进行复查亦可获得较为满意的影像。此外，作为一种无创的影像检查技术，静音MRA和TOF-MRA在FD中的应用也越来越广泛[22]。

关于FD植入治疗IA效果的评价，除传统的Raymond分级系统外，国内外已见多种评价方法，包括OKM分级、Kamran分级、SMART分级、FDSS评分和4F-FPS评价系统等，临床应用时可根据评价目的和使用习惯进行选择[83-88]。受病例数限制，目前尚无大样本量的随访资料，后续需开展更多研究进行横向对比，以进一步甄选临床适用性更强的评

Chinese Medical Association Publishing House

价方法。

（六）推荐意见

（1）FD的精准选型为成功植入的关键环节，围手术期及术后应联合应用抗血小板药物，以降低治疗风险。（2）单纯FD植入的影像学随访可优先采用CTA，静音MRA和TOF-MRA作为无创检查方式亦体现出较高的准确性。DSA在评估WNBA闭塞情况和载瘤动脉狭窄情况方面仍是金标准。

四、总结与展望

随着介入技术和材料的不断进步，WNBA的治疗前景将更加广阔。从现有技术来看，IFD已展现出独特优势，未来可围绕结构设计优化、临床病例精准选择、辅助治疗方案完善等维度进一步拓展其应用边界，提升其对复杂WNBA的适配性。其他治疗技术方面，支架辅助弹簧圈栓塞技术在多中心研究中已证实其安全性和有效性，后续研究可聚焦于如何进一步降低并发症发生率，例如开发更具生物相容性的支架材料，减少血管内膜损伤及血栓形成风险。此外，新型低剖面支架未来可能通过改进支架输送系统，提高手术操作的便捷性与精准性，以应对更多血管解剖位置复杂的WNBA。

从整体治疗趋势而言，联合治疗方案或许会成为研究热点。将不同治疗技术的优势相结合，如IFD与特定支架技术联合，在保证治疗效果的同时，最大程度降低手术风险与患者负担。同时，随着人工智能和医学影像技术的飞速发展，术前对WNBA的精准评估和自动测量技术将更加完善，有望为每个患者制定个性化的最优手术规划方案和耗材选型推荐，从而显著提高WNBA的治疗成功率、改善患者预后。

执笔：李静伟（首都医科大学宣武医院）、倪伟（复旦大学附属华山医院）、李立（河南省人民医院）、李强（海军军医大学第一附属医院）、黄清海（复旦大学附属华山医院）、郭新宾（郑州大学第一附属医院）、吕明（首都医科大学附属北京天坛医院）、冯军（华中科技大学同济医学院附属协和医院）、徐善才（哈尔滨医科大学附属第一医院）、高旭（中国人民解放军北部战区总医院）

指导专家：张鸿祺（首都医科大学宣武医院）、顾宇翔（复旦大学附属华山医院）、杨新健（首都医科大学附属北京天坛医院）、刘建民（海军军医大学第一附属医院）、管生（郑州大学第一附属医院）、李天晓（河南省人民医院）、王东海（山东大学齐鲁医院）、史怀璋（哈尔滨医科大学附属第一医院）

专家组成员（按姓氏汉语拼音排序）：陈锷（厦门大学附属中山医院）、陈光忠（广东省人民医院）、陈儇（吉林大学第一医院）、陈志（陆军军医大学第一附属医院）、邓剑平（空军军医大学第二附属医院）、丁圣豪（上海交通大学医学院附属仁济医院）、段传志（南方医科大学珠江医院）、范一木（天津市环湖医院）、冯军（华中科技大学同济医学院附属协和医院）、冯文峰（南方医科大学南方医院）、高旭（中国人民解放军北部战区总医院）、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）、郭新宾（郑州大学第一附属医院）、韩建峰（西安交通大学第一附属医院）、何川（首都医科大学宣武医院）、何旭英（广东省第二人民医院）、黄清海（复旦大学附属华山医院）、李静伟（首都医科大学宣武医院）、李立（河南省人民医院）、李强（海军军医大学第一附属医院）、李天晓（河南省人民医院）、李西锋（南方医科大学珠江医院）、李佑详（首都医科大学附属北京天坛医院）、李志清（中国医科大学附属第一医院）、梁国标（中国人民解放军北部战区总医院）、刘加春（北京医院）、刘建民（海军军医大学第一附属医院）、吕明（首都医科大学附属北京天坛医院）、马宁（首都医科大学附属北京天坛医院）、倪伟（复旦大学附属华山医院）、任少华（山西省人民医院）、史怀璋（哈尔滨医科大学附属第一医院）、苏万东（山东大学齐鲁医院）、万杰清（上海交通大学医学院附属仁济医院）、汪雷（宜昌市中心人民医院）、汪阳（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）、王东海（山东大学齐鲁医院）、王辉（中山大学附属第三医院）、王君（中国人民解放军总医院）、王云彦（山东大学齐鲁医院）、温昌明（南阳市中心医院）、谢晓东（四川大学华西医院）、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（浙江大学医学院附属第二医院）、杨华（贵州医科大学附属医院）、杨铭（中国人民解放军中部战区总医院）、杨新健（首都医科大学附属北京天坛医院）、于嘉（西安交通大学第一附属医院）、喻孟强（中南大学湘雅二医院）、张鸿祺（首都医科大学宣武医院）、张鹏（首都医科大学宣武医院）、张天（四川省人民医院）、赵文元（武汉大学中南医院）、赵振伟（空军军医大学第二附属医院）、钟书（中山大学附属第一医院广西医院）、朱刚（陆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] Etminan N, Ruigrok YM, Hackenberg KAM, et al. Epidemiology, pathogenesis, and emerging concepts in unruptured intracranial aneurysms[J]. Lancet Neurol, 2025, 24(11): 945-957. DOI: 10.1016/S1474-4422(25)00264-9.

[2] Ragaglini C, Foschi M, De Santis F, et al. Epidemiology and treatment of atraumatic subarachnoid hemorrhage over 10 years in a population-based registry[J]. Eur Stroke J, 2024, 9(1): 200-208. DOI: 10.1177/23969873231198324.

[3] Molyneux AJ, Kerr RSC, Yu L, et al. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion[J]. Lancet, 2005, 366(9488): 809-817. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)67214-5.

[4] Lanzino G. The Barrow ruptured aneurysm trial[J]. J Neurosurg, 2012, 116(1): 133-134. DOI: 10.3171/2011.6.JNS11625.

[5] Liu Q, Jiang P, Jiang Y, et al. Bifurcation configuration is an independent risk factor for aneurysm rupture irrespective of location[J]. Front Neurol, 2019, 10: 844. DOI: 10.3389/fneur.2019.00844.

[6] 翟晓东, 李传捷, 何川, 等. 颈内动脉眼动脉段侧壁动脉瘤的形态学特征分析[J]. 中国脑血管病杂志, 2021, 18(10): 672-678. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2021.10.003.

Zhai XD, Li CJ, He C, et al. Morphological analysis of sidewall ophthalmic segment aneurysms of internal carotid artery[J]. Chin J Cerebrov Dis, 2021, 18(10): 672-678. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2021.10.003.

[7] Zhang X, Hao W, Han S, et al. Middle cerebral arterial bifurcation aneurysms are associated with bifurcation angle and high tortuosity[J]. J Neuroradiol, 2022, 49(5): 392-397. DOI:10.1016/j.neurad.2021.12.001.

[8] Diagbouga MR, Morel S, Bijlenga P, et al. Role of hemodynamics in initiation/growth of intracranial aneurysms[J]. Eur J Clin Invest, 2018, 48(9): e12992. DOI:10.1111/eci.12992.

[9] Kashkoush A, El-Abtah ME, Petitt JC, et al. Flow diversion for the treatment of intracranial bifurcation aneurysms: a systematic review and Meta-analysis[J]. J Neurointerv Surg, 2024, 16(9): 921-927. DOI:10.1136/jnis-2023-020582.

[10] Alfano JM, Kolega J, Natarajan SK, et al. Intracranial aneurysms occur more frequently at bifurcation sites that typically experience higher hemodynamic stresses[J]. Neurosurgery, 2013, 73(3): 497-505. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000016.

[11] van der Kamp LT, Rinkel GJE, Verbaan D, et al. Risk of rupture after intracranial aneurysm growth[J]. JAMA Neurol, 2021, 78 (10): 1228-1235. DOI: 10.1001/jamaneurol.2021.2915.

[12] Pierot L, Biondi A. Endovascular techniques for the management of wide-neck intracranial bifurcation aneurysms: a critical review of the literature[J]. J Neuroradiol, 2016, 43(3): 167-175. DOI: 10.1016/j.neurad.2016.02.001.

[13] Wallace AN, Samaniego E, Kayan Y, et al. Balloon-assisted coiling of cerebral aneurysms with the dual-lumen Scepter XC balloon catheter: experience at two high-volume centers[J]. Interv Neuroradiol, 2019, 25(4): 414-418. DOI: 10.1177/1591019919828677.

[14] Mokin M, Primiani CT, Ren Z, et al. Stent-assisted coiling of cerebral aneurysms: multi-center analysis of radiographic and clinical outcomes in 659 patients[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12 (3): 289-297. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015182.

[15] Kuwajima T, Kazekawa K, Maruyama K, et al. Usefulness and problems of Y-Stent and T-Stent assisted coiling for unruptured cerebral aneurysms[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2022, 31(10): 106668. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106668.

[16] Cagnazzo F, Limbucci N, Nappini S, et al. Y-stent-assisted coiling of wide-neck bifurcation intracranial aneurysms: a Meta-analysis[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(1): 122-128. DOI: 10.3174/ajnr.A5900.

[17] Lee J, Gliem M, Gerdes G, et al. Safety of bridging antiplatelet therapy with the gpIIb-IIIa inhibitor tirofiban after emergency stenting in stroke[J]. PLoS One, 2017, 12(12): e0190218. DOI: 10.1371/journal.pone.0190218.

[18] Chalouhi N, Jabbour P, Kung D, et al. Safety and efficacy of tirofiban in stent-assisted coil embolization of intracranial aneurysms[J]. Neurosurgery, 2012, 71(3): 710-714. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31826213f9.

[19] 中国医师协会神经介入专业委员会, 中国颅内动脉瘤计划研究组. 中国颅内破裂动脉瘤诊疗指南(2021版)[J]. 中国脑血管病杂志, 2021, 18 (8): 546-574. DOI: 10.3969/j. issn. 1672-5921. 2021.08.007.
Chinese Medical Doctor Association Committee of Neurointervention, Chinese Intracranial Aneurysm Project Research Group. Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of ruptured intracranial aneurysms (2021 edition) [J]. Chin J Cerebrov Dis, 2021, 18(8): 546-574. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2021.08.007.

[20] Ahmed SU, Mocco J, Zhang X, et al. MRA versus DSA for the follow-up imaging of intracranial aneurysms treated using endovascular techniques: a Meta-analysis[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(10): 1009-1014. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-014936.

[21] Kim YN, Choi JW, Lim YC, et al. Usefulness of silent MRA for evaluation of aneurysm after stent-assisted coil embolization[J]. Korean J Radiol, 2022, 23(2): 246-255. DOI: 10.3348/kjr. 2021.0332.

[22] Oishi H, Fujii T, Suzuki M, et al. Usefulness of silent MR angiography for intracranial aneurysms treated with a flow-diverter device[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(5): 808-814. DOI: 10.3174/ajnr.A6047.

[23] Mine B, Pierot L, Lubicz B. Intrasaccular flow-diversion for treatment of intracranial aneurysms: the Woven EndoBridge[J]. Expert Rev Med Devices, 2014, 11(3): 315-325. DOI: 10.1586/17434440.2014.907741.

[24] Ohadi MAD, Asef SA, Zamani R, et al. The Woven EndoBridge device as a good alternative treatment for stent assisted coiling in intracranial bifurcation aneurysms: a systematic review and Meta-analysis[J]. Neurosurg Rev, 2024, 47(1): 825. DOI: 10.1007/s10143-024-03016-5.

[25] Ktayen H, Akhunbay-Fudge CY, Tyagi AK, et al. Endovascular treatment of wide-neck intracranial aneurysms using the novel contour neurovascular system: 5-year follow-up[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2025, 46(7): 1387-1394. DOI: 10.3174/ajnr.A8641.

[26] Pierot L, Gubucz I, Buhk JH, et al. Safety and efficacy of aneurysm treatment with the WEB: results of the WEBCAST 2 study[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2017, 38(6): 1151-1155. DOI: 10.3174/ajnr.A5178.

[27] Pierot L, Moret J, Turjman F, et al. WEB treatment of intracranial aneurysms: clinical and anatomic results in the French Observatory[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37(4): 655-659. DOI:10.3174/ajnr.A4578.

[28] Pierot L, Moret J, Barreau X, et al. Aneurysm treatment with Woven EndoBridge in the cumulative population of 3 prospective, multicenter series: 2-year follow-up[J]. Neurosurgery, 2020, 87 (2): 357-367. DOI:10.1093/neuros/nyz557.

[29] Arthur AS, Molyneux A, Coon AL, et al. The safety and effectiveness of the Woven EndoBridge (WEB) system for the treatment of wide-necked bifurcation aneurysms: final 12-month results of the pivotal WEB Intrasaccular Therapy (WEB-IT) Study [J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(9): 924-930. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-014815.

[30] van Rooij S, Sprengers ME, Peluso JP, et al. A systematic review and Meta-analysis of Woven Endobridge single layer for treatment of intracranial aneurysms[J]. Interv Neuroradiol, 2020, 26(4): 455-460. DOI: 10.1177/1591019920904421.

[31] Chen C, Dabhi N, Snyder MH, et al. Intrasaccular flow disruption for brain aneurysms: a systematic review of long-term outcomes [J]. J Neurosurg, 2022, 137(2): 360-372. DOI: 10.3171/2021.9.JNS211706.

[32] Diestro JDB, Dibas M, Adeeb N, et al. Intrasaccular flow disruption for ruptured aneurysms: an international multicenter study[J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15(9): 844-850. DOI: 10.1136/jnis-2022-019153.

[33] Ferreira MY, Cardoso LJC, Scarramal JPL, et al. Safety and efficacy of the Woven EndoBridge (WEB) device in ruptured intracranial aneurysms: a systematic review and updated Meta-analysis[J]. Neuroradiology, 2025, 67(7): 1859-1872. DOI: 10.1007/s00234-025-03677-z.

[34] Ozpeynirci Y, Braun M, Pala A, et al. WEB-only treatment of ruptured and unruptured intracranial aneurysms: a retrospective analysis of 47 aneurysms[J]. Acta Neurochir (Wien), 2019, 161 (8): 1507-1513. DOI:10.1007/s00701-019-03988-0.

[35] Monteiro A, Lazar AL, Waqas M, et al. Treatment of ruptured intracranial aneurysms with the Woven Endobridge device: a systematic review[J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14(4): 366-370. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017613.

[36] Dmytriw AA, Diestro J, Dibas M, et al. International study of intracranial aneurysm treatment using Woven Endobridge: results of the worldwideweb consortium[J]. Stroke, 2022, 53(2): e47-e49. DOI: 10.1161/STROKEAHA.121.037609.

[37] Spelle L, Herbreteau D, Caroff J, et al. CLinical Assessment of WEB device in Ruptured aneurYSms (CLARYS): results of 1-month and 1-year assessment of rebleeding protection and clinical safety in a multicenter study[J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14(8): 807-814. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017416.

[38] Ghosh S, Dey S, Tjoumakaris S, et al. Association of morphologic and demographic features of intracranial aneurysms with their rupture: a retrospective analysis[J]. Acta Neurochir Suppl, 2013, 115: 275-278. DOI: 10.1007/978-3-7091-1192-5_48.

[39] 中国医师协会神经介入专业委员会中国颅内动脉瘤计划研究组. 颅内动脉瘤影像学判读中国指南(2024版)[J]. 中华神经外科杂志, 2024, 40(8): 757-773. DOI: 10.3760/cma. j. cn112050-20240430-00152.

Chinese Medical Doctor Association Committee of Neurointervention, Chinese Intracranial Aneurysm Project Research Group. Chinese guidelines for imaging interpretation of intracranial aneurysms (2024 edition)[J]. Chin J Neurosurg, 2024, 40(8): 757-773. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20240430-00152.

[40] Muñoz R, Narata AP, Obradó L, et al. Simulation of intra-saccular devices for pre-operative device size selection: method and validation for sizing and porosity simulation[J]. Comput Biol Med, 2022, 147: 105744. DOI: 10.1016/j. compbiomed. 2022. 105744.

[41] Diestro JDB, Dibas M, Adeeb N, et al. Stent-assisted Woven EndoBridge device for the treatment of intracranial aneurysms: an international multicenter study[J]. J Neurosurg, 2024, 140(4): 1071-1079. DOI: 10.3171/2023.8.JNS235.

[42] Trimboli A, Wenderoth JD, Cheung AK, et al. Balloon assisted Woven EndoBridge deployment (BAWD): a safety and efficacy study[J]. Interv Neuroradiol, 2023, 31(6): 764-770. DOI: 10.1177/15910199231185632.

[43] Spelle L, Herbreteau D, Caroff J, et al. CLinical Assessment of WEB device in Ruptured aneurYSms (CLARYS): 12-month angiographic results of a multicenter study[J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15(7): 650-654. DOI: 10.1136/neurintsurg-2022-018749.

[44] Spelle L, Costalat V, Caroff J, et al. CLinical EValuation of WEB 17 device in intracranial aneuRysms (CLEVER): procedural, 30-day and 1-year safety results for ruptured and unruptured aneurysms[J]. J Neurointerv Surg, 2024, 16(12): 1299-1306. DOI: 10.1136/jnis-2023-020866.

[45] Jang JH, Kim K, Park K, et al. Predictors of clinical and angiographic outcomes after woven EndoBridge treatment for intracranial aneurysms: an asian multicenter cohort study[J]. Neuroradiology, 2025. DOI: 10.1007/s00234-025-03768-x.

[46] Nogueira RG, Ryan D, Mullins L, et al. Maximizing the catheter-to-vessel size optimizes distal flow control resulting in improved revascularization *in vitro* for aspiration thrombectomy[J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14(2): 184-188. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017316.

[47] El Naamani K, Momin AA, Mouchtouris N, et al. The impact of the Woven EndoBridge device on the treatment of anterior circulation wide-neck bifurcation aneurysms: a single-center experience[J]. J Neurosurg, 2025, 142(1): 110-115. DOI:10.3171/2024.4.JNS24436.

[48] Pierot L, Moret J, Barreau X, et al. Safety and efficacy of aneurysm treatment with WEB in the cumulative population of three prospective, multicenter series[J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10(6): 553-559. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013448.

[49] Goertz L, Liebig T, Siebert E, et al. Risk factors of procedural complications related to Woven EndoBridge (WEB) embolization of intracranial aneurysms[J]. Clin Neuroradiol, 2020, 30(2): 297-304. DOI: 10.1007/s00062-019-00762-8.

[50] Caroff J, Mihalea C, Klisch J, et al. Single-layer WEBs: intrasaccular flow disrupters for aneurysm treatment—feasibility results from a european study[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(10): 1942-1946. DOI: 10.3174/ajnr.A4369.

[51] Timsit C, Soize S, Benaissa A, et al. Contrast-enhanced and time-of-flight MRA at 3T compared with DSA for the follow-up of intracranial aneurysms treated with the WEB device[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37(9): 1684-1689. DOI: 10.3174/ajnr.A4791.

[52] Goyal N, Hoit D, DiNitto J, et al. How to WEB: a practical review of methodology for the use of the Woven EndoBridge[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12(5): 512-520. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-015506.

[53] Adeeb N, Salim HA, Musmar B, et al. Incidence and predictors of Woven EndoBridge (WEB) shape modification following treatment of intracranial aneurysms in a large multicenter study [J]. Neurosurg Rev, 2025, 48(1): 265. DOI: 10.1007/s10143-025-03344-0.

[54] Comby P, Finitsis S, Iancu D, et al. Reliability and applicability of angiographic outcome scales in WEB device-treated aneurysms: a systematic review[J]. Neuroradiology, 2025, 67(1): 191-199. DOI:

10.1007/s00234-024-03526-5.

[55] Fiorella D, Arthur A. Safety and effectiveness of the Woven EndoBridge (WEB) system for the treatment of wide necked bifurcation aneurysms: final 5 year results of the pivotal WEB Intrasaccular Therapy study (WEB-IT) [J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15(12):1175-1183. DOI:10.1136/jnis-2023-020611.

[56] Pierot L, Szikora I, Barreau X, et al. Aneurysm treatment with the Woven EndoBridge (WEB) device in the combined population of two prospective, multicenter series: 5-year follow-up[J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15(6): 552-557. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-018414.

[57] Pierot L, Spelle L, Cognard C, et al. Wide neck bifurcation aneurysms: what is the optimal endovascular treatment? [J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13(5): e9. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017459.

[58] Limbucci N, Leone G, Renieri L, et al. Expanding indications for flow diverters: distal aneurysms, bifurcation aneurysms, small aneurysms, previously coiled aneurysms and clipped aneurysms, and carotid cavernous fistulas[J]. Neurosurgery, 2020, 86(Suppl 1): S85-S94. DOI: 10.1093/neuros/nyz334.

[59] Salem MM, Khorasanizadeh M, Lay SV, et al. Endoluminal flow diverting stents for middle cerebral artery bifurcation aneurysms: multicenter cohort[J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14(11): 1084-1089. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-018224.

[60] Wang J, Deng X, Li D, et al. Pipeline embolization of complex, wide-necked middle cerebral artery bifurcation aneurysms: a single-center experience[J]. Interv Neuroradiol, 2024, 30(2): 227-233. DOI: 10.1177/15910199221115924.

[61] Diestro JDB, Adeeb N, Dibas M, et al. Flow diversion for middle cerebral artery aneurysms: an international cohort study[J]. Neurosurgery, 2021, 89(6): 1112-1121. DOI: 10.1093/neuros/nyab365.

[62] Pujari A, Howard BM, Madaelil TP, et al. Pipeline embolization device treatment of internal carotid artery terminus aneurysms[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(5): 485-488. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014312.

[63] Mahmoud M, Farag A, Farid M, et al. Application of flow diverters in the treatment of aneurysms in the internal carotid artery bifurcation region[J]. Neuroradiol J, 2020, 33(4): 297-305. DOI: 10.1177/1971400920924840.

[64] Dmytriw AA, Adeeb N, Kumar A, et al. Flow diversion for the treatment of basilar apex aneurysms[J]. Neurosurgery, 2018, 83 (6): 1298-1305. DOI: 10.1093/neuros/nyx628.

[65] Srinivasan VM, Jubran JH, Stonnington HO, et al. Flow diversion for basilar quadrifurcation aneurysms[J]. J Neurointerv Surg, 2024, 16(4): 372-378. DOI: 10.1136/jnis-2022-019238.

[66] Cagnazzo F, Limbucci N, Nappini S, et al. Flow-diversion treatment of unruptured saccular anterior communicating artery aneurysms: a systematic review and Meta-analysis[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(3): 497-502. DOI: 10.3174/ajnr.A5967.

[67] Benalia VHC, Cortez GM, Mounayer C, et al. Safety and efficacy of flow diverters for treatment of unruptured anterior communicating artery aneurysms: retrospective multicenter study [J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15(12): 1181-1186. DOI: 10.1136/jnis-2023-020673.

[68] 中国医师协会神经介入专业委员会出血性脑血管病神经介入专业委员会(学组), 中国医师协会神经外科医师分会神经介入专业委员会, 中国医师协会介入医师分会神经介入专业委员会. 血流导向装置治疗颅内动脉瘤的中国专家共识[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36(5): 433-445. DOI: 10.3760/cma. j. cn112050-20200229-00089.

Chinese Medical Doctor Association Committee of Neurointervention, Subspecialty Group of Neurointervention for Hemorrhagic Cerebrovascular Disease, Chinese Medical Doctor Association Neurosurgeon Branch Committee of Neurointervention, Chinese Medical Doctor Association Interventional Physician Branch Committee of Neurointervention. Chinese expert consensus on flow diverter devices for the treatment of intracranial aneurysms[J]. Chin J Neurosurg, 2020, 36 (5): 433-445. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20200229-00089.

[69] Shapiro M, Raz E, Becske T, et al. Variable porosity of the pipeline embolization device in straight and curved vessels: a guide for optimal deployment strategy[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35(4): 727-733. DOI: 10.3174/ajnr.A3742.

[70] Shapiro M, Shapiro A, Raz E, et al. Toward better understanding of flow diversion in bifurcation aneurysms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2018, 39(12): 2278-2283. DOI: 10.3174/ajnr.A5874.

[71] Zhong W, Kuang H, Zhang P, et al. Pipeline embolization device for the treatment of ruptured intracerebral aneurysms: a multicenter retrospective study[J]. Front Neurol, 2021, 12: 675917. DOI: 10.3389/fneur.2021.675917.

[72] Soize S, Foussier C, Manceau P, et al. Comparison of two preventive dual antiplatelet regimens for unruptured intracranial aneurysm embolization with flow diverter/disrupter: a matched-cohort study comparing clopidogrel with ticagrelor[J]. J Neuroradiol, 2019, 46(6): 378-383. DOI: 10.1016/j. neurad. 2019. 01.094.

[73] Guzzardi G, Galbiati A, Stanca C, et al. Flow diverter stents with hydrophilic polymer coating for the treatment of acutely ruptured aneurysms using single antiplatelet therapy: preliminary experience[J]. Interv Neuroradiol, 2020, 26(5): 525-531. DOI: 10.1177/1591019920950878.

[74] Wu Q, Shao Q, Li L, et al. Prophylactic administration of tirofiban for preventing thromboembolic events in flow diversion treatment of intracranial aneurysms[J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13(9): 835-840. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016878.

[75] Whitton TP, Healy WJ. Review of Thromboelastography (TEG): medical and surgical applications[J]. Ther Adv Pulm Crit Care Med, 2023, 18: 29768675231208426. DOI: 10.1177/29768675231208426.

[76] 中国老年保健医学研究会检验医学分会. 光学比浊法检测血小板聚集标准化专家共识[J]. 中华检验医学杂志, 2021, 44(6): 472-479. DOI: 10.3760/cma.j.cn114452-20210208-00098.

Laboratory Medicine Branch of Chinese Association of Geriatric Research. Expert consensus on standardized platelet aggregation detection with light transmission aggregometry[J]. Chin J Lab Med, 2021, 44(6): 472-479. DOI: 10.3760/cma. j. cn114452-20210208-00098.

[77] Paniccia R, Priora R, Liotta AA, et al. Platelet function tests: a comparative review[J]. Vasc Health Risk Manag, 2015, 11: 133-148. DOI: 10.2147/VHRM.S44469.

[78] Carubbi C, Masselli E, Gesi M, et al. Cytofluorimetric platelet analysis[J]. Semin Thromb Hemost, 2014, 40(1): 88-98. DOI: 10.1055/s-0033-1363472.

[79] Li W, Zhu W, Wang A, et al. Effect of adjusted antiplatelet therapy on preventing ischemic events after stenting for intracranial aneurysms[J]. Stroke, 2021, 52(12): 3815-3825. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.032989.

[80] Hellstern V, Pérez MA, Henkes E, et al. Use of a p64 MW flow diverter with hydrophilic polymer coating (HPC) and prasugrel single antiplatelet therapy for the treatment of unruptured anterior circulation aneurysms: safety data and short-term occlusion rates [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2022, 45(9): 1364-1374. DOI: 10.1007/s00270-022-03153-8.

[81] Bhogal P, Ganslandt O, Bäzner H, et al. Treatment of unruptured, saccular, anterior choroidal artery aneurysms with flow diversion : a single centre experience[J]. Clin Neuroradiol, 2019, 29(3): 459-465. DOI: 10.1007/s00062-018-0677-1.

[82] Bhogal P, Petrov A, Rentsenkhu G, et al. Early clinical experience with the p48MW HPC and p64MW HPC flow diverters in the anterior circulation aneurysm using single anti-platelet treatment [J]. Interv Neuroradiol, 2022, 28(3): 266-276. DOI: 10.1177/15910199211029503.

[83] Roy D, Milot G, Raymond J. Endovascular treatment of unruptured aneurysms[J]. Stroke, 2001, 32(9): 1998-2004. DOI: 10.1161/hs0901.095600.

[84] O'kelly CJ, Krings T, Fiorella D, et al. A novel grading scale for the angiographic assessment of intracranial aneurysms treated using flow diverting stents[J]. Interv Neuroradiol, 2010, 16(2): 133-137. DOI: 10.1177/159101991001600204.

[85] Kamran M, Yarnold J, Grunwald IQ, et al. Assessment of angiographic outcomes after flow diversion treatment of intracranial aneurysms: a new grading schema[J]. Neuroradiology, 2011, 53(7): 501-508. DOI: 10.1007/s00234-010-0767-5.

[86] Grunwald IQ, Kamran M, Corkill RA, et al. Simple measurement of aneurysm residual after treatment: the SMART scale for evaluation of intracranial aneurysms treated with flow diverters [J]. Acta Neurochir (Wien), 2012, 154(1): 21-26; discussion 26. DOI: 10.1007/s00701-011-1177-0.

[87] Park MS, Mazur MD, Moon K, et al. An outcomes-based grading scale for the evaluation of cerebral aneurysms treated with flow diversion[J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9(11): 1060-1063. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012688.

[88] Kang H, Luo B, Liu J, et al. A novel score for evaluating cerebral aneurysms treated with flow diversion: 4F-flow diversion predictive score[J]. Ther Adv Neurol Disord, 2021, 14: 17562864211039336. DOI: 10.1177/17562864211039336.

（收稿日期：2025-12-07）

（本文编辑：张玲）

· 读者 · 作者 · 编者 ·

中华医学会杂志社关于论文二次发表的声明

某些由政府机构和专业组织制定的指南以及作者以其他语言发表的科研成果等，需要让更多的读者了解。根据国际惯例（参考《向生物医学期刊投稿的统一要求》）和我国的实际情况，凡符合下列条件并提供相应材料，中华医学会系列杂志允许或接受论文用同一种语言或另一种语言的二次发表。

1. 作者须征得相关期刊的同意，首次发表论文的期刊和准备二次发表的期刊均无异议。作者需向二次发表的期刊提供首次发表该论文期刊的同意书，论文首次发表的时间和论文复印件、单行本或原稿。

2. 尊重首次发表的权益，二次发表至少在首次发表1周之后。

3. 二次发表的论文应面向不同的读者，建议节选或摘要刊登。

4. 二次发表的论文必须完全忠实原文，真实反映原有的资料及观点，作者的顺序不能改动。

5. 在二次发表的题名中应标出是某篇文章的二次发表（全文、节选、全译或节译）。

6. 在二次发表的题名页脚注中，要让读者、同行和文献检索机构知道该论文已全文或部分发表过，并标引首次发表的文献。如："本文首次发表在《中华内科杂志》，2006，45(1)：21-24，英文为"This article is based on a study first reported in the Chin J Intern Med, 2006, 45(1): 21-24"。

7. 提醒各编辑部注意，美国国立医学图书馆不提倡对翻译文章二次发表，如果文章首次发表在被Medline收录的杂志中，将不再标引翻译文章。

中华医学会杂志社

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究