

· 综述 ·

瘤内扰流装置相关临床应用的研究现状

张笑闻¹ 钟海龙² 佟鑫² 范梦妍¹ 万佳鑫¹ 林日金¹ 李菁¹ 管生¹

【摘要】近几十年来,颅内动脉瘤的血管内治疗技术取得了显著进步,新兴的血管内治疗设备不断涌现。其中,瘤内扰流装置是近年来开发的一种新型血管内治疗器械,其结构与密网支架高度相似,主要用于治疗脑血管瘤和动静脉畸形等血管异常病变。目前,主流的瘤内扰流装置有 Woven EndoBridge (WEB) 设备、Luna 动脉瘤栓塞系统、Medina Embolic Device、Contour 神经血管系统和 Neqstent 弹簧圈辅助分流器。国外关于瘤内扰流装置的研究已经相当丰富,其安全性与有效性得到初步证实。然而,国内相关研究仍近乎空白。这种研究差距凸显了在国内开展瘤内扰流装置研究的重要性和紧迫性。因此,本综述旨在对现有瘤内扰流装置及其治疗经验进行深入回顾与总结,以期填补国内相关研究的空白。

【关键词】 颅内动脉瘤; 血管内治疗; 瘤内扰流装置

中图分类号: R743

Research advances in the clinical applications of intrasaccular flow disruptors Zhang Xiaowen¹, Zhong Hailong², Tong Xin², Fan Mengyan¹, Wan Jiaxin¹, Lin Rijin¹, Li Jing¹, Guan Sheng¹. ¹Neurointerventional Department, the first affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, China; ²Cerebrovascular Disease Department, Beijing Neurosurgical Institute, Beijing Tiantan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

Corresponding author: Guan Sheng, Email: gsradio@126.com

【Abstract】 Over recent decades, significant advancements have been achieved in endovascular treatment techniques for intracranial aneurysms, alongside the continuous emergence of novel endovascular devices. Among these, intrasaccular flow disruptors represent a relatively new class of devices developed in recent years. These devices bears a strong resemblance to flow-diverting stents and are primarily employed for treating vascular abnormalities such as cerebral aneurysms and arteriovenous malformations (AVMs). Currently, mainstream intrasaccular flow disruptors include the Woven EndoBridge (WEB) device, the Luna Aneurysm Embolization System, the Medina Embolic Device, the Contour Neurovascular System, and the Neqstent Coil-Assisted Flow Diverter. Research on intrasaccular flow disruptors has already been extensively conducted internationally, with their safety and efficacy preliminarily established. However, domestic research in this area remains limited. This significant research gap underscores the necessity and urgency of conducting studies on intrasaccular flow disruptors within China. Therefore, this review aims to provide a comprehensive retrospective analysis and summary of existing flow disruptors and related treatment experiences, with the goal of bridging the domestic research gap in this field.

【Key words】 Intracranial aneurysms; Endovascular treatment; Intrasaccular flow disruptors

20 世纪 90 年代 Guglielmi 可拆卸弹簧圈系统的发明,使得颅内动脉瘤的治疗取得了巨大的进展^[1]。国际蛛网膜下腔动脉瘤试验和国际未破裂颅内动脉瘤研究等均表明血

管内治疗动脉瘤的临床预后优于外科夹闭^[2-5]。在国际未破裂颅内动脉瘤研究中,采用外科夹闭治疗患者的复发率和死亡率为 12.6%,而采用血管内治疗患者的复发率和死亡率为 9.8%^[5]。此后动脉瘤的血管内治疗发展迅速。而随着血管内治疗技术和设备的发展,球囊和支架辅助弹簧圈技术的应用也逐渐增加^[6-7]。这些技术上的改进使复杂动脉瘤的治疗成为可能。密网支架的出现为侧壁动脉瘤的治疗提供了一个更好的选择。

尽管血管内治疗技术不断进展,但分叉部宽颈动脉瘤

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9248.2025.03.012

项目基金: 河南省医学科技攻关计划软科学重点项目(RKX202101007)

作者单位: 450000 郑州大学第一附属医院神经介入科¹; 100050 首都医科大学附属北京天坛医院 北京神经外科研究所脑血管病科²

通信作者: 管生, Email: gsradio@126.com

(wide-neck bifurcation aneurysm, WNBA) 的治疗一直是神经介入方面的挑战, 瘤内扰流装置的出现打破了这一困境, 为宽颈动脉瘤的治疗提供了一个更好的选择。

瘤内扰流装置是新开发的专门用于治疗 WNBA 的设备, 其典型适应证是位于大脑中动脉、前交通动脉、基底动脉或颈内动脉末端的未破裂 WNBA^[8-9]。

扰流装置的机制主要包括 2 个方面。首先是它的扰流作用, 即对动脉瘤内血流的干扰作用, 瘤内扰流装置通常是以网状的金属支架或线圈形式存在, 会在病变血管内部产生物理性的扰流作用。这种扰流作用可以使原本流速较快的血流减慢, 血流压力和剪切力的作用减小, 从而促进血栓形成。其次是诱导内皮化修复, 瘤内扰流装置可以诱导内皮细胞生长和修复, 从而促进动脉瘤的愈合。内皮细胞是血管内膜的主要成分, 具有维持血管稳定和功能正常的重要作用。瘤内扰流装置在血管内引起湍流, 刺激内皮细胞的增殖和迁移, 从而促进新的内皮细胞生长并覆盖在病变表面, 形成内皮化修复层。这种内皮化修复可以改善血管壁的完整性和稳定性, 降低再出血和血栓的风险。

总的来说, 瘤内扰流装置通过扰流作用和诱导内皮化修复, 改变血流流向和速度, 促进血栓形成和血管壁修复, 达到治疗动脉瘤的目的。目前已经开发的瘤内扰流装置包括 Woven EndoBridge (WEB) 设备 (Microvention, Aliso Viejo, California, USA)、Luna 动脉瘤栓塞系统 (Luna aneurysm embolization system, Luna AES; Medtronic, Irvine, California, USA)、Medina Embolic Device (MED; 美敦力)、Contour 神经血管系统和 Neqstent 弹簧圈辅助分流器 (均为 Cerus Endovascular, Fremont, California, USA)。但是, 具体的工作机制可能还会因装置的设计和材料特性有所差异, 应根据临床实际情况选择适当的扰流装置和治疗方案。本文主要对现有的扰流装置和治疗经验进行总结和回顾。

一、现有的扰流装置介绍

(一) WEB

WEB 装置是为治疗 WNBA 而创造的^[10-12]。自 2011 年以来, 该设备已在欧洲投入临床使用。在美国, 该设备最近获得美国食品和药物管理局批准, 用于治疗前交通动脉、大脑中动脉、颈内动脉和基底动脉分叉部的破裂和未破裂的宽颈动脉瘤^[13-14]。

自从 WEB 装置发明以来, 该设备已经更新了几代, 第一代 WEB 装置一开始是双层的, 随着时间的推进, 现在已经逐渐发展成为高可见度的单层 WEB 装置^[15-16]。与此同时, WEB 设备的外形也在逐步改进, 从而使输送 WEB 的微导管尺寸得以减小。国外的研究者们先后推出了 2 种 WEB 系统, WEB-21 和 WEB-17.6^[17-20]。WEB 装置由多根柔软且具有弹性的镍钛合金线构成, 具有高度可变性和可调节性。其网状结构可以适应不同形状和大小的动脉瘤, 有效覆盖瘤腔, 并与血管壁形成牢固的结合, 防止装置的移位和脱落。

植入 WEB 装置后, 它可以通过网状结构改变瘤内血流的分布和速度^[21-26], 最终达到治疗的效果。

WEB 装置的形状大多为圆形或者圆柱形^[27], 因此圆形或者圆柱形的小动脉瘤是理想的治疗对象, 但是不规则的宽颈动脉瘤也可以使用 WEB 装置进行治疗。同时, WEB 装置可以与弹簧圈线圈合用, 改进治疗效果, 但这样往往会丧失扰流装置最大的优势——手术的便捷性。

现有的关于 WEB 装置的研究比较多。此前, 美国的一项研究对 6 个医疗机构的 91 例患者进行了回顾, 在术后随访过程中一共有 8 例患者出现了动脉瘤破裂; 影像学随访发现患者的动脉瘤完全闭塞率为 49% (平均随访 8 个月); 在最后一次临床随访中, 90% 的患者的改良 Rankin 量表评分 ≤ 2 分, 没有死亡病例^[28]。这项在美国的研究初步证明了 WEB 装置应用早期的安全性。此外还有许多临床研究初步证实了 WEB 装置的安全性和有效性^[29-32]。

同时, WEB 装置缩短了手术时间, 爱尔兰的一项研究显示, 弹簧圈栓塞动脉瘤的手术时间为 (63.5 ± 42.6) min, 使用 WEB 装置的手术时间为 (33.8 ± 28.8) min, 使用 WEB 装置的手术时间缩短了近 50%, 证明了 WEB 装置的便捷性^[33]。

但 WEB 设备在使用中也暴露了一些缺陷, 荷兰的一项临床研究发现, 扰流装置在治疗血栓性动脉瘤时临床预后差于其他动脉瘤, 在该研究的 17 例患者中, 有 3 例血栓性动脉瘤患者出现了动脉瘤的复发^[34], 表明 WEB 装置在治疗血栓性动脉瘤时预后不佳。

综上, 现有的研究初步证实了 WEB 装置的安全性和有效性, 但也证明 WEB 装置的技术还有进一步改进的空间, 以改善其在血栓性动脉瘤患者中的应用效果。

(二) Luna AES

Luna AES 现称为 Artisse, 是一种自膨胀式的囊内血流中断装置^[35-36], 被放置在动脉瘤腔内, 通过在动脉瘤颈部覆盖金属网, 将动脉瘤与载瘤动脉血流隔离开来, 减少血流对瘤壁的压力和剪切力^[35, 37]。Luna AES 主要适用于 WNBA。该装置包含一个特殊的微型堵栓系统, 可以优化瘤腔内的血流分布, 并减少血流对瘤壁的冲击。此外, Luna AES 装置还可以促进动脉瘤内血栓的形成, 阻止血液进入瘤腔。同时, 该装置还可以促进血管内皮的生成, 减少再出血的风险。

目前有关 Luna AES 的研究仍较少。最近发表的一篇有关 Luna AES 在欧洲应用的研究初步证实了该装置的安全性与有效性, 同时证明了 Luna AES 的优势^[35]。Luna AES 植入的平均手术时间为 13.6 min (范围 2~70 min), 相对线圈治疗更迅速。此外, 在本研究中大多数患者的动脉瘤未破裂 (60/63, 95.2%), 这进一步证明了其破裂风险较低。但是本研究为单中心研究, 且样本量较小, 因此这些结论还有待进一步的临床研究来证实。

总的来说, Luna AES 装置的安全性和有效性还有待进一步证实, 但是在现有的短期研究中, 该设备治疗颅内动

脉瘤是安全且有效的。

(三) MED

MED 是一种三维线圈,由不透射线且形状固定的芯线和形状记忆合金丝制成,这形成了一个自膨胀式的网状结构。网状结构中包含多个类似花瓣的小叶,这些小叶会以滚动的方式一个个展开,并且在部署时装置形成球形,实现对动脉瘤的填充并闭合动脉瘤颈部。MED 的设计使得它能够适应不同大小和形态的脑动脉瘤,并提供一种可调节和可控的栓塞方法。MED 被开发用于治疗囊状动脉瘤。

目前,有关 MED 的研究仍相对较少。关于 MED 临床应用的最早的研究是 Turk 等^[38]的研究,在这项研究中,MED 装置展现了其独特的优点,该装置在 10 min 内就可以放置到动脉瘤内,大大缩短了手术时间。并且该装置在手术过程中需要的辅助设备很少,这也进一步缩短了手术时间。此外,德国的一项研究对 15 例患者进行了 MED 手术治疗,结果证明该设备能迅速将动脉瘤排除在正常的血液循环之外,并具有较好的安全性^[39]。这些临床研究似乎证明了 MED 的安全性和有效性,但是这些研究均为单中心研究,且样本量相对较少,该装置的安全性和有效性仍有待进一步研究证实。

总的来说,MED 装置作为一种新兴的血管内治疗设备,现有的临床研究极少,但是在现有的研究中,该设备表现出了较好的治疗效果。

(四) Contour 神经血管系统

Contour 神经血管系统是一种新型的囊内扰流装置^[40-44],该装置由双层不透射线的镍钛金属网构成。自然状态下,它是扁平的圆盘形状。成功部署后,该装置呈郁金香状。与传统的封闭式装置相比,Contour 的开放式设计可以更好地保持载瘤动脉的血流通畅,减少血栓形成和并发症的发生^[26, 45]。Contour 神经血管系统的导管系统可操作性好,可以实现对动脉瘤更准确的定位和更稳定的栓塞效果^[41]。Contour 神经血管系统被开发用于治疗 WNBA。

目前,有关 Contour 神经血管系统的研究比较少,在 Biondi 等^[41]的研究中,60 例未破裂颅内动脉瘤患者(前循环 53 例,后循环 7 例)使用了 Contour 神经血管系统,并在术后即刻进行临床和血管造影随访,随访达一年零三个月。研究结果显示,有 31.5% 的动脉瘤术后即刻闭塞成功(定义为完全闭塞或存在颈部残余),24 h 有 62.3% 的动脉瘤闭塞成功,3 个月有 81.4% 的动脉瘤闭塞成功,1 年有 89.3% 的动脉瘤闭塞成功。在 60 例动脉瘤中,有 4 例(6.7%)出现血栓栓塞事件,3 例患者没有临床症状,1 例患者出现短暂性疾病(1.7%)。在长达 1 年的随访期间,未观察到动脉瘤出血,也没有永久性的残疾或死亡。而在 Liebig 等^[46]的研究中,研究者们使用 Contour 设备成功治疗了 34 例患者,其中 2 例患者失随访。在 1 年的随访中,32 例患者中有 14 例(44%) 在 6 个月时出现完全闭塞,有 22 例(69%) 在 12 个月时出现完全闭塞。在最后一次随访中,84% 的患者达到充分闭塞(Raymond-Roy 1 级和 2 级)。德国的一项

研究在计算机中模拟出在颅内动脉瘤中植入 Contour 设备的血流动力学情况,该研究观察到,Contour 设备使动脉瘤内血流流速降低了 67%,Contour 展开后动脉瘤内血流显著减少,证实了 Contour 设备的疗效^[47]。

目前关于 Contour 神经血管系统的相关研究正在逐渐增多,在已有的研究中,该设备展现出了较好的闭塞率和较少的并发症,随着未来对 Contour 神经血管系统的进一步研究,其安全性和有效性以及其适应证将会被进一步探索。

(五) Neqstent 弹簧圈辅助分流器

Neqstent 是 Contour 的衍生产品,用于动脉瘤栓塞失败患者的辅助治疗^[48]。与 Contour 不同的是,该设备在动脉瘤瘤颈处较大,覆盖整个动脉瘤瘤颈,并在动脉瘤被弹簧圈填充时防止设备向下移动到载瘤动脉。动脉瘤囊内的线圈团块防止装置向上移动到动脉瘤囊内。Neqstent 的网格密度比 Contour 要低得多,并且,由于 Neqstent 的金属覆盖范围比较小,使得它不能促进动脉瘤的血流动力学分离。

目前 Neqstent 的临床研究还很少,Liebig 等^[48]的研究报道了 Neqstent 设备的短期预后,在 6 个月的随访中,29 例(80.6%) 患者的动脉瘤实现了完全闭塞,其中 3 例患者术后即刻实现了动脉瘤的完全闭塞。而另一篇单中心研究对 12 例患者进行了中期影像学随访,其中 10 例(83.4%) 患者出现充分闭塞,2 例(16.7%) 患者复发^[49]。这两项研究说明 Neqstent 装置似乎是一种安全的设备,具有良好的疗效。但是现在仍然缺乏进一步的研究来验证该设备的安全性和有效性。

(六) SEAL Arc 装置

目前还有一种新的扰流装置处于临床前研究阶段,即 SEAL Arc 装置(Galaxy Therapeutics, Inc, Milpitas, CA),这是一种双层、颈部桥接、混合镍钛诺网状装置,旨在破坏动脉瘤内的血液流动。它由一个角状环状结构组成,与动脉瘤颈部相连,连接到一个锚定结构。在美国的一项研究中,该设备在兔动脉瘤模型中植入 12 周后,呈现出了 80% 的完全闭塞率,远比该研究中使用 WEB 治疗的兔动脉瘤模型的闭塞率(21%) 要高,同时 SEAL Arc 装置的内膜覆盖率为(86±15)%,而 WEB 装置为(49±27)%^[50]。在该临床前研究中 SEAL Arc 装置展现了比 WEB 装置更优秀的治疗效果。但是该设备仍处于临床前研究阶段,亟须进一步的临床研究验证该设备的治疗效果。

二、总结

瘤内扰流装置自 2010 年推出以来,已成为 WNBA 的重要血管内治疗工具。目前,扰流装置的安全性和有效性已经在国外的多个临床实践研究中得到证实。在 3 项欧洲的前瞻性研究 WEBCAST、WEBCAST-2 和 French Observatory 的累积人群中,1 年随访时完全和充分闭塞的比例分别为 52.9% 和 79%,再次治疗的比例为 6.9%^[51-53]。

但在国内,相关的临床研究仍然较少。浙江大学附属第二医院的一项单中心研究报道了使用扰流装置治疗的患

者术后 12 个月完全闭塞 7 例 (58.3%), 有效闭塞 11 例 (84.6%), 瘤体残留 1 例^[54]。该结果与国外的研究结果类似, 证实了瘤内扰流装置的安全性及有效性。

目前扰流装置的使用还有许多局限性。第一, 除 WEB 装置的相关临床研究较完善外, 其他扰流装置均缺乏进一步的临床研究验证其安全性及有效性。第二, 瘤内扰流装置作为一种新兴的血管内治疗装置, 手术者们现在仍缺乏相关的临床经验, 这可能会对研究结果有影响。

尽管现有的扰流装置还不够完善, 但是扰流装置具有许多独特的优点, 如手术时间短, 术后可以不使用双抗治疗等, 这些优点赋予了扰流装置独特的优势。未来随着扰流装置的进一步发展, 其应用范围和安全有效性都将得到进一步的完善。

综上所述, 瘤内扰流装置作为新兴的血管内治疗器械, 由于其可以简化手术操作、减少抗血小板药物的使用、降低术后并发症发生而受到国际神经介入学界的重视。其相关的各种设备和技术正在不断地进步, 在临床上的应用也越来越广泛, 其安全性和有效性也已经被许多临床试验所证实, 但目前的扰流装置研究还缺乏真正长期的随访数据验证其安全性与有效性。

参 考 文 献

- Guglielmi G, Viñuela F, Duckwiler G, et al. Endovascular treatment of posterior circulation aneurysms by electrothrombosis using electrically detachable coils [J]. *J Neurosurg*, 1992, 77(4): 515-524.
- Molyneux AJ, Kerr RSC, Yu LM, et al. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2 143 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.
- Spetzler RF, McDougall CG, Albuquerque FC, et al. The barrow ruptured aneurysm trial: 3-year results [J]. *J Neurosurg*, 2013, 119(1): 146-157.
- Johnston SC, Zhao S, Dudley RA, et al. Treatment of unruptured cerebral aneurysms in california [J]. *Stroke*, 2001, 32(3): 597-605.
- Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J, et al. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment [J]. *Lancet*, 2003, 362(9378): 103-110.
- Adamou A, Alexandrou M, Roth C, et al. Endovascular treatment of intracranial aneurysms [J]. *Life Basel Switz*, 2021, 11(4): 335.
- Musmar B, Adeeb N, Ansari J, et al. Endovascular management of hemorrhagic stroke [J]. *Biomedicine*, 2022, 10(1): 100.
- Gan CL, Yang Z, Salahia G, et al. A single-centre experience and literature review of flow Re-directional endoluminal device (FRED) in endovascular treatment of intracranial aneurysms [J]. *Clin Radiol*, 2021, 76(3): 238.e1-238.e8.
- White TG, Shah K, Turpin J, et al. Technical aspects of combined intrasaccular and endoluminal flow diversion [J]. *Interv Neuroradiol*, 2021, 27(3): 346-352.
- White TG, Shah K, Turpin J, et al. WEB embolization of very broad-based intracranial aneurysms with a dome-to-neck ratio ≤ 1.1 [J]. *Interv Neuroradiol*, 2021, 27(3): 346-352.
- Gajera J, Maingard J, Foo M, et al. The woven EndoBridge device for the treatment of intracranial aneurysms: initial clinical experience within an Australian population [J]. *Neurointervention*, 2022, 17(1): 28-36.
- Chen JA, Mirshahi S, Jeelani Y, et al. Delayed rupture of an anterior communicating artery aneurysm after elective woven endobridge embolization, re-treated with microsurgical clipping: operative technique and systematic review [J]. *World Neurosurg*, 2022, 165: 188-197. e1.
- Goertz L, Liebig T, Siebert E, et al. Intrasaccular flow disruption with the woven EndoBridge for narrow-necked aneurysms: a safety and feasibility study [J]. *World Neurosurg*, 2021, 151: e278-e285.
- Mouchtouris N, Hasan D, Samaniego EA, et al. The woven EndoBridge (WEB) device: feasibility, techniques, and outcomes after FDA approval [J]. *J Neurosurg*, 2021, 136(5): 1266-1272.
- Pagano P, Paiusan L, Soize S, et al. Intracranial aneurysm treatment with intrasaccular flow disruption: comparison of WEB-21 and WEB-17 systems [J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14(9): 904-909.
- 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.
- König I, Maurer C, Berlis A, et al. Treatment of ruptured and unruptured intracranial aneurysms with WEB 17 versus WEB 21 systems: comparison of indications and early angiographic outcomes [J]. *Clin Neuroradiol*, 2021, 31(3): 691-697.
- Zimmer S, Maus V, Maurer C, et al. Widening the indications for intrasaccular flow disruption: WEB 17 in the treatment of aneurysm locations different from those in the good clinical practice trials [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(3): 524-529.
- 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*, 2023: jnis-2023-20866.
- Bhagal P, Udani S, Cognard C, et al. Endosaccular flow disruption: where are we now? [J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11(10): 1024-1025.
- Roumia S. [woven-EndoBridge (WEB) as an intrasaccular method of aneurysm occlusion] [J]. *Radiologie*, 2020, 60(4): 310-316.
- Narsinh KH, Travis Caton M, Mahmood NF, et al. Intrasaccular flow disruption (WEB) of a large wide-necked basilar apex aneurysm using PulseRider-assistance [J]. *Interdiscip Neurosurg*, 2021, 24: 101072.
- Goertz L, Liebig T, Siebert E, et al. Oversizing of the woven EndoBridge for treatment of intracranial aneurysms improves angiographic results (WEBINAR) [J]. *World Neurosurg*, 2024, 181: e182-e191.
- Amuluru K, Al-Mufti F, Sahlein DH, et al. Adjustment of malpositioned woven EndoBridge device using gooseneck snare: complication management technique [J]. *Neurointervention*, 2021, 16(3): 275-279.
- Daubé P, Cagnazzo F, Barreau X, et al. Influence of operator experience on the technical and clinical results of woven EndoBridge endovascular treatment for intracranial aneurysms [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2021, 208: 106900.
- Dmytriw AA, Salem MM, Yang VXD, et al. Endosaccular flow disruption: a new frontier in endovascular aneurysm management [J]. *Neurosurgery*, 2020, 86(2): 170-181.
- Gravino G, Masri S, Chandran A, et al. Management of WEB device

- migration and mal-position in endovascular treatment of cerebral aneurysms [J]. *Interv Neuroradiol*, 2022: 15910199221122857. Online ahead of print.
- 28 Cherian J, Chen SR, Puri A, et al. Postmarket american experience with woven EndoBridge device: adjudicated multicenter case series [J]. *Neurosurgery*, 2021, 89(2): 275-282.
- 29 Moore KA, Goyal N, Arthur AS. The woven EndoBridge embolization device for the treatment of intracranial wide-necked bifurcation aneurysms [J]. *Future Cardiol*, 2021, 17(6): 953-961.
- 30 Heiferman DM, Goyal N, Inoa V, et al. A new era in the treatment of wide necked bifurcation aneurysms: intrasaccular flow disruption [J]. *Interv Neuroradiol*, 2024, 30(1): 31-36.
- 31 Goertz L, Liebig T, Siebert E, et al. Treatment of proximal posterior inferior cerebellar artery aneurysms by intrasaccular flow disruption: a multicenter experience [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2022, 43(8): 1158-1163.
- 32 Simgen A, Weyrich A, Dietrich P, et al. Treatment of wide-necked cerebral aneurysms using the WEB device including flow alteration assessment with color-coded imaging: a single center experience [J]. *World Neurosurg*, 2022, 17: 100143.
- 33 Murphy H, Scally A, Andrew D, et al. Clinical audit comparing radiation dose metrics between WEB and coil embolisation in the treatment of intracranial aneurysms [J]. *J Med Imaging Radiat Sci*, 2022, 53(1): 75-80.
- 34 Van Rooij S, Van Rooij WJ, Sluzewski M, et al. The woven EndoBridge (WEB) for recurrent aneurysms: clinical and imaging results [J]. *Interv Neuroradiol*, 2019, 25(1): 21-26.
- 35 Piotin M, Biondi A, Sourour N, et al. The LUNA aneurysm embolization system for intracranial aneurysm treatment: short-term, mid-term and long-term clinical and angiographic results [J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10(12): e34.
- 36 Hecker C, Broussalis E, Griessenauer CJ, et al. A mini-review of intrasaccular flow diverters [J]. *J Neurointerv Surg*, 2023, 15(1): 70-74.
- 37 Rajah G, Narayanan S, Rangel-Castilla L. Update on flow diverters for the endovascular management of cerebral aneurysms [J]. *Neurosurg Focus*, 2017, 42(6): E2.
- 38 Turk AS, Maia O, Ferreira CC, et al. Periprocedural safety of aneurysm embolization with the medina coil system: the early human experience [J]. *J. Neurointerv Surg*, 2016, 8(2): 168-172.
- 39 Aguilar Perez M, Bhogal P, Martinez Moreno R, et al. The medina embolic device: early clinical experience from a single center [J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9(1): 77-87.
- 40 Akhunbay-Fudge CY, Deniz K, Tyagi AK, et al. Endovascular treatment of wide-necked intracranial aneurysms using the novel contour neurovascular system: a single-center safety and feasibility study [J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12(10): 987-992.
- 41 Biondi A, Primikiris P, Vitale G, et al. Endosaccular flow disruption with the Contour Neurovascular System: angiographic and clinical results in a single-center study of 60 unruptured intracranial aneurysms [J]. *J Neurointerv Surg*, 2023, 15(9): 838-843.
- 42 Hecker C, Broussalis E, Pfaff JAR, et al. Comparison of the contour neurovascular system and woven EndoBridge device for treatment of wide-necked cerebral aneurysms at a bifurcation or sidewall [J]. *J Neurosurg*, 2023, 139(2): 563-572.
- 43 Ghozy S, Lashin BI, Elfil M, et al. The safety and effectiveness of the contour neurovascular system for the treatment of wide-necked aneurysms: a systematic review and meta-analysis of early experience [J]. *Interv Neuroradiol*, 2022: 15910199221139546.
- 44 Mostafa K, Bueno Neves F, Gärtner F, et al. Contour device implantation versus coil embolization for treatment of narrow neck intracranial aneurysms [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 4904.
- 45 Russo R, Molinaro S, Bergui M. Cerus endovascular contour neurovascular system protrusion into parent artery successfully managed with post-detachment bail-out PTA [J]. *Clin Neuroradiol*, 2023, 33(2): 561-564.
- 46 Liebig T, Killer-Oberpfalzer M, Gal G, et al. The safety and effectiveness of the contour neurovascular system (contour) for the treatment of bifurcation aneurysms: the CERUS study [J]. *Neurosurgery*, 2022, 90(3): 270-277.
- 47 Korte J, Gaidzik F, Larsen N, et al. In vitro and in silico assessment of flow modulation after deploying the contour neurovascular system in intracranial aneurysm models [J]. *J Neurointerv Surg*, 2024, 16(8): 815-823.
- 48 Liebig T, Gal G, Kelly CO, et al. Neqstent coil-assisted flow diverter (NQS) for the treatment of bifurcation aneurysms: the coil-assisted flow diversion safety and performance study (CAFI) [J]. *J Neurointerv Surg*, 2024, 16(7): 721-725.
- 49 Diana F, De Dios Lascuevas M, Peschillo S, et al. Intrasaccular flow disruptor-assisted coiling of intracranial aneurysms using the novel contour neurovascular systems and NEQSTENT: a single-center safety and feasibility study [J]. *Brain Sci*, 2022, 12(8): 991.
- 50 Zoppo CT, Kolstad JW, King RM, et al. A novel intrasaccular aneurysm device with high complete occlusion rate: initial results in a rabbit model [J]. *J Neurointerv Surg*, 2024, 16(9): 928-933.
- 51 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.
- 52 Pierot L, Costalat V, Moret J, et al. Safety and efficacy of aneurysm treatment with WEB: results of the WEBCAST study [J]. *J Neurosurg*, 2016, 124(5): 1250-1256.
- 53 Pierot L, Spelle L, Molyneux A, et al. Clinical and anatomical follow-up in patients with aneurysms treated with the WEB device: 1-year follow-up report in the cumulated population of 2 prospective, multicenter series (WEBCAST and french observatory) [J]. *Neurosurgery*, 2016, 78(1): 133-141.
- 54 林建华, 孔祥杰, 许璟. WEB 瘤内扰流装置治疗颅内宽颈分叉部动脉瘤的效果观察 [J]. *心电与循环*, 2023, 42(4): 389-392.
- (收稿日期: 2024-08-21)
(本文编辑: 裴月红 唐璐)

张笑闻, 钟海龙, 佟鑫, 等. 瘤内扰流装置相关临床应用的研究现状 [J/OL]. *中华脑血管病杂志(电子版)*, 2025, 19(3): 250-254.