

血流导向时代颅内全域脑血管搭桥术治疗 颅内动脉瘤之应用方略

刘佩玺 史源 朱巍

【摘要】 脑血管搭桥术是复杂颅内动脉瘤的主要治疗方法,经过近 60 年的探索,其应用范围已覆盖颅内全区域。随着可解脱弹簧圈的问世及相关辅助技术的成熟应用,血管内治疗因其微侵袭和快速的特点在常规动脉瘤的治疗中备受青睐,血流导向装置的引入更是开启动脉瘤治疗的新时代。本文回顾脑血管搭桥术治疗动脉瘤的历史和发展,阐述血流导向装置的应用和推广,进而讨论在血流导向时代血管内治疗的局限性以及颅内全域脑血管搭桥术的应用和展望,以重申颅内全域脑血管搭桥术的应用价值。

【关键词】 颅内动脉瘤; 脑血管重建术; 血流导向装置(非 MeSH 词); 综述

Application of whole - region cerebral vascular bypass for intracranial aneurysms treatment in the flow diversion era

LIU Pei-xi, SHI Yuan, ZHU Wei

Department of Neurosurgery, National Center for Neurological Disorders; Shanghai Key Laboratory of Brain Function and Restoration and Neural Regeneration; Neurosurgical Institute of Fudan University; Shanghai Clinical Medical Center of Neurosurgery, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

Corresponding author: ZHU Wei (Email: drzhuwei@fudan.edu.cn)

【Abstract】 Cerebral vascular bypass is a key method for the treatment of complex intracranial aneurysms. After nearly 60 years of exploration, its application range now covers the whole cerebral vascular region. With the advent of detachable coils and the mature application of related assistance techniques, endovascular intervention treatment is highly favored in the treatment of routine intracranial aneurysms due to its minimally invasive and rapid characteristics. The introduction of flow diverter (FD) has further ushered in a new era in the treatment of intracranial aneurysms. This article reviews the history and development of cerebral vascular bypass in the treatment of intracranial aneurysms, elaborates on the application and promotion of flow diverter, and discusses the limitations of endovascular intervention treatment in the flow diversion era. It also explores the application and prospects of a comprehensive cerebral vascular bypass system, reaffirming the application value of the whole-region cerebral vascular bypass technique.

【Key words】 Intracranial aneurysm; Cerebral revascularization; Flow diverter (not in MeSH); Review

This study was supported by Shanghai Outstanding Academic Leaders Program (No. 21XD1400600), and Shanghai "Rising Stars Medical Talent" Young Medical Talents Training Funding Program (No. 30302106001).

Conflicts of interest: none declared

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2024.08.004

基金项目:上海市优秀学术带头人计划项目(项目编号:21XD1400600);上海市“医苑新星”青年医学人才培养资助计划项目(项目编号:30302106001)

作者单位:200032 复旦大学附属华山医院神经外科 国家神经疾病医学中心 上海市脑功能重塑及神经再生重点实验室 复旦大学神经外科研究所 上海市神经外科临床医学中心

通讯作者:朱巍,Email:drzhuwei@fudan.edu.cn

颅内动脉瘤破裂是蛛网膜下腔出血的首要原因,其病残率、病死率极高,及时发现并治疗高危动脉瘤是防止其破裂的首要手段,在神经外科的历史长河中,动脉瘤夹闭术和脑血管重建术是显微外科处理动脉瘤的关键手段,随着显微外科器材和技术的进步以及手术入路的成熟,颅内全域脑血管搭桥的血流重建方式陆续出现。随着可解脱弹簧圈的问世和相关辅助技术(如球囊辅助动脉瘤栓塞术、支架辅助动脉瘤栓塞术等)在动脉瘤治疗领域的成熟运用,其微侵袭和快速的特点获得临床青睐,然而,弹簧圈介入栓塞术对术者要求高,其操作易刺破动脉瘤,且大型动脉瘤栓塞后易引起占位效应。血流导向装置(FD)的问世,弥补了弹簧圈介入栓塞术的部分痛点,解决了既往仅可采用脑血管重建术治疗复杂动脉瘤的诸多难题,引领了颅内动脉瘤治疗领域的一次全新革命。本文回顾颅内动脉瘤治疗过程中脑血管搭桥术和传统血管内治疗的发展,详述血流导向装置在既往需行脑血管搭桥术的复杂颅内动脉瘤中的应用,并展望血流导向时代颅内全域脑血管搭桥术的应用前景,以重申这一传统技术在新时代的应用价值。

一、脑血管搭桥术式的历史及颅内全域脑血管搭桥术

1967 年, M. Gazi Yasargil 和 Raymond M. P. Donaghy 教授相继完成 2 例颞浅动脉-大脑中动脉(STA-MCA)搭桥术治疗缺血性脑血管病^[1-2],这 2 例手术的完成宣告脑血管搭桥时代的开启,STA-MCA 搭桥术至今仍是重建大脑中动脉远端血供的主要术式。20 世纪 70 年代, Khodadad、Sundt 和 Roski 等众多专家纷纷介绍利用枕动脉(OA)作为供体动脉为后循环血流重建提供血流来源的经验,扩展了脑血管搭桥术的可行区域^[3]; 1971 年, William Loughheed 教授利用大隐静脉(GSV)作为桥血管沟通颈内动脉(ICA)与颈总动脉(CCA)治疗 1 例颈动脉闭塞患者,在加拿大多伦多总医院完成全球首例高流量血管搭桥术^[4],大隐静脉提高桥血管的血流量,是重建颈内动脉的主要术式,常用于治疗颅底病变及鼻咽肿瘤^[5]。Micheal Lawton 教授在 Robert F. Spetzler、Juha Hernesniemi、Tanikawa Rokuya 等多位脑血管病外科医师实践的基础上,历经多年完成并总结一系列颅内-颅内血管搭桥术的病例汇报,建立颅内-颅内血管搭桥体系^[6-7],扩展了脑血管搭桥术的应用区域。至此,颅内全域脑血管搭桥体系已经

建立,这一技术体系建立之时,正值神经介入技术和材料快速发展阶段,颅内全域脑血管搭桥体系的建立为解决血管内治疗无法治愈的复杂颅内动脉瘤提供了保障。

二、血流导向装置在颅内动脉瘤治疗中的应用及其对动脉瘤治疗的影响

血流导向装置的推出使部分既往传统手术难以处理的侧壁血泡样动脉瘤、梭形动脉瘤、夹层动脉瘤和后循环动脉瘤均可以简单且快速地治疗^[8],更大程度地压缩了脑血管搭桥术的发展空间。

血流导向装置的推出和应用对传统动脉瘤开颅手术的冲击异常明显。2008 年,美国 Medtronic Neurovascular 公司研发的全球首个血流导向装置 PED(Pipeline Embolization Device)获得欧洲药品管理局(EMA)批准,网络信息技术的发达使“地球村”效应异常明显,欧洲神经介入医师自 2008 年使用、展示并随访了大量 PED 治疗颅内动脉瘤的病例,其用于治疗大型、宽颈颈内动脉动脉瘤,范围涵盖颈内动脉岩骨段至垂体上动脉段,其安全性和有效性得到验证,培训周期短、学习曲线短,操作相对容易;至 2011 年, PED 获得美国食品与药品管理局(FDA)批准,随即大量应用于侧壁复杂动脉瘤的治疗,并且获得令人欣喜的结果^[9-10]。既往颈内动脉复杂动脉瘤的开颅手术所涉及的前床突磨除、高流量搭桥、Dallas 技术逆向抽吸、复合手术室球囊保护等技术,学习曲线长,学习成本高,需要神经外科医师大量的练习和充足的经验。血流导向装置的推出立即改变了这样的治疗现状。针对既往传统开颅手术难以处理的血泡样动脉瘤、夹层动脉瘤、梭形动脉瘤或巨大的超过颈内动脉末端动脉瘤,血流导向装置的超适应症应用同样也取得了不错的疗效^[10-13],亦更大程度地压缩了脑血管搭桥术的发展空间。

目前,国内外神经介入公司均将目光聚焦于血流导向装置,无论是新产品的研发还是已上市产品的改进均层出不穷。经典的 PED 之后,2015 年 Pipeline Flex(爱尔兰 Medtronic 公司)获得美国 FDA 批准,2021 年 Pipeline Flex-shield(爱尔兰 Medtronic 公司)获得美国 FDA 批准,目前 Pipeline Vantage(爱尔兰 Medtronic 公司)的安全性、有效性和应用范围的研究还在推进之中。其他神经介入公司也相继推出 Surpass(美国 Stryker 公司)、FRED(美国 Microvention 公司)、Silk(法国 Balt 公司)系列等;而

国内如微创神通、通桥医疗、艾柯医疗等也纷纷推出具有不同特性和特点的血流导向装置。血流导向时代已经开启。但针对分叉部动脉瘤,由于支架重建的特殊性,分支的保护存在先天不足,特殊的血流导向装置即动脉瘤内扰流装置 WEB (Woven Endobridge, 美国 Microvention 公司) 在 2010 年作为弹簧圈的替代产物得到首次应用,但并未推广;直至 2019 年 WEB-IT (Woven Endobridge-Intrasaccular Therapy) 前瞻性试验证实其有效后,才开始广泛使用^[14]。由于 WEB 的输送系统相对较大,且无法满足不规则的动脉瘤囊,所以适用范围并不广泛,为解决这一问题,动脉瘤内扰流装置 Contour (美国 Stryker 公司) 应运而生^[15-17]。

随着材料学、生产工艺和医工结合技术的发展,神经介入公司百舸争流,浪潮般的设备迭代为血流导向装置提供了更广泛的应用范围和更安全的手术模式,甚至在一些大型脑血管病中心或脑卒中中心,显微外科手术已经慢慢退出历史舞台。

三、血流导向时代血管内治疗的局限性

在血流导向时代,血管内治疗针对常规动脉瘤和病情相对简单的患者,可显著缩短手术时间,减少手术创伤,逐渐成为一线治疗方案;但医疗费用昂贵、长期服用抗血小板药物、动脉瘤延迟闭塞等血流导向装置固有的特点,使得针对复杂颅内动脉瘤和病情复杂病例时,血流导向装置无法达到理想效果。

1. 抗血小板治疗导致的出血倾向 由于血流导向装置植入后需要长期抗血小板治疗,不仅在围手术期可导致出血事件,后续并发症(如脑积水需行脑室-腹腔分流术)的治疗过程中也可造成出血并发症。平衡与长期抗血小板治疗相关的出血风险和早期终止这种治疗的血栓形成风险仍然是神经介入医师争论的关键领域。同时,抗血小板药物效能的监测也是难点之一,目前尚无针对抗血小板治疗方案的指南和较公认且合适推广的抗血小板药物效能的监测方法。

2. 血流导向装置植入后缺血及再狭窄 虽然编织型支架工艺并未增强血流导向装置的径向支撑力,并且促使支架贴壁,血流导向装置植入后的缺血问题同样值得重视。IntrePED 研究(International Retrospective Study of Pipeline Embolization Device) 统计 PED 在颅内动脉瘤治疗中出现神经系统并发症的概率,发现缺血性卒中发生率为 4.7%,尤其在

后循环动脉瘤患者中最高,为 7.3%^[18]。而支架植入后血管再狭窄也是血流导向装置植入后的常见并发症^[19-21]。

3. 血流导向装置的其他限制因素 血管内治疗通常医疗费用昂贵,不同地区经济条件的差异和医疗政策的规定,使得血流导向装置治疗颅内动脉瘤仍不能广泛开展。

四、血流导向时代颅内全域脑血管搭桥术的应用

血流导向装置针对的主要是常规的可行血管内治疗也可行开颅手术治疗的颅内动脉瘤,使得其治疗的安全性提高,手术时间缩短,并发症减少。而对于复杂颅内动脉瘤,开颅手术结合脑血管重建的治疗方法体现其必要性和独有优势。

1. 破裂的复杂动脉瘤 由于抗血小板治疗的需求,血流导向装置在破裂动脉瘤治疗中的应用是相对禁忌证。即使血流导向装置可在部分破裂动脉瘤中取得不错的止血效果,但并发症发生率较未破裂动脉瘤高;且多为个案报道,具有偶然性,无级别证据,不具有代表性。脑血管搭桥术无需使用抗凝及抗血小板治疗,术中重建载瘤动脉血流,对破裂的复杂动脉瘤(如颈内动脉眼段动脉瘤、血泡样动脉瘤、梭形动脉瘤、夹层动脉瘤)进行近端或远端阻断、孤立等方式止血。

2. 感染性动脉瘤 一部分动脉瘤的形成与微生物(细菌、真菌及病毒)感染相关^[22-23],虽然从血流动力学角度看,血管内治疗可以提供有效的防止动脉瘤破裂的手段,但是在感染性动脉瘤的治疗中应避免植入物。无论是破裂还是未破裂动脉瘤,在感染性动脉瘤的处理中,仍以开颅手术为主要干预手段。针对复杂的感染性动脉瘤(如无法明确感染源或发病机制的动脉瘤),在正常血管节段完成对载瘤动脉血流重建并尝试切除动脉瘤,是合适的手术方式^[24]。

3. 有明显占位效应的血栓性或夹层动脉瘤 在大型动脉瘤的治疗中,虽然血流导向装置的应用可提高动脉瘤闭塞率、降低病残率及病死率,但血流导向装置植入后可能引起动脉瘤腔内血流动力学变化反而诱导破裂;且血栓形成可能加剧占位效应,进而引起颅内占位症状。在此情况下,脑血管搭桥术对近端和远端血管进行血流重建,进而孤立甚至切除动脉瘤,为解除占位效应提供机会^[25-26]。

4. 分叉部动脉瘤和伴粗大穿支的动脉瘤 在分

叉部和伴粗大穿支的动脉瘤属于复杂动脉瘤,虽然血流导向装置的设计之初是保留分支同时重塑血流,但在粗大分支的分叉部植入血流导向装置可能导致分支闭塞,故分叉部动脉瘤的血流重建一直是显微神经外科的关注点^[27],如利用枕动脉作为供体动脉重建后循环血流或颞浅动脉作为供体动脉重建大脑中动脉血流,进而孤立动脉瘤而不影响远端血供。从颅外-颅内血管搭桥术到颅内-颅内血管搭桥术,在新的供体动脉和吻合方式的探索上,仍不断有新的术式创新,如原位“Y”形搭桥行分叉部血管重建或在远端搭桥血流保护下行血管重建^[28-31],均取得良好效果。

5. 载瘤动脉明显狭窄的动脉瘤 血流导向装置在载瘤动脉中充分贴壁是加快支架植入后快速内皮化、防止远期狭窄的关键。载瘤动脉明显狭窄的动脉瘤治疗过程中,直接植入血流导向装置可加重狭窄,同时不利于动脉瘤治愈;为增加血流导向装置的贴壁程度,可选择球囊预扩张或后扩张,但易引起动脉瘤颈撕裂,进而导致动脉瘤破裂。在此类病变中,直接夹闭动脉瘤或脑血管搭桥术是优选手术方案,脑血管搭桥术可重建载瘤动脉,改善因狭窄而受限的血流,规避动脉瘤破裂风险的同时改善载瘤动脉血供。

6. 无法耐受抗血小板治疗 血流导向装置植入后的双抗负担不仅增加皮肤、口腔、肠道、呼吸道的出血风险,也使后续其他疾病的外科治疗受限,特别是老年患者,可能无法耐受抗血小板治疗。开颅手术后的药物负担较小,在处理复杂动脉瘤方面,脑血管搭桥术则是优选的治疗手段。脑血管搭桥术治愈动脉瘤的同时,无需术后长期服用抗血小板和抗凝药物,亦不会干扰后续可能的外科治疗。

7. 作为血管内治疗失败后的挽救治疗方案 血管内治疗仍无法治愈部分动脉瘤,如栓塞后复发但无法常规开颅夹闭的动脉瘤^[32]、血流导向装置植入后无法解除占位效应甚至占位效应加重的动脉瘤、血流导向装置移位后无法通过常规治疗手段治愈的动脉瘤,均是脑血管搭桥术进行血管重建的指征。脑血管搭桥术可以作为血流导向装置治疗动脉瘤失败的挽救方案,并可治疗血流导向装置引起的并发症。

五、血流导向时代颅内全域脑血管搭桥体系的建立及展望

神经介入技术和材料的发展,尤其是血流导向

装置的广泛应用,为复杂颅内动脉瘤的治疗提供了更快速且有效的方案,其学习曲线短和治疗效果好吸引着大批青年医师。然而,在复杂颅内动脉瘤治疗领域,脑血管搭桥技术仍有不可忽视的作用。

脑血管搭桥术经过近 60 年的发展,一代又一代致力于这一领域的“大师”前赴后继,拟构建颅内全域脑血管搭桥体系,目的在于解决任一位置的复杂颅内动脉瘤。目前,最为多样化且成熟的血流重建领域仍是大脑中动脉及大脑前动脉(ACA)区域,技术发展时间长且应用范围广,如 STA-MCA 搭桥术用于治疗大脑中动脉区域的缺血性脑血管病(如烟雾病等)。然而,在后循环动脉瘤治疗中,由于其发生率相比前循环动脉瘤少,且解剖位置深在,手术空间有限,使得后循环脑血管搭桥术的应用比较有限。椎动脉及小脑后下动脉(PICA)动脉瘤目前有较为良好的血流重建方案;但针对基底动脉(BA)动脉瘤、小脑前上动脉(AICA)动脉瘤、小脑上动脉(SCA)动脉瘤、大脑后动脉(PCA)动脉瘤等,仍依靠颅外(枕动脉)-颅内血管搭桥术进行血管重建^[33-36],在血流量控制以及供体和受体动脉重建方式上仍不成熟。

此外,颅内全域脑血管搭桥领域的创新与拓展仍需要青年人才的培养。在血流导向时代,简易高效的手术方式具有强大的吸引力。从事脑血管搭桥术尤其是深部血管重建医师的培养和成长周期较长,越来越少的青年医师愿意投身并从事此类手术的练习与探索。青年人才的培养是下一个脑血管重建时代来临的基石,也是未来解决复杂颅内动脉瘤的有生力量。政策性倾斜及偏重式培养也许是新一代青年脑血管重建医师成长的重要手段。

综上所述,血流导向装置的应用无疑为颅内动脉瘤的治疗开辟了新的时代。以脑血管搭桥术为核心的显微外科血管重建技术是显微神经外科的基本技能,颅内全域脑血管搭桥术是基于显微外科不断发展和神经解剖不断深入之上,经过充分的术前评估、客观的手术方案选择和良好的显微操作运用,颅内全域脑血管搭桥术亦是血流导向时代复杂颅内动脉瘤的有效治疗方案。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Donaghy RM. The history of microsurgery in neurosurgery[J]. Clin Neurosurg, 1979, 26:619-625.
- [2] Donaghy RM. Neurosurgeon of the year: Mahmut Gazi Yasargil

- [J]. *Surg Neurol*, 1980, 13:1-3.
- [3] Olteanu-Nerbe V, Schmiedek P, Marguth F. Extra-intracranial bypass surgery for vertebrobasilar insufficiency due to obstructive vertebral artery and vertebral-basilar artery junction disease[J]. *Neurol Res*, 1985, 7:93-97.
- [4] Lougheed WM, Marshall BM, Hunter M, Michel ER, Sandwith-Smyth H. Common carotid to intracranial internal carotid bypass venous graft[J]. *J Neurosurg*, 1971, 34:114-118.
- [5] Zhang J, Feng Y, Zhao W, Liu K, Chen J. Safety and effectiveness of high flow extracranial to intracranial saphenous vein bypass grafting in the treatment of complex intracranial aneurysms: a single-centre long-term retrospective study[J]. *BMC Neurol*, 2021, 21:307.
- [6] Quiñones-Hinojosa A, Lawton MT. In situ bypass in the management of complex intracranial aneurysms: technique application in 13 patients[J]. *Neurosurgery*, 2008, 62(6 Suppl 3):1442-1449.
- [7] Sanai N, Tarapore P, Lee AC, Lawton MT. The current role of microsurgery for posterior circulation aneurysms: a selective approach in the endovascular era[J]. *Neurosurgery*, 2008, 62: 1236-1253.
- [8] Awad AJ, Mascitelli JR, Haroun RR, De Leacy RA, Fifi JT, Mocco J. Endovascular management of fusiform aneurysms in the posterior circulation: the era of flow diversion[J]. *Neurosurg Focus*, 2017, 42:E14.
- [9] Kallmes DF, Brinjikji W, Cekirge S, Fiorella D, Hanel RA, Jabbour P, Lopes D, Lylyk P, McDougall CG, Siddiqui A. Safety and efficacy of the Pipeline embolization device for treatment of intracranial aneurysms: a pooled analysis of 3 large studies[J]. *J Neurosurg*, 2017, 127:775-780.
- [10] Lv X. Editorial: advances in flow-diversion devices for cerebral aneurysms[J]. *Front Neurol*, 2023, 14:1195367.
- [11] Cler SJ, Lauzier DC, Chatterjee AR, Osburn JW, Moran CJ, Kansagra AP. Comparative study of on-label versus off-label treatment of intracranial aneurysms with the Pipeline embolization device[J]. *J Neurosurg*, 2022, 137:685-690.
- [12] Dabhi N, Sarathy D, Snyder MH, Kellogg RT, Park MS. Flow diverter devices for treatment of intracranial aneurysms in small parent vessels: a systematic review of literature[J]. *World Neurosurg*, 2022, 162:183-194.e7.
- [13] White TG, Krush M, Prashant G, Shah K, Katz JM, Link T, Woo HH, Dehdashti AR. Comparative outcomes of the treatment of unruptured paraophthalmic aneurysms in the era of flow diversion[J]. *Br J Neurosurg*, 2023.[Epub ahead of print]
- [14] Arthur AS, Molyneux A, Coon AL, Saatci I, Szikora I, Baltacioglu F, Sultan A, Hoit D, Delgado Almandoz JE, Elijevich L, Cekirge S, Byrne JV, Fiorella D; WEB-IT Study Investigators. 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, 11:924-930.
- [15] Bhogal P, Lylyk I, Chudyk J, Perez N, Bleise C, Lylyk P. The Contour: early human experience of a novel aneurysm occlusion device[J]. *Clin Neuroradiol*, 2021, 31:147-154.
- [16] Biondi A, Primikiris P, Vitale G, Charbonnier G. 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, 15:838-843.
- [17] Bhogal P, Udani S, Cognard C, Piotin M, Brouwer P, Sourour NA, Andersson T, Makalanda L, Wong K, Fiorella D, Arthur AS, Yeo LL, Soderman M, Henkes H, Pierot L. Endosaccular flow disruption: where are we now[J]? *J Neurointerv Surg*, 2019, 11:1024-1025.
- [18] Kallmes DF, Hanel R, Lopes D, Boccardi E, Bonafé A, Cekirge S, Fiorella D, Jabbour P, Levy E, McDougall C, Siddiqui A, Szikora I, Woo H, Albuquerque F, Bozorgchami H, Dashti SR, Delgado Almandoz JE, Kelly ME, Turner R 4th, Woodward BK, Brinjikji W, Lanzino G, Lylyk P. International retrospective study of the pipeline embolization device: a multicenter aneurysm treatment study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2015, 36:108-115.
- [19] Torche E, Cao R, Mattar A, Laubacher M, Riva R, Eker OF. Ultra-early "fishmouth stenosis" and thrombosis of a surpass evolve flow diversion device following treatment of multiples right siphon aneurysms[J]. *Neuroradiology*, 2023, 65: 1803-1807.
- [20] Field NC, Custozzo A, Gajjar AA, Dalfino JC, Boulos AS, Paul AR. Comparison of pipeline embolization device, flow re-direction endoluminal device and surpass flow diverters in the treatment of intracerebral aneurysms[J]. *Interv Neuroradiol*, 2023:15910199231196621.
- [21] Garner M, Fries F, Haußmann A, Kettner M, Bachhuber A, Reith W, Yilmaz U. Recurrent reversible in-stent-stenosis after flow diverter treatment[J]. *Neuroradiology*, 2023, 65:1173-1177.
- [22] Qian H, Wang L, Brooks KS, Zhao X, Shi X, Lei T. MCA-to-MCA bypass with interposition graft for ruptured mycotic middle cerebral artery aneurysm[J]. *World Neurosurg*, 2019, 122:195.
- [23] Bae TW, Chung J, Ahn JS, Ko JH. Unusual presentation of infectious intracranial aneurysm with sequential hemorrhagic and ischemic components[J]. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg*, 2020, 22:90-96.
- [24] Rennert RC, Bounajem MT, Budohoski KP, Schmidt RH, Couldwell WT. Frontotemporal approach for infectious aneurysm trapping and superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass[J]. *World Neurosurg*, 2022, 160:50.
- [25] Torné R, Rodríguez-Hernández A, Tercero-Urbe A, Hurtado P, López-Rueda A, Poblete J, Enseñat J. Rescue surgery in the flow diverter era: partial trapping plus revascularization technique for a giant carotid-ophthalmic aneurysm[J]. *World Neurosurg*, 2020, 143:73-78.
- [26] Patel NV, Ligas B, Gandhi S, Ellis J, Ortiz R, Costantino P, Qato K, Langer DJ. Internal maxillary to middle cerebral artery bypass using an anterior tibial artery graft, performed using a 3-dimensional exoscope: 2-dimensional operative video[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2020, 19:E187.
- [27] Shenoy VS, Miller C, Sen RD, McAvoym M, Montoure A, Kim LJ, Sekhar LN. High-flow bypass and clip trapping of a giant fusiform middle cerebral artery (M1) aneurysm: technical case instruction[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2023, 25:e183-e187.
- [28] Liu P, Zhang H, Li P, Zhu W. Aneurysmorrhaphy or bypass: surgical strategy for large M1 bifurcation aneurysm involving two branches based on vessel wall high-resolution MRI and intraoperative angiography[J]? *Acta Neurochir (Wien)*, 2023, 165:3717-3721.
- [29] Liu P, Shi Y, Li P, Zhu W. Reconstruction of both M2 blood flow with a "Y" fashion anastomosis after excision of a large M1 bifurcation aneurysm: advantages and challenges[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2023, 165:483-488.
- [30] Liu P, Shi Y, Li Z, Liu Y, Quan K, Liu Y, An Q, Zhu W. Interposition intracranial-intracranial bypass based on anterior cerebral artery A1 donor anastomosis: technical advances, outcomes, and literature review[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2023, 24:322-329.

- [31] Liu P, Shi Y, An Q, Zhu W. Left middle cerebral artery M1-2 segment dissecting aneurysm resection and reanastomosis under double-barrel STA-MCA bypass protection [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2022, 164:3209-3213.
- [32] Toyota S, Kumagai T, Goto T, Mori K, Taki T. Clipping of recurrent cerebral aneurysms after coil embolization [J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2018, 129:53-59.
- [33] Sun Y, Gao K, Shi M, Shang Y, Tong X. Superficial temporal artery - posterior cerebral artery bypass through zygomatic anterior temporal approach for complex posterior cerebral artery aneurysm [J]. *World Neurosurg*, 2022, 159:110-119.
- [34] Shenoy VS, Lavergne P, Qazi Z, Ghodke BV, Sekhar LN. Distal basilar artery "umbrella aneurysm" treated by radial artery graft bypass from the external carotid artery to posterior cerebral artery and clip trapping: 2 - dimensional operative video [J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2021, 21:E250-E251.
- [35] Hendricks BK, Spetzler RF. Internal carotid artery to posterior cerebral artery bypass for fusiform basilar artery aneurysm: 2 - dimensional operative video [J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2020, 18:E1.
- [36] Ravina K, Buchanan IA, Rennett RC, Strickland BA, Carey JN, Russin JJ. Occipital artery to posterior cerebral artery bypass using descending branch of the lateral circumflex femoral artery graft for treatment of fusiform, unruptured posterior cerebral artery aneurysm: 3 - dimensional operative video [J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2018, 15:E50-E51.

(收稿日期:2024-06-06)

(本文编辑:袁云)

· 小词典 ·

中英文对照名词词汇(二)

颅内-颅内血管旁路移植术

intracranial-intracranial bypass with a graft vessel(IBGV)

颅外-颅内 extracranial-intracranial(EC-IC)

脉络丛前动脉 anterior choroidal artery(AChA)

美国国家老龄化研究所-阿尔茨海默病学会

National Institute on Aging-Alzheimer's Association (NIA-AA)

美国国立卫生研究院卒中量表

National Institutes of Health Stroke Scale(NIHSS)

美国食品与药品管理局

Food and Drug Administration(FDA)

美国医学遗传学和基因组学会

American College of Medical Genetics and Genomics (ACMG)

迷走神经刺激术 vagus nerve stimulation(VNS)

脑血流量 cerebral blood flow(CBF)

脑血容量 cerebral blood volume(CBV)

鸟嘌呤核苷酸交换因子

guanine nucleotide-exchange factor(GEF)

颞极动脉 temporal polar artery(TPA)

颞前动脉 anterior temporal artery(ATA)

颞浅动脉 superficial temporal artery(STA)

欧洲药品管理局 European Medicines Agency(EMA)

胼缘动脉 callosomarginal artery(CmA)

胼周动脉 pericallosal artery(PcA)

平均动脉压 mean arterial pressure(MAP)

平均通过时间 mean transmit time(MTT)

前交通动脉 anterior communicating artery(ACoA)

轻度认知障碍 mild cognitive impairment(MCI)

球囊闭塞试验 Balloon Occlusion Test(BOT)

桡动脉 radial artery(RA)

容积重建 volume reconstruction(VR)

神经炎性斑 neuritic plaques(NPs)

[老年斑 senile plaques(SPs)]

神经原纤维缠结 neurofibrillary tangles(NFTs)

视野 field of view(FOV)

双重起源的小脑后下动脉

double-origin posterior inferior cerebellar artery(DOPICA)

锁骨下动脉 subclavian artery(SA)

推荐分级的评估、制定与评价

Grades of Recommendations Assessment Development and Evaluation(GRADE)

微血管减压术 microvascular decompression(MVD)

小脑后下动脉 posterior inferior cerebellar artery(PICA)

小脑前下动脉 anterior inferior cerebellar artery(AICA)

小脑上动脉 superior cerebellar artery(SCA)

血流导向装置 flow diverter(FD)

血泡样动脉瘤 blood blister-like aneurysm(BBA)

眼动脉 ophthalmic artery(OpA)

吲哚菁绿荧光血管造影术

indocyanine green angiography(ICGA)

诱导型多能干细胞 induced pluripotent stem cells(iPSCs)

Glasgow 预后分级 Glasgow Outcome Scale(GOS)

原发性三叉神经痛 primary trigeminal neuralgia(PTN)

载脂蛋白 E apolipoprotein E(ApoE)

早老素 1 presenilin-1(PS-1)

早老素 2 presenilin-1(PS-2)

增强 T₁ 高分辨率各向同性容积激发序列enhanced-T₁ high resolution isotropic volume excitation (e-THRIVE)

枕动脉 occipital artery(OA)

正常压力脑积水 normal pressure hydrocephalus(NPH)

支持向量机 support vector machine(SVM)

蛛网膜下腔出血 subarachnoid hemorrhage(SAH)

主观认知下降 subjective cognitive decline(SCD)

椎动脉 vertebral artery(VA)

最大密度投影 maximum intensity projection(MIP)