

脑血管搭桥术 50 年

王东海 王飞

【摘要】 脑血管搭桥术已有 50 余年历史,术式繁多,分类复杂,是脑血管病特别是缺血性脑血管病和颅内复杂动脉瘤治疗领域不可或缺的外科手术方法。本文拟对脑血管搭桥术的常用术式、分类及临床应用进行概述,以供临床借鉴。

【关键词】 脑血管重建术; 卒中; 脑缺血; 颅内动脉瘤; 综述

Cerebrovascular bypass in 50 years

WANG Dong-hai^{1,2}, WANG Fei¹

¹Department of Neurosurgery, Qilu Hospital of Shandong University, Ji'nan 250012, Shandong, China

²Department of Neurosurgery, Qilu Hospital of Shandong University Dezhou Hospital, Dezhou 253000, Shandong, China

Corresponding author: WANG Fei (Email: 17853137860@163.com)

【Abstract】 Cerebrovascular bypass has been developed for more than 50 years. With various surgical methods and complex classification, cerebrovascular bypass has become an indispensable treatment in the field of cerebral vascular disease, especially ischemic cerebral vascular disease and intracranial complex aneurysms. In order to provide some guidance for related clinical work, this article intends to review the classification and clinical application of cerebrovascular bypass.

【Key words】 Cerebral revascularization; Stroke; Brain ischemia; Intracranial aneurysm; Review

This study was supported by Clinical Practical New Technology Development Foundation of Qilu Hospital of Shandong University (No. 2019-7).

Conflicts of interest: none declared

脑血管搭桥术已在临床开展 50 余年,在多种脑血管病尤其是缺血性脑血管病、颅内复杂动脉瘤的治疗方面应用较好,然而由于术式繁多、分类复杂,且缺乏大样本随机对照临床试验的数据支持,目前并未作为脑血管病的首选治疗方法,仅是常规治疗难以实施或效果欠佳时的替代选择。由此可见,作为一项成熟的外科手术技术,脑血管搭桥术的临床发展并非一帆风顺,但一直应用至今。

脑血管搭桥术的初衷与主动脉冠状动脉旁路移植术增加心肌供血的思路类似,通过颅外动脉与颅内动脉吻合增加脑血流量(CBF)以治疗缺血性脑

血管病。早在 20 世纪 60 年代即有学者在动物模型上尝试脑血管搭桥术。至 1967 年, Yasargil 等^[1]首次采用显微外科技术对 1 例大脑中动脉狭窄患者成功实施颞浅动脉-大脑中动脉(STA-MCA)搭桥术,证实了该术式的可行性和潜在临床应用价值。自此, STA-MCA 搭桥术成为脑血管搭桥术的经典术式,因颞浅动脉作为供血动脉提供的血流量较少,故而开始探索高流量搭桥术。至 1978 年, Story 等^[2]通过人工血管成功完成颈外动脉-大脑中动脉(ECA-MCA)高流量搭桥术,此后多种高流量术式相继出现,如颈总动脉-颈内动脉颅内段搭桥术(大隐静脉为桥血管)、上颌动脉-近端大脑后动脉搭桥术(桡动脉为桥血管)^[3-4]。同年,以脑-颞肌贴敷术(EMS)为代表的间接搭桥术尝试应用于临床^[5],随后,大网膜颅内移植术^[6]、脑-硬膜-动脉贴敷术(EDAS)^[7]等多种间接搭桥术相继被报道。然而,脑血管搭桥术的发展曲折,1985 年, *N Engl J Med* 公布一项多中心随机对照

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2022.05.001

基金项目: 山东大学齐鲁医院临床实用新技术发展基金资助项目(项目编号: 2019-7)

作者单位: 250012 济南, 山东大学齐鲁医院神经外科(王东海, 王飞); 253000 山东大学齐鲁医院德州医院神经外科(王东海)

通讯作者: 王飞, Email: 17853137860@163.com

临床试验结果:与单纯药物治疗相比,脑血管搭桥术并不能降低缺血性卒中发生率^[8]。该项研究结果的公布使脑血管搭桥术的临床应用迅速减少,但对于相关术式的探索并未停止。近年来,随着显微外科技术的发展,脑血管搭桥术重新获得重视,目前已成为脑血管病特别是缺血性脑血管病和颅内复杂动脉瘤治疗领域不可或缺的方法。

脑血管搭桥术术式繁多、分类复杂,可供选择的供体动脉较多,实际应用过程中应遵循个体化原则。临床常用术式主要分为三类,即根据是否直接吻合血管,分为直接搭桥术和间接搭桥术;根据桥血管血流量,分为低流量搭桥术和高流量搭桥术;根据受体动脉,分为前循环搭桥术和后循环搭桥术。此外,以原位搭桥术和血管再植术为代表的三代血管搭桥术,以及以血管再吻合术为代表的四代血管搭桥术也不乏文献报道。(1)直接搭桥术与间接搭桥术:直接搭桥术系指将供体动脉与受体动脉直接吻合,或者通过移植血管实现二者管腔的直接相通;代表术式为 STA-MCA 搭桥术,是目前最为常用的脑血管搭桥术。间接搭桥术系通过大网膜、头皮动脉、硬脑膜动脉或颞肌与大脑皮质粘连以建立微循环,进而增加局部脑血流量(rCBF)的术式;主要包括脑-颞肌贴敷术、脑-硬膜-动脉贴敷术、脑-硬膜-动脉-颞肌贴敷术(EDAMS)等^[9]。现有观点认为,直接搭桥术在预防缺血性脑血管病方面的疗效优于间接搭桥术^[10-12],因此临床较少采用单纯间接搭桥术,常作为直接搭桥术的辅助方法。(2)低流量搭桥术与高流量搭桥术:对于缺血性脑血管病,脑血管搭桥术的目的在于增加局部脑血流量,以提高脑组织血流储备,减少脑梗死的发生^[13]。以颞浅动脉、枕动脉(OA)为供血动脉的低流量搭桥术,其局部脑血流量为 15~25 ml/min,多用于补充血流;而以颅内动脉、颈外动脉为供体动脉的高流量搭桥术,其局部脑血流量通常超过 50 ml/min,可完全承载原有颅内动脉的血流,作为一种替代血管搭桥术式,常用于颅内复杂动脉瘤、颅底肿瘤的治疗^[14]。目前,低流量搭桥术在临床开展较多,尽管高流量搭桥术理论上具有较好的临床疗效和应用前景,但由于手术难度大、适应证选择范围小,以及术后易发生脑过度灌注综合征(CHS)等问题,至今尚未在临床广泛开展。(3)前循环搭桥术与后循环搭桥术:现有的脑血管搭桥术主要集中于前循环系统,对于椎基底动脉病变引起的后循环缺血^[15]、小脑后下动

脉(PICA)复杂动脉瘤^[16],后循环搭桥术也是可供选择的治疗方案。后循环搭桥术的供体动脉大多选择枕动脉,根据患者个体需求,受体动脉可选择小脑后下动脉或椎动脉(VA)的不同节段。然而,由于手术难度大、适应证范围小、缺乏大样本临床证据支持等原因,后循环搭桥术并未在临床广泛应用,仅作为药物治疗和血管内介入治疗效果欠佳的替代选择。(4)三代血管搭桥术:不同于头皮动脉-颅内动脉端侧吻合的低流量一代血管搭桥术和移植桥血管的高流量二代血管搭桥术,三代血管搭桥术系颅内动脉-颅内动脉搭桥术^[17-18],主要包括原位搭桥术(颅内动脉之间侧侧吻合以实现血运重建)和血管再植术(将颅内动脉分支移植至邻近动脉主干以避免远端脑组织缺血)^[14]。该术式的主要优势是供体动脉与受体动脉均为颅内动脉,无需额外获取颅外供体动脉或桥血管,同时可以减少桥血管外源性损伤和延迟闭塞的风险^[18],因此三代血管搭桥术在缺血性脑血管病中的治疗价值越来越受到重视。(5)四代血管搭桥术:切除颅内动脉瘤后行断端吻合的血管再吻合术称为四代血管搭桥术^[13]。该术式理论上可用于任何部位颅内动脉瘤的治疗,对于血管长度无法满足无张力断端吻合的患者,可移植桥血管进行断端吻合^[14],尤其适用于颅内感染性动脉瘤和梭形动脉瘤^[16,19-20],但目前相关报道较少。

脑血管搭桥术主要用于缺血性脑血管病和颅内动脉瘤的外科治疗,尤以颅内复杂动脉瘤是首选治疗方法,虽然该项技术治疗上述疾病已取得较为成熟的临床经验,但在实际应用中,对适应证的选择仍需遵循个体化原则。(1)缺血性脑血管病:理论上,脑血管搭桥术可将颅外动脉的血流引至颅内动脉,从而增加局部脑血流量,治疗缺血性脑血管病;但实际上,脑血管搭桥术能否预防与治疗缺血性脑血管病长期以来一直存有争议。尽管 1985 年颅内外血管搭桥术研究组(EC/IC Bypass Study Group)的多中心随机对照临床试验并未显示出脑血管搭桥术联合最佳药物治疗在脑卒中预防方面的优势^[8],但该项研究术前未对入组病例进行脑血流动力学评估,从手术适应证选择角度而言,其所纳入的患者并非均是最有可能从脑血管搭桥术中获益的病例,因此存在严重的试验设计缺陷^[21]。2011 年发表于 JAMA 的 COSS 研究(Carotid Occlusion Surgery Study)也得出类似结论^[22],同样在脑血流动力学评估标准、研究对象选择等方面颇受质疑^[23-24]。近年

来,国内外不断有研究证实脑血管搭桥术可以有效治疗缺血性脑血管病^[25-27],例如,STA-MCA搭桥术可以增加缺血性烟雾病患者的局部脑血流量,是目前公认的标准治疗方法^[28-29]。上述研究结果不一致的原因主要涉及手术适应证和手术时机的选择,以及手术技术的掌握和脑血流动力学的评估标准。虽然存在诸多争议,但是脑血管搭桥术作为缺血性脑血管病的重要治疗方法,部分适应证明确的患者确可获益,而术式的选择应遵循个体化原则,术前影像学检查和脑血流动力学评估至关重要。目前亟待设计更加严谨的大样本随机对照临床试验重新评估脑血管搭桥术在缺血性脑血管病治疗中的价值。(2)颅内动脉瘤:颅内动脉瘤的治疗主要是以血管内栓塞和开颅夹闭为代表的显微外科手术,但是对于复杂动脉瘤尤其是巨大型血栓性动脉瘤、梭形动脉瘤、占位效应明显或者压迫重要神经的颅内动脉瘤而言,常规治疗方法无法达到预期效果,而脑血管搭桥术联合载瘤动脉夹闭术、动脉瘤孤立术或者切除术是可供选择的治疗方案。但是不同于治疗缺血性脑血管病常用的低流量搭桥术,颅内复杂动脉瘤对供体动脉血流量的要求远高于颞浅动脉,临床主要采用上颌动脉-桡动脉-大脑中动脉(MA-RA-MCA)搭桥术,其所提供的血流量平均为 (81.36 ± 30.41) ml/min^[27],与大脑中动脉承担的血流量 $(50 \sim 116)$ ml/min^[30]相近。除传统的颅内外血管搭桥术外,三代血管搭桥术即颅内动脉-颅内动脉搭桥术也是颅内复杂动脉瘤的常用手术策略。近年国内外不断有脑血管搭桥术治疗颅内复杂动脉瘤的临床研究见诸报道,并且显示出较好的临床疗效^[16,20,31-32]。与缺血性脑血管病一样,颅内复杂动脉瘤的脑血管搭桥术同样应遵循个体化原则。

脑血管搭桥术在颅外动脉与颅内动脉、颅内动脉之间进行血运重建,以达到改善或维持局部脑灌注的目的,是一种在脑血管病治疗方面具有良好应用前景的方法。随着显微外科技术的发展,脑血管搭桥术可以实现更精细、更显微的血管吻合,以及更低的围术期并发症发生率。然而目前多种脑血管病并非将脑血管搭桥术作为首选或常规治疗方法,而仅是传统血管内介入治疗或开颅手术难以完成时的替代方法。脑血管搭桥术术式繁多、分类复杂,临床实践中应遵循个体化原则,充分的术前影像学检查和脑血流动力学评估至关重要。脑血管搭桥术作为临床治疗脑血管病必不可少的技术,明

确的手术适应证、标准统一的评估手段、严谨的试验设计以及长期的疗效观察,是目前亟待解决的问题。随着介入技术的发展,越来越多的颅内复杂动脉瘤选择血流导向装置进行血运重建,更多的临床医师更倾向于选择血管内介入治疗,故脑血管搭桥术的发展应从年轻医师抓起,其未来任重道远。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Yasargil MG, Krayenbuhl HA, Jacobson JH 2nd. Microneurosurgical arterial reconstruction[J]. *Surgery*, 1970, 67: 221-233.
- [2] Story JL, Brown WE, Eidelberg E, Arom KV, Stewart JR. Cerebral revascularization: proximal external carotid to distal middle cerebral artery bypass with a synthetic tube graft[J]. *Neurosurgery*, 1978, 3:61-65.
- [3] Morgan MK, Brennan J, Day MJ. Interposition saphenous vein bypass graft between the common and intracranial internal carotid arteries[J]. *J Clin Neurosci*, 1996, 3:272-280.
- [4] Ulku CH, Ustun ME, Buyukmumcu M, Cicekcibasi AE, Ziyilan T. Radial artery graft for bypass of the maxillary to proximal posterior cerebral artery: an anatomical and technical study[J]. *Acta Otolaryngol*, 2004, 124:858-862.
- [5] Karasawa J, Kikuchi H, Furuse S, Kawamura J, Sakaki T. Treatment of moyamoya disease with STA-MCA anastomosis[J]. *J Neurosurg*, 1978, 49:679-688.
- [6] Karasawa J, Kikuchi H, Kawamura J, Sakai T. Intracranial transplantation of the omentum for cerebrovascular moyamoya disease: a two-year follow-up study[J]. *Surg Neurol*, 1980, 14: 444-449.
- [7] Matsushima Y, Fukai N, Tanaka K, Tsuruoka S, Inaba Y, Aoyagi M, Ohno K. A new surgical treatment of moyamoya disease in children: a preliminary report[J]. *Surg Neurol*, 1981, 15:313-320.
- [8] EC/IC Bypass Study Group. Failure of extracranial: intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke: results of an international randomized trial[J]. *N Engl J Med*, 1985, 313: 1191-1200.
- [9] Hu M, Yu J, Su K, Yi L, Chen KY, Ma ZY, Cai YK, Chen JC, Zhang JJ. Progress in research in moyamoya disease [J]. *Zhongguo Shi Yong Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2019, 22:1736-1740.[胡森,余金,苏康,易雷,陈科宇,马志阳,蔡远坤,陈劲草,章剑剑.烟雾病的研究进展[J].中国实用神经疾病杂志,2019,22:1736-1740.]
- [10] Jeon JP, Kim JE, Cho WS, Bang JS, Son YJ, Oh CW. Meta-analysis of the surgical outcomes of symptomatic moyamoya disease in adults[J]. *J Neurosurg*, 2018, 128:793-799.
- [11] Yan XQ, Liu PF, Li XL, Wu J, Zhu D. Meta-analysis of efficacy and complications after direct bypass vs indirect bypass for adult moyamoya disease[J]. *Zhongguo Wei Qin Xi Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2018, 23:152-156.[闫学强,刘鹏飞,李晓龙,吴杰,朱丹.直接搭桥与间接搭桥手术治疗成人烟雾病疗效及并发症的Meta分析[J].中国微侵袭神经外科杂志,2018,23:152-156.]
- [12] Lai PMR, Patel NJ, Frerichs KU, Patel AB, Aziz-Sultan MA, Ogilvy CS, Du R. Direct vs indirect revascularization in a North American cohort of moyamoya disease[J]. *Neurosurgery*, 2021, 89:315-322.
- [13] Shi XE. Present situation and prospect of cerebral vascular

- bypass technique[J]. Zhongguo Wei Qin Xi Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2021, 26:403-407.[石祥恩. 脑血管搭桥技术的现状与展望[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2021, 26:403-407.]
- [14] Shi XE, Zhang J. Multicentric experience in cerebral vascular bypass grafting[J]. Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2020, 36:112-118.[石祥恩, 张杰. 脑血管搭桥术的多中心经验[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36:112-118.]
- [15] Li Q, Sun Y, Wang BL, Tong XG. Cerebral revascularization of symptomatic severe vertebro-basilar artery steno-occlusion with posterior circulation ischemic stroke [J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2021, 21:553-561.[李琪, 孙杨, 王本琳, 佟小光. 症状性椎-基底动脉重度狭窄或闭塞致后循环缺血性卒中的血管重建治疗[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2021, 21:553-561.]
- [16] Yang Z, Song J, Quan K, Li P, An Q, Shi Y, Liu P, Yu G, Tian Y, Zhou L, Zhu W. Microsurgical treatment of posterior inferior cerebellar aneurysms based on angioarchitecture supplemented by high-resolution vessel wall MRI: a case series report [J]. Stroke Vasc Neurol, 2022.[Epub ahead of print]
- [17] Davies JM, Lawton MT. Advances in open microsurgery for cerebral aneurysms[J]. Neurosurgery, 2014, 74 Suppl 1:S7-16.
- [18] Wang L, Cai L, Qian H, Lawton MT, Shi X. The in situ side-to-side bypass technique: a comprehensive review of the technical characteristics, current anastomosis approaches, and surgical experience[J]. World Neurosurg, 2018, 115:357-372.
- [19] Chun JY, Smith W, Halbach VV, Higashida RT, Wilson CB, Lawton MT. Current multimodality management of infectious intracranial aneurysms[J]. Neurosurgery, 2001, 48:1203-1213.
- [20] Nussbaum ES, Kallmes KM, Lassig JP, Goddard JK, Madison MT, Nussbaum LA. Cerebral revascularization for the management of complex intracranial aneurysms: a single-center experience[J]. J Neurosurg, 2018.[Epub ahead of print]
- [21] Barnett HJ, Sackett D, Taylor DW, Haynes B, Peerless SJ, Meissner I, Hachinski V, Fox A. Are the results of the extracranial-intracranial bypass trial generalizable[J]? N Engl J Med, 1987, 316:820-824.
- [22] Powers WJ, Clarke WR, Grubb RL Jr, Videen TO, Adams HP Jr, Derdeyn CP; COSS Investigators. Extracranial-intracranial bypass surgery for stroke prevention in hemodynamic cerebral ischemia: the Carotid Occlusion Surgery Study randomized trial [J]. JAMA, 2011, 306:1983-1992.
- [23] Carlson AP, Yonas H, Chang YF, Nemoto EM. Failure of cerebral hemodynamic selection in general or of specific positron emission tomography methodology: Carotid Occlusion Surgery Study (COSS)[J]? Stroke, 2011, 42:3637-3639.
- [24] Amin-Hanjani S, Barker FG 2nd, Charbel FT, Connolly ES Jr, Morcos JJ, Thompson BG; Cerebrovascular Section of the American Association of Neurological Surgeons; Congress of Neurological Surgeons. Extracranial-intracranial bypass for stroke: is this the end of the line or a bump in the road [J]? Neurosurgery, 2012, 71:557-561.
- [25] Radovnicki T, Vachata P, Bartos R, Sames M. The masaryk hospital extracranial-intracranial bypass study [J]. Neurosurg Rev, 2017, 40:53-57.
- [26] Gunawardena M, Rogers JM, Stoodley MA, Morgan MK. Revascularization surgery for symptomatic non-moyamoya intracranial arterial stenosis or occlusion[J]. J Neurosurg, 2019, 132:415-420.
- [27] Yu ZT, Zhou ZQ, Yang Y, Liu FJ, Qian H, Sun YM, Shi XE. Therapeutic effect of extra-intracranial bypass surgery for symptomatic chronic occlusive ischemic cerebrovascular diseases [J]. Zhongguo Wei Qin Xi Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2021, 26:412-416.[于在涛, 周忠清, 杨扬, 刘方军, 钱海, 孙玉明, 石祥恩. 颅内外搭桥术对症状性慢性闭塞性脑血管病的疗效研究[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2021, 26:412-416.]
- [28] Arias EJ, Derdeyn CP, Dacey RG Jr, Zipfel GJ. Advances and surgical considerations in the treatment of moyamoya disease [J]. Neurosurgery, 2014, 74 Suppl 1:S116-125.
- [29] Acker G, Fekonja L, Vajkoczy P. Surgical management of moyamoya disease[J]. Stroke, 2018, 49:476-482.
- [30] Amin-Hanjani S, Alaraj A, Charbel FT. Flow replacement bypass for aneurysms: decision-making using intraoperative blood flow measurements[J]. Acta Neurochir (Wien), 2010, 152:1021-1032.
- [31] Zhang J, Zhou ZQ, Sun YM, Yang Y, Yu ZT, Liu FJ, Qian H, Shi XE. Internal maxillary artery bypass for intracranial complex aneurysms [J]. Zhongguo Wei Qin Xi Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2021, 26:408-411.[张杰, 周忠清, 孙玉明, 杨扬, 于在涛, 刘方军, 钱海, 石祥恩. 颌内动脉搭桥治疗颅内复杂动脉瘤[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2021, 26:408-411.]
- [32] Tong XG, Wang X. Cerebral revascularization for anterior cerebral artery applied in surgery of the complex anterior communicating artery aneurysms [J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2021, 21:527-531.[佟小光, 王轩. 大脑前动脉搭桥术在复杂前交通动脉瘤中的应用[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2021, 21:527-531.]

(收稿日期:2022-05-12)

(本文编辑:彭一帆)

欢迎订阅 2022 年《中国现代神经疾病杂志》

《中国现代神经疾病杂志》为国家卫生健康委员会主管、中国医师协会主办的神经病学类专业期刊。办刊宗旨为:理论与实践相结合、普及与提高相结合,充分反映我国神经内外科临床科研工作重大进展,促进国内外学术交流。所设栏目包括述评、专论、论著、临床病理报告、应用神经解剖学、神经影像学、循证神经病学、流行病学调查研究、基础研究、临床研究、综述、临床医学图像、病例报告、临床病理(例)讨论、新技术新方法等。

《中国现代神经疾病杂志》为北京大学图书馆《中文核心期刊要目总览》2017年版(即第8版)和2020年版(即第9版)核心期刊以及国家科技部中国科技论文统计源期刊,国内外公开发行。中国标准连续出版物号:ISSN 1672-6731, CN 12-1363/R。国际大16开型,彩色插图,48页,月刊,每月25日出版。每期定价15元,全年12册共计180元。2022年仍由邮政局发行,邮发代号:6-182。请向全国各地邮政局订阅,亦可直接向编辑部订阅(免邮资费)。

编辑部地址:天津市津南区吉兆路6号天津市环湖医院C座二楼,邮政编码:300350。

联系电话:(022)59065611, 59065612;传真:(022)59065631。网址:www.xdjb.org(中文), www.cjenn.org(英文)。