

## ·综述 General review·

## 颈内动脉闭塞非急性期再通研究进展

陈松涛, 王子亮

【摘要】 颈内动脉闭塞(ICA)在临床上并不少见。大多数研究表明,ICA 开通可降低脑卒中发生率,改善认知等。但由于其手术难度大、成功率低、并发症多,严重影响患者预后,是目前脑血管介入治疗领域的重点和难点。本文就 ICA 非急性期概念、术前影像学评估、治疗现状及围手术期常见并发症等作一简要综述。

【关键词】 颈内动脉闭塞; 非急性期; 血管内治疗; 影像学评估

中图分类号:R743.3 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2024)-05-0571-05

**Research progress in non-acute phase recanalization of internal carotid artery occlusion** CHEN Songtao, WANG Ziliang. Department of Cerebrovascular Intervention, People's Hospital of Henan University, Zhengzhou, Henan Province 450003, China

Corresponding author: WANG Ziliang, E-mail: wzl731023@163.com

【Abstract】 Internal carotid artery occlusion(ICA) is not a rare finding in clinical practice. Most studies have indicated that the recanalization of ICA can reduce the incidence of stroke and improve patient's cognition. However, because of its high surgical difficulty, low success rate and more complications, it seriously affects the prognosis of patients, which is the key and difficult point in the field of cerebrovascular interventional therapy at present. This paper briefly reviews the concept of ICA non-acute phase recanalization, preoperative imaging evaluation, current treatment status, and common perioperative complications, etc. (J Intervent Radiol, 2024, 33: 571-575)

【Key words】 internal carotid artery occlusion; non-acute phase; endovascular treatment; imaging evaluation

脑卒中是我国第一大、全球第二大病死原因<sup>[1-2]</sup>。颈内动脉闭塞(internal carotid artery occlusion, ICA)为导致缺血性脑卒中的重要原因之一。既往研究证明,急性大血管闭塞机械取栓治疗优于药物治疗<sup>[3]</sup>。然而 ICA 非急性期血管内治疗方案,仍存争议<sup>[4]</sup>。既往研究报道,慢性 ICA 患者脑卒中复发率为 5%~6%/年<sup>[5]</sup>,尤其是血流动力学受损患者,即使采取积极的药物治疗,复发风险也较高。近期研究表明,ICA 非急性期血管内干预可能是有效的治疗方法,而成功的血管内再通有助于重建颅内正常灌注,降低脑卒中再发,改善认知等高级功能<sup>[6-8]</sup>。因此,及时有效地进行 ICA 再通具有重要意义。本文就 ICA 非急性期概念、术前影像学评估、治疗现状及围手术期常见并发症等作一简要综述。

## 1 ICA 非急性期概念

ICA 定义为超声、CTA 或 MRA 等检查发现并经 DSA 确认的颈内动脉血管腔 100%横截面截断,即前向血流的改良溶栓治疗脑梗死(mTICI)分级为 0 级的绝对闭塞。急性大血管闭塞患者在 24 h 治疗时间窗内接受血管内治疗具有压倒性优势,随后部分患者耐受最初急性闭塞进入非急性期(包括亚急性期和慢性期)<sup>[3,9]</sup>。一般根据病程,将 ICA 分为急性期和非急性期,但 ICA 确切时间界别困难,临床上多以影像检出时间或其末次缺血事件认定为闭塞事件。目前对 ICA 非急性期概念尚存异议。一项前瞻性随机研究认为,非急性期为末次临床事件至血管内开通时间超过 24 h<sup>[10]</sup>。另一项回顾性研究认为,非急性闭塞时间定义为经影像检查确认 ICA

大于 7 d<sup>[11]</sup>。然而 ICAO 非急性期中慢性期概念较为明确,《慢性颈内动脉闭塞再通治疗中国专家共识》<sup>[12]</sup>认为,ICAO 时间超过 4 周即为慢性 ICAO。

## 2 ICAO 非急性期再通影像学评估

目前评估 ICAO 的影像学方法有多种,如超声、头颈 CTA、MRA、高分辨 MRI、光学相干层析成像(OCT)、DSA 等,各有特点。DSA 仍然是评估 ICAO 金标准。对于非急性期 ICAO,可从闭塞时间、近端闭塞管腔残端形态、闭塞节段和长度、闭塞远端反流部位等特征,评估血管内再通难度。

### 2.1 闭塞时间

对于 ICAO 闭塞时间,一直难以评估。临床上多以症状发作至手术时间,或者影像学检查至手术确定 ICAO 闭塞时间予以评估。

Chen 等<sup>[13]</sup>在 138 例慢性 ICAO 开通患者研究中发现,47.8%患者在末次神经系统事件后 6 个月内接受再通尝试,神经系统事件发生至手术治疗持续时间在 6 个月内患者 ICAO 开通成功与失败比较差异有统计学意义( $OR=2.2, 95\%CI=1.09\sim4.48, P=0.03$ ),而超过 6 个月患者开通成功与失败差异无统计学意义。Zhou 等<sup>[14]</sup>研究分析 47 例慢性 ICAO 患者血管内开通,结果显示影像学闭塞时间至手术治疗持续时间小于 3 个月为开通成功的积极预测因素;分析原因可能在于,ICAO 非急性期患者近端斑块和远端管腔血栓随着时间延长出现纤维化钙化并硬化,闭塞段血栓形成和远端闭塞管腔塌陷增加了再通难度。但该研究未说明具体闭塞时间对开通成功率的影响。有研究提出 ICAO 发作可能与临床症状不同步,临床诊断前几乎无法获取 ICAO 图像为证据,因此很难确定确切的闭塞持续时间<sup>[15]</sup>。

### 2.2 近端闭塞管腔残端形态

Hasan 等<sup>[16]</sup>研究分析 100 例慢性 ICAO 患者闭塞血管开通情况,发现有残端者血运重建成功率为 100%,远高于无残端者。Chen 等<sup>[13]</sup>报道分析 138 例慢性 ICAO 患者,发现开通成功组、失败组锥形残端分别占 81.2%、67.9%,差异无统计学意义;调整临床因素后多因素分析显示,非锥形残端与开通失败有关( $OR=0.18, 95\%CI=0.05\sim0.67, P<0.05$ )。Zanaty 等<sup>[17]</sup>根据 Hasan 分型分析既往研究,发现 389 例慢性 ICAO 患者中有近端残端患者颈动脉支架植入术(CAS)后血管再通率达 95.4%( $95\%CI=86.5\sim100$ )。对于 ICAO 非急性期患者血管内开通,锥型残端被认为更易开通,真实手术时有锥型残端更易找出闭

塞路径,导丝易进入,可提升开通成功率<sup>[17-18]</sup>。

### 2.3 闭塞节段和长度

ICAO 非急性期闭塞节段评估一直是难点。精确评估闭塞节段,提前了解其真实情况,有助于提高开通手术成功率。

钙化被认为是影响慢性 ICAO 开通的主要因素之一。研究认为闭塞节段钙化程度过高会引起导丝通过困难,使方向偏离,导致穿孔等并发症<sup>[19]</sup>。Tang 等<sup>[20]</sup>通过高分辨 MR 血管壁成像评估 114 例慢性 ICAO 患者闭塞节段,其中 76 例(66.7%)再通成功;对影响闭塞开通的因素分析显示,较大钙化体积( $OR=0.56, 95\%CI=0.37\sim0.68, P=0.002$ )是成功再通的危险因素。一项慢性完全闭塞(CTO)多中心注册研究证明,钙化是冠状动脉 CTO 介入治疗期间血运重建失败的预测因子<sup>[21]</sup>。

闭塞长度目前也被认为是影响手术成功的因素。Hasan 等<sup>[16]</sup>报道 ICAO 病变 $<50$  mm 患者闭塞成功开通率为 100%,而对更长病变开通率为 50%。然而 Chen 等<sup>[13]</sup>研究中 $<50$  mm、 $>50$  mm 闭塞长度成功开通率分别为 73.7%、59.7%,闭塞长度对预测手术成功无显著意义( $OR=0.53, 95\%CI=0.17\sim1.59, P<0.05$ );认为组中仅 19 例(13.8%)患者 ICAO $<50$  mm,影响了统计结果。最新一项研究发现,72.9%高分辨 MR 血管壁成像检测所显示的闭塞节段长度短于 DSA 检测,认为血管壁成像可发现超出闭塞节段的微小管腔,能更准确地评估实际闭塞段长度<sup>[22]</sup>。

Zhang 等<sup>[23]</sup>研究分析 83 例慢性 ICAO 患者中 57 例(68.7%)闭塞血管成功再通患者,结果发现 3D MERGE 序列广泛高信号( $OR=399, 95\%CI=120\sim1322, P=0.024$ )、管腔迂曲( $OR=0.12, 95\%CI=0.03\sim0.51, P=0.005$ )、血管塌陷( $OR=0.004, 95\%CI=0.06\sim0.63, P=0.006$ )是成功再通的危险因素;认为斑块内有血栓代表其中软组织较多,导丝易通过,而闭塞段管腔迂曲、血管塌陷不利于导丝通过,制约着手术成功再通。

尽管钙化、闭塞长度、血管迂曲程度等慢性 ICAO 开通的影响因素已得到大部分学者认可,但不同研究中仍存争议<sup>[24]</sup>。目前亟需开展大型多中心研究,以确定慢性 ICAO 开通的影响因素,建立相应评分模型,为 ICAO 非急性期开通提供指导。

### 2.4 闭塞远端反流部位

Hasan 等<sup>[16]</sup>研究认为远端血流重建于床突段或以下,闭塞血管开通成功率会更高;眼动脉段和后交

通段重建开通成功率相对低一些,在此节段导丝操作难度明显上升。目前大部分研究认为闭塞远端反流部位在岩骨段及以下更容易开通,反流部位在眼动脉段或后交通段,导丝进入颅内操作相对较难,制约着手术成功率。

Chen 等<sup>[13]</sup>报道 138 例慢性 ICAO 患者总体开通成功率为 61.6%,闭塞远端反流部位位于床突段及以下者为 81%,眼段及交通段以上者为 30%,闭塞远端反流部位在眼段及交通段以上者再通成功率显著降低;进一步分析显示,反流部位在眼段及以上与较低的开通成功率相关( $OR=0.12, 95\%CI=0.04\sim0.36, P<0.05$ )。

Tang 等<sup>[20]</sup>报道 114 例慢性 ICAO 患者总体再通成功率为 66.7%(76/114),闭塞远端反流部位在床突段及以下者为 76%(72/94),反流部位在眼动脉段及以上者则为 20%(4/20);认为反流部位在眼动脉段或以上者( $OR=0.14, 95\%CI=0.08\sim0.48, P<0.05$ )为开通不利因素,在岩骨段( $OR=4.07, 95\%CI=1.65\sim8.38, P<0.05$ )是开通有利因素。结合本中心既往研究及 ICAO 非急性期开通相关经验,笔者认为 ICAO 反流在眼动脉段及以上部位应谨慎开通,在床突段及以下部位可考虑行血管内闭塞开通。

### 3 ICAO 治疗现状

ICAO 非急性期治疗主要包括药物、颈动脉旁路移植术、颈动脉内膜剥脱术(CEA)、CAS 等,其次是控制相关危险因素(如高血压、糖尿病和高脂血症),戒烟,加强健康生活方式等。

#### 3.1 药物治疗

药物治疗一直被认为是缺血性脑血管病的基础治疗。从 SAMMPRIS 研究<sup>[25]</sup>到近期 CASSISS 研究<sup>[26]</sup>,均证明药物治疗的地位不可动摇。对于 ICAO 非急性期治疗同样如此,药物治疗为首选方案。大部分研究显示,药物治疗无效的症状性 ICAO 患者均接受了进一步开通治疗<sup>[27]</sup>。目前对症状性 ICAO 患者的药物治疗方案,主要是发病前 3 个月给予双重抗血小板聚集治疗,后期进行单抗血小板聚集治疗。对伴有高血脂等危险因素患者,进行联合抗血小板聚集、降脂、控制其他动脉粥样硬化危险因素的综合治疗<sup>[12]</sup>。

#### 3.2 颅内颈动脉旁路移植术

颅内颈动脉旁路移植术对血流动力学障碍严重的症状性 ICAO 患者是一可行的选择,可改善脑灌注,减少脑卒中复发概率。但其安全性和有效

性存在争议<sup>[28]</sup>。近期一项症状性颈内动脉粥样硬化闭塞手术随机试验研究报道中,再次否定手术治疗获益优于药物治疗<sup>[29]</sup>。目前仅有早期报道、纳入 196 例患者的日本 EC-IC 旁路移植术随机试验研究结果支持颅内外旁路移植术治疗优于药物治疗;手术治疗组脑卒中复发率明显低于药物治疗组(5%比 14%, $P=0.046$ )<sup>[30]</sup>。最近一项旁路移植术与血管内介入治疗对比研究认为,EC-IC 旁路移植术特点是再通率高、并发症少,但死亡率较高,且脑卒中发生率与药物治疗相比并未降低<sup>[31]</sup>。一项纳入 79 例慢性 ICAO 患者的研究分析显示,复合手术再通闭塞节段可能优于血管旁路移植术<sup>[32]</sup>。

#### 3.3 CEA 及复合手术

CEA 被认为是岩骨段以下闭塞的较好治疗选择。对于累及岩骨段以上病变,需要 CEA 联合血管内治疗。Shih 等<sup>[33]</sup>率先报道 CEA 联合血管内治疗对于颈内动脉岩骨段以上闭塞再通的效果,3 例患者全部再通,且 6 个月未复发。Zhang 等<sup>[34]</sup>报道对 30 例颈内动脉岩骨段及以上闭塞行 CEA 联合血管内治疗,闭塞血管全部开通,且术后 3 个月改良 Rankin 量表(mRS)评分与术前相比显著改善[(2.5±0.6)分比(3.4±0.6)分, $P<0.01$ ]。范伟健等<sup>[35]</sup>报道对 23 例慢性 ICAO 患者行复合手术开通,开通成功 18 例,失败 5 例,技术成功率较高。Wang 等<sup>[36]</sup>研究报道复合手术治疗复杂颈动脉闭塞性疾病患者,结果显示血运重建率高达 87.5%,术中及术后 30 d 并发症发生率仅为 6.25%;认为复合手术是复杂颈动脉闭塞性疾病治疗的新选择。

#### 3.4 CAS

随着血管内治疗器材进步及手术技术成熟,CAS 已成为 ICAO 开通的重要组成部分。2005 年,Terada 等<sup>[37]</sup>首先报道采用血管内再通方法治疗慢性 ICAO 患者。2007 年,Kao 等<sup>[38]</sup>率先报道血管内治疗对 ICAO 患者安全有效,其开通成功率为 73%(22/30),随访期间未出现新的脑缺血事件或神经系统死亡。随后关于 ICAO 非急性期开通的研究报道越来越多<sup>[7,16,39-40]</sup>。一项纳入 13 项研究的慢性 ICAO 患者血管内介入开通研究发现,再通成功率为 72.6%(347/528),并发症发生率为 18%(88/516)<sup>[41]</sup>。Mo 等<sup>[11]</sup>报道对 42 例症状性亚急性和慢性 ICAO 患者行血管内再通术,开通成功率为 83%(35/42)。Gao 等<sup>[42]</sup>报道对 36 例非急性颅内 ICAO 患者行血管内开通术,开通成功率为 80%(29/36)。与过去 10 年研究相比,目前 ICAO 开通技术成功率在上升,血管内治疗



可被认为是 ICAO 非急性期开通的重要选择。

#### 4 围手术期常见并发症

ICAO 非急性期开通具有很大挑战性,其并发症率较高。围手术期并发症主要为动脉夹层、远端血管栓塞、高灌注综合征以及新发脑梗死等。2020 年一项 Meta 分析发现,528 例接受血管内介入开通治疗的慢性 ICAO 患者中并发症发生率为 18%(88/516),其中血栓栓塞为 9%(43/516),治疗相关死亡为 2%(11/516)<sup>[41]</sup>。2022 年 Tang 等<sup>[20]</sup>研究报道 114 例慢性 ICAO 患者,结果显示闭塞节段开通 76 例,仅有 4 例并发症(颈内动脉夹层 1 例,颅内出血 2 例,脑梗死进展 1 例)发生。2023 年 Zhang 等<sup>[23]</sup>报道 83 例慢性 ICAO 患者,闭塞血管总体开通成功率为 68.7%(57/83),围手术期并发症发生率为 10.8%(9/83),最常见并发症为夹层,发生率为 7.2%(6/83),术后 30 d 内脑卒中及死亡发生率为 2.4%(2/83)。2023 年 Zhou 等<sup>[14]</sup>研究分析 47 例慢性 ICAO 患者,血管内开通成功率为 74.5%(35/47),围手术期并发症发生率为 16.8%(6/47),30 d 内脑卒中或死亡发生率为 6.4%(3/47)。与过去 10 年研究相比,可能是器械发展及手术医师经验积累,目前 ICAO 非急性期开通术后并发症发生率在降低。

#### 5 ICAO 治疗前景展望

对于药物治疗无效的 ICAO 患者,为了减少脑卒中发生概率,在条件成熟情况下进行血管内治疗是合适的。既往研究已证明,ICAO 非急性期开通在技术上可行,但异质性较大。未来应开展大型前瞻性研究,对闭塞节段精确评估,建立相应的评分体系,预测手术开通难易程度,提高闭塞开通的安全性和有效性。

#### [参考文献]

- [1] GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20: 795-820.
- [2] Zhou M, Wang D, Zeng X, et al. Mortality, morbidity, and risk factors in China and its provinces, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. *Lancet*, 2019, 394: 1145-1158.
- [3] Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, et al. Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378: 11-21.
- [4] Li T, Zhang Z, Sun C, et al. Primary balloon angioplasty for chronic occlusion of intracranial internal carotid artery: a case report[J]. *J Interv Med*, 2022, 5: 213-216.
- [5] Morris-Stiff G, Teli M, Khan PY, et al. Internal carotid artery occlusion: its natural history including recanalization and subsequent neurological events[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2013, 47: 603-607.
- [6] Ter Schiphorst A, Prin P, Costalat V, et al. Anterior cerebral artery dilation to increase cerebral perfusion in a patient with chronic internal carotid artery occlusion[J]. *J Neuroradiol*, 2023, 50: 361-365.
- [7] Zanaty M, Howard S, Roa JA, et al. Cognitive and cerebral hemodynamic effects of endovascular recanalization of chronically occluded cervical internal carotid artery: single-center study and review of the literature[J]. *J Neurosurg*, 2019, 132: 1158-1166.
- [8] Uno T, Shojima M, Oyama Y, et al. Retrograde endovascular revascularization for chronic total occlusion of the internal carotid artery: a case report[J]. *Acta Neurochir(Wien)*, 2022, 164: 1015-1019.
- [9] Yoshimura S, Sakai N, Yamagami H, et al. Endovascular therapy for acute stroke with a large ischemic region[J]. *N Engl J Med*, 2022, 386: 1303-1313.
- [10] Hou Z, Yan L, Zhang Z, et al. High-resolution magnetic resonance vessel wall imaging-guided endovascular recanalization for nonacute intracranial artery occlusion[J]. *J Neurosurg*, 2021, 137: 1-7.
- [11] Mo L, Ma G, Dai C, et al. Endovascular recanalization for symptomatic subacute and chronically occluded internal carotid artery: feasibility, safety, a modified radiographic classification system, and clinical outcomes[J]. *Neuroradiology*, 2020, 62: 1323-1334.
- [12] 中国医师协会介入医师分会神经介入专业委员会, 中华医学会放射学分会介入放射学组, 中国卒中学会复合介入神经外科分会, 等. 慢性颈内动脉闭塞再通治疗中国专家共识[J]. *中华介入放射学电子杂志*, 2019, 7: 1-6.
- [13] Chen YH, Leong WS, Lin MS, et al. Predictors for successful endovascular intervention in chronic carotid artery total occlusion[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9: 1825-1832.
- [14] Zhou C, Cao YZ, Jia ZY, et al. Endovascular recanalization of symptomatic chronic ICA occlusion: procedural outcomes and radiologic predictors[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2023, 44: 303-310.
- [15] Xu B, Li C, Guo Y, et al. Current understanding of chronic total occlusion of the internal carotid artery[J]. *Biomed Rep*, 2018, 8: 117-125.
- [16] Hasan D, Zanaty M, Starke RM, et al. Feasibility, safety, and changes in systolic blood pressure associated with endovascular revascularization of symptomatic and chronically occluded cervical internal carotid artery using a newly suggested radiographic classification of chronically occluded cervical internal carotid artery: pilot study[J]. *J Neurosurg*, 2018, 130: 1-10.
- [17] Zanaty M, Roa JA, Jabbour PM, et al. Recanalization of the chronically occluded internal carotid artery: review of the literature[J]. *World Neurosurg*, 2020, 5: 100067.
- [18] Zhang X, Zhou C, Cao YZ, et al. High-resolution magnetic

- resonance imaging for predicting successful recanalization in patients with chronic internal carotid artery occlusion[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 1003800.
- [19] Xia J, Gao H, Zhang K, et al. Effects of endovascular recanalization on symptomatic non-acute occlusion of intracranial arteries[J]. *Sci Rep*, 2023, 13: 4550.
- [20] Tang M, Yan X, Gao J, et al. High-resolution MRI for evaluation of the possibility of successful recanalization in symptomatic chronic ICA occlusion: a retrospective study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2022, 43: 1164-1171.
- [21] Morino Y, Abe M, Morimoto T, et al. Predicting successful guidewire crossing through chronic total occlusion of native coronary lesions within 30 minutes; the J-CTO (Multicenter CTO Registry in Japan) score as a difficulty grading and time assessment tool[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2011, 4: 213-221.
- [22] Wan M, Yan L, Xu Z, et al. Symptomatic and asymptomatic chronic carotid artery occlusion on high-resolution MR vessel wall imaging[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2022, 43: 110-116.
- [23] Zhang J, Ding S, Zhao B, et al. Morphological and compositional features of chronic internal carotid artery occlusion in MR vessel wall imaging predict successful endovascular recanalization[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2023, 13: 147.
- [24] Chao L, Qingbin M, Haowen X, et al. Imaging predictors for endovascular recanalization of non-acute occlusion of internal carotid artery based on 3D T1-SPACE MRI and DSA[J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 692128.
- [25] Derdeyn CP, Chimowitz MI, Lynn MJ, et al. Aggressive medical treatment with or without stenting in high-risk patients with intracranial artery stenosis (SAMMPRIS): the final results of a randomised trial[J]. *Lancet*, 2014, 383: 333-341.
- [26] Gao P, Wang T, Wang D, et al. Effect of stenting plus medical therapy vs medical therapy alone on risk of stroke and death in patients with symptomatic intracranial stenosis: the CASSISS randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2022, 328: 534-542.
- [27] Zhang H, Han J, Sun X, et al. Endovascular recanalization and standard medical management for symptomatic non-acute intracranial artery occlusion: study protocol for a non-randomized, 24-month, multicenter study[J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 729534.
- [28] Yogendrakumar V, Shamy M, Dewar B, et al. Identifying sex-specific differences in the carotid revascularisation literature: findings from a scoping review[J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2021, 6: 496-499.
- [29] Nahab F, Liu M, Rahman HA, et al. Recurrent hemispheric stroke syndromes in symptomatic atherosclerotic internal carotid artery occlusions: the carotid occlusion surgery study randomized trial[J]. *Neurosurgery*, 2020, 87: 137-141.
- [30] Ogasawara K, Ogawa A. JET study (Japanese EC-IC Bypass Trial)[J]. *Nihon Rinsho*, 2006, 64: 524-527.
- [31] Wu J, Fang C, Wei L, et al. Spotlight on clinical strategies of chronic internal carotid artery occlusion: endovascular interventions and external-intracarotid bypasses compared to conservative treatment[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 971066.
- [32] Sun T, He Y, Wang F, et al. Hybrid surgery versus endovascular intervention for patients with chronic internal carotid artery occlusion: a single-center retrospective study[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 976318.
- [33] Shih YT, Chen WH, Lee WL, et al. Hybrid surgery for symptomatic chronic total occlusion of carotid artery: a technical note[J]. *Neurosurgery*, 2013, 73: onsE117-onsE123.
- [34] Zhang K, Gao BL, Zhao TY, et al. Hybrid operation to revascularize long-segment occluded internal carotid artery prevent further ischemic events[J]. *Neuroradiology*, 2019, 61: 217-224.
- [35] 范伟健, 李波, 瞿小锋, 等. 复合手术治疗慢性颈内动脉闭塞初步应用及临床效果[J]. *介入放射学杂志*, 2019, 28: 147-150.
- [36] Wang CM, Han JT, Jia ZC, et al. Hybrid surgery for symptomatic chronic near-total or total occlusion of the internal carotid artery[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2021, 134: 1104-1106.
- [37] Terada T, Yamaga H, Tsumoto T, et al. Use of an embolic protection system during endovascular recanalization of a totally occluded cervical internal carotid artery at the chronic stage. Case report[J]. *J Neurosurg*, 2005, 102: 558-564.
- [38] Kao HL, Lin MS, Wang CS, et al. Feasibility of endovascular recanalization for symptomatic cervical internal carotid artery occlusion[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 49: 765-771.
- [39] Kao HL, Hung CS, Li HY, et al. Long-term outcomes after endovascular recanalization in patients with chronic carotid artery occlusion[J]. *Am J Cardiol*, 2018, 122: 1779-1783.
- [40] Hudson JS, Zanaty M, Wadman V, et al. Bradycardia and asystole in patients undergoing symptomatic chronically occluded internal carotid artery recanalization[J]. *World Neurosurg*, 2019, 131: e211-e217.
- [41] Cagnazzo F, Lefevre PH, Derraz I, et al. Endovascular recanalization of chronically occluded internal carotid artery[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12: 946-951.
- [42] Gao F, Sun X, Guo X, et al. Endovascular recanalization of symptomatic nonacute intracranial internal carotid artery occlusion: proposal of a new angiographic classification[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42: 299-305.

(收稿日期: 2023-05-30)

(本文编辑: 谷珂)