·综述·

经颈动脉入路行颈动脉狭窄血运重建术的研究进展

赵全堂[1,2],毛俊翔[2],郭鹏航[1,2],高宇[1,2],周杰[2*]
([1]甘肃中医药大学第一临床医学院,兰州 730000;[2]中国人民解放军联勤保障部队第940医院神经外科,兰州 730050)

【摘 要】 经颈动脉血运重建术(TCAR)作为一种新型颈动脉支架置入术,具有独特优势,该手术无需在主动脉弓部位开展操作,仅需借助特定装置或技术体系改变血液流动方向,形成保护机制,从而显著降低颈动脉介入治疗发生栓塞事件的风险。与经股动脉支架植入术相比,卒中或死亡风险较低;与颈动脉内膜剥脱术相比,卒中或死亡风险相当;但TCAR还具有降低心肌梗死、颅神经损伤风险和缩短手术时间等优点。越来越多的数据显示,TCAR是一种安全有效、前景广泛的术式。本文针对TCAR的手术步骤、不同术式疗效、学习曲线的研究现状进行综述。

【关键词】 颈动脉内膜剥脱术;经股动脉支架植入术;经颈动脉血运重建术
【中图分类号】 R743.3; R543 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2025.03.048

Research advances in transcarotid artery revascularization for carotid artery stenosis

Zhao Quantang[1,2], Mao Junxiang[2], Guo Penghang[1,2], Gao Yu[1,2], Zhou Jie[2*]
([1]First School of Clinical Medical, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; [2]Department of Neurosurgery, No. 940 Hospital of Joint Logistics Support Force of PLA, Lanzhou 730050, China)

【Abstract】 Transcarotid artery revascularization (TCAR) is a new type of carotid stenting that not only avoids manipulation of the aortic arch but also effectively reduces the risk of embolic events during carotid interventions through a device or technical system for changing the direction of blood flow to provide protection. Evidence shows that TCAR has a lower risk of stroke or death than transfemoral stenting, and a comparable risk of stroke or death when compared to carotid endarterectomy. In addition, TCAR has the advantages of reducing the risk of myocardial infarction and cranial nerve injury, and shortening procedure time. An increasing body of evidence supports TCAR as a safe, effective, and promising procedure. In this article, we reviewed the surgical procedures, efficacy of different surgical approaches, and learning curve of TCAR.

【Key words】 carotid endarterectomy; transfemoral carotid artery stenting; transcarotid artery revascularization
This work was supported by the Natural Science Foundation of Gansu Province (23JRRA532).
Corresponding author: Zhou Jie, E-mail: zhoujie133331@163.com

在全球医疗范畴内,卒中已被明确为导致患者致残甚至死亡的关键因素之一。从卒中的类别划分而言,缺血性卒中的发病率处于高位,是最为常见的卒中类型。据现有医学研究资料显示,约30%的缺血性卒中病例发病与颈动脉狭窄紧密相关[1,2]。从病理机制层面深入剖析,颈内动脉斑块的形成在很大程度上导致了颈动脉狭窄的发生。在缺血性卒中发病早期,针对颈动脉粥样硬化性病变所引发的颈动脉狭窄,及时、精准地采取干预措施,是当前预防缺血性卒中的核心手段之一,这对于降低患者发病风险、改善预后状况具有重要意义。当前,在国内临床实践中,颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy, CEA)和经股动脉支架植入术(transfemoral carotid artery stenting, TF-CAS)是颈动脉狭窄类疾病的主要外科治疗方式。TF-CAS治疗效果与CEA相近,现阶段常被视为一种可供选择的替代治疗方案。然而,其围术期的卒中发生率仍处于较高水平[3,4]。因此,临床亟需更为安全的治疗方式以满足实际需求。近年来随着医学工程技术与介入治疗学的协同发展,一项新兴技术——经颈动脉血运重建术(transcarotid artery revascularization, TCAR)[5]应运而生。现针对TCAR治疗颈动脉狭窄的内容进行综述,报道如下。

1 TCAR的术前准备及手术介绍

在实施TCAR之前,对患者颈部血管解剖结构的精确评估至关重要。临床中,通常借助颈部血管

收稿日期:2024-04-24;接受日期:2024-05-28
基金项目:甘肃省自然科学基金(23JRRA532)
通信作者:周杰,E-mail:zhoujie133331@163.com

的多普勒超声成像或计算机断层扫描血管成像(computed tomography angiography, CTA)来实现这一目标。针对颈部血管狭窄的患者,借助影像学检查对颈部血管解剖结构予以准确的呈现,可为手术提供关键的指导信息,确保手术能够顺利、精准地实施。围手术期管理是保障 TCAR 手术安全、降低术后并发症的重要环节,尤其是预防术后卒中的发生。其中,双重抗血小板治疗是关键措施之一,其原理在于通过抑制血小板的聚集功能,最大限度地减少因手术导致的内膜损伤后血栓形成的风险。血管外科学会特别提出,对于接受 TCAR 的患者,推荐自术前至少 3 d 起即开始双联抗血小板治疗,且该治疗需持续至术后 30 d[6,7]。同时,围手术期也推荐使用他汀类药物和 β 受体阻滞剂。他汀类药物不仅具有调脂作用,还能稳定斑块、抗炎,有助于降低心血管事件风险;β 受体阻滞剂则可通过降低心率、减少心肌耗氧量,对心血管系统起到保护作用[8]。在手术麻醉方式的选择上,经颈动脉血运重建术既可以在全身麻醉下进行,也能采用局部麻醉。如果是在全身麻醉下进行 TCAR,可建议术者选择一种神经监测方法[9]。TCAR 期间必须进行血压监测,目标收缩压为 140~160 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)。患者可采用与 CEA 相似的体位,以满足手术操作的视野和操作空间要求[10]。

手术步骤分为暴露颈总动脉(common carotid artery, CCA)、动静脉鞘置入和连接并启动血流逆转、颈动脉支架放置三步[11]。首先在锁骨上缘与胸锁乳突肌的胸骨和锁骨头之间的三角形内,通过 2 cm 的纵向或横向切口进行切割,解剖颈总动脉近端 3~4 cm。预先在颈总动脉的前外膜表面上做一荷包缝合,有助于在手术完成后关闭动脉穿刺部位。在超声引导下通过微穿刺技术获得股静脉通路。然后将 8F 静脉鞘置于 0.088 9 cm 导丝上。对于动脉入路,荷包缝合内置入微穿刺动脉鞘进行血管造影以确认病灶解剖结构。在获得动脉和静脉通路之后,通过连接动脉鞘和静脉鞘可以启动“被动”血流逆转。由于动脉系统和静脉系统之间的压力梯度差,血流优先地被引导远离颈动脉系统并到达静脉系统。同时在动脉穿刺部位近端夹闭 CCA 以启动主动血流逆转。放置颈动脉支架与其他颈动脉支架手术相似。术后常规行血管造影术,以确认正确的支架置入和扩张。然而,已经证明,TCAR 后常规进行脑内血管造影对患者没有益处[12]。在支架展开和血管造影结束后,撤回导丝,并移除 CCA 夹,取出动脉鞘管,荷包缝合打结。通过短暂的手动压迫取出股静脉鞘管后实现止血[10]。

2 TCAR 与 TF-CAS、CEA 的比较与选择

2.1 TCAR 与 CEA 的比较

在过去的几十年间,CEA 经历了显著的发展历程。通过术前医疗方案的不断优化,术中管理策略持续迭代,手术技术以及术后护理管理逐步实现标准化,使得目前 CEA 已成为神经外科医师的常规手术,并且在标准风险患者群体中展现出良好的治疗效果[13,14]。

专家指南明确指出,对于狭窄程度在 50%~99% 的症状性患者,以及狭窄程度处于 60%~99% 的无症状患者,CEA 是一线治疗方案。需强调的是,针对无症状患者实施 CEA 时,围手术期卒中发生率或死亡率须控制在 3% 以下,有症状患者须低于 6%[15]。美国外科医师学会国家外科质量改进计划 2011 年至 2017 年数据分析登记研究显示,在美国接受 CEA 的无症状标准风险患者中,30 d 卒中或死亡的发生率为 1.5%,但发现因无症状颈动脉疾病接受 CEA 的高医疗风险患者的 30 d 卒中或死亡率很高,围手术期卒中或死亡率为 4.7%[16]。这些研究结果表明,对于复杂风险的患者,亟待一种能够替代的微创手术方式来实施治疗。

除此之外,部分特定解剖特征使得 CEA 手术的实施变得困难,并且增加了诸多不良风险。其中,可能使 CEA 极具挑战性的解剖学特征涵盖:既往完成 CEA 术后出现颈动脉再狭窄,进而需要二次实施的颈动脉手术;既往施行过的根治性颈部病变切除术;曾经历的颈部放疗以及高位颈内动脉病变等情况。尽管在经过严格选定的无症状和有症状患者群体中再次施行 CEA 用于治疗颈动脉再狭窄时,其 30 d 卒中率处于临床可接受范围,但若与原发性颈动脉病变的治疗过程相比较,再次手术会导致卒中风险提升 2.8 倍,死亡风险升高 2.2 倍[17]。

Liang 等[18]对美国血管外科学会血管质量倡议 TCAR 和 CEA 项目中的数据进行分析,并比较了 2016 年至 2019 年接受 TCAR 和 CEA 治疗的 11 848 例患者的住院结果,发现二者发生 30 d 卒中、死亡或心肌梗死或 1 年同侧卒中的风险相似。Malas 等[19]比较分析了因颈动脉狭窄接受 TCAR 和 CEA 治疗患者的术后疗效,结果显示 TCAR 在围手术期卒中或死亡风险方面与动脉内膜切除术等同,但具有降低心肌梗死、颅神经损伤、以及缩短住院时间及总手术时间的额外优势。

现有数据虽为继续发展 TCAR 增添了强大动力,但目前国内外还未有针对 CEA 和 TCAR 的大规模随机对照研究,因而难以对两者的效果差异进行对比分析。后续需进行更大规模的研究及更长时间的随访。

2.2 TCAR与TF-CAS的比较

TF-CAS作为CEA的替代策略,理论上可通过省略颈动脉手术暴露步骤降低开放性颈动脉手术的医疗与解剖风险。近20年来,国外多个机构开展关于比较两种术式治疗效果的随机试验。一项荟萃分析纳入了9753例受试者,涵盖22项试验,对两种术式的安全性进行比较,结果显示,TF-CAS围手术期死亡或卒中风险显著高于CEA,综合考量手术安全性与预防复发性卒中的长期效果,CEA仍具有优势[4]。由此可见,尽管TF-CAS在一定程度上具备替代潜力,但结合当前医学实践经验以及研究成果来看,CEA目前仍是治疗颈动脉狭窄的标准术式[20]。

深入研究可知,TF-CAS存在技术缺陷,不适用于部分解剖特征,强行操作将大幅增加手术风险。在进行TF-CAS时,需将导管经主动脉弓推进,插入无名动脉或颈总动脉。然而,主动脉弓常存在动脉粥样硬化,诸如呈现出内膜粗糙、管壁增厚,或类似蛋壳状钙化等特征。同时,主动脉弓多伴有迂曲情况,这些因素相互交织,极大地增加了操作难度与风险[21]。而术后卒中风险较高,一般认为是由术中栓塞、血管表面血栓形成以及主动脉弓部位的手术操作等因素共同导致[22]。相较而言,TCAR旨在避开主动脉弓操作,通过直接暴露颈动脉并结合脑血流逆转技术,最大程度降低栓塞风险。几项大型研究表明,与TF-CAS相比,TCAR的手术卒中和死亡率更低[23,24],但TCAR的出血并发症风险可能会更高。这是因为TCAR手术需要通过手术切口暴露颈动脉,并且颈动脉支架植入术需进行双重抗血小板治疗,使得出血风险大大增加。目前建议常规使用鱼精蛋白以降低穿刺部位出血并发症的发生率[25-27]。

2.3 三种手术方式的选择

CEA是针对有症状及无症状患者实施颈动脉血运重建的金标准术式[28]。对于狭窄程度达50%的有症状患者以及狭窄率为70%的无症状患者,TF-CAS具有一定适用性。而在确诊为症状性颈动脉狭窄且被判定为手术高风险的患者群体中,TCAR相较TF-CAS表现出更优的治疗效果。这一优势使得TCAR成为此类高风险患者更为理想的治疗选择。针对无症状但存在狭窄且被认定为手术高风险的患者,应依据多种因素综合考量,实施个体化的颈动脉血运重建策略[27]。在判定一种手术术式相对另一种术式具备何种优势时,需从多维度进行全面、综合考量,评估患者的一般情况、解剖标准等,为每例患者选择最适合的手术方案,以达到最佳治疗效果。

3 TCAR的学习曲线

TCAR有效规避了经股动脉支架植入术诸多高风险及技术挑战性步骤,因而其学习周期相较于常规介入手术显著缩短[29,30]。King等[31]对来自三个大型学术机构的188例接受TCAR手术的患者展开研究,通过对手术时间和血流逆转时间的分析,比较了外科医师的早期经验(1~15例)和后期经验(16~50例),研究结果表明,所有病例的平均手术时间为(75.0±23.8)min;对第1~15例手术时间与第16~50例手术时间进行比较分析,结果显示两者差异有统计学意义($P=0.02$)。脑血流逆转时间或可作为衡量手术效率的关键指标,进一步对第1~15例与第16~50例的脑血流逆转时间进行分析,结果显示两者间差异同样有统计学意义($P<0.01$)。此研究还表明TCAR手术的学习曲线相对较短,完成15例手术后,外科医师能够将手术时间缩短10%,将血流逆转时间平均缩短40 min。更重要的是,早期和晚期TCAR的卒中率和死亡率并无差异。

TF-CAS是一种复杂的手术,具有较长、较浅的学习曲线,在术者的早期经验中,术后卒中和死亡率较高。据估算,外科医师需要完成50例以上该类手术,才能够获得可接受的手术结果[32]。而TCAR是一种新的混合颈动脉支架植入术,Lal等[29]通过分析数据库中1273名医师进行的18240例TCAR手术后得出结论:对于许多医师来说,在执行15例病例后,可以完成对执行TCAR所涉及步骤的熟悉;然而,若要最大程度降低临床不良事件发生率,则需累计施行26例手术。

4 小结与展望

近年来,TCAR作为一种混合手术愈发受到青睐,尤其在美国及加拿大,其手术数量呈急剧增长趋势[33]。Columbo等[34]研究了2016年1月1日至2022年3月31日接受TCAR治疗的31447例患者的临床资料,在开展TCAR的医疗中心,每进行约4例相关手术,其中就有1例是TCAR。越来越多的标准风险患者接受TCAR,并将其作为卒中后的一线手术选择。国内在TCAR手术领域的研究尚处于起步阶段,相关报道稀缺。在实际开展手术时,存在手术所需新型设备与器材供应不足、绝大多数医院尚不具备开展条件等问题。国外机构经过一系列随机对照试验,结果显示,在被判定为手术风险较高的患者群体中,TCAR的效果优于TF-CAS。此外,TCAR对新手医师更为友好,其学习周期较短,操作上手相对容易,同时不会增加术后并发症发生率。与CEA相比,TCAR的发展时间相对较短,二者围手术期卒中或死亡风险相似,但TCAR具有心肌梗死风险较低、颅神经损伤较少、手术时间较短等优势。对于具有解剖学风险因素的患者,如颈动脉高位病变、颈动脉手术后再狭窄和既往颈部放疗,TCAR提供了一种更简单、更安全的方法。基于上述诸多优势及其良好的易用

性,未来 TCAR 有望获得外科医师更多青睐。随着 TCAR 技术的持续成熟与设备的逐步改良,相信其将有力重塑临床颈动脉狭窄治疗的现有格局,成长为颈动脉狭窄治疗领域的关键选项之一。

【参考文献】

[1] 赵昭, 王焕茹, 侯倩. 急性缺血性脑卒中患者低密度脂蛋白胆固醇/淋巴细胞比值与颈动脉斑块稳定性及狭窄程度的相关性[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2023, 22(2): 81-85. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2023.02.016.

[2] Safian RD. Asymptomatic carotid artery stenosis: revascularization[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2017, 59(6): 591-600. DOI: 10.1016/j.pcad.2017.04.006.

[3] Featherstone RL, Dobson J, Ederle J, *et al*. Carotid artery stenting compared with endarterectomy in patients with symptomatic carotid stenosis (International Carotid Stenting Study): a randomised controlled trial with cost-effectiveness analysis[J]. Health Technol Assess, 2016, 20(20): 91-94. DOI: 10.3310/hta20200.

[4] Müller MD, Lyrer P, Brown MM, *et al*. Carotid artery stenting *versus* endarterectomy for treatment of carotid artery stenosis[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2020, 2(2): Cd000515. DOI: 10.1002/14651858.CD000515.pub5.

[5] Liang P, Schermerhorn ML. Transcarotid artery revascularization: is it better than carotid endarterectomy? [J]. Adv Surg, 2022, 56(1): 111-127. DOI: 10.1016/j.yasu.2022.02.004.

[6] Paraskevas KI, Gloviczki P, Mikhailidis DP, *et al*. Optimal periprocedural antithrombotic treatment in carotid interventions: an international, multispecialty, expert review and position statement[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2022, 74: 28-37. DOI: 10.1016/j.pcad.2022.10.002.

[7] Marcaccio CL, Patel PB, Liang P, *et al*. Efficacy and safety of perioperative dual antiplatelet therapy with ticagrelor *versus* clopidogrel in carotid artery stenting[J]. J Vasc Surg, 2022, 75(4): 1293-1303.e1298. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.09.045.

[8] Anjorin AC, Marcaccio CL, Rastogi V, *et al*. Statin therapy is associated with improved perioperative outcomes and long-term mortality following carotid revascularization in the Vascular Quality Initiative[J]. J Vasc Surg, 2023, 77(1): 158-169.e158. DOI: 10.1016/j.jvs.2022.08.019.

[9] Marmor RA, Dakour-Aridi H, Chen ZG, *et al*. Anesthetic choice during transcarotid artery revascularization and carotid endarterectomy affects the risk of myocardial infarction[J]. J Vasc Surg, 2021, 74(4): 1281-1289. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.03.037.

[10] Malas MB, Leal J, Kashyap V, *et al*. Technical aspects of transcarotid artery revascularization using the ENROUTE transcarotid neuroprotection and stent system[J]. J Vasc Surg, 2017, 65(3): 916-920. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.11.042.

[11] Sujijantarat N, Antonios J, Koo A, *et al*. Transcarotid artery revascularization (TCAR): a technical video[J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14(8): 842. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-018024.

[12] Elsayed N, Locham S, Janssen C, *et al*. Effect of routine intracerebral completion angiography on outcomes after transcarotid artery revascularization[J]. J Vasc Surg, 2022, 75(6): 1958-1965. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.12.074.

[13] Uno M, Takai H, Yagi K, *et al*. Surgical technique for carotid endarterectomy: current methods and problems[J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2020, 60(9): 419-428. DOI: 10.2176/nmc.ra.2020-0111.

[14] Baiu I, Stern JR. Carotid artery endarterectomy[J]. JAMA, 2020, 324(1): 110. DOI: 10.1001/jama.2020.2104.

[15] Ricotta JJ, Aburahma A, Ascher E, *et al*. Updated society for vascular surgery guidelines for management of extracranial carotid disease: executive summary[J]. J Vasc Surg, 2011, 54(3): 832-836. DOI: 10.1016/j.jvs.2011.07.004.

[16] Rao V, Liang P, Swerdlow N, *et al*. Contemporary outcomes after carotid endarterectomy in high-risk anatomic and physiologic patients[J]. J Vasc Surg, 2020, 71(1): 104-110. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.05.041.

[17] Arhuidese IJ, Faateh M, Nejim BJ, *et al*. Risks associated with primary and redo carotid endarterectomy in the endovascular era[J]. JAMA Surg, 2018, 153(3): 252-259. DOI: 10.1001/jamasurg.2017.4477.

[18] Liang P, Cronenwett JL, Secemsky EA, *et al*. Risk of stroke, death, and myocardial infarction following transcarotid artery revascularization *vs* carotid endarterectomy in patients with standard surgical risk[J]. JAMA Neurol, 2023, 80(5): 437-444. DOI: 10.1001/jamaneurol.2023.0285.

[19] Malas MB, Dakour-Aridi H, Kashyap VS, *et al*. Transcarotid revascularization with dynamic flow reversal *versus* carotid endarterectomy in the vascular quality initiative surveillance project[J]. Ann Surg, 2022, 276(2): 398-403. DOI: 10.1097/sla.0000000000004496.

[20] Bonati LH, Jansen O, De Borst GJ, *et al*. Management of atherosclerotic extracranial carotid artery stenosis[J]. Lancet Neurol, 2022, 21(3): 273-283. DOI: 10.1016/s1474-4422(21)00359-8.

[21] Conway AM, Nguyen Tran NT, Qato K, *et al*. Complexity of aortic arch anatomy affects the outcomes of transcarotid artery revascularization *versus* transfemoral carotid artery stenting[J]. Ann Vasc Surg, 2020, 67: 78-89. DOI: 10.1016/j.avsg.2020.04.016.

[22] De Borst GJ. Transcarotid artery revascularization[J]. Br J Surg, 2023, 110(2): 127-128. DOI: 10.1093/bjs/znac421.

[23] Naazie IN, Magee GA, Mathlouthi A, *et al*. Primary mechanism of stroke reduction in transcarotid artery revascularization is dynamic flow reversal[J]. J Vasc Surg, 2021, 74(1): 187-194. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.10.082.

[24] Fassaert LM, De Borst GJ. Technical improvements in carotid revascularization based on the mechanism of procedural stroke[J]. J Cardiovasc Surg (Torino), 2019, 60(3): 313-324. DOI: 10.23736/s0021-9509.19.10918-4.

[25] Liang P, Motaganahalli R, Swerdlow NJ, *et al*. Protamine use in transfemoral carotid artery stenting is not associated with an increased risk of thromboembolic events[J]. J Vasc Surg, 2021, 73(1): 142-150.e144. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.04.526.

[26] Liang P, Motaganahalli RL, Malas MB, *et al*. Protamine use in transcarotid artery revascularization is associated with lower risk of bleeding complications without higher risk of thromboembolic events[J]. J Vasc Surg, 2020, 72(6): 2079-2087. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.02.019.

[27] Zarrintan S, Malas MB. What is the role of transcarotid artery revascularization?[J]. Adv Surg, 2023, 57(1): 115-140. DOI: 10.1016/j.yasu.2023.04.010.

[28] 刘端, 李梓伦, 王冕,等. 颈动脉内膜剥脱术中选择性转流的初步研究[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2020, 19(1): 25-29. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2020.01.006.

[29] Lal BK, Mayorga-Carlin M, Kashyap V, *et al*. Learning curve and proficiency metrics for transcarotid artery revascularization[J]. J Vasc Surg, 2022, 75(6): 1966-1976.e1961. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.12.073.

[30] Lal BK, Cambria R, Moore W, *et al*. Evaluating the optimal training paradigm for transcarotid artery revascularization based on worldwide experience[J]. J Vasc Surg, 2022, 75(2): 581-589.e581. DOI: 10.1016/j.jvs.2021.08.085.

[31] King AH, Kumins NH, Foteh MI, *et al*. The learning curve of transcarotid artery revascularization[J]. J Vasc Surg, 2019, 70(2): 516-521. DOI: 10.1016/j.jvs.2018.10.115.

[32] Kumins NH, Kashyap VS. Learning curve and proficiency of transcarotid artery revascularization compared to transfemoral carotid artery stenting[J]. Semin Vasc Surg, 2020, 33(1-2): 16-23. DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2020.05.009.

[33] Schermerhorn ML, Liang P, Eldrup-Jorgensen J, *et al*. Association of transcarotid artery revascularization *vs* transfemoral carotid artery stenting with stroke or death among patients with carotid artery stenosis[J]. JAMA, 2019, 322(23): 2313-2322. DOI: 10.1001/jama.2019.18441.

[34] Columbo JA, Stone DH, Martinez-Camblor P, *et al*. Adoption and diffusion of transcarotid artery revascularization in contemporary practice[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2023, 16(9): e012805. DOI: 10.1161/circinterventions.122.012805.

(编辑: 温玲玲)