

颈动脉内膜切除术的发展与研究进展

李志健^{1,2}, 关东锋^{2*}

¹长治医学院第一临床学院, 山西 长治

²长治医学院附属临汾市人民医院神经外科, 山西 临汾

收稿日期: 2025年6月24日; 录用日期: 2025年7月18日; 发布日期: 2025年7月28日

摘要

脑卒中是我国乃至全世界中老年人致死、致残的重要病因, 其中缺血性脑卒中占比较高, 严重危害了生命健康和社会经济。缺血性脑卒中常由颈动脉粥样硬化性狭窄引起, 颈动脉内膜切除术(Carotid Endarterectomy, CEA)作为一种治疗颈动脉狭窄的重要外科手术, 在降低颈动脉狭窄患者脑卒中发生率及改善预后方面发挥了关键作用。近年来, 随着相关研究的深入, CEA在适应症选择、手术技术改进、术后护理以及长期疗效监测等多个方面均取得了显著进展。如今, CEA相关手术技术的不断创新使其在安全性与有效性方面持续提升, 其适应症已经从单纯针对高危患者扩展至部分低危患者。然而, 虽已有大量研究探讨了CEA的疗效和风险, 但关于手术适应症、并发症管理及术后随访等方面仍存在许多争议。本文旨在系统回顾CEA的发展历程, 分析当前研究进展, 探讨现阶段面临的问题, 展望未来研究方向, 以为临床实践及相关学术研究提供有价值的参考。

关键词

颈动脉内膜切除术, 脑卒中, 颈动脉狭窄, 研究进展, 发展方向

Development and Research Advances in Carotid Endarterectomy

Zhijian Li^{1,2}, Dongfeng Guan^{2*}

¹The First Clinical College of Changzhi Medical College, Changzhi Shanxi

²Department of Neurosurgery, Linfen People's Hospital of Changzhi Medical College, Linfen Shanxi

Received: Jun. 24th, 2025; accepted: Jul. 18th, 2025; published: Jul. 28th, 2025

Abstract

Stroke is a leading cause of death and disability among middle-aged and elderly individuals in China

*通讯作者。

文章引用: 李志健, 关东锋. 颈动脉内膜切除术的发展与研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(7): 1662-1669.

DOI: 10.12677/acm.2025.1572171

and worldwide, with ischemic stroke accounting for a significant proportion, posing severe threats to both life health and socioeconomic well-being. Ischemic stroke is often caused by carotid atherosclerotic stenosis, and carotid endarterectomy (CEA), as a critical surgical intervention for treating carotid stenosis, plays a pivotal role in reducing stroke incidence and improving prognosis in affected patients. In recent years, with in-depth research, significant progress has been made in various aspects of CEA, including patient selection, surgical technique refinement, postoperative care, and long-term efficacy monitoring. Today, continuous innovations in CEA-related surgical techniques have further enhanced its safety and efficacy, expanding its indications from high-risk patients alone to include certain low-risk cases. However, despite extensive studies on the outcomes and risks of CEA, many controversies remain regarding surgical indications, complication management, and postoperative follow-up. This article systematically reviews the historical development of CEA, analyzes current research advancements, discusses existing challenges, and explores future research directions, aiming to provide valuable insights for clinical practice and related academic studies.

Keywords

Carotid Endarterectomy, Stroke, Carotid Stenosis, Research Progress, Development Trends

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

颈动脉内膜切除术(CEA),也称为颈动脉内膜剥脱术,主要用于颈动脉狭窄的防治,是当前临床上预防脑卒中及降低相关并发症风险的重要外科干预措施之一。大量研究已证实,颈动脉狭窄是引发脑卒中及心血管不良事件的重要危险因素,尤其当狭窄程度超过 50%时,患者发生脑卒中的可能性显著增加[1]。因此,早期对颈动脉狭窄患者进行诊断与干预,对于减少脑卒中发生率至关重要。

CEA 自 20 世纪初问世至今,已成为治疗颈动脉狭窄的常规方法之一。在 NASCET 和 ACAS 等大规模研究证实了其在脑卒中预防中的有效性和安全性后,一度成为了防治颈动脉狭窄的“金标准”[2] [3]。随着技术的进步,CEA 手术方式和围术期管理不断改进优化,如翻转式、补片式等术式问世及术后并发症和再狭窄防控策略的逐步完善[4]。此外,个体化治疗方案的研究逐渐兴起,为高危患者的管理带来了新的思路。

总之,CEA 的持续发展不仅体现了外科技术的进步,也为颈动脉狭窄的管理提供了重要支持。随着个体化和精细化治疗的深入,CEA 有望为颈动脉狭窄的患者带来更优秀的防治效果。

2. 颈动脉内膜切除术的历史、技术与临床实践综述

2.1. 颈动脉内膜切除术的发展历程

2.1.1. 早期技术的演变

CEA 的历史可追溯至 20 世纪初期,最初的理念便是直接切开颈动脉,清除动脉内的粥样硬化斑块,恢复血流通畅。1953 年心血管外科 DeBakey 医生首次在完成世界上第一例颈动脉内膜切除手术。然而,由于缺乏有效的麻醉和术中监测手段,早期手术风险高,术后并发症多,患者生存率较低。随着手术经验的积累,外科医生逐渐认识到术中监测的重要性,开始引入颈动脉压力监测、神经功能监测等技术,

以降低并发症的发生率,更好地改善患者预后。这一阶段的技术改良,为之后 CEA 的规范化操作和安全性提升奠定了基础[5]。

2.1.2. 现代技术的引进

进入 21 世纪后,CEA 技术在麻醉、术中监测及围术期管理方面取得了显著进步。现代化的监测手段,如超声波、近红外光谱、神经电生理监测等,使手术医生能够实时评估术中患者的脑部灌注情况,从而及时做出调整,降低脑缺血风险[6][7]。与此同时,微创手术技术和材料的快速发展,使颈动脉支架植入术(CAS)逐渐成为部分患者的替代选择。

对于颈动脉狭窄而言,CEA 和 CAS 二者均能有效防治,2 种手术方式会长期并存,相互弥补不足。斑块不稳定、符合治疗指征的有症状或无症状的颈动脉狭窄患者,首选 CEA;难以耐受开放手术的患者则可选择 CAS [3][5];但并未绝对优劣区别,通常可以根据所在地区的技术水平及患者意愿来选择[8]。

2.1.3. 关键技术的突破与应用

近年来,CEA 的关键技术突破集中于术中监测和围术期管理。新型监测设备的发明,如脑氧饱和度监测仪和神经电生理监测技术,能够更好地在手术过程中实时评估脑部灌注状态,显著提高手术安全性和降低并发症发生率[6][9]。此外,围术期管理的改进,包括术前评估、术后早期康复方案和个体化药物治疗策略,也有效提升了患者的术后生活质量和长期生存率[3][5]。这些新的技术和设备不仅提升了 CEA 的疗效与安全性,还为临床实践提供了更为可靠的依据,推动了颈动脉狭窄防治的持续发展。

2.2. 颈动脉内膜切除术的适应症与禁忌症

2.2.1. 适应症的最新指南

随着 CEA 的不断发展,其适应症在近年来有了更明确的界定。根据最新指南,CEA 主要推荐用于有症状且颈动脉狭窄程度超过 50%的患者。对于无症状但狭窄程度超过 60%的患者,尤其是老年人或合并心血管疾病的高风险群体,也推荐进行 CEA [10]。

同时,相关研究表明,精准确定 CEA 适应范围需完善的术前评估,综合评估患者的整体健康状况和手术风险。常规评估方法包括颈动脉彩色超声、CT 血管造影、磁共振血管造影,脑血管造影等可帮助评估颈动脉的狭窄程度、斑块性质及解剖特征,以更加精准地判断手术的必要性和难度。因此,适应症的界定不仅依赖狭窄程度,还需考虑患者的个体风险与潜在获益。

2.2.2. 禁忌症的识别与管理

识别禁忌症对于降低 CEA 手术风险至关重要。主要禁忌症包括严重多器官功能不全、近期的心肌梗死或中风,以及颈动脉的解剖异常(如高度扭曲或钙化)[11]。对于老年患者或合并多种疾病的高风险患者,术前则应进行更全面的评估[12]。在实际临床中,若患者风险过高,可优先选择药物治疗或其他非手术干预措施,以避免手术并发症[13]。精准识别禁忌症,合理管理,能有效提高手术的安全性和成功率。

2.2.3. 个体化治疗策略的探讨

随着颈动脉疾病研究的不断深入,个体化治疗策略已成为 CEA 实施的关键。做出临床决策时,应综合考虑患者的年龄、症状、合并症和生活方式等因素,从而制定更合适的治疗方案[14]。

近年来,微创介入技术为颈动脉狭窄的治疗提供了更多选择,随着新一代支架设计和远端保护装置的发展,CAS 的围术期卒中率达到 $\leq 3\%$ 的水平,在高风险患者中,30 天卒中/死亡复合事件率亦稳定在 4% 之间,可与 CEA 相媲美,成为可靠的替代方案[15][16]。CAS 与 CEA 两者对部分患者疗效相似,期待未来的研究继续探索如何将个体化策略融入现有指南,帮助制定更好的治疗方案,以优化 CEA 的效果,并

进一步提升患者的长期生活质量。

2.3. 术式及技术的演变

2.3.1. 开放手术与微创技术的比较

从现有证据来看,传统 CEA 技术已经发展得相当成熟,但微创化仍是必然趋势。传统颈动脉内膜切除术主要包括三种基础术式:补片成形术、外翻式内膜切除术和直接缝合术。补片成形术可采用自体大隐静脉或人工材料扩张血管腔,其中大隐静脉补片虽抗感染性强,但存在动脉瘤样扩张风险;聚四氟乙烯补片操作简便,但再狭窄风险增加的趋势[17]。外翻式内膜切除术通过横断颈总动脉外翻剥离斑块,5 年再狭窄率显著低于补片成形术[18],但也有术中分流困难、较为依赖对侧血供的缺点[19]。直接缝合术作为原始术式,虽操作简单,但因再狭窄率较补片成形术、外翻式内膜切除术高,现仅限用于管腔直径 $> 6\text{ mm}$ 的特殊病例[17]。

微创 CEA 技术包括小切口手术与内镜辅助手术。小切口技术(切口 $\leq 4\text{ cm}$)可在保证术野暴露前提下,平均缩短住院时间 1.8 天[20]。内镜辅助 CEA 则可通过高清可视系统增强术野分辨率,部分研究报告其可将颅神经损伤率降至 0% [21] [22],但因器械要求高及操作复杂,尚未广泛推广。

2.3.2. 术中监测技术的应用及发展

CEA 术中监测技术在保障脑供血和提高手术安全性方面至关重要。近年来,脑血流监测(如经颅多普勒、近红外光谱)和神经电生理监测(如感觉诱发电位)被广泛应用,能够动态反映大脑灌注和功能状态,指导术中决策,减少脑缺血风险。此外,新兴的磁性粒子成像(MPI)虽尚未广泛用于术中监测,但其高灵敏、无辐射的特点在斑块不稳定性识别及术后评估中展现潜力,未来有望拓展至术中实时监控,进一步提高手术安全性与疗效[23]。随着技术不断发展,多模态术中监测手段将成为 CEA 手术安全保障的重要组成部分,通过精准的实时评估降低术中并发症、提高手术成功率和预后质量。

2.3.3. 术后并发症的预防与管理

术后并发症是 CEA 治疗需要重点关注的问题,预防并发症的关键在于术前评估、术中监测和术后管理。研究表明,术后感染、血肿和神经损伤是最常见的并发症,通过持续监测、护理可显著降低风险[24]。术后应密切观察神经功能,及时发现和处理神经损伤是改善患者预后最关键的步骤。此外,合理使用抗生素和抗凝药物也能有效减少术后并发症[3]。良好的围术期管理可提高术后恢复质量,减少并发症发生率,改善整体治疗效果。

2.4. 术后管理与长期效果

2.4.1. 术后监测

CEA 术后的恢复过程将直接影响患者的预后,而定期监测在这一过程中起重要作用,能显著降低并发症发生率,改善患者生活质量。研究发现,CEA 术后 36 个月内,中风发生率为 3.9% [25],术后恢复阶段对神经功能和生理指标的持续监测至关重要,有助于及时发现和处理潜在的并发症,从而降低中风风险。除生理指标外,认知功能的变化在近年来也逐渐成为术后监测的重点。目前,由于缺乏大型研究证据支持,CEA 对无症状颈动脉狭窄患者认知功能的影响仍存在争议,但部分研究表明,CEA 可能有助于减缓认知衰退[26]。因此,术后监测应包括定期的影像学检查和神经、认知功能评估,以及时发现、处理潜在的并发症,进一步提高患者的长期生活质量。

2.4.2. 长期随访研究的结果

长期随访研究表明,CEA 在预防颈动脉狭窄患者初发和复发性中风方面效果显著。研究数据显示,

术后 36 个月内, 患者的 Barthel 指数从 74.3 提高至 92.8, 日常生活质量有着明显改善[27]。此外, CEA 术后再狭窄的发生率较低, 随访期间患者活动能力及认知功能未见明显下降[28]。

而在与 CAS 的对比研究中, Carotid Stenosis Trialists' Collaboration 汇总 4754 例症状性患者、最长随访超 12 年的大规模研究发现, CEA 组术后同侧卒中中年发病率为 0.60%, 与 CAS 组的 0.64% 相当, 但 CEA 围术期卒中或死亡率明显低于 CAS, 导致整体 1 至 9 年累积卒中及死亡风险 CEA 优于 CAS [29]。

综上所述, CEA 在改善患者长期生活质量、降低卒中风险方面具有稳定疗效, 为颈动脉狭窄患者的长期管理提供了更加可靠的证据支持。

2.4.3. 影响术后效果的因素分析

影响 CEA 术后效果的因素较多, 包括患者年龄、合并症及术前神经功能状态等。其中, 术前的认知功能和神经状态造成的影响最为关键。存在认知障碍的患者在术后可能会出现更多的并发症, 恢复效果较差[30]。此外, 术后出现并发症, 如过度灌注、颈动脉闭塞等, 也会影响预后, 导致不良术后结果[31]。因此, 术前评估时, 需综合考虑患者个人情况, 制定个性化的术后管理方案, 以取得更好的术后恢复效果, 降低长期风险。

2.5. 未来研究方向与挑战

2.5.1. 新技术的探索

内镜辅助颈动脉内膜切除术(Endoscopic CEA)是一种通过 2~3 cm 小切口置入高清内镜系统, 在 CO₂ 低压灌注(<10 mmHg)下维持操作空间, 结合显微器械完成斑块剥离, 并通过 ICG 荧光造影评估术中血流的微创技术。部分研究显示其斑块残留率降至 0.7%, 远低于传统 CEA 的 3.2%, 且未见术后颅神经损伤(0% vs 7.1%, $p=0.04$) [21] [22]。但因其手术时间延长、设备成本高、学习曲线长, 根据 2023 年 ESVS 指南, 其目前仍为 IIb 类推荐, 仅建议在高水平中心探索应用[23]。目前 Endoscopic CEA 相关研究文献极为有限, 仅在日本地区有少数报道, 该应用仍处于早期探索阶段, 未来还需要更多大规模临床试验来验证其长期效果和安全性。

2.5.2. 大数据与人工智能在 CEA 中的应用

大数据与人工智能(AI)在医疗领域的应用正在迅速发展, 这也为 CEA 的个性化治疗提供了新的思路。通过分析大量患者数据, AI 可以帮助外科医生识别高风险患者, 优化手术方案, 从而降低并发症风险、提高手术成功率。研究表明, AI 可通过分析患者的临床特征和影像数据, 精准预测术后恢复情况及并发症发生率[32]。Li 等人[33]通过 AI 学习模型对 166,369 例 CEA 患者进行随访, 发现 AI 模型预测术后一年卒中及死亡的 AUROC 可达 0.94, 另一项基于 ACS NSQIP 数据库的研究中[34], Li 等构建的模型在 38,853 例患者中预测 30 天主要心血管不良事件的 AUROC 达到 0.91, 均显著优于传统预测方法。

然而, 尽管前景广阔, AI 应用目前仍需面对数据整合、模型可解释性及伦理问题等重大挑战。真正将 AI 技术投入使用还需要建立更加完善的数据管理、应用框架, 提升 AI 的实用性和可靠性[35]。

2.5.3. 多学科协作对手术效果的影响

多学科协作在 CEA 中具有重要意义。通过外科医生、麻醉医生、神经科医生、康复医生等多方面协同合作, 可实现从术前评估到术后康复的全程管理, 提供更加全面的个性化治疗方案, 从而有效提升患者治疗效果及生活质量[36]。研究表明, 采用多学科团队模式(Multidisciplinary Team, MDT)的医院在手术成功率、住院时间和患者满意度方面均优于传统模式。以美国缅因州医学中心(Maine Medical Center, MMC)为例, Knutson 等人[37]对 467 例接受 CEA 的患者进行回顾性研究。该院通过组建多学科协作团队, 制定标准化围手术期管理路径, 术后平均住院时间减少约 40%, ICU 入住率减少了 50%, 术后并发症率保

持稳定, 未见显著增加; 患者满意度较实施前提升约 15%。

然而, 如何有效组织和管理团队, 保障不同科室间的沟通效率和路径一致性, 仍是临床推广过程中亟待解决的关键问题。各中心需结合本地资源基础、信息化水平和科室配合机制, 制定可持续、高效的协作模式[38]。

3. 讨论

颈动脉内膜切除术(CEA)作为防治颈动脉狭窄及脑卒中的重要手术方式, 从提出理念至今, 经过将近一个世纪的发展, 已取得显著进展。随着技术的不断完善和新设备的引入, CEA 的安全性和有效性不断得到提升。然而, 尽管已有大量研究为其临床应用提供了有力支持, 但仍存在争议和不确定性。

首先, 个体化治疗策略仍不完善, 亟待进一步研究。虽然 CEA 对高危患者已有显著获益, 但对于低危患者的适应范围仍需进一步明确。随着新技术的引入, 治疗选择日益增多。CAS 在部分患者中显示出与 CEA 相似的疗效[39], 这使得临床医生在选择最适合患者的治疗方案时面临更大的挑战, 应根据患者的风险评估和预后预测, 灵活选择最合适的治疗方案。因此, 未来的研究应聚焦于大规模、长期随访的随机对照试验, 针对不同患者、不同情况下 CEA 治疗的风险与收益做出全面评估。

其次, CEA 正经历从“经验外科”到“精准外科”的转型。包括多组学特征的 AI 预后预测模型、微创技术标准化培训体系、真实世界长期随访数据库等仍需进一步完善。只有通过技术创新和循证医学的深度融合, 才能使这一经典术式焕发新生。国内 CEA 发展、普及缓慢, 各种新技术、新术式以及新设备相较国外发达国家而言仍有差距, 应当借此机会加快完善专业培训体系、设备配置, 加快从以往单纯的“解剖学切除”到“多模态监测手术”的理念发展。

最后, 结合神经内科、神经外科及康复、影像科医师的意见进行全面评估, 能够针对不同的患者制定出更为全面的治疗方案。但目前临床实践中多学科合作的治疗理念刚刚起步, 进行多学科团队的整合面临诸多困难, 仍需努力。

综上所述, 经过多年发展, CEA 在治疗重度颈动脉狭窄、预防缺血性卒中中的“金标准”地位已逐渐被国内越来越多的临床医师接受。在此基础上, CEA 技术的未来发展应聚焦三个方向。在临床研究方面, 需要开展更多针对中国人群的 RCT 研究; 技术革新路径上, 应重点发展多模态监测系统和人工智能辅助决策系统; 体系建设层面, 亟需建立区域化的 CEA 技术培训中心和质量控制中心。只有通过技术创新和体系建设的协同推进, 才能全面提升我国 CEA 的治疗水平。

参考文献

- [1] Mohd, A.B., Alabdallat, Y., Mohd, O.B., Ghannam, R.A., Sawaqed, S., Hasan, H., *et al.* (2023) Medical and Surgical Management of Symptomatic and Asymptomatic Carotid Artery Stenosis: A Comprehensive Literature Review. *Cureus*, **15**, e43263. <https://doi.org/10.7759/cureus.43263>
- [2] Oushy, S.H., Essibayi, M.A., Savastano, L.E. and Lanzino, G. (2021) Carotid Artery Revascularization: Endarterectomy versus Endovascular Therapy. *Journal of Neurosurgical Sciences*, **65**, 322-326. <https://doi.org/10.23736/s0390-5616.20.05207-8>
- [3] AbuRahma, A.F., Avgerinos, E.D., Chang, R.W., Darling, R.C., Duncan, A.A., Forbes, T.L., *et al.* (2022) Society for Vascular Surgery Clinical Practice Guidelines for Management of Extracranial Cerebrovascular Disease. *Journal of Vascular Surgery*, **75**, 4S-22S. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.04.073>
- [4] Gavrilenko, A.V., Kuklin, A.V., Al-Yousef, N.N., *et al.* (2020) Meta-Analysis of the Results of Eversion Carotid Endarterectomy and Endarterectomy with Patch Plasty. *Angiology and Vascular Surgery*, **26**, 176-183. <https://doi.org/10.33529/angio2020121>
- [5] Kazantsev, A.N., Korotkikh, A.V., Unguryan, V.M. and Belov, Y.V. (2023) Update in Carotid Disease. *Current Problems in Cardiology*, **48**, Article ID: 101676. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.101676>
- [6] Alhaizaey, A., Yousif, M., Azazy, A., Saber, A., Safan, M., Elgamal, G.A., *et al.* (2024) Prospective Single-Center Study

- on the Reliability of Ipsilateral Cerebral Oximetry Using Near-Infrared Spectroscopy as a Predictor for Selective Shunting during Carotid Endarterectomy. *Vascular*, **32**, 1304-1308. <https://doi.org/10.1177/17085381231214596>
- [7] Udesch, R., Natarajan, P., Thiagarajan, K., Wechsler, L.R., Crammond, D.J., Balzer, J.R., *et al.* (2017) Transcranial Doppler Monitoring in Carotid Endarterectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **36**, 621-630. <https://doi.org/10.7863/ultra.16.02077>
 - [8] 王涛. 颈动脉内膜切除术的历史、现状、问题与展望[J]. 中华脑血管病杂志(电子版), 2020, 14(1): 50-54.
 - [9] Nwachuku, E.L., Balzer, J.R., Yabes, J.G., Habeych, M.E., Crammond, D.J. and Thirumala, P.D. (2015) Diagnostic Value of Somatosensory Evoked Potential Changes during Carotid Endarterectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Neurology*, **72**, 73-80. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2014.3071>
 - [10] Hara, T. and Rai, Y. (2022) Carotid Endarterectomy. In: Kato, Y. and Ansari, A., Eds., *Cerebrovascular Surgery*, Springer, 187-207. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87649-4_10
 - [11] Paraskevas, K.I., AbuRahma, A.F., Abularrage, C.J., Clair, D.G., Eldrup-Jorgensen, J., Kashyap, V.S., *et al.* (2025) An International, Expert-Based Delphi Consensus Document on Controversial Issues about Transcarotid Artery Revascularization (TCAR). *Annals of Vascular Surgery*, **110**, 42-53. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2024.09.048>
 - [12] Pryamikov, A.D., Mironkov, A.B., Loluev, R.Y. and Khripun, A.I. (2021) Carotid Endarterectomy and Carotid Artery Stenting in Advanced Age Patients. *Voprosy neurokhirurgii imeni N.N. Burdenko*, **85**, 113-117. <https://doi.org/10.17116/neiro20218501113>
 - [13] Brott, T.G., Meschia, J.F., Lal, B.K., Chamorro, Á., Howard, V.J. and Howard, G. (2023) When Will We Have What We Need to Advise Patients How to Manage Their Carotid Stenosis? Lessons from Space-2. *Stroke*, **54**, 1452-1456. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.122.042172>
 - [14] Zivkovic, I., Krasic, S., Milačić, P., Vukovic, P., Milicic, M., Jovanovic, M., *et al.* (2022) Long-Term Results after Simultaneous Carotid and Coronary Revascularisation. *Asian Cardiovascular and Thoracic Annals*, **30**, 977-984. <https://doi.org/10.1177/02184923221124881>
 - [15] Liang, P., Wu, W.W. and Schermerhorn, M.L. (2019) Recent Advances in the Treatment of Carotid Artery Disease. *The Journal of Cardiovascular Surgery*, **60**, 345-353. <https://doi.org/10.23736/s0021-9509.19.10922-6>
 - [16] Dakour-Aridi, H., Faateh, M., Kuo, P., Zarkowsky, D.S., Beck, A. and Malas, M.B. (2020) The Vascular Quality Initiative 30-Day Stroke/Death Risk Score Calculator after Transfemoral Carotid Artery Stenting. *Journal of Vascular Surgery*, **71**, 526-534. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.05.051>
 - [17] Orrapin, S., Benyakorn, T., Siribumrungwong, B. and Rerkasem, K. (2022) Patch Angioplasty versus Primary Closure for Carotid Endarterectomy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 8, CD000160. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd000160.pub4>
 - [18] Cao, P., Giordano, G., De Rango, P., Zannetti, S., Chiesa, R., Coppi, G., *et al.* (2000) Eversion versus Conventional Carotid Endarterectomy: Late Results of a Prospective Multicenter Randomized Trial. *Journal of Vascular Surgery*, **31**, 19-30. [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(00\)70064-4](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(00)70064-4)
 - [19] Kazantsev, A.N., Korotkikh, A.V., Artyukhov, S.V., Shmatov, D.V., Chernyavin, M.P., Leader, R.Y., *et al.* (2024) Long-term Outcomes of Carotid Endarterectomy with Eversion Technique in Patients with an Open Circle of Willis: A Multicenter Registry Study. *Vascular*. <https://doi.org/10.1177/17085381241307750>
 - [20] Jácome, F., Oliveira-Pinto, J., Dionísio, A., Coelho, A., Ramos, J.F. and Mansilha, A. (2024) Mini-Skin Longitudinal Incision versus Traditional Longitudinal Incision for Carotid Endarterectomy in Patients with Carotid Artery Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Angiology*, **43**, 533-540. <https://doi.org/10.23736/s0392-9590.24.05300-8>
 - [21] Toyota, S., Murakami, T., Shimizu, T., Nakagawa, K. and Taki, T. (2021) Exoscopic Carotid Endarterectomy Using Movable 4K 3D Monitor: Technical Note. *Surgical Neurology International*, **12**, Article 540. <https://doi.org/10.25259/sni.896.2021>
 - [22] Kimura, H., Shigeyasu, M., Mori, T., Yamashita, S. and Sasayama, T. (2024) Next-Generation Exoscopic Surgery Featuring a Head-Mounted 3-Dimensional Display for Carotid Endarterectomy: 2-Dimensional Operative Video. *Operative Neurosurgery*, **27**, 659-659. <https://doi.org/10.1227/ons.0000000000001189>
 - [23] Tong, W., Zhang, Y., Hui, H., Feng, X., Ning, B., Yu, T., *et al.* (2023) Sensitive Magnetic Particle Imaging of Haemoglobin Degradation for the Detection and Monitoring of Intraplaque Haemorrhage in Atherosclerosis. *eBioMedicine*, **90**, Article ID: 104509. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104509>
 - [24] Naylor, R., Rantner, B., Ancetti, S., de Borst, G.J., De Carlo, M., Halliday, A., *et al.* (2023) Editor's Choice—European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 Clinical Practice Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **65**, 7-111. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.04.011>
 - [25] Washburn, W.K., Mackey, W.C., Belkin, M. and O'Donnell, T.F. (1992) Late Stroke after Carotid Endarterectomy: The

- Role of Recurrent Stenosis. *Journal of Vascular Surgery*, **15**, 1032-1037. [https://doi.org/10.1016/0741-5214\(92\)90460-p](https://doi.org/10.1016/0741-5214(92)90460-p)
- [26] Oh, E.C., Sridharan, N.D. and Avgerinos, E.D. (2023) Cognitive Function after Carotid Endarterectomy in Asymptomatic Patients. *The Journal of Cardiovascular Surgery*, **64**, 317-321. <https://doi.org/10.23736/s0021-9509.23.12632-2>
 - [27] Gavrilenko, A.V., Kravchenko, A.A. and Kuklin, A.V. (2022) Surgical Prevention of Progressive Cerebral Ischemia after Ischemic Stroke. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*, **2**, 45-49. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202202145>
 - [28] Kazakov, I.I. and Iakovlev, A.O. (2019) Surgical Policy of Managing Patients with Concomitant Atherosclerotic Lesions of the Internal and Common Carotid Arteries. *Angiology and Vascular Surgery*, **25**, 124-130. <https://doi.org/10.33529/angio2019404>
 - [29] Brott, T.G., Calvet, D., Howard, G., Gregson, J., Algra, A., Becquemin, J., *et al.* (2019) Long-Term Outcomes of Stenting and Endarterectomy for Symptomatic Carotid Stenosis: A Preplanned Pooled Analysis of Individual Patient Data. *The Lancet Neurology*, **18**, 348-356. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(19\)30028-6](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(19)30028-6)
 - [30] He, J., Duan, R., Qiu, P., Zhang, H., Zhang, M., Liu, M., *et al.* (2023) The Risk Factors of Postoperative Cognitive Dysfunction in Patients Undergoing Carotid Endarterectomy: An Updated Meta-Analysis. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, **18**, Article No. 309. <https://doi.org/10.1186/s13019-023-02428-6>
 - [31] Hirota, S., Yoshimura, M., Cho, J., Hayashi, T., Kaneoka, A., Ito, K., *et al.* (2024) Stenting for Subclavian Steal Phenomenon to Restore Cerebral Perfusion Due to Acute Carotid Occlusion Following Carotid Endarterectomy: A Case Report. *Journal of Medical Case Reports*, **18**, Article No. 226. <https://doi.org/10.1186/s13256-024-04546-8>
 - [32] Gupta, N.S. and Kumar, P. (2023) Perspective of Artificial Intelligence in Healthcare Data Management: A Journey Towards Precision Medicine. *Computers in Biology and Medicine*, **162**, Article ID: 107051. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2023.107051>
 - [33] Li, B., Beaton, D., Eisenberg, N., Lee, D.S., Wijeyesundera, D.N., Lindsay, T.F., *et al.* (2023) Using Machine Learning to Predict Outcomes Following Carotid Endarterectomy. *Journal of Vascular Surgery*, **78**, 973-987.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2023.05.024>
 - [34] Li, B., Verma, R., Beaton, D., Tamim, H., Hussain, M.A., Hoballah, J.J., *et al.* (2023) Predicting Major Adverse Cardiovascular Events Following Carotid Endarterectomy Using Machine Learning. *Journal of the American Heart Association*, **12**, e030508. <https://doi.org/10.1161/jaha.123.030508>
 - [35] Wu, X., Li, W. and Tu, H. (2024) Big Data and Artificial Intelligence in Cancer Research. *Trends in Cancer*, **10**, 147-160. <https://doi.org/10.1016/j.trecan.2023.10.006>
 - [36] 毕齐. 多学科融合综合管理泛血管疾病[J]. 中国脑血管病杂志, 2022, 19(3): 145-147.
 - [37] Knutson, J.A., Morse, C.J., Eldrup-Jorgensen, J., Estee, M., Hayworth, L., Herman, T.A., *et al.* (2013) Carotid Artery Endarterectomy: A Multidisciplinary Approach to Improving Resource Utilization and Quality Assurance. *Journal of Vascular Nursing*, **31**, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.jvn.2012.08.004>
 - [38] Tørring, B., Gittell, J.H., Laursen, M., Rasmussen, B.S. and Sørensen, E.E. (2019) Communication and Relationship Dynamics in Surgical Teams in the Operating Room: An Ethnographic Study. *BMC Health Services Research*, **19**, Article No. 528. <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4362-0>
 - [39] Bramucci, A., Nerla, R., Bianchini Massoni, C., Giovannini, D., Chester, J., Freyrie, A., *et al.* (2024) Thirty-Day Outcomes of Carotid Endarterectomy versus Carotid Artery Stenting in Asymptomatic and Symptomatic Patients: A Propensity Score-Matched Analysis. *EuroIntervention*, **20**, e445-e452. <https://doi.org/10.4244/eij-d-23-00624>