

颈动脉狭窄的治疗进展

顾德浩¹, 亓旭晨^{2*}

¹绍兴文理学院医学院, 浙江 绍兴

²浙江大学医学院附属邵逸夫医院神经外科, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年12月24日; 录用日期: 2025年1月16日; 发布日期: 2025年1月30日

摘要

颈动脉狭窄是造成缺血性脑卒中的常见病因, 部分患者预后较差, 随着生活方式的改变, 颈动脉狭窄的发病年龄开始出现年轻化趋势, 对该疾病的防治日益重要, 目前治疗颈动脉狭窄的方法包括颈动脉内膜剥脱术(CEA), 颈动脉支架植入术(CAS), 及近年来在我国新开展的经颈动脉血运重建术(TCAR), 本文将结合最新的相关研究及指南, 对颈动脉狭窄的治疗现状作介绍和总结。

关键词

颈动脉狭窄, 颈动脉内膜剥脱术, 颈动脉支架植入术, 经颈动脉血运重建术

Advances in the Treatment of Carotid Artery Stenosis

Dehao Gu¹, Xuchen Qi^{2*}

¹School of Medicine, Shaoxing University, Shaoxing Zhejiang

²Department of Neurosurgery, Sir Run Run Shaw Hospital Affiliated to School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang

Received: Dec. 24th, 2024; accepted: Jan. 16th, 2025; published: Jan. 30th, 2025

Abstract

Carotid artery stenosis is a common cause of ischemic stroke, and the prognosis of some patients is poor. With the change of lifestyle, the age of onset of carotid artery stenosis begins to appear younger, so the prevention and treatment of the disease is increasingly important. Current treatments for carotid stenosis include carotid endarterectomy (CEA), carotid artery stenting (CAS), and transcarotid revascularization (TCAR), which has been newly carried out in China in recent years. This article

*通讯作者。

文章引用: 顾德浩, 亓旭晨. 颈动脉狭窄的治疗进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(1): 1752-1759.

DOI: 10.12677/acm.2025.151234

will introduce and summarize the current treatment status of carotid artery stenosis combined with the latest related research and guidelines.

Keywords

Carotid Artery Stenosis, Carotid Endarterectomy, Carotid Artery Stenting, Transcarotid Artery Revascularization

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. 引言

脑卒中是全世界人群第二大常见死因,也是我国人群主要的死因之一,其中缺血性脑卒中相对出血性脑卒中多见,约占脑卒中整体比例的 80% [1]。颈动脉粥样硬化性狭窄是引起缺血性脑卒中的常见病因 [2]。研究发现 25%~30% 的缺血性卒中患者合并有颈内动脉大于 50% 的粥样硬化性狭窄 [3]。颈动脉狭窄性脑卒中具有发病率高、预后差、患者经济负担重等特点,尤以颈动脉急性闭塞更为凶险,致残率及病死率均居高不下。动脉粥样硬化是颈动脉狭窄最常见的病因,占有颈动脉狭窄致病因素的 90% [4],多发生在血流转向和分支的部位,这些都是湍流和剪应力改变的部位,因此在颈总动脉分为颈内和颈外动脉的部位特别容易形成斑块 [5]。据 HOSN 等人的研究发现,脑卒中发病率与颈动脉狭窄程度呈强正相关关系,狭窄程度大于 50% 的患者卒中风险每年上升 1%~5%,严重危害了人民的身体健康 [6]。颈动脉狭窄的早期诊断和治疗,是预防相关脑缺血事件发生的重要手段。当前颈动脉狭窄的治疗方式主要包括:药物治疗 [7] [8],颈动脉内膜剥脱术(CEA) [3],颈动脉支架植入术(CAS) [5] 以及经颈动脉血运重建术(TCAR) [9],国内外相关指南均表明 [10] [11],对于有着手术适应症的患者,相较于药物保守治疗,外科手术治疗是患者更好的选择,随着医疗器械及手术技术的不断发展,外科手术治疗在颈动脉狭窄的治疗上起着越来越大的作用。本文将结合最新的相关研究及指南,对颈动脉狭窄的治疗现状做出介绍和总结。

2. 药物治疗

合理的用药是治疗颈动脉狭窄中重要的一环,不仅可以延缓颈动脉粥样硬化斑块的进展,对于降低病人整体的卒中发生率,预防颈动脉血运重建后再狭窄及围手术期相关并发症也有不小的帮助。2023 年欧洲血管外科学会发布的动脉硬化性颈动脉及椎动脉疾病诊疗(ESVS)指南提出,颈动脉狭窄的药物治疗主要包括控制危险因素、抗血小板治疗和降脂治疗 [12]。高血压、高血糖、高血脂、肥胖、吸烟和过度饮酒等均是引起和加重颈动脉狭窄进展的高相关危险因素,控制血压血糖在正常范围,管理血脂、体重、戒烟和避免过度饮酒是预防及降低脑卒中发生率的关键 [3]。目前临床使用的治疗颈动脉狭窄患者的一线抗血小板药物是阿司匹林,氯吡格雷在无明确的基因检测提示对阿司匹林不能耐受的情况下并不推荐首先使用,或用于部分对阿司匹林过敏的患者。早在 2010 年发表于柳叶刀的一项长达 10 年的多中心研究(ACST-1)表明 [13],服用他汀类药物进行降脂治疗,能有效降低颈动脉狭窄患者的卒中及死亡风险。美国心脏协会及美国卒中协会于 2021 年发表的缺血性卒中和短暂性脑缺血发作诊疗(SVS)指南 [14] 推荐颈动脉狭窄患者应将总胆固醇维持在 $<3.5 \text{ mmol/L}$,低密度脂蛋白 $<1.8 \text{ mmol/L}$,但指南并不推荐为使上述指标维持在该范围而增加他汀类药物的使用剂量,部分对药物敏感的患者可能会出现肝功能受损或肌肉酸痛等症状,甚至会进一步出现黄疸,横纹肌溶解等药物相关不良反应。

3. 颈动脉内膜剥脱术(Carotid Endarterectomy, CEA)

颈动脉内膜剥脱术(CEA)于 1953 年由心血管外科医生 DeBakey 教授首次在患者身上完成[15], 由此形成了标准的 CEA 术式并沿用至今。我国首例 CEA 由王忠镐院士于 20 世纪 80 年代初完成, 开创了我国在该领域手术治疗的先河。第一项以症状性颈动脉狭窄患者为主的临床研究是北美症状性颈动脉内膜切除术实验(The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial, NASCET) [16], 该项研究的目的是明确药物治疗和 CEA 在不同狭窄程度的症状性颈动脉狭窄患者中的疗效。共计有 2885 名患者参与其中, 所有患者均存在短暂性脑缺血发作(TIA)或非致残性脑卒中的症状性颈动脉狭窄患者。该项实验结果表明对于颈动脉狭窄程度位于 70%~99%之间的重度狭窄患者, 2 年后药物治疗组的同侧脑卒中风险为 26%, 而接受 CEA 手术治疗的手术组同侧脑卒中风险为 9% ($P < 0.001$); 对于狭窄程度位于 50%~69%的中度颈动脉狭窄患者, 药物治疗组的同侧脑卒中发生率为 22.2%, 而手术组则为 15.7% ($P = 0.045$); 而 CEA 对于颈动脉狭窄程度低于 50%的患者来说没有明显益处。就此, CEA 已成为传统治疗症状性颈动脉重度狭窄的“金标准”。随着设备的成熟、技术标准的规范化, 该项手术风险大大降低, 同时随着国家对居民健康的重视, 我国开始脑卒中防治筛查工程, 疾病诊治率提高的同时治愈率也随之上升。高级卒中中心开展 CEA 的数量由 2017 年的 3768 例增至 2019 年的 6600 例[17]。

3.1. CEA 术式的选择

CEA 术式包括以颈动脉纵行切开去除斑块的传统颈动脉内膜剥脱术(classical carotid endarterectomy, cCEA)、颈动脉横行切断去除斑块的翻转式颈动脉内膜剥脱术(eversion carotid endarterectomy, eCEA)以及颈动脉内膜剥脱 + 补片成形术(pCEA)三种。cCEA 对于长节段的颈动脉斑块能够最大限度地剥除, 但相对于 eCEA 再狭窄的风险较高, 术中微小斑块的脱落是造成围手术期卒中的重要因素。eCEA 因在手术时保留了颈动脉分叉的原始结构, 且不需要补片修补, 减少了术后感染的风险, 但 eCEA 也存在不能使用转流管, 不易处理离切口较远处动脉内膜斑块而导致剥脱不全等缺点。pCEA 在 cCEA 的基础上应用补片, 虽能显著降低术后颈动脉的再狭窄与脑卒中发生率[18][19], 但与之相对的是手术时间、感染风险及手术费用的增加, 且不同材质的补片对患者的预后也存在差异。

有 meta 分析表明[20], 不使用补片或使用涤纶补片的 cCEA 具有较高的再狭窄率, 其次为使用聚四氟乙烯和牛心包补片的 cCEA, 再狭窄概率最低的则是 eCEA。另一项 meta 分析结果显示[21], 使用补片的 cCEA 患者和 eCEA 患者在围手术期的死亡率及再发脑卒中概率无明显差异。ESVS 指南和 SVS 指南推荐[12][14]对于 cCEA 应常规使用补片, 术式方面应优先选择 eCEA 或使用补片的 cCEA 以期对颈动脉狭窄患者带来更大的收益。每种手术方式均有其各自的特点及不足, 患者颈部血管的解剖结构、斑块大小、斑块是否稳定及患者对手术的耐受程度也大不相同, 横向或是纵向切口, 补片的使用与否, 均要结合患者的具体情况而做出最有益于患者的选择。由于我国大部分患者的颈内动脉较短, 病变累及范围较长, 因此主要以 cCEA 为主。

3.2. CEA 转流管的应用

术中转流由 COOLEY 等人在 1956 年首次进行了报道[22], 术中使用转流管不仅能够保持颈动脉对脑组织持续的供血, 还能延长手术的操作时间, 避免部分因时间紧凑而出现的操作失误等问题。但与此同时, 转流管的使用也会产生诸如导致斑块脱落、血栓形成、空气栓塞等不良后果[23]。故目前是否在术中使用转流管仍是一个具有较大争议的话题, 多数手术医生根据术中监测的结果来决定是否使用转流管。LEVIN 等人[24]于 2020 年在血管外科杂志上发表了一项纳入共计 5683 例 CEA 患者的研究显示, 与未使用转流管的病人相比, 使用转流管的病人围手术期卒中发生率并没有明显降低, 就结果而言, 患者并未

从术中使用转流管中获益。而 KNAPPICH 等人[25]在 Stroke 上发表的另一项研究甚至提示常规使用转流管会增加 CEA 患者围手术期卒中及死亡的发生率。我国 2017 年颁布的颈动脉狭窄诊治指南[3]中不推荐常规使用转流管, 但指南推荐存在以下情况时建议放置转流管: 对侧颈内动脉完全闭塞; 颈动脉反流压 $< 50 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$); 术中不能耐受颈动脉阻断试验者; 术中经颅多普勒超声检查显示大脑中动脉血流减少者; 通过术中脑电图或体感诱发脑电监测可能出现脑缺血者; 颅内 Willis 环代偿不全者; 既往有过大卒中, 行 CEA 者。故是否放置转流管仍需手术医生根据患者相关检查结果及临床经验来进一步判断。

4. 颈动脉支架植入术(Carotid Artery Stenting, CAS)

在 CEA 发展并逐渐成熟的过程中, 介入技术的发展催生了 CAS 的成熟, 并就此展开了 CEA 与 CAS 疗效及安全性对比的研究历程。第一个比较血管内介入(包括支架植入或单纯球囊扩张)与 CEA 治疗症状性颈动脉狭窄术后发生不良事件(包括术后卒中或死亡)的 RCT 是 2001 年的 CAVATAS 研究。其研究结果显示, 术后 30 天和 3 年随访期间的脑卒中或死亡发生率差异无统计学意义(10.0% vs 9.9%) [26]。研究显示 CAS 在治疗症状性颈动脉狭窄上有着不弱于 CEA 的表现。而后 2004 年的 SAPHIRE 试验[26]又进一步比较了在高危的颈动脉狭窄患者中行 CEA 与 CAS + 脑保护装置的安全性及治疗效果的比较, 结论提示, 在研究时限为 1 年的组中, 围手术期(术后 30 天内)及围手术期后至 1 年的时间段内发生死亡或卒中率为 CAS 组的 12.2% 和 CEA 组的 20.1% ; 在研究时限为 3 年的组中, CAS 组中发生卒中率为 7.1% , CEA 组为 6.7% 。结果证实 CAS 的疗效并不差于 CEA。基于多项大型临床试验的实验数据, 2005 年美国 FDA 正式批准在颈动脉狭窄程度 $\geq 50\%$ 的症状患者和狭窄程度 $\geq 80\%$ 的无症状患者中应用有远端保护装置的颈动脉支架。

尽管 CAS 在多项大型高级别的临床研究中都被证实其具有不逊于 CEA 的治疗效果, 欧洲血管外科协会(ESVS)指南和美国血管外科协会(SVS)指南仍均将 CAS 作为不适宜行 CEA 患者的替代治疗方案, 为非首选治疗方案[12] [14]。这也是欧美国家患者行 CEA 与 CAS 的数量基本持平的原因。而在我国这两者却处于一个失衡状态, 根据 2019 年我国高级卒中中心的报道, 当年实施的 CAS 数量高达 18,649 例, 为同时间段行 CEA 的 3 倍之数[27]。CAS 较于 CEA 的简单微创, 便于操作, 及较短的学习曲线可能是造成这一现象的原因。

4.1. 支架的选择

开环支架(支架网孔面积 $> 5 \text{ mm}^2$)和闭环支架(支架网孔面积 $< 5 \text{ mm}^2$)是目前较为传统的颈动脉支架。开环支架因较大的网孔具有更好的血管适应性, 能够适用于迂曲的病变血管; 闭环支架网孔较小, 血管适应性较开环支架差, 但其能更好地覆盖病变部位。一项 meta 分析显示, 开环支架较闭环支架的有相对高的术后 30 天内致死性卒中发生率, 但就长远来看, 两者后期卒中的发生概率并无明显差异[28] [29]。关于开环支架与闭环支架的选择, ESVS 指南建议手术医生根据病人具体情况判断选择使用[12]。

随着手术医生对器械提出的更高要求, 双层网状支架应运而生, 实现了血管适应性和病变血管覆盖率的双重结合, 为复杂的颈动脉斑块病人提供了更为有益的选择。有研究表明[30], 使用双层网状支架的 105 名患者在围手术期内发生不良事件的概率是 0.9% , 且在术后 6 年的随访中无再卒中, 同侧颈动脉二次手术等。另一项共计 733 名患者在使用双层网状支架治疗颈动脉狭窄的前瞻性研究结果显示, 术后 1 年内再发脑卒中的概率为 0.13% , 死亡率 1.1% , 支架内再狭窄率为 0.82% 。但这并不意味着双层网状支架不存在缺点, DE 等人发现[31]其在用于治疗急性脑卒中时, 早期支架闭塞率可高达 56% 。故 ESVS 指南[12]建议对急性脑卒中患者慎重使用, 择期行 CAS 的颈动脉狭窄患者, 经评估后可考虑使用双层网状支架。

4.2. 脑保护装置(Embolic Protection Device, EPD)

颈动脉支架植入过程中造成栓子脱落导致的远端血管栓塞极大地限制了 CAS 的应用, 而 EPD 的出现则很好地解决了这一难题。一项纳入共计 13086 名行 CAS 的患者的大型研究[32]结果显示, 术中使用 EPD 能显著降低围手术期内再发卒中率及死亡率, 且与其他因素无关。ESVS [12]推荐在 CAS 中常规使用 EPD。

目前 EPD 根据保护位置不同可分为近端脑保护装置(proximal protection Device, PPD)和远端脑保护装置(distal protection device, DPD)。PPD 可在导丝通过病变血管段之前阻断血流的运输, 最大限度地降低因斑块脱落而导致的远端血管栓塞的可能, 但顺行血流的缺乏可能会降低患者的耐受性, 从而影响部分神经功能乃至损伤。DPD 则与 PPD 相反, 其虽然能保持手术过程中不间断的血流供应, 但在放置 DPD 前需通过病变血管段, 有导致斑块脱落发展为脑卒中的风险[33]。尽管目前国际上 DPD 的使用相较于 PPD 更为广泛, 但没有任何大型研究证明其与 PPD 孰优孰劣。我国指南[3]推荐有血管条件时常规使用 EPD, 且优先使用 DPD, 在狭窄远端迂曲成角, 无位置释放 EPD 或可能导致 EPD 回收困难的情况下, 推荐使用 PPD。

5. 经颈动脉血运重建术(Transcarotid Artery Revascularization, TCAR)

TCAR 是一种治疗颈动脉狭窄的新型微创手术方法。1996 年 Diethrich [34]等人在 CAS 技术普及并发展较为成熟后开始引入无主动脉弓操作风险的经颈动脉 CAS 方法。Parodi [35]等人在 2000 年首次报道了经股动脉的血流逆转保护系统。2004 年 Chang [36]等人提出了新的想法, 在患者胸锁乳突肌内侧缘中点作一 2 cm 的横向切口, 分离并暴露颈总动脉, 在直视下将 9 F 动脉鞘置入颈总动脉, 经皮将 6 F 动脉鞘置入同侧颈内动脉, 在两个动脉鞘之间放置 60 μ m 网孔的过滤器并连接用以收集后续操作过程中脱落的栓子。同年, Criado [37]等人通过上述方法置入动脉鞘, 在 CAS 手术中通过直接夹闭分离暴露的颈总动脉, 借由颈总动脉的高血流压力与颈静脉的低压, 诱导血流逆转, TCAR 联合血流逆转系统的雏形就此形成。2015 年, TCAR 正式得到美国 FDA 批准开始应用于颈动脉狭窄的治疗, 与传统治疗颈动脉狭窄的治疗方法相比, 其较 CEA 具有更小的切口, 不易对颅神经造成损伤, 患者恢复时间短; 与 CAS 相比则具有更低的医源性卒中及死亡的风险[38]-[41]。但 TCAR 同样存在一些限制, 术前需完善 TCD、颈动脉 CTA 等明确颈部血管解剖存在以下情况则为 TCAR 的禁忌症: 锁骨至颈动脉分叉的距离 < 5 cm; 颈总动脉直径 < 6 mm; 颈总动脉存在病变; 对侧喉返神经或迷走神经损伤及同侧颈总动脉近端的介入治疗史[42]。目前 TCAR 已在我国得到批准, 国内首例 TCAR 已于 2024 年 9 月 4 日由北京安贞医院陈忠教授团队圆满顺利完成, 在未来有望在临床进一步推广使用。

TCAR 的局限性

TCAR 虽较 CEA 造成的损伤更小, 较 CAS 有更少的医源性损害, 但其依然有自身的局限性: 1) 由于观测的限制, 我们局限地将体外动静脉分流的方向作为是否成功形成逆流的标志, 但血管内是否存在部分顺向的血流我们仍未可知[43]; 2) TCAR 理论上降低了经主动脉弓操作导致的医源性卒中风险, 但其术后的支架再狭窄等问题与 CAS 并无明显不同[44]; 3) 在颈总动脉有斑块的情况下, 夹闭颈总动脉过程中可能存在斑块破裂出血的风险[45]。

6. 小结与展望

颈动脉狭窄疾病的早期发现和早期治疗是预防缺血性脑卒中的关键一环。术前对患者进行整体综合的评估, 根据指南推荐以选择最佳的治疗方案。术中的精细规范操作, 更是减少患者损伤和围手术期及长远手术并发症的重中之重。随着科技与技术的发展, 介入治疗也将愈发完善, 以往技术上的难点也将

在新器械的辅助下逐步攻破, 同时类似 TCAR 等新的外科手术方式也会得到充分的推广和发展, 为治疗颈动脉狭窄疾病不断注入新的力量。

相对于国内已经成熟的 CEA 与 CAS, TCAR 在国内尚未得到充分的发展。目前我国的 CAS 主要由神经内科医师完成, 而实施 TCAR 的术者要求拥有神经外科医师资质, 神经内科的介入医师可能不具备参与手术的资质, 这对于 TCAR 在国内的推广并不是一件好事。且我国 2017 年颁布的颈动脉狭窄诊治指南中并未提及 TCAR 技术, 该项手术的适应症、禁忌症等仍没有一个明确的标准, 针对此展开的相关大规模前瞻性 RCT 也尚未开始, 需要参考欧美的相关指南。一项技术的开展, 不仅需要术者技术的不断精进, 确立明确的标准及规范的技术流程同样是不可缺少的。

参考文献

- [1] 刘佩佩, 赵清, 苑士龙. 缺血性脑卒中复发的危险因素分析及预测模型构建[J]. 中国医刊, 2023, 58(5): 545-548.
- [2] 杨艳, 全丰芝. 不同时期非酒精性脂肪性肝病与颈动脉粥样硬化程度相关性的研究[J]. 中国疗养医学, 2018, 27(8): 788-790.
- [3] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 颈动脉狭窄诊治指南[J]. 中国血管外科杂志: 电子版, 2017, 9(3): 169-175.
- [4] 郭伟, 符伟国, 陈忠, 译. 卢瑟福血管外科学[M]. 第 7 版. 北京: 北京大学医学出版社, 2013.
- [5] 王陇德. 中国脑卒中防治指导规范[M]. 2021 年版. 北京: 人民卫生出版社, 2021.
- [6] Halliday, A., Bulbulia, R., Bonati, L.H., Chester, J., Craddock-Bamford, A., Peto, R., *et al.* (2021) Second Asymptomatic Carotid Surgery Trial (ACST-2): A Randomized Comparison of Carotid Artery Stenting versus Carotid Endarterectomy. *The Lancet*, **398**, 1065-1073. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)01910-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)01910-3)
- [7] Wang, X., Chen, D., Huang, J., Ding, X. and Li, Z. (2018) Evaluation of Clinical Efficacy and Surgical Strategy for 1000 Cases of Carotid Endarterectomy. *Chinese Medical Journal*, **131**, 997-998. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.229906>
- [8] Kakkos, S.K., Papageorgopoulou, C.P., Papadoulas, S., Nikolakopoulos, K.M., Kouri, A., Salmas, M., *et al.* (2021) Frequency and Significance of Maneuvers to Dissect the Distal Internal Carotid Artery during Carotid Endarterectomy. *Vascular and Endovascular Surgery*, **55**, 342-347. <https://doi.org/10.1177/1538574420985767>
- [9] Schermerhorn, M.L., Liang, P., Eldrup-Jorgensen, J., Cronenwett, J.L., Nolan, B.W., Kashyap, V.S., *et al.* (2019) Association of Transcarotid Artery Revascularization vs Transfemoral Carotid Artery Stenting with Stroke or Death among Patients with Carotid Artery Stenosis. *Journal of the American Medical Association*, **322**, 2313-2322. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.18441>
- [10] Naylor, A.R., Ricco, J.-., de Borst, G.J., Debus, S., de Haro, J., Halliday, A., *et al.* (2018) Editor's Choice—Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease: 2017 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **55**, 3-81. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.06.021>
- [11] Rahma, A.A. (2024) An Analysis of the recommendations of the 2022 Society for Vascular Surgery Clinical Practice Guidelines for Patients with Asymptomatic Carotid Stenosis. *Journal of Vascular Surgery*, **79**, 1235-1239. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2023.12.041>
- [12] 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>
- [13] Halliday, A., Harrison, M., Hayter, E., Kong, X., Mansfield, A., Marro, J., *et al.* (2010) 10-Year Stroke Prevention after Successful Carotid Endarterectomy for Asymptomatic Stenosis (ACST-1): A Multicentre Randomized Trial. *The Lancet*, **376**, 1074-1084. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(10\)61197-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(10)61197-x)
- [14] Kleindorfer, D.O., Towfighi, A., Chaturvedi, S., Cockroft, K.M., Gutierrez, J., Lombardi-Hill, D., *et al.* (2021) 2021 Guideline for the Prevention of Stroke in Patients with Stroke and Transient Ischemic Attack: A Guideline from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, **52**, e364-e467. <https://doi.org/10.1161/str.0000000000000375>
- [15] DeBakey, M.E. (1975) Successful Carotid Endarterectomy for Cerebrovascular Insufficiency. Nineteen-Year Follow-Up. *The Journal of the American Medical Association*, **233**, 1083-1085. <https://doi.org/10.1001/jama.233.10.1083>
- [16] North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators, Barnett, H.J.M., Taylor, D.W., Haynes, R.B., Sackett, D.L., Peerless, S.J., Ferguson, G.G., *et al.* (1991) Beneficial Effect of Carotid Endarterectomy in Symptomatic

- Patients with High-Grade Carotid Stenosis. *The New England Journal of Medicine*, **325**, 445-453.
- [17] 《中国脑卒中防治报告 2020》编写组, 王陇德. 《中国脑卒中防治报告 2020》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2022, 19(2): 136-144.
 - [18] Okazaki, T., Kanematsu, Y., Shimada, K., Korai, M., Satomi, J., Uno, M., *et al.* (2019) A Single-Center Retrospective Study with 5- and 10-Year Follow-Up of Carotid Endarterectomy with Patch Graft. *Neurologia Medico-Chirurgica*, **59**, 231-237. <https://doi.org/10.2176/nmc.oa.2018-0309>
 - [19] Rerkasem, K. and Rothwell, P.M. (2011) Systematic Review of Randomized Controlled Trials of Patch Angioplasty versus Primary Closure and Different Types of Patch Materials during Carotid Endarterectomy. *Asian Journal of Surgery*, **34**, 32-40. [https://doi.org/10.1016/s1015-9584\(11\)60016-x](https://doi.org/10.1016/s1015-9584(11)60016-x)
 - [20] Lazarides, M.K., Christaina, E., Argyriou, C., Georgakarakos, E., Tripsianis, G. and Georgiadis, G.S. (2021) Editor's Choice—Network Meta-Analysis of Carotid Endarterectomy Closure Techniques. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **61**, 181-190. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2020.10.009>
 - [21] Paraskevas, K.I., Robertson, V., Saratzis, A.N. and Naylor, A.R. (2018) Editor's Choice—An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Outcomes Following Eversion vs. Conventional Carotid Endarterectomy in Randomized Controlled Trials and Observational Studies. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **55**, 465-473. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.12.025>
 - [22] Cooley, D.A., Al-Naaman, Y.D. and Carton, C.A. (1956) Surgical Treatment of Arteriosclerotic Occlusion of Common Carotid Artery. *Journal of Neurosurgery*, **13**, 500-506. <https://doi.org/10.3171/jns.1956.13.5.0500>
 - [23] Hans, S.S. and Catanescu, I. (2015) Selective Shunting for Carotid Endarterectomy in Patients with Recent Stroke. *Journal of Vascular Surgery*, **61**, 915-919. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2014.11.046>
 - [24] Levin, S.R., Farber, A., Goodney, P.P., Schermerhorn, M.L., Patel, V.I., Arinze, N., *et al.* (2020) Shunt Intention during Carotid Endarterectomy in the Early Symptomatic Period and Perioperative Stroke Risk. *Journal of Vascular Surgery*, **72**, 1385-1394.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.11.047>
 - [25] Knappich, C., Kuehn, A., Haller, B., Salvermoser, M., Algra, A., Becquemin, J., *et al.* (2019) Associations of Perioperative Variables with the 30-Day Risk of Stroke or Death in Carotid Endarterectomy for Symptomatic Carotid Stenosis. *Stroke*, **50**, 3439-3448. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.119.026320>
 - [26] CAVATAS Investigators (2001) Endovascular versus Surgical Treatment in Patients with Carotid Stenosis in the Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS): A Randomized Trial. *The Lancet*, **357**, 1729-1737.
 - [27] Yadav, J.S., Wholey, M.H., Kuntz, R.E., Fayad, P., Katzen, B.T., Mishkel, G.J., *et al.* (2004) Protected Carotid-Artery Stenting versus Endarterectomy in High-Risk Patients. *New England Journal of Medicine*, **351**, 1493-1501. <https://doi.org/10.1056/nejmoa040127>
 - [28] de Vries, E.E., Meershoek, A.J.A., Vonken, E.J., den Ruijter, H.M., van den Berg, J.C., de Borst, G.J., *et al.* (2019) A Meta-Analysis of the Effect of Stent Design on Clinical and Radiologic Outcomes of Carotid Artery Stenting. *Journal of Vascular Surgery*, **69**, 1952-1961.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.11.017>
 - [29] Müller, M.D., Gregson, J., McCabe, D.J.H., Nederkoorn, P.J., van der Worp, H.B., de Borst, G.J., *et al.* (2019) Stent Design, Restenosis and Recurrent Stroke after Carotid Artery Stenting in the International Carotid Stenting Study. *Stroke*, **50**, 3013-3020. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.118.024076>
 - [30] Petkoska, D., Zafirovska, B., Vasilev, I., Novotni, G., Bertrand, O.F. and Kedev, S. (2022) Radial and Ulnar Approach for Carotid Artery Stenting with Roadsaver Double Layer Micromesh Stent: Early and Long-Term Follow-Up. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **101**, 154-163. <https://doi.org/10.1002/ccd.30514>
 - [31] de Vries, E.E., Vonken, E.J., Kappelle, L.J., Toorop, R.J. and de Borst, G.J. (2019) Short-Term Double Layer Mesh Stent Patency for Emergent or Elective Carotid Artery Stenting. *Stroke*, **50**, 1898-1901. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.118.024586>
 - [32] Knappich, C., Kuehn, A., Tsantilas, P., Schmid, S., Breikreuz, T., Kallmayer, M., *et al.* (2017) The Use of Embolic Protection Devices Is Associated with a Lower Stroke and Death Rate after Carotid Stenting. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **10**, 1257-1265. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.03.032>
 - [33] Plessers, M., Van Herzele, I., Hemelsoet, D., Patel, N., Chung, E.M.L., Vingerhoets, G., *et al.* (2016) Transcervical Carotid Stenting with Dynamic Flow Reversal Demonstrates Embolization Rates Comparable to Carotid Endarterectomy. *Journal of Endovascular Therapy*, **23**, 249-254. <https://doi.org/10.1177/1526602815626561>
 - [34] Diethrich, E.B., Marx, P., Wrasper, R. and Reid, D.B. (1996) Percutaneous Techniques for Endoluminal Carotid Interventions. *Journal of Endovascular Therapy*, **3**, 182-202. <https://doi.org/10.1177/152660289600300210>
 - [35] Parodi, J.C., La Mura, R., Ferreira, L.M., Mendez, M.V., Cersósimo, H., Schönholz, C., *et al.* (2000) Initial Evaluation of Carotid Angioplasty and Stenting with Three Different Cerebral Protection Devices. *Journal of Vascular Surgery*, **32**, 1127-1136. <https://doi.org/10.1067/mva.2000.109209>

-
- [36] Chang, D.W., Schubart, P.J., Veith, F.J. and Zarins, C.K. (2004) A New Approach to Carotid Angioplasty and Stenting with Transcervical Occlusion and Protective Shunting: Why It May Be a Better Carotid Artery Intervention. *Journal of Vascular Surgery*, **39**, 994-1002. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2004.01.045>
- [37] Criado, E., Doblas, M., Fontcuberta, J., Orgaz, A. and Flores, A. (2004) Transcervical Carotid Artery Angioplasty and Stenting with Carotid Flow Reversal: Surgical Technique. *Annals of Vascular Surgery*, **18**, 257-261. <https://doi.org/10.1007/s10016-004-0018-5>
- [38] Yee, E.J., Wang, S.K., Timsina, L.R., Ruiz-Herrera, S., Liao, J.L., Donde, N.N., *et al.* (2020) Propensity-Matched Outcomes of Transcarotid Artery Revascularization versus Carotid Endarterectomy. *Journal of Surgical Research*, **252**, 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.12.003>
- [39] Texakalidis, P., Giannopoulos, S., Kokkinidis, D.G., Charisis, N., Kakkar, A., Jabbour, P., *et al.* (2019) Direct Transcervical Access vs the Transfemoral Approach for Carotid Artery Stenting: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Endovascular Therapy*, **26**, 219-227. <https://doi.org/10.1177/1526602819833370>
- [40] Schermerhorn, M.L., Liang, P., Dakour-Aridi, H., *et al.* (2020) In-Hospital Outcomes of Transcarotid Artery Revascularization and Carotid Endarterectomy in the Society for Vascular Surgery Vascular Quality Initiative. *Journal of Vascular Surgery*, **71**, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.11.029>
- [41] Kashyap, V.S., King, A.H., Foteh, M.I., Janko, M., Jim, J., Motaganahalli, R.L., *et al.* (2019) A Multi-Institutional Analysis of Transcarotid Artery Revascularization Compared to Carotid Endarterectomy. *Journal of Vascular Surgery*, **70**, 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.09.060>
- [42] Kwolek, C.J., Jaff, M.R., Leal, J.I., *et al.* (2015) Results of the ROADSTER Multicenter Trial of Transcarotid Stenting with Dynamic Flow Reversal. *Journal of Vascular Surgery*, **62**, 1227-1234.
- [43] Malas, M.B., Leal, J., Kashyap, V., Cambria, R.P., Kwolek, C.J. and Criado, E. (2017) Technical Aspects of Transcarotid Artery Revascularization Using the ENROUTE Transcarotid Neuroprotection and Stent System. *Journal of Vascular Surgery*, **65**, 916-920. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.11.042>
- [44] Coelho, A., Prassaparo, T., Mansilha, A., Kappelle, J., Naylor, R. and de Borst, G.J. (2020) Critical Appraisal on the Quality of Reporting on Safety and Efficacy of Transcarotid Artery Stenting with Flow Reversal. *Stroke*, **51**, 2863-2871. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.120.030283>
- [45] Parodi, J.C. (2021) Good Results of Transcarotid Artery Revascularization Are Mainly Due to Flow Reversal. *Journal of Vascular Surgery*, **73**, 743-744. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2020.11.043>