

颈动脉内膜切除与药物治疗无症状颈动脉狭窄的成本-效果分析

姚瑶^{1,2}, 杨艳芳¹

1. 四川大学华西公共卫生学院 / 华西第四医院, 四川 成都 610041; 2. 四川省安岳县人民医院, 四川 资阳 642350

摘要:目的 分析颈动脉内膜切除术(carotid endarterectomy, CEA)与药物治疗中国 70 岁以上无症状颈动脉狭窄患者的成本-效果。方法 本文通过一项无症状颈动脉狭窄人群经 CEA 与药物治疗随访 10 年后不同结局的研究数据, 建立 Markov 模型模拟两种治疗方案 10 年的成本-效果, 结局指标为增量成本-效果比(ICER), 即增加的成本与增加的质量调整生命年(QALY)的比值, 并将获得 ICER 与支付意愿(willingness-to-pay, WTP)阈值进行比较。本文进行了情景分析, 单因素敏感性、概率敏感性分析进行了不确定检验。结果 在基础病例分析中, 接受 CEA 的患者可获得 7.53QALYs, 药物治疗为 7.26, 相应成本为 67 079.61 和 31 982.38 元, 获得的 ICER 为 129 435.97 元/QALY, 低于支付意愿阈值。在情景分析中, ICER 分别为 127 946.82 和 240 283.17 元/QALY。接受 CEA 后患者的年死亡率, CEA 的手术花费和 CEA 后围手术期的死亡率对 ICER 波动影响较大。结论 依据 WHO 对经济学评价推荐意见, 目前中国 70 岁以上无症状颈动脉狭窄患者, CEA 与药物治疗相比增加的成本是可以接受的。

关键词: 无症状颈动脉狭窄; 颈动脉内膜切除术; 药物治疗; 成本-效果; 经济学评价

中图分类号: R543.5 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)01-180-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202308506

Cost-effectiveness analysis of carotid endarterectomy versus medical therapy for asymptomatic stenosis

YAO Yao*, YANG Yan-fang

*West China School of Public Health, Sichuan University/West China Fourth Hospital, Chengdu, Sichuan 610041, China

Abstract: Objective To analyze the cost-effectiveness of carotid endarterectomy (CEA) and medical therapy for asymptomatic carotid stenosis in Chinese patients over 70 years old. **Methods** Based on the data of different outcomes of asymptomatic carotid stenosis patients who were followed up by CEA and drug therapy for 10 years, a Markov model was established to simulate the cost-effectiveness of the two treatments for 10 years. The outcome index was incremental cost-effectiveness ratio (ICER), which was the ratio of increased cost to increased quality-adjusted life years (QALY), and the thresholds of ICER and willingness to pay (WTP) were compared. In this paper, scenario analysis was carried out, and uncertainty test was carried out by single factor sensitivity analysis and probability sensitivity analysis. **Results** In the basic case analysis, the patients who received CEA could get 7.53 QALYs, the corresponding cost was 67 079.61 yuan and 31 982.38 yuan, and the ICER was 129 435.97 yuan / QALY, which was lower than the threshold of WTP. In scenario analysis, the ICER was 127 946.82 yuan / QALY and 240 283.17 yuan / QALY, respectively. The annual mortality of patients after CEA, the operation cost of CEA, and the perioperative mortality after CEA had great influence on the fluctuation of ICER. **Conclusion** According to the economic evaluation recommendation of WHO, the increased cost of CEA compared with drug therapy is acceptable for Chinese patients with asymptomatic carotid artery stenosis over 70 years old.

Keywords: Asymptomatic carotid stenosis; Carotid endarterectomy; Drug therapy; Cost-effectiveness; Economic evaluation

根据全球疾病、损伤和风险因素负担研究 (GBD), 卒中是死亡和致残的主要原因, 2019 年, 全球范围内卒中发病病例超过 12 200 万例, 卒中死亡 655 万例^[1]。在中国, 卒中已上升为成年人的主要死亡原因^[2], 颈动脉狭窄是发生卒中的重要原因之一^[3]。目

作者简介: 姚瑶 (1990—), 女, 硕士在读, 研究方向: 流行病学与卫生统计学

通信作者: 杨艳芳, E-mail: yang2009@scu.edu.cn

前颈动脉内膜切除术 (carotid endarterectomy, CEA)、颈动脉支架植入术 (carotid artery stenting, CAS) 和药物治疗是治疗颈动脉狭窄和降低卒中风险的三种公认的有效方法^[4-5]。

对于症状性颈动脉狭窄, 鉴于一些强有力的临床试验, CEA 被推荐为金标准^[6-8]。在不同的研究中已证明 CEA 可降低任何形式卒中的绝对风险^[7-8]。几项经

济学评价显示 CEA 在这些患者中具有成本 - 效果^[9-10]。对于无症状颈动脉狭窄, 随机对照试验表明 CEA 可以降低卒中的发生率。在一项随访期延长至 10 年的研究(ACST-1 试验)中, 排除围手术期事件和非卒中死亡后, CEA 组和药物组的卒中风险分别为 10.8% 和 16.9%, 但这也意味着如果考虑围手术期事件后年获益小于 0.61%^[11]。另一项最新研究发现, 在目前最佳药物治疗下, CEA 组 5 年的卒中风险仍比药物治疗低^[12], 表明 CEA 可能带来些许获益。在德国进行的一项真实世界研究表明, 在无症状颈动脉狭窄人群中, 早期的颈动脉切除术可能比药物治疗更具成本效果^[13]。因此, 本研究拟分析颈动脉切除术在中国治疗无症状颈动脉狭窄的实际成本 - 效果。

1 资料与方法

1.1 研究人群 本研究的起始年龄为 70 岁, 与 ACST-1 试验中接受降脂治疗患者的平均年龄相似^[11]。纳入分析的患者需要符合以下标准: (1) 狭窄程度至少为动脉直径的 60%; (2) 无卒中、短暂性脑缺血或其他相关症状; (3) 他们可以随机接受 CEA 治疗或初始药物治疗。

1.2 模型概述 构建循环周期为十年的 Markov 模型, 比较 CEA 与药物治疗无症状颈动脉狭窄患者的成本 - 效果。考虑到无症状颈动脉狭窄和 CEA 后状态稳定, 故 Markov 循环周期设定为一年, 研究终止条件为十年, 所有统计分析均使用 TreeAgePro 2019 处理。模型中使用了五种健康状态, 两组患者以五种状态中的一种进入模型。由于在 ACST-1 试验中药物治疗的患者即使未接受即刻 CEA 治疗, 但后期随访中患者仍可随机接受手术治疗, 仍具有结局事件发生。考虑到围手术期并发症, CEA 组围手术期并发症发生率显然高于药物治疗组, 故两组进入模型的初始概率不同。Markov 模型状态转移图, 见图 1。

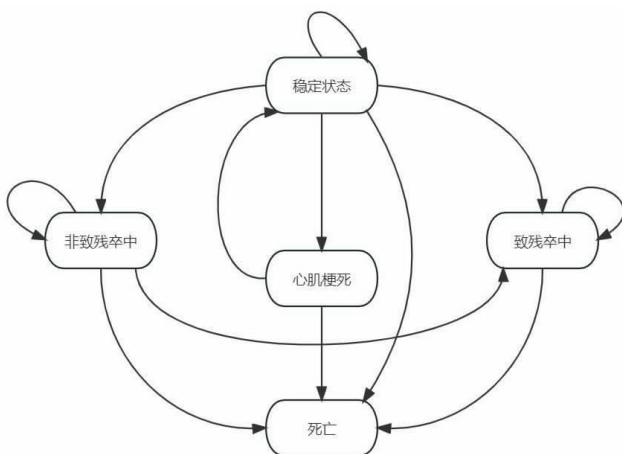


图 1 Markov 模型状态转移图

Figure 1 Markov model transition diagram

1.3 确定 Markov 模型参数, 见表 1。

1.3.1 概率

1.3.1.1 基础病例概率 初始概率, 卒中相关转移概率均来自 ACST-1 研究^[11]。卒中相关死亡数据来自于在中国进行的一项调查^[14], 非卒中相关死亡数据来源于《中国卫生健康统计年鉴 2021》^[15], 非致残卒中到致残卒中的转移概率, 第一年为 4.4%, 一年后为 0^[16], 心肌梗死死亡率为 28.4%^[17]。

1.3.1.2 模型 1 概率 初始概率, 卒中相关转移概率以及非卒中相关死亡率均来自 ACST-1 研究中。在 ACST-1 中, CEA 组的非卒中死亡人数为 554, 观察总人年数为 9 582, 故模型 1 中 CEA 组的非卒中死亡率为 0.058。同理, 药物治疗组非卒中相关死亡率为 0.052, 其余概率与基础病例中来源一致。

1.3.1.3 模型 2 概率 此模型中采用的数据来自一项 Keyhani^[12] 的最新的研究, 在该项研究中, CEA 组与药物治疗组 5 年卒中风险分别为 5.5% 与 7.6%, 在模型 2 中假设致残性卒中与非致残性卒中的比例与 ACST-1 研究中相似, 分别为 57.84% 和 42.16%。用公式分别计算 CEA 和药物治疗从稳定状态到致残卒中、非致残卒中的转移概率 P , 其余概率同基础病例。其中 p 为 Keyhani 研究中 CEA 与药物治疗两种方案卒中发生风险, T 为该研究随访时间, t 为本研究所需要的从一种状态到达另一状态的转移概率时间, 此处为一年。计算公式^[18]为 $P=1-\exp[\ln(1-p)/(T/t)]$ 。

1.3.2 效用 从已发表的 meta 分析和原始研究中检索到稳定状态、非致残性卒中和致残性卒中的效用值^[19-20], 心肌梗死后第一年的效用与一年以后的效用是不同的^[21]。

1.3.3 成本 主要来源于中国真实世界研究或机构公布的数据^[22-24], 并考虑到居民消费价格指数(CPI)^[25] 将所有成本都折算成 2021 年的成本。根据中国药物经济学评价指南, 所有成本和效用均以 0.05 的贴现率贴现^[26]。

2 结果

本研究的主要终点是 CEA 相对于药物治疗的增量成本 - 效果比 (ICER), 即每个质量调整生命年 (QALY) 的增量成本。本文将 2021 年我国人均 GDP 的 3 倍, 即 242 928.00 元作为支付意愿 (WTP) 阈值。依据世界卫生组织对于经济学评价的推荐意见: 如果获得的增量成本 - 效果比 < 人均 GDP, 则 CEA 增加的成本是完全能接受的, 如果人均 GDP < 增量 - 成本效果比 < 3 倍人均 GDP, 那么增加的成本是可以接受的, 如果增量成本 - 效果比 > 3 倍人均 GDP, 则建议增加的成本是不能接受的。本文还进行了敏感性分

析以来证实模型的稳健性,最后基于不同的参数进行了情景分析。

表 1 Markov 模型参数
Table 1 Markov model parameters

基础病例	取值	取值范围	分布	文献来源
初始概率				
CEA 组稳定状态	0.965	0.956 ~ 0.974	β	11
CEA 组非致残状态	0.012	0.006 ~ 0.017	β	11
CEA 组致残状态	0.006	0.002 ~ 0.010	β	11
CEA 组心肌梗死	0.006	0.002 ~ 0.010	β	11
CEA 组死亡	0.011	0.006 ~ 0.016	β	11
药物治疗组稳定状态	0.989	0.984 ~ 0.994	β	11
药物治疗组非致残状态	0.005	0.002 ~ 0.009	β	11
药物治疗组致残状态	0.003	0 ~ 0.006	β	11
药物治疗组心肌梗死	0.001	0 ~ 0.002	β	11
药物治疗组死亡	0.002	0 ~ 0.004	β	11
转移概率				
CEA 组 0 ~ 5 年非致残卒中概率	0.004	0.002 ~ 0.005	β	11
CEA 组 0 ~ 5 年致残卒中概率	0.005	0.003 ~ 0.007	β	11
CEA 组 5 ~ 10 年非致残卒中概率	0.006	0.004 ~ 0.008	β	11
CEA 组 5 ~ 10 年致残卒中概率	0.008	0.006 ~ 0.010	β	11
药物治疗组 0 ~ 5 年非致残卒中概率	0.009	0.006 ~ 0.011	β	11
药物治疗组 0 ~ 5 年致残卒中概率	0.012	0.009 ~ 0.015	β	11
药物治疗组 5 ~ 10 年非致残卒中概率	0.007	0.005 ~ 0.009	β	11
药物治疗组 5 ~ 10 年致残卒中概率	0.009	0.007 ~ 0.012	β	11
非致残卒中到致残卒中概率				
第一年	0.044	0.042 ~ 0.046	β	16
一年后	0	—	—	16
卒中死亡率	0.112	0.109 ~ 0.116	β	14
心肌梗死死亡率	0.284	—	—	17
贴现率	0.05	0 ~ 0.08	β	26
非卒中相关死亡率			—	
70 ~ 75 岁	0.015	—	—	15
≥75 岁	0.026	—	—	15
效用值				
稳定状态	1	0.86 ~ 1	β	19、20
非致残卒中	0.76	0.71 ~ 0.87	β	19、20
致残卒中	0.39	0.31 ~ 0.52	β	19、20
心肌梗死(第一年)	0.7	—	—	21
心肌梗死(一年后)	0.8	—	—	21
成本				
CEA 手术花费	35 185.145	28 988.18 ~ 41 382.11	γ	24
CEA 组每年药费	3 533	2 649.75 ~ 4 416.25	γ	估算
药物治疗组每年药费	3 533	2 649.75 ~ 4 416.25	γ	估算
非致残卒中花费	12 483.587	7 210.72 ~ 15 718.45	γ	22
致残卒中花费	16 505.441	9 070.89 ~ 21 644.42	γ	22
卒中死亡花费	14 145.476	6 646.53 ~ 18 696.76	γ	22
心肌梗死花费	31 783.997	23 838.00 ~ 39 730.00	γ	23
非致残卒中每年花费	8 875.673	2 657.39 ~ 11 321.49	γ	22
致残卒中每年花费	13 504.637	3 396.35 ~ 16 982.75	γ	22
心肌梗死每年花费(第一年)	53 336.498	40 002.37 ~ 66 670.62	γ	21
心肌梗死每年花费(一年后)	11 664.698	8 748.52 ~ 14 580.87	γ	21
超声费用	220	165 ~ 275	γ	医疗机构数据
CEA 手术后一年内随访次数	4	—	—	医疗机构数据
CEA 手术后一年后随访次数	1	—	—	医疗机构数据
模型 1				
CEA 组非卒中死亡率	0.058	—	—	11
药物治疗组非卒中死亡率	0.052	—	—	11
模型 2 转移概率				
CEA 组非致残卒中概率	0.005	—	—	12
CEA 组致残卒中概率	0.007	—	—	12
药物治疗组非致残卒中概率	0.007	—	—	12
药物治疗组致残卒中概率	0.01	—	—	12

2.1 基础病例与情景分析成本-效果结果 在基础病例分析中,两种治疗方案在 Markov 模型模拟十年后,CEA 组队列中卒中和死亡的发生比例均低于

药物治疗组,见表 2。在考虑治疗成本的情况下,无论是基础病例分析还是情景分析均建议 CEA 增加的成本是可以接受的。见表 3。

表 2 Markov 模型模拟十年后两组治疗方案的效果比较(%)

Table 2 Comparison of the effect of the two groups after 10 years simulated by Markov model (%)

治疗方案	稳定状态	非致残卒中	致残卒中	心肌梗死	死亡
CEA 组	81.0	2.7	3.6	0	12.7
药物治疗组	70.9	3.7	5.0	0	20.4

表 3 基于不同模型的成本-效果分析

Table 3 Cost-effectiveness analysis based on different models

模型类型	治疗方案	成本	增量成本	效果	增量效果	ICER
基础病例	药物治疗	31 982.38	35 097.23	7.258	0.271	129 435.97
	CEA	67 079.61		7.529		
模型 1	药物治疗	31 521.74	35 087.70	7.237	0.274	127 946.82
	CEA	66 609.44		7.511		
模型 2	药物治疗	31 363.95	35 891.07	7.335	0.149	240 283.17
	CEA	67 255.02		7.485		

2.2 单因素敏感性分析 对于概率和效用,假设其服从 Beta 分布,利用 95%置信区间的范围用于进行单因素敏感性分析。对于成本,其范围是从已发表的文章中提取,对于文献中没有提供成本范围的采用上

下浮动 25%来进行分析,单因素敏感性分析结果见图 2,术后患者的年死亡率对增量成本效果比的影响最大,其次是手术花费和围手术期的死亡率。

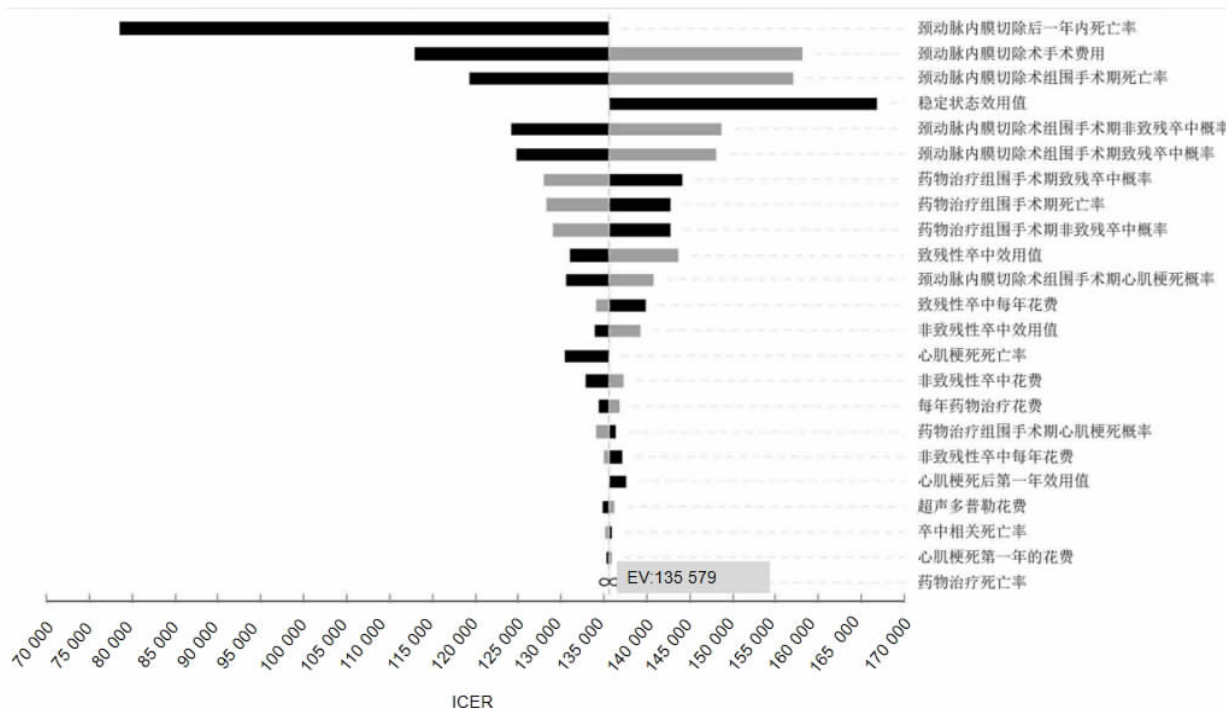


图 2 单因素敏感性分析

Figure 2 One-way sensitivity analysis

2.3 概率敏感性分析 通过对模型进行 100 000 次 Monte Carlo Simulation 来执行分析,其中成本服从 γ 分布,可以得到成本-效果可接受曲线及增量成本-效果散点图,见图 3、4。当支付意愿阈值设置为 3 倍人均 GDP 时,即 242 928.00, CEA 组增加的成本是可以接受的。

3 讨论

本研究结果表明,在十年的 Markov 模拟期内,CEA 与药物治疗的 ICER 为 129 435.97 元/QALY,建议 CEA 增加的成本是可以接受的。此外,本研究还通过最新发表的类临床随机试验研究验证了模型的稳定性。

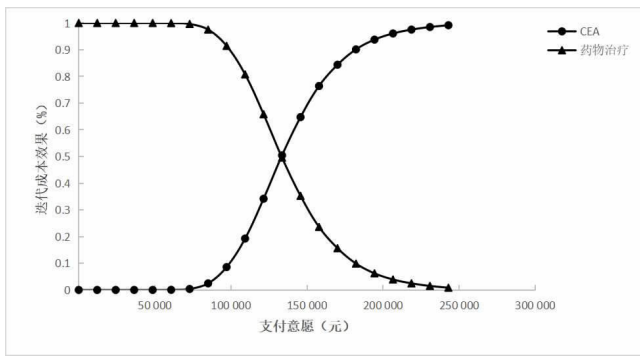


图 3 成本 - 效果可接受曲线

Figure 3 Cost-effectiveness acceptability curve

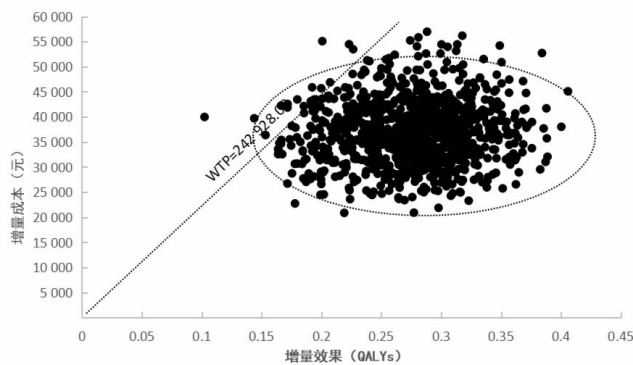


图 4 增量成本 - 效果散点图

Figure 4 Incremental cost-effectiveness scatter plot

最近还有几项研究集中于 CEA 与药物治疗在无症状颈动脉狭窄的经济评价,在 Thapar^[27]的研究中,他们使用了 ACST-1 研究的数据,发现早期 CEA 对于年龄小于 75 岁且支付意愿高于 20 000 英镑/QALY 的患者是具有成本效果的。但他们也指出,如果每年卒中率低于 1%,早期 CEA 将不具有成本效果。最近,还有一些临床随机对照试验在试图探讨治疗无症状颈动脉狭窄的其他策略,ACST-2(第二次无症状颈动脉手术试验)研究比较了 CEA 与颈动脉支架(CAS)治疗无症状颈动脉狭窄,发现 CEA 和 CAS 均具有相当的低卒中风险^[28]。Brott 等的研究也发现 CAS 效果可能并不亚于 CEA。已发表的 ACST-1 研究是一项比较 CEA 与药物治疗的大型临床随机试验,但其中一些患者在未使用降脂药物的情况下开始纳入研究,这可能会削弱药物治疗的真正疗效。目前正在进行的 CREST-2 试验旨在研究血运重建与药物治疗的疗效,可能会提供一些新的观点^[29]。然而,这些研究并没有解决颈动脉介入手术何时介入合适的问题。

Howard^[30]的研究发现 CEA 相对于药物治疗的受益在很大程度上取决于狭窄的程度,对于中度狭窄的患者,药物治疗的五年卒中风险较低,但对于重度狭窄的患者完全可以从 CEA 手术中受益,该研究可能提供了一个新的视角。在此项研究中,CEA 患者的年

死亡率、手术费用、围手术期死亡对 ICER 有明显影响,表明手术费用和围术期并发症可能影响 CEA 的实际疗效,减少手术花费、降低围术期并发症可能是一种持续提高成本 - 效果的途径。此外,无症状颈动脉狭窄治疗的改善不仅在于药物治疗,还在于支架和经颈动脉血运重建术的进展^[31-33]。

本研究有几个局限性。首先,研究中的数据不是原始数据,而是从已发表文章转换而来的数据,这可能会引入偏倚。其次,虽然使用了不同来源的数据,并证明 CEA 在当前中国环境下增加的成本是可以接受的,但如果数据来自中国人群,则会更好。最后,由于缺乏高危患者的数据,这限制了分析 CEA 在此类人群中的成本 - 效果,基于此类人群的真实世界研究可能会提供更多的医疗决策信息。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Feigin VL, Stark BA, Johnson CO, et al. 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]. The Lancet Neurology, 2021, 20(10): 795-820.

[2] Zhou MG, Wang HD, Zeng XY, 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 (10204): 1145-1158.

[3] Heck D, Stenosis JAC, Stroke. And carotid artery revascularization [J]. Progress in Cardiovascular Diseases, 2021, 65: 49-54.

[4] Naylor AR, Ricco JB, De BG, et al. Editor's Choice-Management of atherosclerotic carotid and vertebral artery disease:2017 clinical practice guidelines of the European society for vascular surgery(ES-VS)[J]. European Journal of Vascular and Endovascular Surgery: The Official Journal of the European Society for Vascular Surgery, 2018, 55(1): 3-81.

[5] 陈忠,杨耀国. 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.
Chen Z, Yang YG. Guidelines for diagnosis and treatment of carotid stenosis[J]. Chinese Journal of Vascular Surgery(Electronic Version), 2017, 9(3): 169-175.

[6] Müller MD, Lyrer P, Brown MM, et al. Carotid artery stenting versus endarterectomy for treatment of carotid artery stenosis [J]. Cochrane Database of Systematic Reviews (Online), 2020, 2(2): CD000515.

[7] Barnett HJM, Taylor DW, Haynes RB, et al. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis [J]. New England Journal of Medicine, 1991, 325(7): 445-453.

[8] Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators [J]. New England Journal of Medicine, 1998, 339 (20): 1415-1425.

[9] Domenick NS, Chaer RS, Smith K, et al. Carotid endarterectomy remains cost-effective for the management of carotid stenosis[J]. Jour-

- nal of the American College of Surgeons, 2021, 233(5): e234.
- [10] Paraskevas KI, Moore WS, Veith FJ. Commentary: carotid artery stenting: still not as cost-effective as carotid endarterectomy, but the contest continues [J]. *Journal of Endovascular Therapy*, 2014, 21(2): 303-305.
- [11] Halliday A, Harrison M, Hayter E, et al. 10-year stroke prevention after successful carotid endarterectomy for asymptomatic stenosis (ACST-1): a multicentre randomised trial [J]. *The Lancet*, 2010, 376(9746): 1074-1084.
- [12] Keyhani S, Cheng EM, Hoggatt KJ, et al. Comparative effectiveness of carotid endarterectomy vs initial medical therapy in patients with asymptomatic carotid stenosis [J]. *JAMA Neurology*, 2020, 77(9): 1110-1121.
- [13] Luebke T, Brunkwall J. Impact of Real-World adherence with best medical treatment on Cost-Effectiveness of carotid endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis [J]. *Annals of Vascular Surgery*, 2016, 30: 236-247.
- [14] Wang WZ, Jiang B, Sun HX, et al. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: results from a nationwide Population-Based survey of 480 687 adults[J]. *Circulation*, 2017, 135(8): 759-771.
- [15] 国家卫生健康委员会. 中国卫生健康统计年鉴 -2021[M]. 北京:中国协和医科大学出版社, 2021.
National Health Commission. *China Health Statistics Yearbook 2021* [M]. Beijing: Peking Union Medical College Press, 2021.
- [16] Kaboré N, Marnat G, Rouanet F, et al. Cost-effectiveness analysis of mechanical thrombectomy plus tissue-type plasminogen activator compared with tissue-type plasminogen activator alone for acute ischemic stroke in France [J]. *Revue Neurologique*, 2019, 175(4): 252-260.
- [17] Song JL, Murugiah K, Hu S, et al. Incidence, predictors, and prognostic impact of recurrent acute myocardial infarction in China[J]. *Heart*, 2020, 107(4): 313-318.
- [18] Krittayaphong R, Permsuwan U. Cost-Effectiveness analysis of Sacubitril-Valsartan compared with enalapril in patients with heart failure with reduced ejection fraction in Thailand [J]. *American Journal of Cardiovascular Drugs*, 2018, 18(5): 405-413.
- [19] Tengs TO, Lin TH. A Meta-Analysis of Quality-of-Life estimates for stroke[J]. *Pharmacoeconomics*, 2003, 21(3): 191-200.
- [20] Baradaran H, Gupta A, Anzai YSI, et al. Cost effectiveness of assessing ultrasound plaque characteristics to risk stratify asymptomatic patients with carotid stenosis [J]. *Journal of the American Heart Association*, 2019, 8(21): e012739.
- [21] 刘利勤,李青,胡明,等. 应用 Markov 模型对 3 种血管紧张素 II 受体拮抗剂预防高血压患者卒中和心肌梗死的经济学评价[J]. *中国药理学杂志*, 2019, 54(2): 137-143.
Liu LQ, Li Q, Hu M, et al. Economic evaluation of three angiotensin II receptor antagonists in preventing stroke and myocardial infarction in patients with hypertension based on Markov model[J]. *Chinese Pharmaceutical Journal*, 2019, 54(2): 137-143.
- [22] Chen JG, Liang X, Tong X, et al. Economic evaluation of intravenous alteplase for stroke with the time of onset between 4.5 and 9 hours[J]. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, 2023, 15(1): 46-51.
- [23] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2021 概要[J]. *中国循环杂志*, 2022, 37(6): 553-578.
Zhong Guo Xin Xie Guan Jian Kang Yu Ji Bing Bao Gao Bian Xie Zu. Report on cardiovascular health and diseases in China 2021: an updated summary [J]. *Chinese Circulation Journal*, 2022, 37(6): 553-578.
- [24] 侯帆迪. CEA 和 CAS 治疗颈动脉狭窄的临床资料分析[D]. 石河子:石河子大学, 2018.
Hou FD. *The Clinical Data Analysis of Carotid Artery Stenosis Treated with Carotid Endarterectomy and Carotid Artery Stenting*[D]. Shihezi: Shihezi University, 2018.
- [25] 国家统计局. 居民消费价格指数 (上年 =100)(2016-)[EB/OL]. [2023-12-20]. <https://data.stats.gov.cn/tablequery.htm?code=AD09&from>.
The National Bureau of Statistics. Consumer price index (previous year =100) (2016-) [EB/OL]. [2023-12-20]. <https://data.stats.gov.cn/tablequery.htm?code=AD09&from>.
- [26] 刘国恩. 中国药物经济学评价指南[M]. 北京:中国市场出版社, 2020.
Liu GE. *Guidelines for pharmacoeconomic evaluation in China*[M]. Beijing: China Market Press, 2020.
- [27] Thapar A, Garcia Mochon L, Epstein D, et al. Modelling the cost-effectiveness of carotid endarterectomy for asymptomatic stenosis [J]. *British Journal of Surgery*, 2013, 100(2): 231-239.
- [28] Halliday A, Bulbulia R, Bonati LH, et al. Second asymptomatic carotid surgery trial (ACST-2): a randomised comparison of carotid artery stenting versus carotid endarterectomy [J]. *Lancet*, 2021, 398(10305): 1065-1073.
- [29] Turan TN, Voeks JH, Chimowitz MI, et al. Rationale, design, and implementation of intensive risk factor treatment in the CREST2 trial[J]. *Stroke*, 2020, 51(10): 2960-2971.
- [30] Howard DPJ, Gaziano L, Rothwell PM, et al. Risk of stroke in relation to degree of asymptomatic carotid stenosis: a population-based cohort study, systematic review, and meta-analysis [J]. *Lancet Neurology*, 2021, 20(3): 193-202.
- [31] Thomas JP, Kumins NH, Schneider PA, et al. Balloon dilation strategy does not affect outcomes for transcatheter artery revascularization in prospective trials [J]. *Journal of Vascular Surgery*, 2022, 76(1): 202-208.
- [32] Pandya A, Gupta A, Kamel H, et al. Carotid artery stenosis: cost-effectiveness of assessment of cerebrovascular reserve to guide treatment of asymptomatic patients[J]. *Radiology*, 2015, 274(2): 455-463.
- [33] Kashyap VS, King AH, Foteh MI, et al. A multi-institutional analysis of transcatheter artery revascularization compared to carotid endarterectomy[J]. *Journal of Vascular Surgery*, 2019, 70(1): 123-129.

收稿日期:2023-08-26