

## 血液生化指标与颈动脉支架血管成形术后再狭窄的研究进展

张思源<sup>1)</sup> 高晓飞<sup>2)</sup> 郭妍<sup>1)</sup> 王迪<sup>1)</sup> 王媛<sup>3)</sup> 王洪财<sup>3)</sup> 王玉良<sup>3)</sup>

1)滨州医学院第二临床学院,山东 烟台 264000 2)淄博市市立医院老年科,山东 淄博 255400

3)滨州医学院附属医院神经内科,山东 滨州 256600

通信作者:王玉良

**【摘要】** 支架内再狭窄的主要原因是血管内细胞的损伤、增生和同型半胱氨酸、血脂迁移,血栓形成和炎症反应。C-反应蛋白、血小板、中性粒细胞与淋巴细胞比值、总胆红素、纤维蛋白原等血液指标,近年来被认为是预测颈动脉支架成形术后支架内再狭窄的重要指标。本文主要讨论这些指标参与颈动脉支架成形术后支架内再狭窄中的病理生理机制及其对支架内再狭窄的预测价值。

**【关键词】** 颈动脉支架血管成形术;支架内再狭窄;炎症因子;血栓;内膜增生

**【中图分类号】** R743 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110 (2022) 06-0772-04

**基金项目:** 山东省自然科学基金面上项目(ZR2021MH135)

### Correlation between blood biochemical indexes and restenosis after carotid artery implantation

Zhang Siyuan<sup>1)</sup>, Gao Xiaofei<sup>2)</sup>, Guo Yan<sup>1)</sup>, Wang Di<sup>1)</sup>, Wang Yuan<sup>3)</sup>, Wang Hongcai<sup>3)</sup>, Wang Yuliang<sup>3)</sup>

1)The 2nd Medical College of Binzhou Medical University, Yantai 264000; 2)Department of Geratology, Zibo Municipal Hospital, Zibo 255400; 3)Department of Neurology, Binzhou Medical University Hospital, Binzhou, 256600

Corresponding author: Wang YuLiang

**【Abstract】** The main causes of restenosis after artery stent implantation include the cell injury, proliferation, migration and thrombosis, inflammation. Some blood indications as C-reactive protein (CRP), platelets, neutrophil-lymphocyte Ratio (NLR), total bilirubin, fibrinogen, homocysteine, lipids have been considered to be important predict indicators of restenosis after carotid artery implantation in recent years. The paper mainly discusses the involvement of these indicators in the pathophysiological mechanism of restenosis after carotid artery stent implantation and their predictive value for it.

**【Key words】** Carotid artery stenting; Restenosis after carotid artery stent implantation; Inflammatory factors; Thrombus; Intimal hyperplasia

颈动脉狭窄是引起缺血性脑卒中的主要原因之一<sup>[1]</sup>。近年来,颈动脉血管支架成形术(Carotid Artery Stenting, CAS)成为治疗颈动脉狭窄和预防缺血性脑卒中最常用的有效治疗方法<sup>[2]</sup>。然而, CAS 后支架内再狭窄(In-stent restenosis, ISR)的发生率较高,主要是指支架置入术后在支架处或支架边缘 5

mm 范围内发生的>50%血管腔狭窄,是 CAS 术后重要的并发症。ISR 严重影响手术的治疗效果和患者的生活质量。血液指标的检测方便快捷易行,因此,研究某些血液指标对 CAS 后 ISR 的预测具有重要临床意义。

DOI:10.12083/SYSJ.220102

**本文引用信息:**张思源,高晓飞,郭妍,王迪,王媛,王洪财,王玉良.血液生化指标与颈动脉支架血管成形术后再狭窄的研究进展[J].中国实用神经疾病杂志,2022,25(6): 772-775. DOI:10.12083/SYSJ.220102

**Reference information:** ZHANG Siyuan, GAO Xiaofei, GUO Yan, WANG Di, WANG Yuan, WANG Hongcai, WANG Yuliang. Correlation between blood biochemical indexes and restenosis after carotid artery implantation [J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2022, 25(6): 772-775. DOI: 10.12083/SYSJ.220102

## 1 ISR 的发生机制

ISR 的发生机制主要包括:(1)血管弹性回缩;(2)血栓形成:支架导致血管壁内膜损伤,内皮下细胞外基质暴露于血液中,促使血液系统活化,凝血、纤溶系统激活,大量血管活性物质释放到血液中,导致血栓形成;(3)平滑肌过度增生;(4)炎症反应:血管损伤部位有大量单核巨噬细胞及 T 淋巴细胞浸润,并产生多种生长因子、趋化因子、细胞因子,进一步促进白细胞浸润,引起局部炎症反应,从而导致新生内膜增生和血管壁重构,最终引起支架内狭窄<sup>[3-4]</sup>。其中,炎症因子可能起着至关重要的作用。

## 2 血液生化指标与支架置入术后 ISR 的相关性研究

### 2.1 C 反应蛋白(C-Reactive Protein, CRP)

CRP 是肝细胞产生的急性时相反应蛋白,其升高提示炎症反应的发生。炎症反应在动脉粥样硬化的形成过程中起着重要作用。在血管粥样硬化早期,CRP 与细胞膜形成的复合物附着在血管内皮细胞上,导致血管内皮细胞损伤,促使动脉粥样硬化形成。CRP 与冠状动脉粥样硬化及 ISR 相关性研究较多,Meta 分析提示较高水平的超敏 CRP 与 ISR 风险增加相关<sup>[5]</sup>。相关研究发现,CRP 与颈动脉粥样硬化的狭窄程度、稳定性及缺血性卒中急性期血管再通后密切相关<sup>[6-8]</sup>,CRP 与白蛋白比率被认为是严重 CAS 的独立危险因素<sup>[9]</sup>。一项持续 12 a 的随访发现,伴随 CRP 升高的重度颈动脉狭窄的患者预后不良,风险明显升高<sup>[10]</sup>。一项对 CAS 患者持续 1 a 的随访发现 CAS 患者血浆 CRP、IL-6 和 TNF- $\alpha$  显著升高,CAS 后再狭窄患者这些炎症因子的水平高于无再狭窄患者<sup>[11]</sup>。目前 CRP 是公认的 ISR 预测指标之一。

### 2.2 血小板

血小板是由骨髓造血组织中的巨核细胞产生,具有维持血管内皮完整性、黏附、聚集、释放、促凝和血块收缩等功能。在血栓形成、血液凝固、维持血管稳态及修复血管损伤等生理病理过程中起重要作用。血小板活化和凝血酶生成是原发性和继发性止血的关键步骤<sup>[12]</sup>。血小板可通过表面受体或释放储存在血小板颗粒中的分子促进血小板与炎症细胞相互作用,从而参与动脉粥样硬化发生。血小板平均体积(mean platelet volume, MPV)是血小板体积的平均值,是临床检测的一项重要指标。有科研人员对 261 例 CAS 患者进行了 MPV 与 ISR 关系的研究发现,MPV 升高可能与 CAS 术后 ISR 有关,且术前 MPV 高的患者可能受益于 CAS 术后加强的抗血小板治疗<sup>[13]</sup>。YANG 等<sup>[14]</sup>也发现,手术前后 MPV 的

升高与股浅动脉 ISR 的发生有关。然而,HAIDEGER 等<sup>[15]</sup>研究发现,MPV 在白种人 CAS 后 ISR 发展过程中的预测无意义。因此,CAS 术后定期检测 MPV 是否对 ISR 有更大的预测效能需要进一步研究。

另外,血小板 $\alpha$ 颗粒膜糖蛋白(CD62P)及溶酶体膜蛋白(CD63)是目前所知具有特异性的血小板活化分子标志物。既往研究发现,术后 1 个月 CD62P、CD63 的表达率是术后 ISR 的独立危险因素。因此,术后 1 个月血小板膜标志物 CD62P、CD63 的表达水平与 ISR 密切相关,可协助预测 CAS 术后 ISR 的风险。血小板作为血栓的重要组成部分,与 ISR 的关系需要更多的临床研究及进一步的探索。

### 2.3 中性粒细胞计数与淋巴细胞计数的比值(Neutrophil-Lymphocyte Ratio, NLR)

NLR 反映中性粒细胞与淋巴细胞的平衡状态。中性粒细胞数目增加常与炎症反应的发生和发展及严重程度相关;淋巴细胞作为免疫调控屏障,其数目减少与机体应激反应相关。因此,NLR 是一种组合型炎症标志物。在 2019 年对 NLR 的研究发现<sup>[16]</sup>,再狭窄患者 NLR 在 CAS 术后明显增加,且 CAS 术前、术后 NLR 的数值均明显偏高。因此,NLR 可作为预测 CAS 术后 ISR 发生率的独立预测指标。NLR 已被认为是一种敏感的炎症标志物,NLR 升高可能是无症状性狭窄 CAS 术后 ISR 的预测指标<sup>[17]</sup>。该指标还与无症状患者颈动脉内膜切除术不良预后相关<sup>[18]</sup>。回顾性文献复习提示,NLR 与颈动脉内膜-中膜厚度、颈动脉斑块、颈动脉狭窄、支架置入术后症状性狭窄和支架内再狭窄以及颈动脉内膜切除术后的认知功能障碍均有关<sup>[19]</sup>。目前,NLR 作为 ISR 的预测指标得到更多的认可。

### 2.4 总胆红素和纤维蛋白原

血清总胆红素(total Bilirubin, TBIL)是机体内重要的内源性抗氧化剂之一,可有效捕获氧自由基,保护脂类和脂蛋白不被氧化,避免机体发生动脉粥样硬化<sup>[20]</sup>。既往在研究老年原发性高血压患者颈动脉粥样硬化斑块与血清 TBIL 的关系时发现,CAS 斑块与血清 TBIL 水平呈负相关,血清 TBIL 是 CAS 的保护因子。目前,尚缺少总胆红素与 CAS 术后 ISR 的相关研究,但早在 2011 年 TBIL 水平就被可作为冠状动脉支架内再狭窄的独立预测因子<sup>[21]</sup>,并在后来动物实验中得到进一步验证<sup>[22]</sup>。

血浆纤维蛋白原(fibrinogen, FIB)是一种急性时相蛋白,参与凝血过程,是血栓的主要成分。其与颈

动脉粥样硬化密切相关<sup>[23]</sup>,其与白蛋白比值最近被认为与冠状动脉支架后再狭窄密切相关<sup>[24]</sup>。但目前 FIB 与 CAS 术后 ISR 相关性的研究相对较少。

二者均通过不同的途径参与动脉粥样硬化,但与 CAS 术后 ISR 的关系不明确,仍需要更多的临床资料汇总及研究。

**2.5 同型半胱氨酸(homocysteine, HCY)** HCY 是一种人体内的含硫氨基酸,为蛋氨酸和半胱氨酸代谢过程中的重要中间产物。HCY 水平较高易引起血管内皮细胞选择性通透功能出现障碍,并促进动脉粥样硬化发生和血栓的形成。并可通过促进血栓素和前列腺素形成影响血小板聚集和凝血因子的活性,这可能有助于动脉粥样硬化形成及动脉成形术后狭窄的发生。血浆高 HCY 水平是心脑血管疾病的重要危险因素,目前大多数研究认为,血浆 HCY 水平升高与冠状动脉 PCI 术后 ISR 密切相关,是 ISR 的独立危险因素<sup>[25-27]</sup>,但一篇收集 4 340 例患者的 Meta 分析提示,高 HCY 水平会增加冠状动脉血管成形术后再狭窄的风险,但与支架置入后 ISR 无显著相关性<sup>[28]</sup>,考虑与荟萃分析病例选择及数据不充分有一定关系。目前,多数研究集中在 HCY 与 CEA 术后再狭窄的关系上,部分认为高血浆 HCY 水平与 CEA 术后早期再狭窄无明确相关性<sup>[29]</sup>,另一项对 90 例 CEA 患者持续 2 a 的前瞻性研究提示,HCY 是唯一与术后 24 个月内再狭窄的显著相关的参数<sup>[30]</sup>。而且一项前瞻性研究提示,血清同型半胱氨酸  $\leq 10 \mu\text{mol/L}$  增加了 CEA 术后早期再狭窄的风险<sup>[31]</sup>,提示低水平 HCY 也可能与 CEA 术后再狭窄相关。目前血浆 HCY 水平与 CAS 相关研究很少,国内小样本研究提示高 HCY 可能是 CAS 术后 ISR 的危险因素之一<sup>[32]</sup>。鉴于目前相关研究太少,血浆 HCY 水平与 CAS 后 ISR 的相关性需要更多的更大样本量的随机对照研究进一步证实。

**2.6 血脂** 无论基础研究还是临床实践均证实血脂是血管动脉硬化斑块形成的主要危险因素之一,有效控制血脂水平,尤其是低密度脂蛋白可预防斑块形成及发展。目前临床监测的血脂主要包括甘油三酯、胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白。一项单中心的研究提示高胆固醇血症是 CAS 术后 ISR 的预测因素<sup>[33]</sup>,同样的既往研究发现,CAS 术后 1 个月高密度脂蛋白  $>45 \text{ mg/dl}$  及非空腹甘油三酯水平均可作为术后 ISR 独立危险因素<sup>[34]</sup>。而且部分临床研究提示他汀类药物对预防 ISR 有保护作用<sup>[35]</sup>。关于血脂与 CAS 后 ISR 相关研究并不多,可能与动脉粥样硬化

只是 ISR 的一个原因,需要更多的、大样本的随机对照研究进一步明确二者关系。

### 3 临床意义

以上讨论了各种血液生化指标对 ISR 的预测及临床应用价值。CRP、MPV、NLR、TBIL、FIB、血脂、HCY 等血液指标在 ISR 中有一定的临床价值。尤其是 NLR 可作为 CAS 术后 ISR 的独立预测指标,为临床医师的早期诊疗提供依据。CRP 的动态变化亦明显起到预测作用。而 MPV 值、FIB、TBIL 等对预测疾病发生、发展及预后存在争议,需要更进一步的研究。此外,一些影像学研究结果也有一定的预测意义<sup>[36]</sup>。

由于 ISR 病因及机制存在多样性,因此部分指标的具体临床意义还存在争议,但现有的研究表明支架置入术后定期检测各种血液生化指标,可以预测血管 ISR 的发生,进而采取预防及治疗措施。而且,这些炎症因子及血栓相关指标作为简单易得的指标,即方便快捷又经济实惠,适用于各类人群。同时提示针对炎症因子的某些治疗方案可能对预防 CAS 术后 ISR 有重要的预防作用。目前,针对 ISR 患者,重复 CAS、CEA、药物涂层球囊或支架仍是进一步处理的选择<sup>[37]</sup>。

血液生化指标在预测 CAS 术后 ISR 的发生起到重要的作用,但需要更多研究证实其临床价值。临床医生可采取针对性策略进行预防,同时在学者的不断探索中,CAS 术后 ISR 的疗效也将得到进一步的提升。

本文共同第一作者:张思源,高晓飞

### 4 参考文献

- [1] HASSANI S, FISHER M. Management of Atherosclerotic Carotid Artery Disease: A Brief Overview and Update [J]. *Am J Med*, 2022, 135(4):430-434. DOI: 10.1016/j.amjmed.2021.09.027.
- [2] 毛中臣,付志新,韩新生,等.颈动脉支架成形术治疗颈动脉狭窄的疗效观察[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2020, 23(15): 1323-1327. DOI: 10.12083/SYSJ.2020.15.007.
- [3] LEE S Y, HONG M K, JANG Y. Formation and transformation of neointima after drug-eluting stent implantation: Insights from optical coherence tomographic studies [J]. *Korean Circ J*, 2021, 47(6):823-832. DOI: 10.4070/kcj.2017.0157.
- [4] AOKI J, TANABE K. Mechanisms of drug-eluting stent restenosis [J]. *Cardiovasc Interv Ther*, 2021, 36(1): 23-29. DOI: 10.1007/s12928-020-00734-7.
- [5] ZHU X Y, CHEN Y Q, XIANG L, et al. The long-term prognostic significance of high-sensitive C-reactive protein to in-stent restenosis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(27): e10679. DOI: 10.1097/MD.00000000000010679.
- [6] GUVEN H, SARITAS N, CONKBAYIR I, et al. The value of C-reactive protein in symptomatic versus asymptomatic carotid artery stenosis [J]. *Int J Neurosci*, 2013, 123(5): 311-317. DOI: 10.3109/00207454.2012.758121.

- [7] UEMURA J, OHTA M, YAMASHITA S, et al. C-reactive Protein is A Predictor of Deterioration of Acute Internal Carotid Artery MI Occlusion Following Recanalization[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2020, 29(7): 104919. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104919.
- [8] 黄家俊, 杜林, 汪永强, 等. 脑梗死患者颈动脉斑块与炎症因子的相关性研究[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2016, 19(14): 6-8. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5110.2016.14.003.
- [9] YILDIRIM T, KIRIS T, AVCI E, et al. Increased Serum CRP-Albumin Ratio Is Independently Associated With Severity of Carotid Artery Stenosis[J]. *Angiology*, 2020, 71(8): 740-746. DOI: 10.1177/0003319720926761.
- [10] MAYER F J, BINDER C J, WAGNER O F, et al. Combined Effects of Inflammatory Status and Carotid Atherosclerosis: A 12-Year Follow-Up Study[J]. *Stroke*, 2016, 47(12): 2952-2958. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.013647.
- [11] XIA Z Y, YANG H, QU H Q, et al. Impact of carotid artery stenting on plasma interleukin-6, tumor necrosis factor- $\alpha$  and C-reactive protein[J]. *Int Angiol*, 2012, 31(1): 28-32.
- [12] GREMMEL T, AY C, RIEDL J, et al. Platelet-specific markers are associated with monocyte-platelet aggregate formation and thrombin generation potential in advanced atherosclerosis [J]. *Thromb Haemost*, 2016, 1153(3): 615-621. DOI: 10.1160/TH15-07-0598.
- [13] DAI Z Z, GAO J, LI S, et al. Mean Platelet Volume as a Predictor for Restenosis After Carotid Angioplasty and Stenting[J]. *Stroke*, 2018, 49(4): 872-876. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.019748.
- [14] YANG Y B, SHEN J, WANG S H, et al. A risk predictor of restenosis after superficial femoral artery stent implantation; relevance of mean platelet volume[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1): 361. DOI: 10.1186/s12872-020-01633-8.
- [15] HAIDEGGER M, KNEIHL M, NIEDERKORN K, et al. Mean Platelet Volume Does Not Predict Restenosis After Carotid Artery Stenting in Whites [J]. *Stroke*, 2020, 51(3): 986-989. DOI: 10.1161/STROKEAHA.119.028180.
- [16] BAO X, ZHOU G Z, XU W, et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio and platelet-to-lymphocyte ratio; novel markers for the diagnosis and prognosis in patients with restenosis following CAS [J]. *Biomark Med*, 2020, 14(4): 271-282. DOI: 10.2217/bmm-2019-0155.
- [17] DAI Z Z, LI R R, ZHAO N, et al. Neutrophil to Lymphocyte Ratio as a Predictor of Restenosis After Angioplasty and Stenting for Asymptomatic Carotid Stenosis [J]. *Angiology*, 2019, 70(2): 160-165. DOI: 10.1177/0003319718784805.
- [18] KING A H, KIM A H, KWAN S, et al. Elevated Neutrophil to Lymphocyte Ratio is Associated with Worse Outcomes after Carotid Endarterectomy in Asymptomatic Patients [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2021, 30(12): 106120. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106120.
- [19] PEREIRA-NEVES A, FRAGA-MARQUES M, ROCHA-NEVES J, et al. The Impact of Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio and Platelet-to-Lymphocyte Ratio in Carotid Artery Disease [J]. *Rev Port Cir Cardiorac Vasc*, 2021, 28(1): 45-51.
- [20] 张迎春, 杨谦. 胆红素在缺血性脑梗死中的意义及研究进展[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2019, 22(10): 1152-1156. DOI: 10.12083/SYSJ.2019.10.155.
- [21] KUWANO T, MIURA S I, SHIRAI K, et al. Serum levels of bilirubin as an independent predictor of coronary in-stent restenosis: a new look at an old molecule [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2011, 18(7): 574-583. DOI: 10.5551/jat.6643.
- [22] BAE I H, PARK D S, LEE S Y, et al. Bilirubin coating attenuates the inflammatory response to everolimus-coated stents [J]. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 2018, 106(4): 1486-1495. DOI: 10.1002/jbm.b.33955.
- [23] KAWASE I K, KOKUBO Y, YOKOTA C, et al. Effect of Plasma Fibrinogen, High-Sensitive C-Reactive Protein, and Cigarette Smoking on Carotid Atherosclerosis: The Suita Study [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2015, 24(10): 2385-2389. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.06.039.
- [24] CHEN T, SUN J L, ZHANG J. The relationship between fibrinogen-to-albumin ratio and in-stent restenosis in patients with coronary artery disease undergoing drug-eluting stenting [J]. *Coron Artery Dis*, 2020, 31(7): 586-589. DOI: 10.1097/MCA.0000000000000890.
- [25] LI S S, SUN L P, QI L Q, et al. Effect of High Homocysteine Level on the Severity of Coronary Heart Disease and Prognosis After Stent Implantation [J]. *J Cardiovasc Pharmacol*, 2020, 76(1): 101-105. DOI: 10.1097/FJC.0000000000000829.
- [26] CHENG G, CHANG F J, WANG Y, et al. Factors Influencing Stent Restenosis After Percutaneous Coronary Intervention in Patients with Coronary Heart Disease: A Clinical Trial Based on 1-Year Follow-Up [J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25: 240-247. DOI: 10.12659/MSM.908692.
- [27] YEH J K, CHEN C C, HSIEH M J, et al. Impact of Homocysteine Level on Long-term Cardiovascular Outcomes in Patients after Coronary Artery Stenting [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2017, 24(7): 696-705. DOI: 10.5551/jat.36434.
- [28] ZHANG Z P, XIAO S, YANG C Q, et al. Association of Elevated Plasma Homocysteine Level with Restenosis and Clinical Outcomes After Percutaneous Coronary Interventions: a Systemic Review and Meta-analysis [J]. *Cardiovasc Drugs Ther*, 2019, 33(3): 353-361. DOI: 10.1007/s10557-019-06866-0.
- [29] HILLENBRAND R, HILLENBRAND A, LIEWALD F, et al. Hyperhomocysteinemia and recurrent carotid stenosis [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2008, 8: 1. DOI: 10.1186/1471-2261-8-1.
- [30] BAKOYIANNIS C, KARAOLANIS G, MORIS D, et al. Homocysteine as a risk factor of restenosis after carotid endarterectomy [J]. *Int Angiol*, 2015, 34(2): 166-171. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.10.084.
- [31] LAXDAL E, EIDE G E, AMUNDSEN S R, et al. Homocysteine levels, haemostatic risk factors and restenosis after carotid thrombendarterectomy [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2004, 28(3): 323-328. DOI: 10.1016/j.ejvs.2004.06.012.
- [32] 朱青峰, 王国芳, 王千, 等. 颈动脉狭窄支架置入前后同型半胱氨酸变化及与再狭窄的关系 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2008, 11(7): 29-31. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5110.2008.07.014.
- [33] MANSOUR O Y, IBRAHIM A, TALAAT M. Restenosis Predictors after Carotid Angioplasty and Stenting and Its Influence on Procedure Durability, Single-Center Experience [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2017, 26(10): 2215-2222. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.05.003.
- [34] TOPAKIAN R, SONNBERGER M, NUSSBAUMER K, et al. Postprocedural high-density lipoprotein cholesterol predicts carotid stent patency at 1 year [J]. *Eur J Neurol*, 2008, 15(2): 179-184. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2007.02026.x.
- [35] MIURA Y, KANAMARU H, YASUDA R, et al. Nonfasting Triglyceride as an Independent Predictor of Carotid Restenosis After Carotid Endarterectomy or Carotid Artery Stenting [J]. *World Neurosurg*, 2021, 156: e415-e425. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.09.091.
- [36] 胡利刚, 唐景峰, 张洁, 等. 颈动脉重度狭窄患者斑块最大厚度对颈动脉支架成形术后再次狭窄预测价值研究 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2020, 23(14): 1241-1245. DOI: 10.12083/SYSJ.2020.14.281.
- [37] HUANG H, WU L S, GUO Y P, et al. Treatment of the Carotid In-stent Restenosis: A Systematic Review [J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 748304. DOI: 10.3389/fneur.2021.748304.