

本文引文格式:王周,汤可,王子璇,等. 颈动脉粥样硬化的影响因素及风险预测模型的构建与验证[J]. 右江民族医学院学报, 2025, 47(3): 422-426.

【论著与临床报道】

颈动脉粥样硬化的影响因素及风险预测模型的构建与验证

王周¹, 汤可¹, 王子璇¹, 陈燕¹, 金岳龙¹, 姚应水¹, 余结根^{1,2}

(1. 皖南医学院公共卫生学院, 安徽 芜湖 241002;

2. 皖南医学院人文与管理学院, 安徽 芜湖 241002)

摘要:目的 探讨颈动脉粥样硬化的影响因素并构建风险预测模型。方法 收集2024年7月~10月某医科大学第一附属医院健康管理中心3697例健康体检人员资料,依彩超检查分病例组(1511例,彩超确诊颈动脉粥样硬化)与对照组(2186例,彩超检查阴性)。收集年龄、性别、BMI、吸烟饮酒史、病史及多项血液指标等信息,采用独立样本 t 检验、 χ^2 检验、Logistic回归分析及R4.4.2软件和rms程序包构建列线图模型,并采用校准曲线和ROC曲线评估该列线图模型的预测能力。结果 病例组与对照组在单因素分析显示年龄、高血压史、糖尿病史、吸烟史和饮酒史、BMI、空腹血糖、总胆固醇、低密度脂蛋白、尿酸比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。多因素Logistic回归分析显示年龄、性别、高血压史、吸烟史、低密度脂蛋白是独立危险因素,高血压史、吸烟史、低密度脂蛋白升高显著增加患病风险。风险预测模型ROC曲线下面积为0.908(95% CI: 0.899~0.917), $P < 0.001$ 。结论 本研究确定了颈动脉粥样硬化独立危险因素,构建的风险模型有一定预测价值,为临床诊疗和健康管理提供参考性。

关键词: 颈动脉粥样硬化; 影响因素; 危险因素; 风险预测模型; 列线图

中图分类号: R543.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-5817(2025)03-0422-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-5817.2025.03.008

Influencing factors of carotid atherosclerosis and the construction and validation of a risk prediction model

WANG Zhou¹, TANG Ke¹, WANG Zixuan¹, CHEN Yan¹, JIN Yuelong¹, YAO Yingshui¹, YU Jiegen^{1,2}

(1. School of Public Health, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui, China;

2. School of Humanities and Management, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui, China)

Abstract: **Objective** To explore the influencing factors of carotid atherosclerosis and construct a risk prediction model. **Methods** Data from 3697 individuals who underwent health checkups at the Health Management Center of the First Affiliated Hospital of a certain medical university from July to October 2024 were collected. Based on color Doppler ultrasound examination, the subjects were divided into a case group (1511 cases, diagnosed with carotid atherosclerosis by color Doppler ultrasound) and a control group (2186 cases, negative results in color Doppler ultrasound examination). Information such as age, gender, body mass index (BMI), smoking and alcohol consumption history, medical history, and multiple blood indicators was collected. Independent samples t -test, χ^2 test, and logistic regression analysis, R 4.4.2 software and the rms package were used to construct a nomogram model. The predictive ability of the nomogram model was evaluated using calibration curves and receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** Univariate analysis between the case and control groups showed statistically significant differences ($P < 0.05$) in age, history of hy-

基金项目: 国家自然科学基金项目(81874280);安徽省高校优秀科研创新团队(2024AH010046);安徽省高校科研项目计划重大项目(2024AH040247);安徽省高校中青年教师培养行动学科(专业)带头人培育项目(DTR2024031)

第一作者: 王周,在读硕士研究生,研究方向:慢性病与流行病学, E-mail: 2047583286@qq.com

通讯作者: 余结根, 硕士, 教授, 研究方向: 慢性病与流行病学, E-mail: whyuj@163.com

hypertension, history of diabetes, smoking history, alcohol consumption history, BMI, fasting blood glucose, total cholesterol, low-density lipoprotein (LDL), and uric acid levels. Multivariate logistic regression analysis revealed that age, gender, history of hypertension, smoking history, and LDL were independent risk factors. A history of hypertension, smoking history, and elevated LDL levels significantly increased the risk of the disease. The area under the ROC curve of the risk prediction model was 0.908(95% CI: 0.899~0.917), with $P < 0.001$. **Conclusion** This study identified independent risk factors for carotid atherosclerosis. The constructed risk model has certain predictive value, providing a reference for clinical diagnosis, treatment, and health management.

Key words: carotid atherosclerosis; influencing factors; risk factors; risk prediction model; nomogram

颈动脉粥样硬化作为心脑血管疾病的重要危险因素,其发病率在全球范围内呈逐年上升趋势,严重威胁着人类的健康^[1]。早期识别颈动脉粥样硬化的危险因素并构建有效的预测模型,对于疾病的预防、诊断和治疗具有至关重要的意义。颈动脉作为向脑部供血的主要血管,其硬化病变可导致脑部血流灌注减少,进而增加缺血性脑卒中的发病风险^[2]。此外,颈动脉粥样硬化还与冠心病、认知功能障碍等多种心血管和神经系统疾病密切相关^[3-4]。因此,深入研究颈动脉粥样硬化的影响因素,不仅有助于降低颈动脉粥样硬化本身的危害,还能对相关并发症的预防起到积极作用。既往研究^[5-6]已发现年龄、高血压、高血脂、吸烟等因素与颈动脉粥样硬化存在关联,但由于研究人群、研究方法和检测指标的差异,各因素的具体作用及相互关系仍有待进一步明确。同时,随着医学研究的不断进展,新的危险因素和潜在机制不断被揭示,有必要在更大样本量的人群中进行综合分析,以便全面地了解颈动脉粥样硬化的发病机制。本研究旨在探讨颈动脉粥样硬化的影响因素,并构建风险预测模型,为临床实践提供更准确、实用的决策依据,为进一步开展相关研究奠定基础。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究经医院伦理委员会准许,伦理审批号为(2018)伦审研第(32)号。收集 2024 年 7 月至 2024 年 10 月在某医科大学第一附属医院就诊的 3 697 例患者为研究对象,根据彩超检查结果分为两组:彩超检查存在颈动脉粥样硬化的患者为病例组($n = 1 511$);结果是阴性的患者为对照组($n = 2 186$)。病例组中男性 1 096 例,女性 415 例,平均年龄(62.77 ± 10.31)岁;对照组中男性 1 270 例,女性 916 例,平均年龄(42.63 ± 11.26)岁。排除标准:①急性脑血管事件急性期;处于急性脑梗死、脑出血等脑血管事件急性期(发病 < 2 周)的患者;②严重心肺功能不全;③肾功能严重受损;④其他血管炎性疾病;⑤因手术、外伤、放疗、夹层或炎性反应导致的头颈部血管狭窄或闭塞。样本数选择的标准:①参考既往研究;借鉴同类颈

动脉粥样硬化影响因素及风险预测模型研究。参考其他相似研究设计和人群特征的研究样本量,本研究因需更深入分析及构建模型,在此基础上适当增加,最终确定为 3 697 例,以保障结果可靠性与代表性;②基于研究设计:采用横断面研究设计,依据总体特征、预期患病率(假设 $P = 30\%$)、允许误差($d = 5\%$)、检验效能($1 - \beta = 0.8$, 双侧检验 $\alpha = 0.05$, 对应 $Z_{\alpha/2} = 1.96$, $Z_{\beta} = 0.84$),用两样本率比较公式:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \times 2 \times P(1-P)}{(P1 - P2)^2}$$

($P1, P2$ 为病例组和对照组预期率,设对照组 $P2 = 10\%$,计算得 $n = 82.32$)。但实际会扩大样本量,分别确定病例组与对照组数量;③满足统计方法:研究涉及独立样本 t 检验、 χ^2 检验、Logistic 回归分析及列线图模型构建等。以 Logistic 回归为例,为稳定估计参数、筛选危险因素,按每个自变量至少需 15 个事件数(颈动脉粥样硬化发生),5 个自变量至少需 75 例病例。综合研究复杂性与可靠性,最终纳入病例组 1 511 例,对照组 2 186 例,确保统计结果准确稳定。

1.2 方法 收集患者有关信息,主要包括年龄、性别、身体质量指数(BMI)、吸烟史、饮酒史、高血压病史、糖尿病史、空腹血糖(GLU)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL-C)、低密度脂蛋白(LDL-C)、尿酸(UA)等。BMI=体重(kg)/身高(m^2)。

1.3 统计学方法 用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。计数资料以 [$n(\%)$] 表示,行 χ^2 检验;计量资料用以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,行独立样本 t 检验;采用 Logistic 回归分析颈动脉粥样硬化发生的危险因素。采用 R4.4.2 软件和 rms 程序包构建列线图模型,采用校准曲线和 ROC 曲线并计算曲线下面积用以评估该列线图模型的预测能力。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较 结果显示,病例组在平均年龄、男性占比、高血压史占比、糖尿病史占比、吸烟史和饮酒史的占比、BMI 及各生化指标(TG、HDL-C 指标除外)上均高于对照组($P < 0.05$),见表 1。

表 1 两组对象一般资料比较

变量	病例组 (n = 1 511)	对照组 (n = 2 186)	t / χ^2	P
年龄/岁	62.77 ± 10.31	42.63 ± 11.26	56.202	<0.001
男性/女性	1096/415	1270/916	80.830	<0.001
高血压病史	810(53.61)	434(19.85)	455.909	<0.001
糖尿病史	197(13.04)	72(3.29)	125.733	<0.001
吸烟史	382(25.28)	459(21.00)	9.331	0.002
饮酒史	464(30.71)	591(27.04)	5.909	0.015
BMI/(kg · m ⁻²)	24.27 ± 3.11	23.80 ± 3.28	4.322	<0.001
GLU/(mmol · L ⁻¹)	5.60 ± 1.42	5.10 ± 0.99	11.668	<0.001
TC/(mmol · L ⁻¹)	4.69 ± 0.96	4.60 ± 0.83	3.053	0.002
TG/(mmol · L ⁻¹)	1.79 ± 1.39	1.72 ± 1.48	1.455	0.146
HDL-C/(mmol · L ⁻¹)	1.39 ± 0.31	1.38 ± 0.28	1.063	0.297
LDL-C/(mmol · L ⁻¹)	2.38 ± 0.75	2.32 ± 0.64	2.350	0.019
UA/(mmol · L ⁻¹)	364.45 ± 90.32	342.86 ± 87.23	7.245	<0.001

注:表内计量资料数据以($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料数据用[n(%)]表示。

2.2 颈动脉粥样硬化影响因素的多因素 Logistic 回归分析 以是否发生颈动脉粥样硬化为因变量,将单因素分析结论有价值的自变量 (P < 0.10) 引进回归方程。赋值情况以及参照对比情况,见表 2。结果显

示,性别为男性、年龄增加、有高血压史、有吸烟史、LDL-C 升高均为颈动脉粥样硬化发生的危险因素 (P < 0.05),见表 3。

表 2 颈动脉粥样硬化影响因素的赋值情况以及参照对比

因素	赋值情况	参照对比
性别	男性=1,女性=2	以女性为参照
年龄	实际测量值(连续变量)	每增加 1 岁为变化单位,无特定参照值(连续变量)
高血压史	有=1,无=0	以无高血压史为参照
吸烟史	有=1,无=0	以无吸烟史为参照
LDL-C	实际测量值(连续变量)	每增加一个单位测量值(如 1 mmol/L)为变化单位,无特定参照值(连续变量)

表 3 颈动脉粥样硬化影响因素的多因素 Logistic 回归分析

因素	B	SE	Wald χ^2	P	OR	95% CI
性别	0.560	0.114	24.216	<0.001	1.571	2.188~1.401
年龄	0.172	0.006	792.790	<0.001	1.187	1.173~1.201
高血压史	0.329	0.100	10.890	0.001	1.389	1.143~1.689
吸烟史	0.391	0.119	10.781	0.001	1.478	1.171~1.867
LDL-C	0.168	0.069	5.866	0.015	1.183	1.033~1.355
GLU	-0.160	0.043	0.136	0.713	0.984	0.904~1.071
TC	0.007	0.087	0.006	0.940	1.007	0.849~1.194
UA	0.000	0.001	0.052	0.820	1.000	0.999~1.001
常量	-9.361	0.397	555.577	<0.001		

2.3 发生颈动脉粥样硬化的风险预测列线图模型的构建与验证 根据多因素 Logistic 回归分析得出的结果,以此为基础构建颈动脉粥样硬化的风险预测列线图模型,见图 1。通过将原始数据(即发生颈动脉粥样硬化的数据),重复抽样 1 000 次对模型进行内部验证后发现校准曲线趋近于理想曲线,见图 2。ROC 曲线分析结果显示,该列线图模型预测发生颈动脉粥样硬化的曲线下面积(AUC)为 0.908(95% CI :0.899~0.917),表明该模型区分度良好,见图 3。

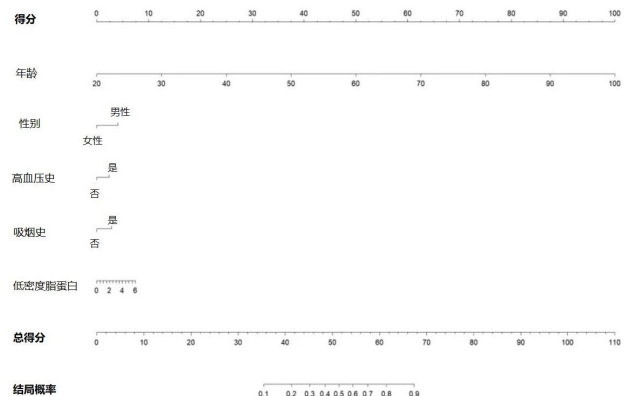


图 1 发生颈动脉粥样硬化的风险预测列线图模型构建

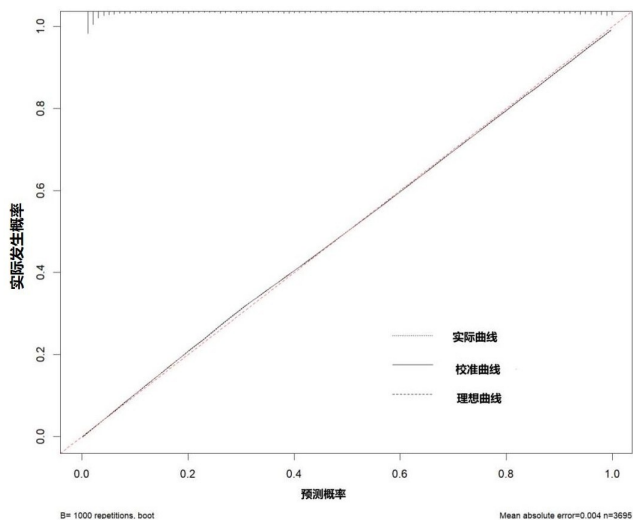


图 2 列线图模型预测患者发生颈动脉粥样硬化的校准曲线

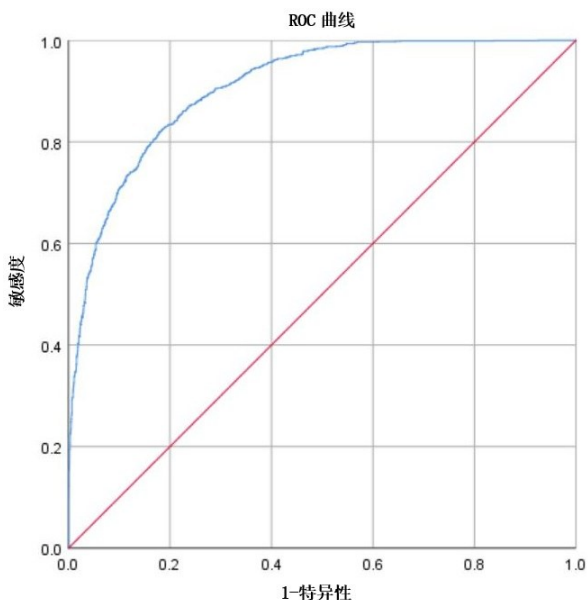


图 3 列线图模型预测患者发生颈动脉粥样硬化的 ROC 曲线

3 讨论

近年来,心脑血管疾病在我国疾病占据首要位置,发病率呈逐年上升趋势。《中国心血管健康与疾病报告 2023》数据显示,我国心脑血管疾病现患人数推算有 3.3 亿人,其中脑卒中 1 300 万,冠心病 1 139 万^[7]。而颈动脉粥样硬化为心脑血管疾病的常见原因。颈动脉粥样硬化是一种多方面疾病,其特征是动脉粥样硬化斑块在颈动脉内进行性积累^[8]。作为局部血管动脉粥样硬化的一种表现,颈动脉粥样硬化的持续发展是缺血性卒中的主要且可能可预防的原因^[9]。颈动脉粥样硬化的早期表现(例如间歇性头晕或轻度头痛)很轻微,通常会导致漏诊。随着颈动脉粥样硬化的进展,它严重影响个人的身心健康,给他们的家庭带来巨大的经济压力。因此,早期预测和预防颈动脉粥

样硬化对于降低后续心脑血管事件的风险至关重要。

本研究通过多因素 Logistic 回归分析发现,年龄、性别、高血压史、吸烟史、低密度脂蛋白是颈动脉粥样硬化的独立危险因素。年龄的增长与颈动脉粥样硬化风险呈显著正相关,这与以往研究结果一致^[10],提示随着年龄增加,血管壁的生理结构和功能逐渐发生改变,如血管弹性下降、内膜增厚等,从而促进了动脉硬化的发展。性别方面,女性较男性患颈动脉粥样硬化的风险更低,可能与女性体内雌激素的保护作用有关^[11]。雌激素具有抗氧化、抗炎和血管舒张等特性,有助于维持血管内皮的正常功能。然而,绝经后女性雌激素水平下降,其颈动脉粥样硬化风险可能会增加,这也提示在临床实践中应关注绝经后女性的血管健康^[12]。高血压史和吸烟史是可干预的重要危险因素^[13]。高血压会导致血管壁长期承受过高压力,损伤内皮细胞,引发一系列病理生理反应,如平滑肌细胞增殖、胶原沉积等,加速动脉硬化进程^[14]。吸烟则可通过多种途径损害血管内皮,增加血液黏稠度,促进血栓形成,进而增加颈动脉粥样硬化的发病风险。因此,积极控制血压和戒烟对于预防颈动脉粥样硬化至关重要。低密度脂蛋白在颈动脉粥样硬化发生中也起到重要作用。高水平的 LDL-C 容易被氧化修饰,形成氧化低密度脂蛋白,后者可被巨噬细胞吞噬,形成泡沫细胞,堆积在血管壁内,导致动脉粥样硬化斑块的形成和发展^[15]。这强调了血脂管理在预防颈动脉粥样硬化中的重要性^[16]。

基于上述独立危险因素构建的风险预测模型 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.908,表明该模型具有良好的区分能力。这意味着该模型能够较为准确地识别出颈动脉粥样硬化患者和非患者,对于临床早期筛查和诊断具有重要意义。通过将患者的相关危险因素信息代入模型,可以计算出个体发生颈动脉粥样硬化的风险概率,有助于临床医生制定个性化的预防和治疗策略,对高危人群进行早期干预,从而降低颈动脉粥样硬化相关疾病的发生率。

本研究结果与众多国内外相关研究基本一致。许多研究均证实了年龄、高血压、吸烟和血脂异常是颈动脉粥样硬化的主要危险因素^[17-18]。然而,不同研究在危险因素的相对重要性和具体效应大小上可能存在一定差异,这可能与研究人群的特征(如地域、种族、生活习惯等)、研究设计(横断面研究、队列研究等)以及检测方法的不同有关。例如,一些研究可能纳入了更广泛的心血管危险因素或采用了更先进的影像学技术来评估颈动脉病变,从而得出更为细致的结果。

本研究结果对临床实践具有一定的指导意义。临床医生可以根据本研究确定的危险因素,对患者进行

较全面的风险评估。为降低多种疾病风险,需加强健康宣教,倡导正确生活习惯,比如避免吸烟和酗酒,注重营养均衡,定期锻炼,保持良好的情绪状态,并且及早采取措施预防和干预可能引发心血管疾病的不良后果。此外,针对那些血液疾病的高危人群,还需要通过控制血糖,调节血脂等措施改善代谢指标。风险预测模型可以整合到临床决策支持系统中,帮助医生更准确地识别颈动脉粥样硬化高危患者,及时采取干预措施,如进一步的检查(如颈动脉超声、血管造影等)和治疗,提高医疗资源的利用效率,改善患者的预后。

本研究为横断面研究,虽然能够发现危险因素与颈动脉粥样硬化之间的关联,但无法确定因果关系。例如,无法明确是高血压导致了颈动脉粥样硬化,还是颈动脉粥样硬化引起了血压升高。未来,为了更好地探索危险因素与疾病发生发展之间的因果关系,应当进行大规模、多样化的前瞻性队列研究和随机对照试验,以便为制定有效的干预措施提供可靠的证据支持。准确性仍需后续进一步验证。本研究构建的风险预测模型仅进行了内部验证,尚未在外部人群中验证。不同地区人群在遗传背景、生活方式等方面存在差异,可能影响模型的预测效果。因此,该模型的准确性和普适性仍需在更多不同特征人群中进行外部验证,以确保其能广泛应用于临床实践。

综上所述,本研究发现颈动脉粥样硬化的独特危险因素,并建立了一个可以预测其发病风险的模型。尽管这些发现存在一些局限性,但它们仍然为颈动脉粥样硬化的预防、诊断和治疗提供了重要的参考。未来需要进一步深入研究,以更全面地揭示颈动脉粥样硬化的发病机制,优化风险预测模型,制定更有效的干预策略,降低颈动脉粥样硬化相关疾病的负担。

参考文献:

[1] DAI G K, CAI X S, YE C J, et al. A cross-sectional study of factors associated with carotid atherosclerosis[J]. *Front Physiol*, 2024, 15: 1434173.

[2] JIA H, LI H, ZHANG Y, et al. Association between red blood cell distribution width (RDW) and carotid artery atherosclerosis (CAS) in patients with primary ischemic stroke[J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2015, 61(1): 72-75.

[3] 王陇德, 彭斌, 张鸿祺, 等. 《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.

[4] FORGO B, MEDDA E, HERNYES A, et al. Carotid artery atherosclerosis: a review on heritability and genetics[J]. *Twin Res Hum Genet*, 2018, 21(5): 333-346.

[5] 陈婧, 药华. 超声测量心外膜脂肪厚度与中青年缺血性脑卒中的相关性研究[J]. *川北医学院学报*, 2024, 39(10):

1420-1423.

[6] FU J Z, DENG Y H, MA Y, et al. National and provincial-level prevalence and risk factors of carotid atherosclerosis in Chinese adults[J]. *JAMA network open*, 2024, 7(1): e2351225.

[7] 国家心血管病中心, 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 2023 概要[J]. *中国循环杂志*, 2024, 39(7): 625-660.

[8] ZHANG X S, TANG C P, WANG S H, et al. A stacking ensemble model for predicting the occurrence of carotid atherosclerosis[J]. *Front Endocrinol*, 2024, 15: 1390352.

[9] ZHOU A, ZHU W, XU P, et al. Carotid contrast-enhanced ultrasonography combined with sirtuin-3 in the diagnosis of plaques in carotid atherosclerosis[J]. *Adv Clin Exp Med*, 2022, 31(12): 1319-1326.

[10] HABERKA M, SKILTON M, BIEDROŃ M, et al. Obesity, visceral adiposity and carotid atherosclerosis[J]. *J Diabetes Complications*, 2019, 33(4): 302-306.

[11] LIU Y, LIU G F, WU H J, et al. Sex differences in non-communicable disease prevalence in China: a cross-sectional analysis of the China Health and Retirement Longitudinal Study in 2011[J]. *BMJ open*, 2017, 7(12): e017450.

[12] 王雪华, 祖可来·艾力江, 李红建, 等. 血浆致动脉硬化指数与绝经后女性高血压患者颈动脉硬化的相关性及其诊断价值[J]. *重庆医学*, 2023, 52(8): 1128-1132, 1136.

[13] WANG Y Q, LI L J, LI Y, et al. The impact of dietary diversity, lifestyle, and blood lipids on carotid atherosclerosis: a cross-sectional study[J]. *Nutrients*, 2022, 14(4): 815.

[14] 刘东亮, 高素颖, 颜应琳, 等. 老年高血压患者颈动脉粥样硬化相关因素分析[J]. *心肺血管病杂志*, 2020, 39(8): 936-941.

[15] 邹卓群, 仇燕, 仲怀琴, 等. 低密度脂蛋白胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇比值与老年人颈动脉粥样硬化的关系[J]. *华南预防医学*, 2024, 50(7): 645-648.

[16] 武艳, 高世超, 张洁, 等. 常规体检指标对颈动脉硬化发生的预测价值[J]. *标记免疫分析与临床*, 2024, 31(4): 647-652.

[17] SONG P G, XIA W, ZHU Y J, et al. Prevalence of carotid atherosclerosis and carotid plaque in Chinese adults: a systematic review and meta-regression analysis[J]. *Atherosclerosis*, 2018, 276: 67-73.

[18] ALSALMI D K, ABDEEN R. Prevalence and risk factors of carotid artery stenosis (CAS) among cardiac surgery patients[J]. *Cureus*, 2023, 15(4): e37634.

收稿日期: 2025-03-10; 修回日期: 2025-05-18

(本文编辑 覃黎黎)