

· 论 著 ·

心血管病高危人群预测模型研究

周梓萌¹, 洪忻^{1,2}

1.徐州医科大学公共卫生学院, 江苏 徐州 221004; 2.南京市疾病预防控制中心, 江苏 南京 210003

摘要: **目的** 通过南京市35~79岁居民心血管病(CVD)高危人群调查, 建立CVD高危人群预测模型。**方法** 于2020—2021年采用多阶段分层整群随机抽样方法, 抽取南京市35~79岁居民为调查对象, 通过问卷调查、体格检查和实验室检测收集人口学信息、生活方式和血生化指标等资料。参照《中国心血管病风险评估和管理指南》《中国成人血脂异常防治指南(2016年修订版)》判定CVD高危人群, 采用多因素logistic回归模型分析CVD高危人群的影响因素; 建立列线图, 并采用受试者操作特征(ROC)曲线评价预测效果; 采用Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评价拟合效果; 采用Bootstrap法进行内部校验。**结果** 调查38 428人, 其中男性17 970人, 占46.76%; 女性20 458人, 占53.24%。35~<60岁为主, 25 714人占66.91%。检出CVD高危人群8 905人, 检出率为23.17%。多因素logistic回归模型筛选出9个CVD高危人群的影响因素, 建立预测模型为 $\ln [P/(1-P)] = -7.305 + 2.107 \times \text{年龄} - 0.366 \times \text{性别} + 0.299 \times \text{婚姻状况} - 0.297 \times \text{文化程度} + 0.631 \times \text{体质指数} + 0.013 \times \text{睡眠时间} + 0.096 \times \text{食用盐摄入} + 0.444 \times \text{吸烟} - 0.069 \times \text{饮酒}$ 。ROC曲线下面积为0.799 (95%CI: 0.794~0.805), 灵敏度和特异度分别为0.731和0.753, 区分度较好。构建的列线图模型校准度和稳定性均较好。**结论** 通过年龄、性别、婚姻状况、文化程度、体质指数、睡眠时间、食用盐摄入、吸烟和饮酒9个因素构建的列线图可用于预测居民CVD高危风险。

关键词: 心血管病高危人群; 影响因素; 列线图

中图分类号: R54 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2024) 03-0211-05

A prediction model of high-risk population for cardiovascular diseases

ZHOU Zimeng¹, HONG Xin^{1,2}

1.School of Public Health, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu 221004, China;

2.Nanjing Center for Disease Control and Prevention, Nanjing, Jiangsu 210003, China

Abstract: Objective To investigate the proportion of high-risk population for cardiovascular diseases (CVD) among residents at ages of 35 to 79 in Nanjing City, and establish a prediction model of high-risk population for CVD. **Methods** Residents at ages of 35 to 79 years were selected from Nanjing City using a multi-stage stratified cluster random sampling method from 2020 to 2021. Participants' demographic information, characteristics of lifestyle and blood biochemical index were collected using questionnaire surveys, physical examination and laboratory testing. The high-risk population for CVD were determined according to the Chinese Guidelines for Cardiovascular Disease Risk Assessment and Management, and the Chinese Guidelines for the Prevention and Treatment of Adult Dyslipidemia (2016 Revision). Predictive factors for high-risk population for CVD were screened using a multivariable logistic regression model. A nomogram was established and verified with receiver operation characteristic (ROC) curve. Hosmer-Lemeshow goodness of fit test was used to evaluate the fitting effect and Bootstrap method was used for internal verification. **Results** A total of 38 428 individuals were surveyed, including 17 970 males (46.76%) and 20 458 females (53.24%), and 25 714 individuals aged 35 to 59 years. There were 8 905 high-risk population for CVD, with a detection rate of 23.17%. Multivariable logistic regression analysis identified 9 factors affecting high-risk population for CVD. A prediction model was established for $\ln [P/(1-P)] = -7.305 + 2.107 \times \text{age} - 0.366 \times \text{gender} + 0.299 \times \text{marital status} - 0.297 \times \text{educational level} + 0.631 \times \text{body mass}$

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2024.03.007

基金项目: 南京市卫生科技发展专项资金项目 (ZKX21054)

作者简介: 周梓萌, 硕士研究生在读, 公共卫生专业

通信作者: 洪忻, E-mail: nj_hongxin@126.com

index+0.013×sleep duration+0.096×edible salt intake+0.444×smoke-0.069×alcohol consumption. The area under ROC curve was 0.799 (95%CI: 0.794-0.805), the sensitivity and specificity were 0.731 and 0.753, indicating good differentiation. The nomogram based on the above factors indicated good calibration and stability. **Conclusion** The nomogram constructed by age, gender, marital status, educational level, body mass index, sleep duration, edible salt intake, smoking and alcohol consumption can be used to predict high-risk population for CVD.

Keywords: cardiovascular diseases high-risk population; influencing factor; nomogram

心血管病 (cardiovascular diseases, CVD) 是一类循环系统疾病, 具有高发病率、高致残率和高死亡率的特点^[1-3]。早期发现和评估 CVD 高危可预防 CVD 发病和降低疾病负担^[4-5]。列线图模型是一种可靠的统计建模工具, 通过整合各个预测参数, 建立可视化的统计学预测模型, 预测个体实际发生事件的概率^[6]。目前关于 CVD 风险预测模型的研究大多聚焦于糖尿病和高血压人群^[7-8], 对南京市常住居民 CVD 高危人群进行调查, 建立 CVD 高危人群预测列线图模型, 为 CVD 高危人群筛查和早期预防提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象

于 2020—2021 年, 采用多阶段分层整群随机抽样方法抽取南京市 35~79 岁常住居民进行调查。按照地理位置和经济发展水平选取主城区和非主城区各 2 个; 采用人口规模排序的系统抽样方法, 在每个街道/乡镇随机抽取 4 个居委会 (行政村); 每个抽中的居委会 (行政村) 以不少于 60 户的规模划分为若干个居民 (村民) 小组, 并采用简单随机抽样方法抽取 2 个居民 (村民) 小组; 每个居民 (村民) 小组选取 60 户, 调查每户 35~79 岁常住居民。排除 60 名资料缺失的研究对象, 最终纳入 38 428 人。本研究通过南京市疾病预防控制中心伦理委员会审查 (PJ2020-B001-01)。调查对象均自愿参与并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查

由参加过统一培训且具有专业技术职称的调查员面对面调查, 内容包括性别、年龄、文化程度、婚姻状况等社会人口学信息, 饮酒、吸烟等行为, 以及糖尿病、高血压等慢性病患者情况。吸烟指累积吸烟 ≥ 100 支且目前仍吸烟^[9]。饮酒指平均饮酒 (白酒、葡萄酒、啤酒或黄酒) ≥ 1 次/周^[10]。睡眠时间: < 7 h 为睡眠不足, $7\sim 9$ h 为睡眠充足, > 9 h 为睡眠过多^[11]。体力活动: < 150 min/周为活动不足, ≥ 150 min/周为活动充足^[12]。

1.2.2 体格检查与实验室检测

采用电子身高体重仪测量身高和体重, 计算体质

指数 (BMI), 参照《中国成人超重和肥胖症预防控制指南》, BMI < 18.5 kg/m² 为体重过低, $18.5\sim < 24.0$ kg/m² 为体重正常, $24.0\sim < 28.0$ kg/m² 为超重, ≥ 28.0 kg/m² 为肥胖^[13]。采用欧姆龙 HBP-1300 电子血压计 (1 mmHg=0.133 kPa) 测量血压, 测量前 30 min 避免剧烈活动, 共测量 3 次, 每次间隔 1 min, 取后 2 次血压值的均值。采集空腹静脉血, 采用全自动生化分析仪检测空腹血糖和血脂^[14]。

1.2.3 CVD 高危人群评估

参照《中国心血管病风险评估和管理指南》《中国成人血脂异常防治指南 (2016 年修订版)》, 符合以下 4 项标准之一, 即判定为 CVD 高危人群: (1) 有心血管病史; (2) 空腹状态下, 总胆固醇 (TC) ≥ 7.2 mmol/L 或低密度脂蛋白 (LDL-C) ≥ 4.9 mmol/L; (3) 采用中国动脉粥样硬化性心血管病风险预测模型进行心血管病 10 年风险评估并进行风险分层, 风险 $\geq 10\%$ 为高危^[15]; (4) 采用国人缺血性心血管病 10 年发病危险评估表, 确定绝对危险度并划分 10 年绝对风险等级, 绝对危险度 $\geq 10\%$ 为高危^[16]。

1.2.4 CVD 高危人群预测列线图建立和评价

采用 SPSS 25.0 和 R 4.3.2 软件统计分析, 建立多因素 logistic 回归模型筛选 CVD 高危人群的影响因素, 建立 CVD 高危人群预测列线图。绘制受试者操作特征曲线 (receiver operating characteristic, ROC), 以曲线下面积 (area under the curve, AUC) 评估该列线图模型的区分度, AUC 值 > 0.75 认为区分能力较好。采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验评估该列线图模型的拟合情况, $P > 0.05$ 提示预测模型校准度较好。采用 Bootstrap 法重复抽样 1 000 次进行内部交叉验证, 平均错误率越接近 0 代表模型预测的稳定性越好。通过一致性系数 (C-index) 绘制校准图评价模型预测的准确率, C-index 越接近 1 代表模型预测值和实际值的一致性越好。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

调查 38 428 人, 其中男性 17 970 人, 占

46.76%; 女性 20 458 人, 占 53.24%。年龄 35~<60 岁 25 714 人, 占 66.91%; ≥60 岁 12 714 人, 占 33.09%。婚姻状况以已婚/同居为主, 35 982 人占 93.63%。小学及以下学历 15 829 人, 占 41.19%; 初中/高中 19 594 人, 占 50.99%; 大专及以上 3 005 人, 占 7.82%。吸烟 10 630 人, 占 27.66%。饮酒 9 890 人, 占 25.74%。

2.2 CVD 高危人群检出情况

检出 CVD 高危人群 8 905 人, 检出率为 23.17%。年龄≥60 岁、男性、未婚/离异/丧偶、体力活动不足、食用盐摄入超标、食用油摄入超标、吸烟和饮酒的居民 CVD 高危人群检出率较高; 不同文化程度、BMI 和睡眠时间的居民 CVD 高危人群检出率差异有统计学意义 (均 $P<0.05$)。见表 1。

2.3 CVD 高危人群风险预测列线图

以 CVD 高危人群为因变量 (0=否, 1=是), 以单因素分析中差异有统计学意义的因素为自变量做多因素 logistic 回归分析 (逐步回归法, $\alpha_{入}=0.05$, $\alpha_{出}=0.10$), 筛选出 9 个变量建立南京市居民 CVD 高危人群风险预测列线图, $\ln [P/(1-P)] = -7.305 + 2.107 \times \text{年龄} - 0.366 \times \text{性别} + 0.299 \times \text{婚姻状况} - 0.297 \times \text{文化程度} + 0.631 \times \text{BMI} + 0.013 \times \text{睡眠时间} + 0.096 \times \text{食用盐摄入} + 0.444 \times \text{吸烟} - 0.069 \times \text{饮酒}$ 。见图 1。

2.4 CVD 高危人群风险预测列线图评价

AUC 值为 0.799 (95%CI: 0.794~0.805), 灵敏度为 0.731, 特异度为 0.753, 提示该模型具有较好的区分度; Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验结果显示模型的拟合情况较好 ($\chi^2=40.929$, $P=0.214$)。Bootstrap 内部验证的平均错误率为 0.005, 模型的稳定性较好; C-index 为 0.799, 校准曲线与理想曲线拟合良好。

3 讨论

结果显示, 南京市 CVD 高危人群检出率为 23.17%, 低于江苏省 (25.57%)^[17], 高于全国 (22.0%)^[18] 和常州市 (15.46%)^[19], 提示南京市 CVD 高危人群检出率较高, 可能与地区经济发展、气候环境和生活习惯等差异有关。男性高危检出率高于女性, 与此前研究结果^[20-21]一致。年龄是影响 CVD 高危人群风险的重要因素之一, 推测与老年人免疫力低下有关^[22-23]。在本研究中, 离异或丧偶等与 CVD 高危人群检出率增加有关, 可能是离异或丧偶导致心理压力增加, 造成了情绪困扰, 影响躯体健康^[18]。本研究表明, 超重和肥胖的居民 CVD 高危人

表 1 CVD 高危人群检出情况比较

Table 1 Comparison of detection of high-risk population for CVD

项目	调查人数	高危人数	检出率/%	χ^2 值	P值
年龄/岁				6 964.093	<0.001
35~	25 714	2 711	10.54		
≥60	12 714	6 194	48.72		
性别				326.552	<0.001
男	17 970	4 910	27.32		
女	20 458	3 995	19.53		
婚姻状况				228.417	<0.001
未婚/离异/丧偶	2 446	872	35.65		
已婚/同居	35 982	8 033	22.33		
文化程度				917.180	<0.001
小学及以下	15 829	4 844	30.60		
初中/高中	19 594	3 717	18.97		
大专及以上	3 005	344	11.45		
BMI				918.839	<0.001
体重过低/正常	16 068	2 636	16.41		
超重	16 100	4 105	25.50		
肥胖	6 260	2 164	34.57		
睡眠时间				176.275	<0.001
充足	23 752	5 063	21.32		
不足	11 273	2 790	24.75		
过多	3 403	1 052	30.91		
体力活动				8.152	0.004
不足	31 225	7 328	23.47		
充足	7 203	1 577	21.89		
食用盐摄入				123.248	<0.001
不超标	12 628	2 495	19.76		
超标	25 800	6 410	24.84		
食用油摄入				46.838	<0.001
不超标	9 875	2 041	20.67		
超标	28 553	6 864	24.04		
吸烟				334.487	<0.001
是	10 630	3 140	29.54		
否	27 798	5 765	20.74		
饮酒				31.568	<0.001
是	9 890	2 495	25.23		
否	28 538	6 410	22.46		

群检出率较高, 与国内外研究结果^[24-25]一致。及时发现体重异常并采取相应措施对于 CVD 的防治有重要意义。文化程度高的居民 CVD 高危人群检出率较低, 可能是由于其对 CVD 危险因素的认知程度较高, 重视对生活方式的改善^[26]。睡眠时间不足和过多的居民 CVD 高危人群检出率均较高, 可能是细胞抗氧化酶的活性降低, 细胞损伤标志物过度表达, 导致交感神经兴奋性增加, 心率变异性降低, 从而影响 CVD 发生。睡眠时间不足也会提高炎症因子水平,

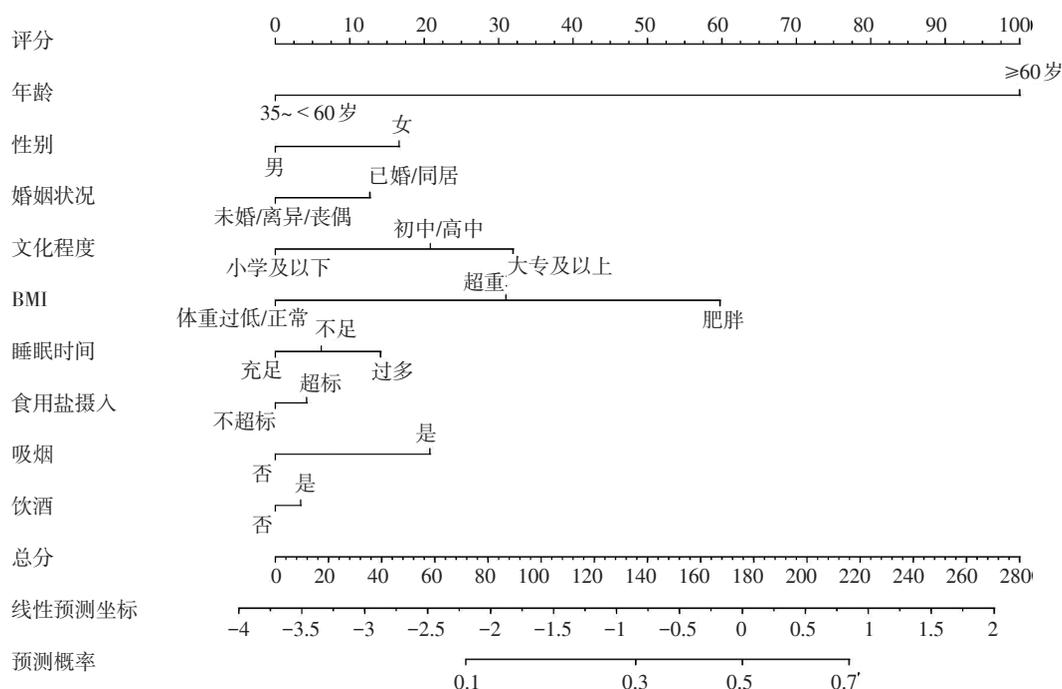


图 1 CVD 高危人群预测列线图

Figure 1 A nomogram for prediction of high-risk population for CVD

如肿瘤坏死因子、C 反应蛋白和白介素-6 等，炎症水平增高与 CVD 发生密切相关^[27-28]。吸烟、饮酒、体力活动不足、食用盐摄入超标和食用油摄入超标的居民 CVD 高危人群检出率较高，建议加强 CVD 相关知识宣传，通过戒烟、限酒、增强体力活动、控盐控油等措施改变生活方式，从而降低 CVD 的患病率和死亡率。

纳入年龄、性别、婚姻状况、文化程度、BMI、睡眠时间、食用盐摄入、吸烟和饮酒建立的 CVD 高危人群预测列线图具有较好的区分度和校准度；Bootstrap 法内部校准提示模型预测值与实际值有较好的一致性，能直观显示各个影响因素的作用大小。可根据列线图建立的预测模型，对 CVD 高危人群风险评估，更好地制定健康管理方案。

参考文献

[1] 向静, 赵廷明, 李鑫, 等. 通江县 35~75 岁居民心血管疾病高危人群调查 [J]. 预防医学, 2021, 33 (6): 609-614.
 [2] 《中国心血管健康与疾病报告 2020》编写组. 《中国心血管健康与疾病报告 2020》要点解读 [J]. 中国心血管杂志, 2021, 26 (3): 209-218.
 [3] 黄文, 汤佳良, 陈康康, 等. 绍兴市心血管疾病高危人群危险因素聚集分析 [J]. 预防医学, 2023, 35 (4): 298-302, 330.
 [4] 吴洵, 覃玉, 崔岚, 等. 江苏省居民心血管病高危人群流行病学特征及其影响因素分析 [J]. 中华流行病学杂志, 2022, 43 (1): 78-84.
 [5] 王巍巍, 苏健, 洪忻, 等. 南京市 35 岁及以上人群缺血性心

管病 10 年发病风险评估 [J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25 (7): 837-842.
 [6] 张秋伊, 顾淑君, 周正元. 常熟市高血压患者血压控制情况及风险预测列线图模型构建 [J]. 江苏预防医学, 2023, 34 (4): 393-397.
 [7] 冶成芳, 任映丽, 王梦卉, 等. 高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型构建 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2023, 31 (12): 54-59.
 [8] 农惠芸, 宁焕, 许霞, 等. 2 型糖尿病合并高血压列线图预测模型构建 [J]. 广西医科大学学报, 2023, 40 (12): 2035-2042.
 [9] 朱梓嫣, 郑频频. 国内外大学生吸烟行为研究进展 [J]. 健康教育与健康促进, 2017, 12 (2): 110-113.
 [10] 施明明, 张晓, 李娜, 等. 居民血脂异常影响因素的列线图分析 [J]. 预防医学, 2019, 31 (5): 460-464.
 [11] REIS C, DIAS S, RODRIGUES A M, et al. Sleep duration, lifestyles and chronic diseases: a cross-sectional population-based study [J]. Sleep Sci, 2018, 11 (4): 217-230.
 [12] SEMBER V, MEH K, SORIĆ M, et al. Validity and reliability of international physical activity questionnaires for adults across EU countries: systematic review and meta analysis [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17 (19): 1-23.
 [13] 中国肥胖问题工作组. 中国成人超重和肥胖症预防与控制指南 (节录) [J]. 营养学报, 2004, 26 (1): 1-4.
 [14] 杜金玲, 周楠, 宋莹倩, 等. 高血压家族史和血脂异常的交互作用对高血压患病风险的影响 [J]. 中华疾病控制杂志, 2022, 26 (6): 651-656.
 [15] 中国心血管病风险评估和管理指南编写联合委员会. 中国心血管病风险评估和管理指南 [J]. 中国循环杂志, 2019, 34 (1): 4-28.

(下转第 218 页)

通过对 2017—2022 年南京市水痘突发公共卫生事件流行特征和空间聚集性分析,提示秋冬季为水痘突发公共卫生事件高发季节,幼托儿童和学生为高危人群,江宁区、高淳区、雨花台区和建邺区为水痘疫情防控的重点区域。建议以上地区重点加强对水痘病例的发现与报告,持续做好水痘疫情的监测与管理。

参考文献

- [1] 何左,周舟,李庆棠.2004—2021年大理白族自治州水痘突发公共卫生事件流行特征分析[J].中华灾害救援医学,2022,10(6):309-313.
- [2] 翟羽佳,林君芬,古雪,等.2010—2018年浙江省传染病突发公共卫生事件特征[J].预防医学,2021,33(1):21-24.
- [3] 徐蕃妮,秦金勇,熊昊,等.2017—2021年广西壮族自治区桂林市布鲁氏菌病流行特征和空间聚集性分析[J].疾病监测,2023,38(9):1-5.
- [4] 奕天飞,沈鹏,平建明,等.2017—2021年鄞州区流行性感胃时空聚集性分析[J].预防医学,2023,35(9):741-745.
- [5] LEE Y H, CHOE Y J, HWANG S S, et al. Spatiotemporal distribution of varicella in the Republic of Korea [J]. J Med Virol, 2022, 94(2): 703-712.
- [6] 裘炯良,郑剑宁,周健,等.趋势面分析法在传染病地理分布研究中的应用[J].中国热带医学,2004,4(5):689-702.
- [7] 胡永娇,王青,邓晶,等.2014—2021年重庆市水痘突发公共卫生事件流行病学特征和处置成本[J].中国疫苗和免疫,2023,29(3):280-284.
- [8] 何飞,马永法,顾春艳,等.2005—2021年盐都区水痘流行特征[J].预防医学,2023,35(1):61-64.
- [9] 卞增惠,张钟,孙红敏,等.南京市2006—2020年水痘突发公共卫生事件流行病学特征[J].现代预防医学,2021,48(24):4510-4513.
- [10] 王森,曾祥,张一平,等.中国2007—2021年水痘突发公共卫生事件流行病学特征[J].中国疫苗和免疫,2023,29(3):274-279.
- [11] 张嘉陵,谷利妞,潘佑记.2011—2019年连云港市水痘突发公共卫生事件流行特征分析[J].实用预防医学,2021,28(2):219-221.
- [12] 陈颖萍,邓璇,何寒青,等.浙江省水痘暴发疫情流行特征分析[J].预防医学,2020,32(4):366-369.
- [13] 杨来宝,王琦璋,汪业胜,等.2015—2019年上海市浦东新区水痘病例时空特征分析[J].职业与健康,2021,37(10):1349-1353.
- [14] 李晓帆,信雪苓,王文成,等.青岛市2006—2019年水痘突发公共卫生事件流行病学特征[J].中国疫苗和免疫,2020,26(3):283-286.

收稿日期:2023-10-27 修回日期:2024-02-01 本文编辑:徐文璐

(上接第214页)

- [16] YANG L, FISH A F, ZHU Y, et al. Sex differences in 10-year ischemic cardiovascular disease risk prediction in Chinese patients with prediabetes and type 2 diabetes [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2019, 19(1):1-7.
- [17] 孙中明,覃玉,张璐珉,等.江苏省城乡居民心血管病高危人群流行病学特征及聚集性分析[J].江苏预防医学,2019,30(1):44-47.
- [18] 李晓莉.心血管病高危人群早期筛查干预研究[J].世界最新医学信息文摘,2019,19(54):39-40.
- [19] 米孝濛,徐文超,潘国才.常州市居民心血管病高危风险特征及共存情况[J].安徽预防医学杂志,2022,28(4):288-292.
- [20] 陈新云,蒋小晶,周小雁,等.成都市社区居民血压分层调查及动脉粥样硬化性心血管病风险评估[J].中华高血压杂志,2020,28(8):776-780.
- [21] 方欣,杨泽,钟文玲,等.福建省缺血性心血管病发病风险评估[J].中国公共卫生,2020,36(8):1139-1142.
- [22] 周彝,盛红艳,薛雨星,等.2016—2018年常熟市居民心血管病高危影响因素研究[J].江苏预防医学,2021,32(4):481-483.
- [23] 季春鹏.血压相关指标对心血管事件和全因死亡的预测价值[D].石家庄:河北医科大学,2021.
- [24] DWIVEDI A K, DUBEY P, CISTOLA D P, et al. Association between obesity and cardiovascular outcomes: updated evidence from meta-analysis studies [J]. Curr Cardiol Rep, 2020, 22:1-19.
- [25] ISO H, CUI R, TAKAMOTO I, et al. Risk classification for metabolic syndrome and the incidence of cardiovascular disease in japan with low prevalence of obesity: a pooled analysis of 10 prospective cohort studies [J]. J Am Heart Assoc, 2021, 10(23):1-42.
- [26] YUSUF S, JOSEPH P, RANGARAJAN S, et al. Modifiable risk factors, cardiovascular disease, and mortality in 155 722 individuals from 21 high-income, middle-income, and low-income countries (PURE): a prospective cohort study [J]. Lancet, 2020, 395(10226):795-808.
- [27] 周丽,阮春燕,周晓丽,等.老年人群睡眠时长及睡眠质量与心血管疾病危险因素的关系研究[J].中华全科医学,2020,18(6):1035-1039.
- [28] 张海庆,邬堂春,张晓敏.中国中老年人群生活方式与心血管病发生风险关联:基于东风同济队列的综述[J].中华疾病控制杂志,2021,25(3):271-275,283.

收稿日期:2023-10-16 修回日期:2024-01-23 本文编辑:刘婧出