

· 论著 ·

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

扫描二维码
查看更多

冶成芳, 任映丽, 王梦卉, 孙乐, 刘园园, 李南方

【摘要】 目的 构建高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型。**方法** 从新疆维吾尔自治区人民医院高血压中心2019年1月建立的塔城地区额敏县自然人群队列中选取高血压前期人群3 690例为研究对象。收集研究对象一般资料、体格检查结果、实验室检查结果。从研究对象入组开始对其进行面对面随访或电话随访, 每6个月随访1次, 随访时间截至2022年12月。根据随访结果, 将研究对象分为对照组和心血管疾病组。采用多因素Logistic回归分析探讨高血压前期人群发生心血管疾病的影响因素; 基于多因素Logistic回归分析结果, 采用R 3.6.3中的rms程序包构建高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型; 采用Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评估该列线图模型的拟合情况, 采用ROC曲线评估该列线图模型的区分度, 采用校准曲线评估该列线图模型的校准度。**结果** 随访结束后共231例研究对象发生了心血管疾病, 心血管疾病发生率为6.3% (231/3 690)。多因素Logistic回归分析结果显示, 年龄、心血管疾病家族史、吸烟、饮酒、锻炼情况、BMI、TC、血红蛋白是高血压前期人群发生心血管疾病的独立影响因素 ($P<0.05$)。基于多因素Logistic回归分析结果, 构建高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型。Hosmer-Lemeshow拟合优度检验结果显示, 该列线图模型的拟合情况较好 ($\chi^2=6.625, P=0.578$)。ROC曲线分析结果显示, 该列线图模型预测高血压前期人群发生心血管疾病的曲线下面积为0.829 [95%CI (0.803, 0.854)]。校准曲线分析结果显示, 该列线图模型预测高血压前期人群的心血管疾病发生率与实际发生率基本一致。**结论** 年龄、心血管疾病家族史、吸烟、饮酒、锻炼情况、BMI、TC、血红蛋白是高血压前期人群发生心血管疾病的独立影响因素, 而基于上述影响因素构建的高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型拟合情况较好, 且具有较好的区分度、校准度。

【关键词】 高血压前期; 心血管疾病; 预测; 列线图

【中图分类号】 R 543 R 54 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2023.00.307

Construction of the Nomogram Model for Predicting the Risk of Cardiovascular Disease in Prehypertensive Populations

YE Chengfang, REN Yingli, WANG Menghui, SUN Le, LIU Yuanyuan, LI Nanfang

Hypertension Center of People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region/Xinjiang Hypertension Institute/National Health Committee Key Laboratory of Hypertension Clinical Research/Key Laboratory of Xinjiang Uygur Autonomous Region "Hypertension Research Laboratory"/Xinjiang Clinical Medical Research Center for Hypertension (Cardio-Cerebrovascular Diseases, Urumqi 830001, China

Corresponding author: LI Nanfang, E-mail: lnanfang2016@sina.com

【Abstract】 Objective To construct the nomogram model for predicting the risk of cardiovascular disease in prehypertensive populations. **Methods** A total of 3 690 persons with prehypertension were selected from the natural population cohort of Emin County, Tacheng District, established by Hypertension Center of People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region in January 2019. General information, physical examination results and laboratory examination results were collected. The subjects were followed up face-to-face or by telephone every 6 months from enrollment, and the follow-up period was up to December 2022. According to the follow-up results, the subjects were divided into control group and cardiovascular disease group. Multivariate Logistic regression analysis was used to explore the influencing factors of cardiovascular disease in prehypertensive population. Based on the results of multivariate Logistic regression analysis, the rms package in R 3.6.3 was used to construct the nomogram model for predicting the risk of cardiovascular disease in prehypertensive population. Hosmer-Lemeshow goodness of fit test was used to evaluate the fit of the nomogram model, ROC curve was used to evaluate the differentiation of the nomogram

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项项目 (2022A03012-2); 新疆维吾尔自治区人民医院院内项目 (20210133)

作者单位: 830001新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市, 新疆维吾尔自治区人民医院高血压中心 新疆高血压研究所 国家卫生健康委高血压诊疗研究重点实验室 新疆维吾尔自治区重点实验室“新疆高血压病研究实验室” 新疆高血压(心脑血管)疾病临床医学研究中心

通信作者: 李南方, E-mail: lnanfang2016@sina.com

model, calibration curve was used to evaluate the calibration degree of the nomogram model. **Results** At the end of follow-up, 231 subjects developed cardiovascular disease, the incidence of cardiovascular disease was 6.3% (231/3 690). Multivariate Logistic regression analysis showed that age, family history of cardiovascular disease, smoking, drinking, exercise, BMI, TC and hemoglobin were independent influencing factors of cardiovascular disease in prehypertensive population ($P < 0.05$). Based on the results of multivariate Logistic regression analysis, the nomogram model for predicting the risk of cardiovascular disease in prehypertensive population was constructed. The Hosmer-Lemeshow goodness of fit test showed that the nomogram model was well fitted ($\chi^2=6.625, P=0.578$). The ROC curve analysis results showed that the area under the curve of the nomogram model in predicting cardiovascular disease in the prehypertensive population was 0.829 [95%CI (0.803, 0.854)]. The results of calibration curve analysis showed that the incidence of cardiovascular disease in prehypertensive population predicted by the nomogram model was basically consistent with the actual incidence. **Conclusion** Age, family history of cardiovascular disease, smoking, drinking, exercise, BMI, TC, and hemoglobin are independent influencing factors of cardiovascular disease in prehypertensive population. In this study, the nomogram model for predicting the risk of cardiovascular disease in prehypertensive population constructed based on the above influencing factors is well fitted, and has a good degree of differentiation and calibration.

【Key words】 Prehypertension; Cardiovascular diseases; Forecasting; Nomograms

心血管疾病一直是我国致死率居前位的疾病, 数据显示, 1990—2016年我国心血管疾病导致的年度死亡人数从251万人增加到397万人, 造成了极大的疾病负担^[1]。既往研究表明, 年龄、吸烟、饮酒、血脂异常是心血管疾病的危险因素^[2]。高血压前期为高血压的高风险状态, 指收缩压为120~139 mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa) 和/或舒张压为80~89 mm Hg^[3]。研究表明, 与具有较优血压值 (<120/80 mm Hg) 的人群相比, 高血压前期人群心血管疾病的发生风险增加1.43倍^[4]。而目前关于心血管疾病风险预测模型的研究大多聚焦于健康人群或者高血压人群, 尚未见针对高血压前期人群的心血管疾病风险预测模型的相关研究。本研究旨在建立高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型, 以期降低高血压前期人群心血管疾病发生率提供支持。

1 对象与方法

1.1 研究对象 从新疆维吾尔自治区人民医院高血压中心2019年1月建立的塔城地区额敏县自然人群队列中选取高血压前期人群3 690例为研究对象。纳入标准:

(1) 符合高血压前期的诊断标准^[5], 且过去2周内未服用降压药物; (2) 年龄≥18岁; (3) 在当地居住至少6个月以上。排除标准: (1) 研究开始时患有心血管疾病或者过去2周内服用过心血管疾病相关药物者; (2) 资料不完整者。本研究已通过新疆维吾尔自治区人民医院伦理审查 (批准号: XJS2021111801), 研究对象均自愿参与本研究并签署知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 问卷调查 采用自行设计的一般资料问卷, 由接受过统一培训的本科及以上学历的调查员通过面对面询问的方式对研究对象进行调查, 内容包括一般人口学特征 (性别、年龄、民族、文化程度)、心血管疾病家族史、生活行为方式 {吸烟 (指从调查日起过去6个月内

每天至少吸一根香烟或其他烟草制品) 情况、饮酒 (指从调查日起过去1年内至少每周饮用白酒、啤酒或葡萄酒1次) 情况、饮食习惯 (分为荤素均衡、荤食为主、素食为主)、锻炼 (指锻炼时间≥30 min/次) 情况 [分为不锻炼、偶尔锻炼 (锻炼次数≤1次/周)、有时锻炼 (1次/周<锻炼次数<7次/周) 和经常锻炼 (锻炼次数≥7次/周)] }。

1.2.2 体格检查 研究开始后对研究对象进行体格检查, 包括身高、体质量, 计算BMI, 其中BMI<18.5 kg/m²为低体质量、18.5 kg/m²≤BMI≤23.9 kg/m²为正常、24.0 kg/m²≤BMI≤27.9 kg/m²为超重、BMI≥28.0 kg/m²为肥胖。

1.2.3 实验室检查 研究开始后对研究对象进行实验室检查, 包括总胆固醇 (total cholesterol, TC) (参考范围: 2.83~5.20 mmol/L)、三酰甘油 (triglyceride, TG) (参考范围: 0.45~1.69 mmol/L)、低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDL-C) (参考范围: 2.07~3.37 mmol/L)、高密度脂蛋白胆固醇 (high density lipoprotein cholesterol, HDL-C) (参考范围: 男性1.16~1.42 mmol/L、女性1.29~1.55 mmol/L)、血红蛋白 (参考范围: 男性120~165 g/L、女性110~150 g/L)、空腹血糖 (参考范围: 3.89~6.10 mmol/L)。

1.2.4 随访 从研究对象入组开始对其进行面对面随访或电话随访, 每6个月随访1次, 随访时间截至2022年12月, 统计研究对象心血管疾病发生情况。根据国际疾病分类 (International Classification of Diseases, ICD)-10, 随访期间研究对象只要发生过急性心肌梗死、不稳定型心绞痛、稳定型心绞痛、心脏瓣膜病、心律失常、心力衰竭、缺血性脑卒中、出血性脑卒中和短暂性脑缺血发作均定义为发生心血管疾病^[6]。根据随访结果, 将研究对象分为对照组和心血管病组。

1.3 统计学方法 采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。计数资料以相对数表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用多因素Logistic回归分析探讨高血压前期人群发生心血管疾病的影响因素;基于多因素Logistic回归分析结果,采用R 3.6.3中的rms程序包构建高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型;采用Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评估该列线图模型的拟合情况,采用ROC曲线评估该列线图模型的区分度,采用校准曲线评估该列线图模型的校准度。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况 随访结束后共231例研究对象发生了心血管疾病,心血管疾病发生率为6.3% (231/3 690)。两组性别、年龄、文化程度、有心血管疾病家族史者占比、吸烟情况、饮酒情况、锻炼情况、BMI、TC、LDL-C、血红蛋白、空腹血糖比较,差异有统计学意义 ($P<0.05$);两组民族、饮食习惯、TG、HDL-C、白蛋白比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$),见表1。

表1 高血压前期人群发生心血管疾病影响因素的单因素分析 [n (%)]

Table 1 Univariate analysis of influencing factors of cardiovascular disease in prehypertensive population

项目	对照组 (n=3 459)	心血管疾病组 (n=231)	χ^2 值	P值
性别			7.128	0.008
男	2 012 (58.2)	155 (67.1)		
女	1 447 (41.8)	76 (32.9)		
年龄			262.191	<0.001
18~39岁	1 573 (45.5)	14 (6.1)		
40~59岁	1 604 (46.4)	132 (57.1)		
≥60岁	282 (8.1)	85 (36.8)		
民族			1.990	0.370
汉族	1 462 (42.3)	101 (43.7)		
哈萨克族	1 442 (41.7)	101 (43.7)		
其他	555 (16.0)	29 (12.6)		
文化程度			45.581	<0.001
文盲	74 (2.1)	13 (5.6)		
小学	860 (24.9)	95 (41.1)		
初中	1 589 (45.9)	76 (32.9)		
高中/中专	565 (16.3)	31 (13.4)		
大学及以上	371 (10.7)	16 (6.9)		
心血管疾病家族史			9.204	0.002
无	2 951 (85.3)	180 (77.9)		
有	508 (14.7)	51 (22.1)		
吸烟			6.328	0.012
否	1 033 (29.9)	51 (22.1)		
是	2 426 (70.1)	180 (77.9)		

(续表1)

项目	对照组 (n=3 459)	心血管疾病组 (n=231)	χ^2 值	P值
饮酒			4.379	0.036
否	2 413 (69.8)	146 (63.2)		
是	1 046 (30.2)	85 (36.8)		
饮食习惯			0.038	0.845
荤素均衡	2 966 (85.7)	197 (85.3)		
荤食为主	493 (14.3)	34 (14.7)		
锻炼情况			30.379	<0.001
不锻炼	2 781 (80.4)	159 (68.8)		
偶尔锻炼	245 (7.1)	20 (8.6)		
有时锻炼	61 (1.8)	14 (6.1)		
经常锻炼	372 (10.7)	38 (16.5)		
BMI			21.647	<0.001
正常	1 218 (35.2)	52 (22.5)		
低体质量	62 (1.8)	1 (0.4)		
超重	1 259 (36.4)	93 (40.3)		
肥胖	920 (26.6)	85 (36.8)		
TC			14.897	<0.001
正常	2 995 (86.6)	179 (77.5)		
异常	464 (13.4)	52 (22.5)		
TG			2.028	0.154
正常	2 615 (75.6)	165 (71.4)		
异常	844 (24.4)	66 (28.6)		
LDL-C			4.194	0.041
正常	2 646 (76.5)	163 (70.6)		
异常	813 (23.5)	68 (29.4)		
HDL-C			0.147	0.701
正常	2 363 (68.3)	155 (67.1)		
异常	1 096 (31.7)	76 (32.9)		
血红蛋白			19.445	<0.001
正常	1 307 (37.8)	121 (52.4)		
异常	2 152 (62.2)	110 (47.6)		
空腹血糖			8.761	0.003
正常	2 908 (84.1)	177 (76.6)		
异常	551 (15.9)	54 (23.4)		
白蛋白			0.253	0.615
正常	2 889 (83.5)	190 (82.3)		
异常	570 (16.5)	41 (17.7)		

注: TC=总胆固醇, TG=三酰甘油, LDL-C=低密度脂蛋白胆固醇, HDL-C=高密度脂蛋白胆固醇

2.2 高血压前期人群发生心血管疾病影响因素的多因素Logistic回归分析 以高血压前期人群心血管疾病发生情况作为因变量 (赋值: 未发生=0, 发生=1), 以性别 (赋值: 男=1, 女=2)、年龄 (赋值: 18~39岁=1, 40~59岁=2, ≥60岁=3)、文化程度 (赋值:

文盲=1, 小学=2, 初中=3, 高中/中专=4, 大学及以上=5)、心血管疾病家族史(赋值: 无=1, 有=2)、吸烟情况(赋值: 否=1, 是=2)、饮酒情况(赋值: 否=1, 是=2)、锻炼情况(赋值: 不锻炼=1, 偶尔锻炼=2, 有时锻炼=3, 经常锻炼=4)、BMI(赋值: 正常=1, 低体质量=2, 超重=3, 肥胖=4)、TC(赋值: 正常=1, 异常=2)、LDL-C(赋值: 正常=1, 异常=2)、血红蛋白(赋值: 正常=1, 异常=2)、空腹血糖(赋值: 正常=1, 异常=2)为自变量, 进行多因素Logistic回归分析, 结果显示, 年龄、心血管疾病家族史、吸烟、饮酒、锻炼情况、BMI、TC、血红蛋白是高血压前期人群发生心血管疾病的独立影响因素($P<0.05$), 见表2。

表2 高血压前期人群发生心血管疾病影响因素的多因素Logistic回归分析

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of cardiovascular disease in prehypertensive population

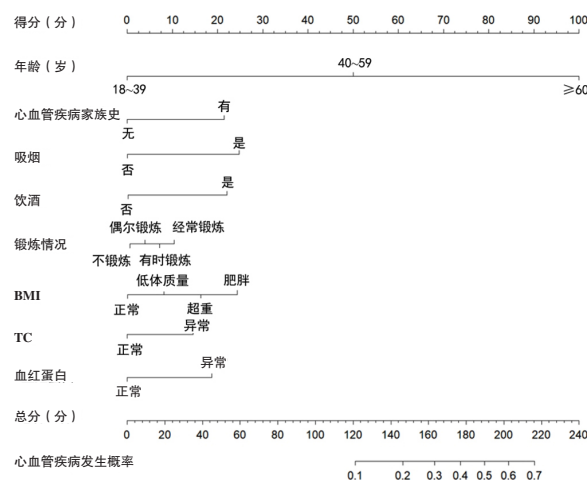
变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
性别	-0.262	0.242	1.176	0.278	0.770	(0.479, 1.236)
年龄(以18~39岁为对照)						
40~59岁	2.116	0.288	54.026	<0.001	8.294	(4.718, 14.580)
≥60岁	3.286	0.312	111.090	<0.001	26.724	(14.506, 49.232)
文化程度(以文盲为对照)						
小学	-0.091	0.342	0.071	0.790	0.913	(0.467, 1.784)
初中	-0.530	0.352	2.261	0.133	0.589	(0.295, 1.174)
高中/中专	-0.462	0.386	1.438	0.230	0.630	(0.296, 1.341)
大学及以上	-0.612	0.432	2.006	0.157	0.542	(0.232, 1.265)
心血管疾病家族史	0.700	0.182	14.793	<0.001	2.014	(1.410, 2.878)
吸烟	0.859	0.204	17.657	<0.001	2.361	(1.582, 3.526)
饮酒	0.675	0.188	12.924	<0.001	1.965	(1.360, 2.840)
锻炼情况(以不锻炼为对照)						
偶尔锻炼	0.265	0.269	0.976	0.323	1.304	(0.770, 2.207)
有时锻炼	0.965	0.349	7.659	0.006	2.624	(1.325, 5.196)
经常锻炼	0.282	0.205	1.896	0.169	1.326	(0.887, 1.982)
BMI(以正常为对照)						
低体质量	-0.489	1.040	0.221	0.638	0.613	(0.080, 4.706)
超重	0.481	0.191	6.373	0.012	1.618	(1.114, 2.351)
肥胖	0.728	0.197	13.701	<0.001	2.072	(1.409, 3.047)
TC	0.444	0.181	5.987	0.014	1.559	(1.092, 2.225)
LDL-C	0.024	0.165	0.021	0.886	1.024	(0.741, 1.415)
血红蛋白	-0.488	0.212	5.282	0.022	0.614	(0.405, 0.931)
空腹血糖	0.200	0.175	1.303	0.254	1.221	(0.867, 1.720)

2.3 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与验证 基于多因素Logistic回归分析结果, 构建高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型, 见图1。Hosmer-Lemeshow拟合优度检验结果显示, 该列线图模型的拟合情况较好($\chi^2=6.625$,

$P=0.578$)。ROC曲线分析结果显示, 该列线图模型预测高血压前期人群发生心血管疾病的曲线下面积为0.829[95%CI(0.803, 0.854)], 见图2。校准曲线分析结果显示, 该列线图模型预测高血压前期人群的心血管疾病发生率与实际发生率基本一致, 见图3。

3 讨论

2020年国际高血压协会将正常血压标准由120/80 mm Hg调整为130/85 mm Hg, 血压介于120/80 mm Hg与130/85 mm Hg之间的人群称为高血压前期人群^[7-8]。虽然高血压前期是正常血压状态, 但既往已有研究证明, 高血压前期人群仍具有较高的心血管疾病死亡风险, 特别是60岁以上人群^[9]。本研究旨在建立高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型, 以期降低高血压前期人群心血管疾病发生率提供支持。



注: TC=总胆固醇

图1 高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型

Figure 1 Nomogram model for predicting the risk of cardiovascular disease in prehypertensive population

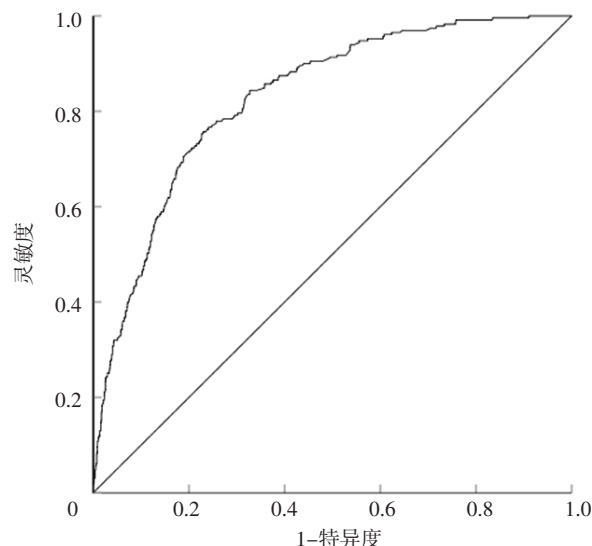


图2 列线图模型预测高血压前期人群发生心血管疾病的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of nomogram model for predicting cardiovascular disease in prehypertensive population

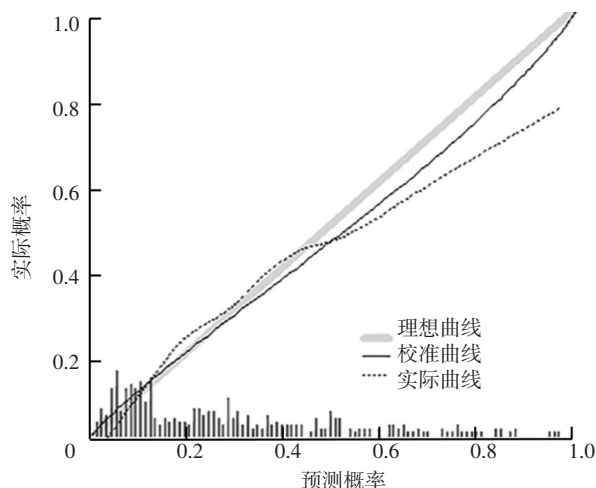


图3 列线图模型预测高血压前期人群发生心血管疾病的校准曲线
Figure 3 Calibration curve of nomogram model for predicting cardiovascular disease in prehypertensive population

本研究结果显示, 高血压前期人群心血管疾病发生率为6.3%, 低于高血压患者的心血管疾病发生率(19.01%)^[10]。本研究多因素Logistic回归分析结果显示, 年龄、心血管疾病家族史、吸烟、饮酒、锻炼情况、BMI、TC、血红蛋白是高血压前期人群发生心血管疾病的独立影响因素, 与既往研究结果^[11-13]一致, 分析原因: (1) 随着年龄增长, 高血压前期人群血压逐渐升高, 其高血压发生风险逐渐升高, 且其内分泌代谢水平逐渐降低, 导致心血管疾病发生风险逐渐升高^[14]。(2) 既往研究显示, 具有心血管疾病家族史的人群心血管疾病(一些由遗传因素和环境因素共同作用的复杂心血管疾病)发生风险较高^[15]。关于新疆维吾尔自治区维吾尔族及哈萨克族人群心血管疾病遗传易感性的研究显示, MTHFR C677T与PCSK9 E670G基因多态性与新疆维吾尔自治区维吾尔族及哈萨克族人群发生心血管疾病密切相关, 原因可能为上述基因突变可导致相关酶的缺陷, 致使血清同型半胱氨酸水平升高, 从而影响机体的脂质代谢过程, 进而导致该人群的心血管疾病发生风险升高^[16-17]。(3) 烟草中的有害物质高达250多种, 其可引起冠状动脉受损、血管内膜损伤及动脉血管腔变窄、血流受阻等, 从而诱发心血管疾病^[18]。(4) 既往研究显示, 适量饮酒以及过量饮酒的人群吸烟量也较高, 且随着饮酒量的升高, 体内的HDL-C会逐渐降低, 从而增加其心血管疾病发生风险^[19]。(5) 既往研究显示, 与经常锻炼的人群相比, 缺乏运动不仅可导致机体血液循环减弱, 还可降低血液运输氧气的的能力, 进而影响人体的心肺功能并诱发心血管疾病^[20]。(6) 研究显示, 肥胖可以激活交感神经系统, 导致肾功能损伤和内皮细胞损伤, 从而导致高血压的发生, 而高血压是心血管疾病最常见的危险因

素, 其可导致肥胖人群的心血管疾病发生风险进一步升高^[21]。(7) 研究显示, TG异常和葡萄糖代谢及血压可相互影响, 血脂异常者易合并高血压和糖尿病, 从而增加其心血管疾病发生风险^[22-23]。(8) 研究显示, 贫血可导致全身性缺血, 进而加重动脉粥样硬化性心脑血管疾病的症状, 而且慢性贫血患者在治疗过程中其心血管负担也会加重, 进而导致其心血管疾病发生风险升高^[24-25]。

本研究基于多因素Logistic回归分析结果构建了高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型, Hosmer-Lemeshow拟合优度检验结果显示, 该列线图模型的拟合情况较好; ROC曲线分析结果显示, 该列线图模型预测高血压前期人群发生心血管疾病的曲线下面积为0.829; 校准曲线分析结果显示, 该列线图模型预测高血压前期人群心血管疾病发生率与实际发生率基本一致; 提示该列线图模型对高血压前期人群心血管疾病发生风险具有较好的区分度、校准度。今后针对高血压前期人群可参考本研究列线图模型中的相关因素实施相应的干预措施, 如建议高血压前期人群进行戒烟限酒、保持健康体重、降低血脂等。

综上所述, 年龄、心血管疾病家族史、吸烟、饮酒、锻炼情况、BMI、TC、血红蛋白是高血压前期人群发生心血管疾病的独立影响因素, 本研究基于上述影响因素构建的高血压前期人群发生心血管疾病的风险预测列线图模型拟合情况较好, 且具有较好的区分度、校准度。但本研究尚存在一定局限性: 首先, 为了保证研究对象的依从性, 本研究随访时间较短, 可能低估了高血压前期人群的心血管疾病发生率; 其次, 由于研究时间的限制, 本研究并未对列线图模型进行外部验证, 尚需进一步完善; 最后, 目前风险预测模型的建立有多种方法, 本研究仅基于多因素Logistic回归分析结果构建列线图模型, 在今后的研究中应采用其他方法建立相应的预测模型并比较不同预测模型的预测效果。

作者贡献: 冶成芳、李南方进行文章的构思与设计; 冶成芳进行研究的实施与可行性分析, 收集数据, 撰写、修订论文; 任映丽进行数据的整理; 王梦卉进行统计学处理; 孙乐、刘园园进行结果的分析与解释; 李南方对文章整体负责, 监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] LIU S W, LI Y C, ZENG X Y, et al. Burden of cardiovascular diseases in China, 1990—2016: findings from the 2016 global burden of disease study [J]. JAMA Cardiol, 2019, 4 (4): 342-352. DOI: 10.1001/jamacardio.2019.0295.
- [2] ZHOU M G, WANG H D, ZENG X Y, 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. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30427-1.
- [3] MCINNES G. Pre-hypertension: how low to go and do drugs have a role? [J]. *Br J Clin Pharmacol*, 2012, 73 (2): 187-193. DOI: 10.1111/j.1365-2125.2011.04092.x.
- [4] HUANG Y L, CAI X Y, LIU C H, et al. Prehypertension and the risk of coronary heart disease in Asian and western populations: a meta-analysis [J]. *J Am Heart Assoc*, 2015, 4 (2): e001519. DOI: 10.1161/JAHA.114.001519.
- [5] 刘凤东, 张博强, 阎涵, 等. 沈阳市两城区≥40岁城市居民高血压前期患病率调查与分析 [J]. *辽宁医学杂志*, 2022, 36 (6): 86-88.
- [6] 齐俊峰, 韩胜红, 李俊琳, 等. 心血管病危险因素的风险特征分析及疾病预测模型研究 [J]. *现代预防医学*, 2022, 49 (18): 3283-3287. DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202111359.
- [7] UNGER T, BORCHI C, CHARCART F, et al. 2020 international society of hypertension global hypertension practice guidelines [J]. *Hypertension*, 2020, 75 (6): 1334-1357. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15026.
- [8] CAREY R M, WHELTON P K, ACC/AHA Hypertension Guideline Writing Committee. Prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: synopsis of the 2017 American College of Cardiology/American Heart Association Hypertension Guideline [J]. *Ann Intern Med*, 2018, 168 (5): 351-358. DOI: 10.7326/M17-3203.
- [9] 周卫译, 袁源摘, 叶鹏, 等. 2017年美国心脏病学会/美国心脏协会高血压指南新定义的血压分级水平类别与在中国的死亡率之间的关联: 三个前瞻性队列的汇总结果 [J]. *中华高血压杂志*, 2020, 28 (11): 1057.
- [10] 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. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210201-00083.
- [11] QIU Y L, WANG W, WU C K, et al. A risk factor attention-based model for cardiovascular disease prediction [J]. *BMC Bioinformatics*, 2022, 23 (Suppl 8): 425. DOI: 10.1186/s12859-022-04963-w.
- [12] WANG M C, LLOYD-JONES D M. Cardiovascular risk assessment in hypertensive patients [J]. *Am J Hypertens*, 2021, 34 (6): 569-577. DOI: 10.1093/ajh/hpab021.
- [13] ALAA A M, BOLTON T, ANGELANTONIO E D, et al. Cardiovascular disease risk prediction using automated machine learning: a prospective study of 423, 604 UK Biobank participants [J]. *PLoS One*, 2019, 14 (5): e0213653. DOI: 10.1371/journal.pone.0213653.
- [14] HU L, HUANG X, YOU C, et al. Prevalence and risk factors of prehypertension and hypertension in southern China [J]. *PLoS One*, 2017, 12 (1): e0170238. DOI: 10.1371/journal.pone.0170238.
- [15] 严瑜, 王颖, 杨国红, 等. 陕西省居民文化程度与高血压患病的相关性分析 [J]. *沈阳医学院学报*, 2021, 23 (3): 213-216. DOI: 10.16753/j.cnki.1008-2344.2021.03.006.
- [16] 程亭亭, 苏健, 覃玉, 等. 心血管病高危人群早发家族史与脑卒中的关联 [J]. *中华疾病控制杂志*, 2020, 24 (10): 1129-1133. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2020.10.004.
- [17] 崔蕴文, 罗健, 刘成, 等. MTHFR和PCSK9基因与新疆地区维吾尔族及哈萨克族人群心血管病遗传易感性 [J]. *临床心血管病杂志*, 2023, 39 (1): 34-39. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2023.01.007.
- [18] 林书旭, 李平, 陈小紫, 等. 社区老年人群心血管病流行病学调查、危险因素分析及防控措施研究 [J]. *解放军预防医学杂志*, 2019, 37 (7): 51-52.
- [19] ROERECKE M. Alcohol's impact on the cardiovascular system [J]. *Nutrients*, 2021, 13 (10): 3419. DOI: 10.3390/nu13103419.
- [20] 刘蕊, 李茁, 曾庆. 南阳地区中老年人群心血管疾病发生的流行病学调查及相关因素分析 [J]. *中国卫生工程学*, 2023, 22 (3): 352-354, 357. DOI: 10.19937/j.issn.1671-4199.2023.03.020.
- [21] VALENSI P. Autonomic nervous system activity changes in patients with hypertension and overweight: role and therapeutic implications [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20 (1): 170. DOI: 10.1186/s12933-021-01356-w.
- [22] 潘丽娜, 高云, 刘虹宏, 等. 基于《中国心血管病预防指南 2017》的中青年高血压患者ASCVD危险评估及分层分析 [J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2022, 14 (4): 484-487. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2022.04.25.
- [23] 李建军. 心血管代谢相关危险因素是心血管疾病防控的关键 [J]. *中国循环杂志*, 2022, 37 (10): 969-973. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2022.10.001.
- [24] 钟优, 汪芳. 地中海贫血与动脉粥样硬化的风险 [J]. *中国临床新医学*, 2019, 12 (5): 484-487. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3806.2019.05.04.
- [25] KIM-MITSUYAMA S, SOEJIMA H, YASUDA O, et al. Anemia is an independent risk factor for cardiovascular and renal events in hypertensive outpatients with well-controlled blood pressure: a subgroup analysis of the ATTEMPT-CVD randomized trial [J]. *Hypertens Res*, 2019, 42 (6): 883-891. DOI: 10.1038/s41440-019-0210-1.

(收稿日期: 2023-07-25; 修回日期: 2023-11-01)

(本文编辑: 崔丽红)