

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2026.05.018

✦ 临床研究 ✦

构建成都地区健康体检人群正常高值血压风险列线图模型并验证

梁树梅¹, 赵勇², 李妮², 鲜黎¹, 罗燕林¹, 唐逸娇², 李珂¹

(成都市第三人民医院, 1. 检验科, 2. 健康管理中心, 四川 成都 610031)

【摘要】目的: 构建成都地区健康体检人群发生正常高值血压的风险预测列线图模型。**方法:** 选取 2022 年 1 月至 2022 年 12 月在成都市第三人民医院体检中心的 1 709 名体检者为研究对象进行回顾性研究。正常高值血压及高血压判断标准按照《中国高血压防治指南(2024 年修订版)》, 将体检者分为正常血压组($n=1\ 152$)和正常高值血压组($n=557$), 同时收集体检者的一般资料和实验室检查结果。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析年龄、体质量指数(BMI)、超敏 C 反应蛋白(hs-CRP)、胱抑素 C(CysC)、同型半胱氨酸(Hcy)、尿酸(UA)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、空腹血糖(FBG)、糖化血红蛋白(HbA1c)对体检人群发生正常高值血压的曲线下面积(AUC)并计算最佳截断值。Logistic 回归分析健康体检人群发生正常高值血压的影响因素。采用 R(4.2.1)软件的 rms(6.4.0)程序包构建列线图模型。采用 C 统计量与 Hosmer-Lemeshow 检验评价模型的预测效能与拟合度。**结果:** 健康体检人群中, 正常高值血压的患者检出率为 32.59%(557/1 709)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, 年龄($OR=1.425, 95\% CI: 1.137\sim 1.786$)、性别($OR=1.447, 95\% CI: 1.063\sim 1.968$)、BMI($OR=2.958, 95\% CI: 2.261\sim 3.868$)及血液学指标 Hcy($OR=1.614, 95\% CI: 1.226\sim 2.125$)、TC($OR=1.383, 95\% CI: 1.049\sim 1.823$)、FBG($OR=1.469, 95\% CI: 1.164\sim 1.854$)是健康人群发生正常高值血压的独立危险因素($P<0.05$)。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验结果表明, 所构建的正常高值血压的风险预测列线图模型的拟合情况较好($\chi^2=11.092, P=0.197$)。以该模型判断健康体检人群发生正常高值血压的概率预测值为基础, 绘制 ROC 曲线, C-统计量为 0.710(95%CI: 0.684~0.736)。校准曲线分析显示, 该模型预测健康人群发生正常高值血压的发生率与实际发生率基本一致。**结论:** 年龄、性别、BMI 及血液学指标 Hcy、TC、FBG 是健康人群发生正常高值血压的独立危险因素, 基于上述危险因素所构建的健康人群发生正常高值血压的风险预测列线图模型拟合情况较好, 具有较好的区分度、校准度。

【关键词】 健康体检人群; 血液学指标; 正常高值血压; 危险因素; 列线图

【中图分类号】 R851.3 **【文献标志码】** A

Development of a nomogram model for predicting the risk of developing high-normal blood pressure in a health examination population of Chengdu and verity it

LIANG Shu-mei¹, ZHAO Yong², LI Ni², XIAN Li¹, LUO Yan-lin¹, TANG Yi-jiao², LI Ke¹

(1. Department of Clinical Laboratory; 2. Health Management Center, the Third People's Hospital of Chengdu, Chengdu 610031, Sichuan, China)

【Abstract】Objective: To develop a nomogram model for predicting the risk of developing high-normal blood pressure in a health examination population of Chengdu. **Methods:** A retrospective study was conducted on 1,709 cases of physical examination in the physical examination center of the Third People's Hospital of Chengdu from January 2022 to December 2022. According to the Chinese guidelines for the prevention and treatment of hypertension (2024 revision), the subjects were divided into normal blood pressure group ($n=1,152$) and high-normal blood pressure group ($n=557$), and the general information and laboratory test results of the subjects were collected. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate age, body mass index (BMI), hypersensitive C-reactive protein (hs-CRP), cystatin C (CysC), homocysteine (Hcy), uric acid (UA), triglyceride (TG), total cholesterol (TC), glycosylated hemoglobin (HbA1c), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), fasting blood glucose (FBG) on physical examination of

基金项目: 四川省成都市医学科研课题立项项目(2024473)

作者简介: 梁树梅(1989-), 女, 硕士, 主管技师。E-mail: liangshumei1989@163.com

通讯作者: 李珂。E-mail: 811523790@qq.com

high-normal blood pressure prediction ability and to find the optimal cut-off values, Logistic regression analysis were used to determine the risk factors of high-normal blood pressure in healthy people. The rms(6.4.0) package of R(4.2.1) software was used to construct a nomogram model for predicting the risk of high-normal blood pressure in healthy people. The C statistic and the Hosmer-Lemeshow test were used to evaluate the model's predictive performance and goodness of fit. **Results:** The detection rate of high-normal blood pressure in healthy people was 32.59% (557/1,709). Multivariate Logistic regression analysis showed that age ($OR=1.425, 95\% CI: 1.137\sim 1.786$), gender ($OR=1.447, 95\% CI: 1.063\sim 1.968$), BMI ($OR=2.958, 95\% CI: 2.261\sim 3.868$) and hematological indexes Hcy ($OR=1.614, 95\% CI: 1.226\sim 2.125$), TC ($OR=1.383, 95\% CI: 1.049\sim 1.823$) and FBG ($OR=1.469, 95\% CI: 1.164\sim 1.854$) were independent risk factors for high-normal blood pressure in healthy people ($P<0.05$). Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test results showed that the fitting of the nomogram model was better ($\chi^2=11.092, P=0.1965$). The ROC curve was drawn on the basis of the model to determine the probability prediction of high-normal blood pressure in the healthy population, with a C-statistic of 0.710 and a 95% CI of 0.684~0.736. The calibration curve analysis showed that the nomogram model predicted the incidence of high-normal blood pressure in healthy people was basically consistent with the actual incidence. **Conclusion:** Age, gender, BMI and hematological indicators Hcy, TC, FBG are the independent risk factors of high-normal blood pressure in healthy people. The risk prediction nomogram model of high-normal blood pressure in healthy people based on the above factors is well fitted, and has a good degree of differentiation and calibration.

【Key words】 Health examination population; Hematological parameters; High-normal blood pressure; Risk factors; Nomograms

高血压是一种全球性的慢性非传染性疾病,经常导致靶器官受损和一些严重并发症,是心血管疾病最重要的危险因素^[1]。正常高值血压又称高血压前期(收缩压 120~139 mmHg 和/或舒张压 80~89 mmHg, 1 mmHg=0.133kPa)是高血压发展的关键阶段^[2-3]。正常高值血压发生率为 41.3%^[4],从正常高值血压到高血压,心脑血管疾病风险显著增加^[5]。因此,早期准确识别正常高值血压人群进行多维度干预对延缓高血压进展并减少心脑血管事件风险至关重要。血液学检查在临床上简单易行,每位体检者均会行常规血液检查。目前,血液学参数在高血压中的诊断和预后价值已被广泛讨论,它们为高血压患者的早期筛查、危险分层和优化管理提供了重要依据^[6]。但是,关于血液学指标在正常高值血压的研究并不多见。本研究回顾性分析 1 709 名体检者的一般资料和血液学检查结果,旨在筛选出健康体检人群中发生正常高值血压的危险因素,并建立发生正常高值血压风险预测列线图模型,为制定针对性的干预措施提供了科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 2022 年 1 月至 2022 年 12 月成都市第三人民医院体检中心进行体检的 2 405 名体检者为研究对象。其中男性 1 715 名,年龄 22~64 岁;女性 690 名,年龄 22~64 岁。研究对象的纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)体检报告内容完整;(3)SBP/DBP $< 140/90$ mmHg。排除标准:(1)已确诊为高血压患者;(2)合并心血管疾病(如冠心病、心肌梗死、心

率失常等)或者服用过降血压,降血脂及心血管疾病相关药物者(如硝苯地平,福辛普利/缬沙坦、螺内酯、呋塞米、氟伐他汀、阿托伐他汀、阿司匹林、氯吡格雷、倍他乐克、富马酸比索洛尔、维拉帕米、胺碘酮、等);(3)合并有造血系统疾病、肾脏或者肝脏损伤疾病者;(4)合并恶性肿瘤疾病者;(5)合并糖代谢异常:包括糖尿病前期(空腹血糖受损、糖耐量减低)和糖尿病者;(6)患有急性感染或慢性感染性疾病。最终纳入 1 709 例体检者作为后续的研究对象。本研究经成都市第三人民医院伦理委员会的批准(2024-S-363)。

1.2 实验室检查

迈瑞全自动生化分析仪 BS-2800 对研究对象进行实验室检查,包括超敏 C 反应蛋白(hs-CRP)、空腹血糖(FBG)、胱抑素 C(CysC)、同型半胱氨酸(Hcy)、尿酸(UA)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)。糖化血红蛋白(HbA1c)采用东曹全自动糖化血红蛋白分析仪 TOSOH G8 检测。

1.3 诊断标准

按照中国高血压防治指南 2024 分级标准作为高血压及正常高值血压判断标准^[2]。正常血压:SBP/DBP $< 120/80$ mmHg,正常高值血压:SBP/DBP=(120~139)/(80~89) mmHg,高血压:SBP/DBP $> 140/90$ mmHg。采用身高体重测量仪测量身高、体质量,并计算体质量指数(BMI):即 BMI=体质量/身高²(kg/m²)^[7]。

1.4 血压测量方法

患者坐位,安静休息至少 5 min,使用臂式医用电子血压计(悦奇奇遇 ABP-1000S)测量,间隔 1~2 min 重复测量,取 3 次测量值的平均值作为诊室血压值。

1.5 统计学分析

采用 GraphPad Prism 9.4.1 软件和 SPSS 20.0 软件对本研究数据进行分析。经 Kolmogorov-Smirnov 检验判断该研究计量资料呈偏态分布,数据采用 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验;计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用独立样本 χ^2 检验。利用受试者工作特征(ROC)曲线计算曲线下面积(AUC)确定血液学指标判断正常高值血压的最佳截断值,并用单因素 Logistic 回归分析中有统计学意义的指标作为自变量纳入多因素分析,应用二分类 Logistic 回归分析中基于偏最大似然估计的前进法(likelihood ratio, LR)分析,筛选出健康人群发生正常高值血压的独立危险因素。利用 R(4.2.1)软件的 rms(6.4.0)程序包构建体检人群发生正常高值血压的风险预测列线图模型。计算 C-统计量与 Hosmer-Lemeshow 检验评价模型的预测效能与拟合度。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 正常血压组和正常高值血压组的一般情况

健康体检人群中,正常高值血压的检出率为 32.59%(557/1 709)。其中,正常血压组的收缩压 110(104,116) mmHg,正常高值血压组的收缩压 127(124,132) mmHg;正常血压组的舒张压 64(60,70) mmHg,正常高值血压组的舒张压 77(72,82) mmHg,两组间差异均有统计学意义(Z 值分别

为 -33.040、-26.086,均 $P < 0.001$)。正常血压组和正常高值血压组在年龄、性别、BMI 及 hs-CRP、UA、CysC、Hcy、TG、TC、HDL-C、LDL-C、FBG、HbA1c 比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 正常血压组和正常高值血压组的实验室数据比较 $[n(\%), M(P_{25}, P_{75})]$

变量	正常血压组($n=1152$)	正常高值血压组($n=557$)	Z/χ^2 值	P 值
年龄(岁)	39(34,48)	42(36,51)	-4.506	<0.001
性别			62.432	<0.001
男	741(64.32)	462(82.94)		
女	411(35.68)	95(17.06)		
BMI	23.50(21.48,25.53)	25.34(23.53,27.47)	-12.346	<0.001
hs-CRP	0.61(0.30,1.38)	0.80(0.40,1.70)	-4.070	<0.001
CysC	0.80(0.72,0.88)	0.83(0.76,0.90)	-4.914	<0.001
Hcy	10.50(8.40,13.00)	11.60(9.60,14.15)	-6.127	<0.001
UA	364.95(298.93,432.50)	392.80(331.70,451.20)	-5.620	<0.001
TG	1.22(0.86,1.85)	1.47(1.04,2.15)	-6.087	<0.001
TC	4.87(4.35,5.48)	5.05(4.48,5.72)	-3.807	<0.001
HbA1c	5.50(5.30,5.70)	5.60(5.30,5.80)	-4.812	<0.001
LDL-C	2.86(2.43,3.34)	3.05(2.59,3.54)	-5.202	<0.001
HDL-C	1.37(1.17,1.61)	1.29(1.12,1.51)	-4.536	<0.001
FBG	4.84(4.56,5.13)	4.99(4.70,5.39)	-6.985	<0.001

2.2 ROC 曲线分析健康体检人群发生正常高值血压的最佳截断值

以性别、年龄、BMI 及各种血液检测指标为检验变量,把是否出现正常高值血压作为检测结果变量,绘制受试者 ROC 曲线,计算 AUC,确定血液学指标判断正常高值血压的最佳截断值、约登指数(Youden index)、敏感度、特异度。见表 2。

表 2 血液学指标区分健康体检者出现正常高值血压的 ROC 曲线

变量	AUC 值	SE 值	P 值	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)	截断值	约登指数
AGE	0.567	0.015	<0.001	0.538~0.596	61.40	51.04	40.00	0.124
BMI	0.684	0.013	<0.001	0.658~0.710	82.59	44.98	23.08	0.275
hs-CRP	0.561	0.015	<0.001	0.532~0.589	67.86	48.80	0.53	0.127
CysC	0.573	0.014	<0.001	0.545~0.601	62.84	49.13	0.80	0.120
Hcy	0.591	0.014	<0.001	0.563~0.619	80.07	35.53	9.25	0.154
UA	0.584	0.015	<0.001	0.555~0.612	65.89	48.28	359.50	0.141
TG	0.591	0.015	<0.001	0.562~0.619	64.27	51.91	1.26	0.162
TC	0.557	0.015	<0.001	0.528~0.586	33.93	74.67	5.47	0.085
HbA1c	0.571	0.015	<0.001	0.542~0.600	62.30	48.19	5.45	0.104
LDL-C	0.578	0.015	<0.001	0.549~0.606	57.27	55.57	2.96	0.127
HDL-C	0.568	0.015	<0.001	0.539~0.596	52.08	60.14	1.36	0.122
FBG	0.604	0.015	<0.001	0.575~0.633	47.22	68.59	5.04	0.157

2.3 Logistic 回归分析健康体检人群出现正常高值血压的影响因素

以健康体检人群出现正常高值血压作为因变量(未发生=0,发生=1),以年龄(≤ 40 岁=0, >40 岁=1),性别(男性=1,女性=2),BMI(≤ 23.08 kg/m²=0, >23.08 kg/m²=1),hs-CRP(≤ 0.53 mg/L=0, >0.53 mg/L=1),UA(≤ 359.50 μ mol/L=0, >359.50 μ mol/L=1),CysC(≤ 0.80 mg/L=0, >0.80 mg/L=1),Hcy(≤ 9.25 μ mol/L=0, >9.25 μ mol/L=1),TG(≤ 1.26 mmol/L=0, >1.26 mmol/L=1),TC(≤ 5.47 mmol/L=0, >5.47 mmol/L=1),LDL-C(≤ 2.96 mmol/L=0, >2.96 mmol/L=1),HDL-C(≤ 1.36 mmol/L=0, >1.36 mmol/L=1),FBG(≤ 5.04 mmol/L=0, >5.04 mmol/L=1),HbA1c($\leq 5.45\%$ =0, $>5.45\%$ =1)为自变量行单因素 Logistic 回归分析,结果如表 3 所示,上述指标均与健康人群发生正常高值血压有关($P<0.05$)。

表 3 单因素回归分析健康体检人群发生正常高值血压的影响因素

变量	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95% CI
年龄 >40 岁	0.482	0.104	21.494	<0.001	1.619	1.321~1.985
性别(男)	0.992	0.128	59.770	<0.001	2.697	2.097~3.469
BMI >23.08 kg/m ²	1.351	0.126	114.119	<0.001	3.861	3.013~4.947
hs-CRP >0.53 mg/L	0.512	0.107	22.687	<0.001	1.668	1.352~2.059
CysC >0.80 mg/L	0.441	0.104	17.880	<0.001	1.554	1.267~1.905
Hcy >9.25 μ mol/L	0.741	0.120	38.189	<0.001	2.097	1.658~2.653
UA >359.50 μ mol/L	0.585	0.107	29.890	<0.001	1.796	1.456~2.215
TG >1.26 mmol/L	0.657	0.106	38.415	<0.001	1.929	1.567~2.374
TC >5.47 mmol/L	0.404	0.113	12.831	<0.001	1.497	1.200~1.867
HbA1c $>5.45\%$	0.376	0.104	13.087	<0.001	1.457	1.188~1.786
LDL-C >2.96 mmol/L	0.389	0.110	12.606	<0.001	1.475	1.190~1.829
HDL-C >1.36 mmol/L	-0.495	0.105	22.185	<0.001	0.610	0.496~0.749
FBG >5.04 mmol/L	0.657	0.106	38.269	<0.001	1.929	1.567~2.376

2.4 健康体检人群出现正常高值血压的多因素 Logistic 回归分析

将单个影响因素分析中有统计学意义的指标作为自变量纳入多因素分析,将健康体检人群出现正常高值血压作为因变量,进行 Logistic 回归分析,结果所示:年龄、性别、BMI 及血液学指标 Hcy、TC、FBG 是健康人群出现正常高值血压的独立危险因素($P<0.05$)。见表 4。

2.5 健康体检人群发生正常高值血压的风险预测模型的构建

基于年龄、性别、BMI 及血液学指标 Hcy、TC、

FBG 是健康人群发生正常高值血压的独立危险因素,构建健康人群发生正常高值血压的风险预测列线图(图 1)。通过 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验发现,该模型的拟合情况较好($\chi^2 = 11.092$, $P = 0.1965$)。以该模型判断健康体检人群发生正常高值血压的概率预测值为基础,绘制 ROC 曲线,C-统计量为 0.710(95%CI: 0.684~0.736)(图 2)。校准曲线分析显示,该列线图模型预测健康人群发生正常高值血压的发生率与实际发生率基本一致(图 3)。

表 4 健康体检人群中发生正常高值血压的多因素回归分析

变量	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95% CI
年龄	0.354	0.115	9.435	0.002	1.425	1.137~1.786
性别(男)	0.369	0.157	5.521	0.019	1.447	1.063~1.968
BMI	1.084	0.137	62.717	<0.001	2.958	2.261~3.868
Hcy	0.479	0.140	11.629	0.001	1.614	1.226~2.125
TC	0.324	0.141	5.286	0.022	1.383	1.049~1.823
FBG	0.384	0.119	10.462	0.001	1.469	1.164~1.854
常量	-2.727	0.219	155.373	<0.001	0.065	

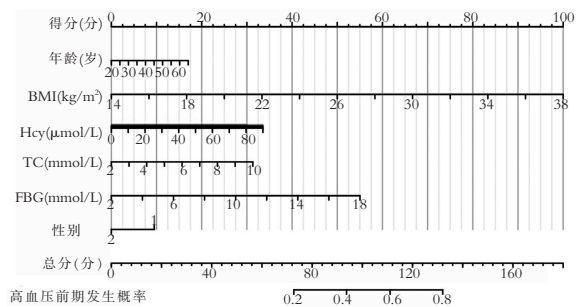


图 1 健康体检人群发生正常高值血压的风险预测列线图模型

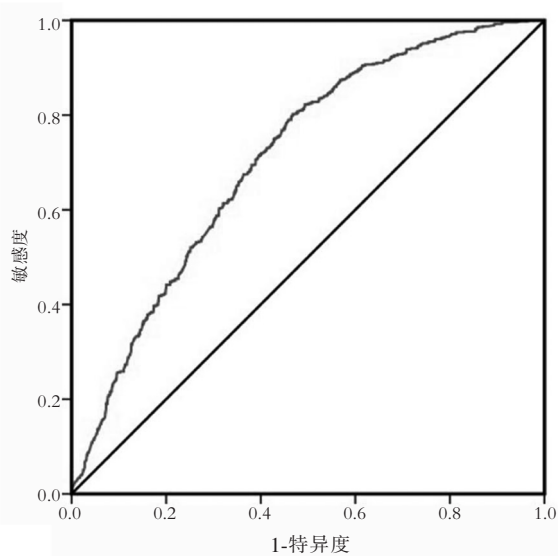


图 2 以健康体检人群发生正常高值血压的概率预测值绘制的 ROC 曲线

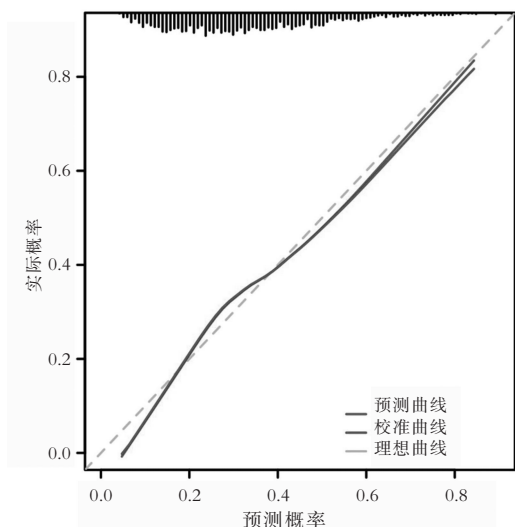


图 3 列线图模型预测健康体检人群发生正常高血压的校准曲线

3 讨论

正常高值血压可增加冠心病、心肌梗死和脑卒中的风险,正如学者^[8]在欧洲心脏病学杂志提出的观点—正常高值血压不再是“避风港”,“正常”在某种意义上不再意味着“安全”。在健康中国战略和体育强国政策的推动下,我国强调健康关口前移,推进“治已病”向“治未病”的转变。因此,控制正常高值血压已成为防治高血压、改善健康的关键环节^[9],亟需通过早期筛查和及时干预加以应对。

本研究选取 2 405 名成都市体检人群,按照纳入和排除标准最终 1 709 名体检者作为我们的研究对象,其中男性 1 203 名,女性 506 名,年龄集中在 55 岁以下。结果表明在健康体检人群中,正常高值血压的检出率为 32.59%,男性检出率为 38.40%,女性检出率为 18.77%,与南京某医院中青年体检人群的研究结果基本一致^[10],男女检出率有一定的差异,可能与样本纳入量有一定的关系,然而研究结果均显示男性的检出率高于女性,与童绥俊等^[11]的研究结果一致,可能是男性是家庭的经济支柱,承受的压力高于女性,同时更易有吸烟、饮酒等不良生活习惯,更易导致血压的升高。提示要加强对男性人群需加强戒烟、戒酒的宣传引导。且这一研究结果数据表明正常高值血压在健康体检人群中具有较高的流行率,正常高值血压是高血压发病的重要危险因素和高危人群,如不采取有效的措施进行干预,无疑会导致更多的高血压发生。

研究^[12]报道,正常高值血压人群的糖代谢异常率为 31.0%,而正常人群仅为 5.7%,表明在正常高值血压合并糖尿病的人群中这种风险的增加更加显著。Wang 等^[13]研究显示,在正常高值血压下,靶器官已经发生损害,比如大动脉顺应性下降、颈动脉

中层厚度的增厚、颈动脉斑块的增加和左心室壁厚度的变化。因此正常高值血压已成为威胁人类健康的重大公共卫生问题,对于高血压的预防提出了更靠前的要求,积极预防正常高值血压的发生应得到更加普遍的共识和重视。血液学指标在高血压前期的预测中扮演着关键角色^[6]。随着预测模型技术的进步,结合血液学指标的高血压前期预测模型有望提高早期诊断的准确性,为高血压的预防和治疗提供支持。因此,研究健康体检人群中高血压前期检出情况的预测价值中血液学指标具有重要的临床意义。本研究纳入近 2 000 名健康体检者作为研究对象,收集并整理相关的实验室数据,发现正常高值血压组的年龄、BMI 及 hs-CRP、CysC、Hcy、UA、TG、TC、HbA1c、LDL-C 和 FBG 均高于正常血压组,且差异具有统计学意义,而正常高值血压组的 HDL-C 水平明显低于正常血压组。这也提醒了实验室指标在健康体检人群发生正常高值血压中起着重要的作用。

本研究显示健康人群出现正常高值血压的独立危险因素有年龄 > 40 岁、男性、BMI > 23.08 kg/m² 及血液学指标 Hcy > 9.25 μmol/L、TC > 5.47 mmol/L、FBG > 5.04 mmol/L。众所周知,随着年龄的增长,血管壁的弹性和功能会发生变化,可能导致血压升高。肥胖会引起体内一系列代谢紊乱,如血脂异常、胰岛素抵抗等,这些因素共同作用导致血管内皮功能损伤,促进动脉粥样硬化的形成和发展,增加心血管疾病的发生^[14]。杨春艳等^[15]发现超重或肥胖者出现正常高值血压和高血压的危险是正常体重者的 2.08 和 3.88 倍,同时高血糖是女性出现正常高值血压的危险因素 (OR = 1.24),这可能与正常高值血压患者常伴有胰岛素抵抗有关。Hcy 是甲硫氨酸的中间产物,高浓度的 Hcy 可直接损伤容量血管、减弱血管的内皮细胞功能,导致内皮衍生的血管舒张因子生成减少,进一步增加心血管疾病的风险^[16]。遗憾的是,经过多因素 Logistic 分析 HDL-C > 1.36 mmol/L 的 P = 0.780,所以未纳入后续的预测模型中。研究^[17]表明衰老过程中, HDL 的数量和质量(功能)都可能发生不利改变,例如胆固醇外流能力下降,这可能增加动脉粥样硬化和认知功能下降的风险,这可能部分解释了老年人心脑血管疾病发病率增高的现象。在本研究纳入的 1 709 名受试者中,年龄 ≥ 60 岁的老年人仅有 49 例 (占 2.87%)。在多因素分析模型中,多个变量同时参与分析,统计模型倾向于将主要影响归因于效应更强的变量(如本研究中的年龄、性别、BMI、同型半胱氨酸、总胆固醇、空腹血糖等),而可能排除效应相对较弱的变量(如本研究中的 HDL-C)。鉴于本研

究为单中心横断面研究,可能存在一定的患者选择偏倚,所以未来需要通过多中心、大样本的前瞻性研究来进一步验证 HDL-C 与正常高值血压的关系,并对风险预测模型进行优化与完善。总的来说,发生正常高值血压的高风险人群需要进行重点关注,加强对其生活行为方式教育、改善饮食结构以降低高血压的发病率,从而降低心血管病的发生与死亡风险。

基于年龄、性别、BMI 及血液学指标等独立危险因素,构建健康人群出现正常高值血压的风险预测列线图。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。以该模型判断健康体检人群出现正常高值血压的概率预测值为基础绘制 ROC 曲线,C-统计量为 0.710(95%CI: 0.684~0.736)。列线图模型预测健康人群出现正常高值血压的发生率与实际发生率基本一致;提示该列线图模型对健康人群出现正常高值血压的风险具有较好的区分度、校准度。本研究列线图模型中的相关因素可作为今后针对健康体检者发生正常高值血压的监测指标以期实施早期干预措施,通过定期进行血液检查,可及早发现潜在的健康问题,为高血压等慢性疾病的预防和管理提供有力支持。如建议有发生正常高值血压高危的人群进行戒烟限酒、保持健康体质、降低血脂等。

本研究尚存在一定局限性:第一,研究为单中心研究,存在患者选择偏倚可能,后期需要多中心研究;第二,本研究利用横断面调查数据进行分析,不能有效评估正常高值血压的变化趋势;第三,由于研究时间的限制,缺乏列线图模型的外部验证,后期的研究中进一步完善。后续也将完善个人史、家族史等一般资料,同时纳入心血管危险指标,比如胰岛素抵抗指数(HOMA-IR),总甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇的比值(TG/HDL-C),非高密度脂蛋白-C(Non-HDL-C)等,以此优化风险预测模型,进而帮助医务工作者对健康体检人群进行高血压风险评估,并采取相应的专业的预防措施。

综上,年龄>40岁、男性、BMI>23.08 kg/m²及血液学指标 Hcy>9.25 μmol/L、TC>5.47 mmol/L、FBG>5.04 mmol/L 是健康人群出现正常高值血压的独立危险因素,本研究基于上述影响因素构建的健康人群发生正常高值血压的风险预测列线图模型拟合情况较好,具有较好的区分度、校准度。

参考文献

[1] Bludorn J, Railey K. Hypertension guidelines and interventions[J].

Primary Care; Clinics in Office Practice, 2024, 51(1): 41-52.

- [2] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压分会, 等. 中国高血压防治指南(2024年修订版)[J]. 中华高血压杂志, 2024, 32(7): 603-700.
- [3] Li Z, Liu M, Chen B, *et al.* Association of high-normal blood pressure defined by the 2023 European Society of Hypertension guideline with mortality in the Chinese population; a nationwide, population-based, prospective study of 3.6 million adults[J]. BMC Medicine, 2025, 23(1): 226.
- [4] 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 2022 概要[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(6): 583-612.
- [5] 沐婷玉, 戴佳宁, 周芝男, 等. 正常高值血压人群健康管理服务模式现状分析与展望[J]. 中华高血压杂志, 2022, 30(10): 938-943.
- [6] Meng X, Sun H, Tu X, *et al.* The predictive role of hematological parameters in hypertension[J]. Angiology, 2024, 75(8): 705-716.
- [7] 李洋, 黄素琼, 罗钢, 等. 不同血压水平成人颈动脉粥样硬化的影响因素[J]. 中华高血压杂志, 2025, 33(6): 560-567.
- [8] Ram CVS. 'Normal' blood pressure is no longer a safe haven: take shelter under 'optimal' blood pressure [J]. European Heart Journal, 2023, 44(19): 1674-1675.
- [9] 邓玉玲, 王建刚, 李茜, 等. 基于互联网的血压监测管理平台对高血压前期人群的干预效果[J]. 中华健康管理学杂志, 2022, 16(4): 253-258.
- [10] 熊筱璐, 马一鸣, 周卫红, 等. 南京某医院中青年体检人群高血压前期和高血压病流行现状及其危险因素分析[J]. 中华内科杂志, 2021, 60(4): 338-344.
- [11] 童绥俊, 周军, 陈磊, 等. 高血压患者心血管疾病风险及其性别差异分析[J]. 心肺血管病杂志, 2022, 41(1): 18-24, 88.
- [12] 刘建勋, 付朝红, 李建彬, 等. 郑州市年龄≥18岁居民正常高值血压流行状况与相关危险因素[J]. 中华高血压杂志, 2023, 31(1): 61-66.
- [13] Wang T, Liu H, Zhou X, *et al.* Trends in prevalence of hypertension and high-normal blood pressure among US adults, 1999-2018[J]. Scientific Reports, 2024, 14: 25503.
- [14] Welsh A, Hammad M, Piña IL, *et al.* Obesity and cardiovascular health [J]. European Journal of Preventive Cardiology, 2024, 31(8): 1026-1035.
- [15] 杨春艳, 陈子敏, 郑莹莹, 等. 心血管病危险因素及其聚集对中老年高血压前期的影响[J]. 湖北科技学院学报(医学版), 2023, 37(4): 354-357.
- [16] Frampton JE. Empagliflozin; a review in symptomatic chronic heart failure[J]. Drugs, 2022, 82(16): 1591-1602.
- [17] Hong BV, Zheng J, Zivkovic AM. HDL function across the lifespan: from childhood, to pregnancy, to old age[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2023, 24(20): 15305.

(收稿日期: 2025-11-20

修回日期: 2026-01-05)