

DOI: 10.13210/j.cnki.jhmu.20250508.003

网络出版地址: <https://link.cnki.net/urlid/46.1049.R.20250514.1556.006>

## 海南省心血管疾病高危人群预测模型的构建

陈明斯<sup>1,2</sup>, 周雪<sup>3,4</sup>, 李乔君<sup>1,2</sup>, 杨可莹<sup>1,2</sup>, 赵力颖<sup>1,2</sup>, 陶俊龙<sup>1,2</sup>, 王兴任<sup>3,4</sup>, 鲁英<sup>1,2</sup>✉

(1. 海南医科大学公共卫生学院环境与职业医学教研室, 海南海口 571199; 2. 海南医科大学公共卫生学院热带转化医学教育部重点实验室, 海南海口 571199; 3. 海南省疾病预防控制中心, 海南海口 570203; 4. 海南省预防医学科学院, 海南海口 570203)

**[摘要]** **目的:**通过对海南省常住居民开展心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)高危筛查,建立CVD高危人群预测模型,为CVD的防治提供参考依据。**方法:**2016~2023年采用多阶段分层整群抽样法的方法,抽取海南省71 819名常住人口进行问卷调查、体格检查、实验室检查,按照8:2的比例随机将收集到的数据分为训练集57 455例和验证集14 364例。采用LASSO回归筛选变量和多因素logistic回归模型分析训练集CVD高危人群的影响因素。基于有统计学意义的影响因素绘制CVD高危人群风险预测模型的列线图。将训练集和验证集数据带入模型,采用ROC曲线、校准曲线和决策曲线衡量模型的性能和实用性。**结果:**筛选出12 937名CVD高危人群,检出率为18.01%(男性19.00%、女性17.38%),60~70岁年龄组在高危人群中的占比最大。通过LASSO回归和logistic回归分析CVD高危人群的影响因素,将民族、吸烟情况、血脂异常、收缩压、舒张压、TyG、TC/HDL有统计学意义的危险因素纳入模型,绘制列线图。训练集和验证集中的AUC及95%CI分别为0.797(0.792~0.802)、0.788(0.778~0.799)。**结论:**海南省常住居民CVD高危人群的检出率较低,本研究建立的模型在预测准确性和稳定性方面表现良好,有助于开展个体化的CVD风险评估。

**[关键词]** 心血管疾病高危人群;预测模型;列线图

**[中图分类号]** R54 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-5953(2026)07-0531-09

### Construction of a prediction model for high-risk groups of cardiovascular diseases in Hainan Province

CHEN Mingsi<sup>1,2</sup>, ZHOU Xue<sup>3,4</sup>, LI Qiaojun<sup>1,2</sup>, YANG Keying<sup>1,2</sup>, ZHAO Liying<sup>1,2</sup>, TAO Junlong<sup>1,2</sup>, WANG Xingren<sup>3,4</sup>, LU Ying<sup>1,2</sup>✉

(1. Department of Environmental and Occupational Health, School of Public Health, Hainan Medical University, Haikou 571199, China; 2. School of Public Health, Key Laboratory of Tropical Translational Medicine of Ministry of Education, Hainan Medical University, Haikou 571199, China; 3. Hainan Center for Disease Control and Prevention, Haikou 570203, China; 4. Hainan Academy of Preventive Medicine, Haikou 570203, China)

**[Foundation Project]:** This study was supported by the Natural Science Foundation Project of Hainan Province (821RC742); Hainan Medical University Introduced Talents to Start Scientific Research (XRC202028); Major Local Public Health Project of Central Transfer Payment: Early Screening and Intervention for High-risk Groups of Cardiovascular Disease in China (Z135080000022)

**[Author]:** CHEN Mingsi, E-mail: 1144904250@qq.com.

**[Correspondence to]:** LU Ying, Professor, E-mail: 316139862@qq.com.

Received: 2024-11-15

Revised: 2025-05-13

JHMU, 2026;32(7):531-539

**View from specialist: It is creative, and of certain scientific and educational value.**

**[Abstract] Objective:** Conducting high-risk screenings for cardiovascular disease (CVD) among the permanent residents of Hainan Province and developing a predictive model for identifying individuals at high risk for CVD will provide a foundational refer-

**[基金项目]** 海南省自然科学基金(821RC742);海南医科大学高层次引进人才项目(XRC202028);中央转移支付地方重大公共卫生项目中国心血管病高危人群早期筛查与干预项目(Z135080000022)

**[作者简介]** 陈明斯, E-mail: 1144904250@qq.com。

**[通讯作者]** 鲁英, 教授, E-mail: 316139862@qq.com。

**[收稿日期]** 2024-11-15

**[修回日期]** 2025-05-13

**网络出版时间:** 2025-05-14 17:14:43

ence for the prevention and management of this condition. **Methods:** A total of 71 819 permanent residents of Hainan Province were sampled in a questionnaire survey, physical examinations, and laboratory tests from 2016 to 2023. The data were collected using a multi-stage stratified sampling method, and subsequently divided into a training set of 57 455 cases and a validation set of 14 364 cases, following an 8:2 ratio. LASSO regression was employed for variable selection, while multi-factorial logistic regression models were utilized to examine the determinants influencing CVD risk groups within the training dataset. Plotting line graphs for a risk prediction model aimed at individuals at risk of CVD, based on statistically significant influencing factors. Incorporate the training and validation datasets into the model, and evaluate its performance and utility using ROC curves, calibration curves, and decision curves. **Results:** 12 937 high-risk group for CVD were screened, resulting in a detection rate of 18.01% (19.00% for males and 17.38% for females). The age group of 60 to 70 years had the highest proportion of high-risk individuals. The influencing factors for the CVD high-risk groups were analyzed using LASSO regression and logistic regression. The following meaningful risk factors were identified for inclusion in the model: ethnicity, smoking status, dyslipidemia, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, triglyceride-glucose index (TyG), and total cholesterol to high-density lipoprotein ratio (TC/HDL). Column-line plots were generated to illustrate these findings. The area under the curve (AUC) and 95% confidence intervals (CI) for the training and validation sets were 0.797 (0.792~0.802) and 0.788 (0.778~0.799), respectively. **Conclusion:** The prevalence of CVD detection among high-risk populations residing permanently in Hainan Province is notably low. The predictive model developed in this research demonstrates commendable accuracy and stability, thereby facilitating the implementation of personalized CVD risk assessments.

[Key words] People at high risk of cardiovascular disease; Predictive model; Nomogram

全球范围内每年因心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)死亡的人数占有所有死亡人数的31%<sup>[1]</sup>。CVD也是我国人群的首位死因,已成为威胁我国人民生命和健康的重大公共卫生问题<sup>[2,3]</sup>。有研究认为,我国约有1/10的居民为CVD高危人群<sup>[4]</sup>,尽早发现CVD高危人群,及时采取干预措施意义重大。

本研究在海南省CVD高危人群筛查的基础上,筛选适合海南人群的CVD高危因素变量,构建预测模型。以列线图的形式直观展示危险因素的贡献度,便于医务工作者针对个体开展CVD高危评估<sup>[5]</sup>,及时实施干预,减少心血管疾病患病风险。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

根据省内城市和农村的常住人口1:3的比例,确定海口市秀英区和儋州市为城市项目点,文昌市、琼海市和万宁市,西部的三亚市、乐东县、东方市作为农村项目点。自2016~2023年采用多阶段分层整群抽样法,在每个项目点内,随机选取3~5个街道(乡镇),再从中抽取1~2个居委会或行政村。每个居委会或行政村中再随机抽取若干个居民小组,年龄在35~75岁且住满6个月的本地常住居民作为研究的对象,开展初筛、高危体检、短期随访工作。纳入标准:(1)海南常住居民,即过去12个月内至少在项目点居住6个月以上的居民;(2)自愿参与问卷且签署知情同意书。最终获得71 819人的基线资料,按照8:2的比例随机将数据分为训练集57 455例和验证集14 364例。研究经中国医学

科学院阜外医院伦理委员会批准[临研审(2014)574号]。

### 1.2 方法

**1.2.1 问卷调查** 由经过专业培训的调查人员通过面对面访谈和电话访问的方式,收集参与者的基本信息(性别、年龄、医保、民族、文化程度、家庭年收入、吸烟、饮食习惯、血脂异常、心血管疾病史、用药史等)。

**1.2.2 体格检查** 调查人员严格遵循质控方案的要求,规范测量受试者的腰围、身高、体重。计算体重指数(BMI)=体重(kg)/身高<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>)。

**1.2.3 血压、空腹血糖、血脂的检测** 保持周围环境安静,受试者静坐5~10 min后用欧姆龙公司HBP-1300电子血压计测量血压,反复测量2~3次求平均值;用白捷PD-GOO1-2血糖仪测空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)。采用Cardiocheck PA快速血脂仪检测总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)。甘油三酯-葡萄糖指数(Triglyceride-Glucose Index, TyG)= $\ln[\text{TG}(\text{mg/dL}) \times \text{FBG}(\text{mg/dL})/2]$ 计算。

**1.2.4 判断标准** 符合以下3条标准中的1条即可判断为心血管病高危对象<sup>[6]</sup>:(1)疾病史(符合以下4条中的1条即可):a.心肌梗死病史;b.接受经皮冠状动脉介入治疗(PCI);c.接受冠状动脉搭桥手术(CABG);d.脑卒中病史。(2)血压、血脂(符合以下3

条中的1条即可): a. 收缩压(SBP)  $\geq 160$  mmHg 或舒张压(DBP)  $\geq 100$  mmHg; b. 低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)  $\geq 160$  mg/dL (4.14 mmol/L); c. 高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)  $< 30$  mg/dL (0.78 mmol/L)。(3) 心血管病危险因素: 根据2008年世界卫生组织发布的《心血管风险评估和管理指南》<sup>[7]</sup>中的风险评估预测图对全部筛查对象进行心血管病风险评估, 评估指标涵盖年龄、性别、SBP、吸烟状态、糖尿病病史以及高总胆固醇(TC)血症, 如果筛查对象10年心血管病患病风险  $\geq 20\%$ , 则判定为高危对象。

### 1.3 质量控制

项目构建了覆盖国家级、省级和项目点三级质控体系, 并在各项目承担单位设立专职质控岗, 统一培训, 现场实施统一的筛查方案和操作流程, 执行统一的数据质控标准, 通过现场评估和中心验证样本等方式, 对整个项目实施全面的质量管理。

### 1.4 统计学处理

应用SPSS26.0软件进行统计分析, 计数资料采用 $\chi^2$ 检验, 计量资料采用 $t$ 检验; 偏态分布的数据用中位数(第25百分数, 第75百分数)[ $M(P_{25}, P_{75})$ ]表示。采用LASSO(最小绝对值收敛和选择算子)回归通过正则化实现降维, 避免过拟合; 选取LASSO模型中非零系数的变量, 将其纳入Logistic回归模型中进一步分析, 进行自变量与因变量的关联分析。采用R语言4.2.2中的rms包在训练集进行模型构建和绘制列线图。通过绘制ROC曲线的AUC值评估模型区分度, AUC值超过0.75表示区分能力良好、绘制校准曲线检验其校准性能, 并采用决策曲线分析(DCA)来评估模型在不同阈值概率下的净收益, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 调查对象基本情况

研究共纳入海南省常住居民71 819人, 其中女性43 894人, 占61.12%, 汉族占91.88%, 50~59岁占31.86%, 98.65%的调查对象有医保, 年收入低于2.5万元占63.27%, 研究对象文化程度偏低(小学及以下人数占79.27%)与统计年鉴中海南常住人口文化水平基本一致; 吸烟率、饮酒率分别为18.71%和9.27%; 血脂异常人数13 214例(18.40%), 有用药史的仅为3 814例(5.31%), 见表1。

### 2.2 CVD高危人群检出情况

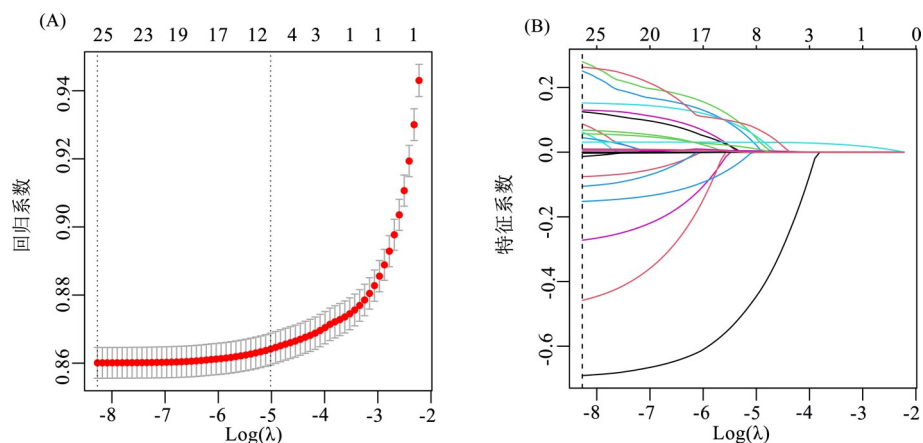
海南省CVD高危人群的检出率为18.01%。非高危人群组和高危人群组在性别、年龄分组、医保情况、民族情况、家庭年收入、婚姻状况、吸烟率、饮酒率、血脂情况及用药史检出率等方面的差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 见表1。

### 2.3 体检指标及相关指数的比较

高危人群体检指标中的心率、总胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇比值(TC/HDL)、甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇比值(TG/HDL)、低密度脂蛋白胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇比值(LDL/HDL)、TyG、FPG、腰围、BMI、舒张压、收缩压高于非高危人群, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 见表2。

### 2.4 变量筛选

将所有指标纳入LASSO回归, 图1显示LASSO筛选变量的过程, 筛选出7个非零系数变量: 民族、吸烟情况、血脂异常、收缩压、舒张压、TyG、TC/HDL。以“是否是CVD高危人群”为因变量(是=1, 否=0), 以上述因素为自变量进行多因素Logistic回归分析, 见表3、4。



A: 展示了LASSO回归系数与λ值的对应关系; B: 描绘了调整参数λ时, 各指标特征系数与对数λ的关系

图1 LASSO回归分析筛选预测因素图

Fig 1 LASSO regression analysis screening predictor map

表1 非CVD高危人群和CVD高危人群的基线特征比较

Tab 1 Comparison of Baseline Features Between Individuals at CVD High Risk and Non-CVD High Risk

基线特征	调查人群(n,%)	非CVD高危人群 (n,%)	CVD高危人群(n,%)	检出率 (%)	$\chi^2$	P
性别						
男性	27 925 (38.88)	22 619 (38.41)	5 306 (41.01)	19.00	30.17	<0.001
女性	43 894 (61.12)	36 263 (61.59)	7 631 (58.99)	17.38		
年龄分组/岁						
35~	5 493 (7.65)	4 989 (8.47)	504 (3.90)	9.18	929.65	<0.001
40~	17 534 (24.41)	15 277 (25.95)	2 257 (17.45)	12.87		
50~	22 882 (31.86)	18 429 (31.30)	4 453 (34.42)	19.46		
60~	19 625 (27.33)	15 257 (25.91)	4 368 (33.76)	22.25		
70~75	6 285 (8.75)	4 930 (8.37)	1 355 (10.47)	21.56		
是否有医保						
是	70 846 (98.65)	58 051 (98.59)	12 795 (98.90)	18.06	7.81	0.005
否	973 (1.35)	831 (1.41)	142 (1.10)	14.59		
民族						
汉族	65 987 (91.88)	53 709 (91.21)	12 278 (94.91)	18.60	194.87	<0.001
黎族	5 555 (7.73)	4 934 (8.38)	621 (4.80)	11.18		
其他民族	277 (0.39)	239 (0.41)	38 (0.29)	13.72		
家庭年收入(万元)						
2.5万元及以下	45 437 (63.27)	37 031 (62.89)	8 406 (64.98)	18.49	32.54	<0.001
2.5万元~	18 619 (25.92)	15 320 (26.02)	3 299 (25.50)	17.72		
5.0万元及以上	7 763 (10.81)	6 531 (11.09)	1 232 (9.52)	15.87		
婚姻状况						
已婚	67 033(93.34)	55 119 (93.61)	11 914(92.09)	17.77	24.96	<0.001
未婚	4 786 (6.66)	3 763 (6.39)	1 023(7.91)	21.37		
文化程度						
小学及以下	56 932 (79.27)	46 734 (79.37)	10 198 (78.83)	17.91	3.83	0.147
初、高中/中专	13 687 (19.06)	11 151 (18.94)	2 536 (19.60)	18.53		
大专及以上	1 200 (1.67)	997 (1.69)	203 (1.57)	16.92		
是否吸烟						
否	58 384 (81.29)	48 003 (81.52)	10 381 (80.24)	17.78	11.45	<0.001
是	13 435 (18.71)	10 879 (18.48)	2 556 (19.76)	19.02		
是否饮酒						
否	65 162 (90.73)	53 485 (90.83)	11 677 (90.26)	17.92	4.15	0.042
是	6 657 (9.27)	5 397 (9.17)	1 260 (9.74)	18.92		
血脂异常						
否	58 605 (81.60)	51 840 (88.04)	6 765 (52.29)	11.54	9028.28	<0.001
是	13 214 (18.40)	7 042 (11.96)	6 172 (47.71)	46.69		
用药史						
否	68 005(94.69)	55 540(95.32)	12 465(96.35)	18.33	107.60	<0.001
是	3814(5.31)	3342(4.68)	472(3.65)	12.38		

注:括号内为构成比。

表2 非CVD高危人群和CVD高危人群临床指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab 2 Comparison of Clinical Indicators in Non-CVD High-Risk and CVD High-Risk Populations( $\bar{x} \pm s$ )

指标	非CVD高危人群(n=58 882)	CVD高危人群(n=12 937)	t	P
心率(次/min)	77.04 ± 10.92	77.80 ± 11.82	-6.69	<0.001
TC/HDL	3.78 ± 1.48	3.90 ± 1.51	-8.21	<0.001
TG/HDL	1.07 ± 0.80	1.12 ± 0.91	-5.41	<0.001
LDL/HDL	2.26 ± 1.09	2.29 ± 1.13	-3.28	0.001
TyG	8.65 ± 0.53	8.72 ± 0.54	-12.84	<0.001
FPG(mmol/L)	6.10 ± 1.69	6.30 ± 1.79	-11.72	<0.001
腰围(cm)	82.11 ± 8.93	82.45 ± 9.29	-3.77	<0.001
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.60 ± 3.22	23.77 ± 3.33	-5.26	<0.001
舒张压(mmHg)	77.71 ± 10.39	83.79 ± 13.24	-49.01	<0.001
收缩压(mmHg)	128.21 ± 17.76	142.85 ± 24.68	-63.89	<0.001

2.5 CVD高危人群列线图预测模型及评估

以“是否检出为CVD高危人群”为因变量(0=

否,1=是),将单因素 Logistic 分析有明显差异的变量(民族、吸烟情况、血脂异常、舒张压、收缩压、

表3 Logistic回归变量赋值  
Tab 3 Logistic regression variable assignment

变量	赋值
民族	1=汉族 2=黎族 3=其他民族
是否吸烟	1=否 2=是
血脂异常	1=否 2=是

注:舒张压,收缩压,TyG,TC/HDL均为连续性变量。

表4 海南省常住居民CVD高危人群的单因素、多因素 Logistic 回归分析

Tab 4 Univariate and Multivariate Logistic Regression Analyses of CVD High-Risk Groups Among Permanent Residents in Hainan Province

变量	单因素					多因素				
	$\beta$	S.E	$X^2$	P	OR (95%CI)	$\beta$	S.E	$X^2$	P	OR (95%CI)
民族										
汉族					1					1
黎族	-0.60	0.04	-13.64	0.001	0.551(0.505~0.600)	-0.63	0.05	-13.04	0.001	0.534(0.486~0.587)
其他民族	-0.36	0.18	-2.08	0.038	0.696(0.494~0.980)	-0.40	0.19	-2.07	0.039	0.671(0.460~0.980)
是否吸烟	0.08	0.03	3.38	0.001	1.086(1.035~1.140)	0.24	0.03	8.87	0.001	1.277(1.210~1.348)
血脂异常	1.91	0.02	87.74	0.001	6.716(6.437~7.008)	1.91	0.02	82.25	0.001	6.722(6.423~7.034)
收缩压	0.04	0.00	70.35	0.001	1.035(1.034~1.036)	0.03	0.00	44.16	0.001	1.032(1.031~1.034)
舒张压	0.05	0.00	54.00	0.001	1.048(1.046~1.050)	0.01	0.00	6.38	0.001	1.008(1.006~1.011)
TyG	0.23	0.02	12.95	0.001	1.258(1.215~1.302)	0.09	0.02	4.33	0.001	1.091(1.049~1.135)
TC/HDL	0.05	0.01	8.30	0.001	1.054(1.041~1.067)	0.02	0.01	2.68	0.007	1.019(1.005~1.034)

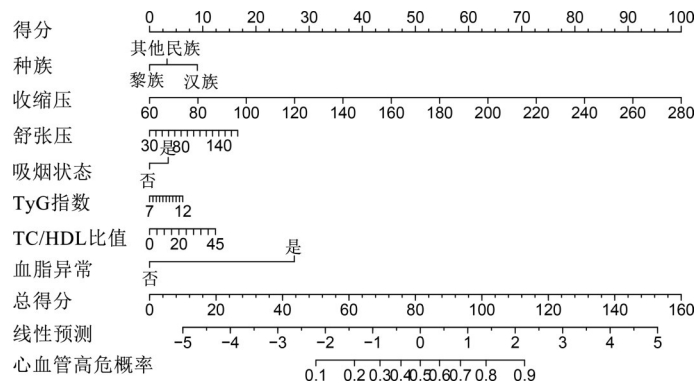


图2 CVD高危人群预测列线图

Fig 2 Predictive column line diagram for people at high risk of CVD

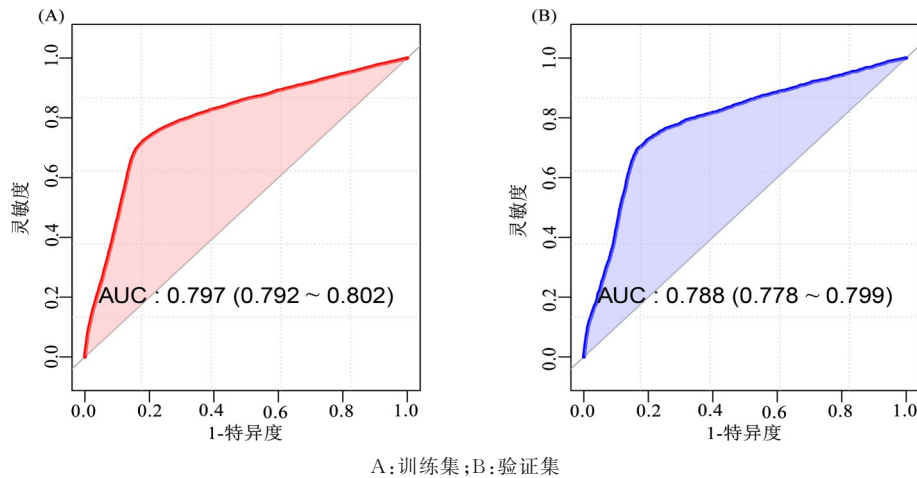


图3 CVD高危风险预测模型的ROC曲线

Fig 3 ROC curves of risk prediction models for cardiovascular risk groups

TyG、TC/HDL)纳入分析,构建列线图预测模型,见图2。心血管疾病高危人群预测模型中训练集、

验证集中的ROC曲线下AUC及95%CI分别为0.797 (0.792~0.802)、0.788 (0.778~0.799),提示

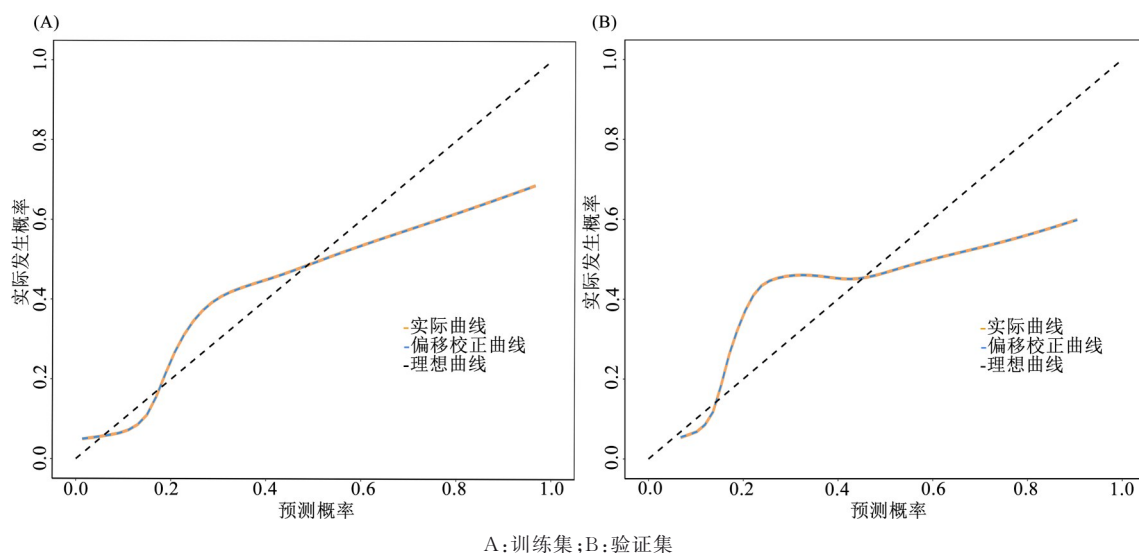


图4 CVD高危预测模型的校准曲线

Fig 4 Calibration curves for CVD high-risk prediction models

模型具有良好的预测能力,见图3。训练集中敏感度为0.817,特异度为0.724;验证集中敏感度为0.810,特异度为0.716,提示该模型有良好的区分度,模型有较好的预测效果。该模型对CVD高危风险的预测概率与实际概率之间的整体一致性良

好,见图4。DCA曲线显示用该模型预测CVD高危人群,提供的净获益率较高,当模型预测CVD发生风险概率阈值在0.10~0.55时,可提供明显的正向净收益,见图5。

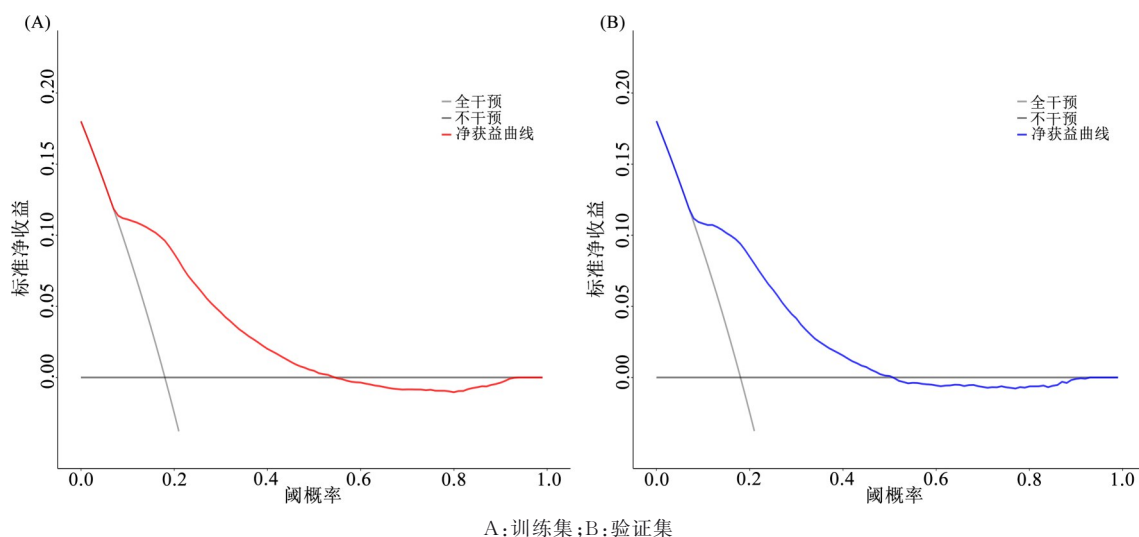


图5 CVD高危预测模型的决策曲线

Fig 5 Decision curves for CVD high-risk prediction models

### 3 讨论

CVD是有关心脏和血管的疾病,是一类致死、致残率很高的慢性疾病,严重危害公众健康<sup>[8]</sup>。本研究结果显示,海南省常住居民心血管高危人群的检出率为18.01%,低于同期全国的检出率(26.29%)<sup>[9]</sup>,但高于同期的广州市(15.17%)、常州市(15.46%)和湖南省(12.10%)的检出率<sup>[10-12]</sup>。海南省地处中国的最南端,四面环海,在环境气候、居

民的饮食习惯等方面特色鲜明,与内陆很多省份存在明显的差异。探索海南省人群CVD危险因素有助于揭示CVD危险因素与区域环境和社会经济特征之间的关系,可针对当地主要的危险因素,选择有效的防控措施。

本研究建立以海南人群为研究基础的CVD高危预测模型有助于预测海南人群的CVD发病风险,在CVD发生之前施加干预,遏制CVD的发

展<sup>[13]</sup>。考虑到问卷调查的多维性和复杂性,本研究首先经LASSO回归筛选出7个危险因素:民族、吸烟情况、血脂异常情况、收缩压、舒张压、TyG、TC/HDL,再通过Logistic回归具体分析上述7个危险因素在预测模型中可能的风险。同时对模型进行了验证,并绘制了预测CVD高危的列线图。

本研究发现海南黎族CVD高危风险得分最低,汉族得分最高。陈林等<sup>[14]</sup>研究发现黎族心肌梗死患者中GG及G等位基因频率低于汉族患者。不同民族间的CVD差异可能与遗传背景、生活方式和饮食习惯有关<sup>[15,16]</sup>,尚需进一步开展研究。有研究发现,吸烟人群的CVD和脑卒中的患病率和死亡率都明显增高<sup>[17]</sup>,本研究中吸烟者在高危预测模型中的得分明显高于非吸烟者,与既往研究结果一致<sup>[18]</sup>。

LDL-C升高和HDL-C降低等血脂异常改变是动脉粥样硬化的重要病理基础<sup>[19]</sup>。血脂异常和TC/HDL比值在本预测模型中影响明显,尤其是TC/HDL比值升高与CVD风险明显相关,可以认为TC/HDL比值不仅与多种CVD患病及预测预后相关<sup>[20]</sup>,也对CVD高危风险预测比较敏感,应重视血脂指标的综合评价。TyG指数是一种评价胰岛素抵抗的重要代谢指标,近年来被广泛用于CVD风险评估<sup>[21]</sup>。当TyG指数超过临界值9.75时,全因死亡和心血管死亡风险分别明显增加110%和99%<sup>[22]</sup>。本研究表明,TyG指数在预测CVD高危人群中亦具有一定的影响。TyG指数的升高反映了代谢综合征的存在,包括高血糖和高甘油三酯水平,这些因素共同促进了CVD的发生、发展。

血压升高通过引发血管结构和功能异常,促进动脉粥样硬化的发生、发展,从而增加CVD风险<sup>[23]</sup>。此外,收缩压和舒张压作为CVD风险评估中的重要生理指标<sup>[24]</sup>,本研究发现收缩压和舒张压升高是CVD高危预测模型的危险因素,与既往研究一致<sup>[25]</sup>。

本研究通过人口学特征和体检综合指标构建了海南省CVD高危预测模型。预测模型在训练集和验证集的AUC值分别为0.797(0.792~0.802)、0.788(0.778~0.799),显示出模型有较高的预测准确性。模型在训练集和验证集的灵敏度分别为0.817和0.810,特异度分别为0.724和0.716,表明模型能够有效地分辨CVD高危和非高危个体。此外,校准曲线与理想曲线存在相对偏差,可能是与纳入研究的人群年龄跨度比较大,而不同年龄人群心血管高危风险差异比较大有关,后续研究可进一

步对年龄分层细化研究。决策曲线分析表明,在CVD风险预测中,当概率阈值设定在0.10~0.55之间时,模型能提供明显的净收益,突出了其在临床决策中的潜在应用。虽然DCA曲线显示模型在低阈值区间的明显净收益优势,适用于大范围筛查高危人群的应用场景,但是在高阈值区间,模型的净收益下降甚至为负,可能原因是模型在高阈值区内识别真正CVD高危人群的能力不足有关;模型在该阈值下识别的真正CVD高危人群不足,导致收益不足以抵消误报成本。在实际应用中,对于CVD高危人群,在阈值概率较低的情况下可以确保尽可能多地筛查到高危人群,通过早期干预可以明显降低CVD事件发生的风险。对于阈值概率大于0.55的患者,不能仅仅依赖当前模型的预测结果进行决策,需要更加谨慎地综合考虑其他因素,如患者的具体临床症状、病史、家族史、其他检查结果等,进行全面的个体化评估。

本研究基于海南省人群抽样调查的大样本数据,利用LASSO回归筛选变量和多因素Logistic回归分析结果构建了列线图模型,可以更好地针对当地人群进行对CVD风险评估,预防疾病的发生<sup>[26]</sup>。通过使用列线图模型,可以更直观地了解不同危险因素对人群发生CVD的影响程度,有助于医生和临床团队更加精确地评估患者发生CVD的风险。医生可以根据各个危险因素的权重,制定个性化的治疗方案,从而有效降低患者的风险,提高预后效果。

研究虽然进行严格的质控,但依然存在问卷调查的主观因素的影响,对不同民族生活饮食习惯的流行病学调查条目不够细致。未来可进一步开展更深入的调查,提高模型预测的准确性。

作者贡献度说明:

陈明斯:数据处理、绘制图表、论文撰写;周雪、王兴任:数据收集、清洗,论文校对;李乔君、杨可莹、赵力颖、陶俊龙:协助数据统计分析、论文格式的纠正、收集相关文献;鲁英:指导论文撰写并进行修改指正,提供思路。

所有作者声明不存在利益冲突关系。

## 参考文献

- Zheng ZL, Guo QY, Ma D, et al. Related risk factors and treatment management of psoriatic arthritis complicated with cardiovascular disease [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022,9:835439.
- 李谟然,沙佳乐,翟亦佳,等.中国高血压防治指南(2024年修订版)的更新要点解读[J]. *同济大学学报*

- (医学版), 2024,45(6):824-829.
- Li MR, Sha JL, Zhai YJ, et al. Interpretation on updates of chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension (2024) [J]. J Tongji Univ (Med Ed), 2024,45(6):824-829.
- 3 宣风琦,王祖禄.《中国心血管病一级预防指南》解读[J]. 临床军医杂志, 2022,50(6):551-553.  
Xuan FQ, Wang ZL. Chinese guideline on the primary prevention of cardiovascular diseases [J]. Clin J Med Off, 2022,50(6):551-553.
  - 4 Ren FP, Shi ZL, Shen X, et al. The global, regional, and national burden of stomachcancer attributed to smoking in 204 countries, 1990-2019: A systematic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. Tob Induc Dis, 2024,22:48.
  - 5 孙号众,吴佳纬,马礼坤.总胆固醇/高密度脂蛋白比值在心血管疾病中的研究进展[J]. 淮海医药, 2023,41(1):99-102.  
Sun HZ, Wu JW, Ma LK. Research progress of total cholesterol / high density lipoprotein ratio in cardiovascular disease[J]. J Huaihai Med, 2023,41(1):99-102.
  - 6 王风华,魏茂提,王雄关,等.天津市滨海新区心血管病高危人群慢性患病现状及相关危险因素分析[J]. 中国心血管杂志, 2023, 28(4): 379-384.  
Wang FH, Wei MT, Wang XG, et al. Analysis of the current situation and related risk factors of chronic diseaseamong high risk population of cardiovascular disease in BinHai newarea, Tianjin [J]. Chin J Cardiovasc Med, 2023,28(4):379-384.
  - 7 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.  
The Joint Task Force for Guideline on the Assessment and Management of Cardiovascular Risk in China. Guideline on the assessment and management of cardiovascular risk in China [J]. Chin Circ J, 2019, 34(1):4-28.
  - 8 Moran A, Gu D, Zhao D, et al. Future cardiovascular disease in china: Markov model and risk factor scenario projections from the coronary heart disease policy model-China [J]. Circ Cardiovasc Qual Outcomes, 2010, 3(3):243-252.
  - 9 Lu JP, Lu Y, Wang XC, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in China: Data from 1.7 million adults in a population-based screening study (cina peace million persons project) [J]. Lancet, 2017,390(10112)2549:2558.
  - 10 刘览,孙敏英,利耀辉,等.广州市老城区心血管病高危人群检出情况及其影响因素分析[J]. 中国公共卫生, 2021,37(6):982-985.
  - 11 Liu L, Sun MY, Li YH, et al. Detection of high-risk cardiovascular disease populations in the old urban areas of Guangzhou and analysis of influencing factors [J]. Chin J Public Health, 2021,37(6):982-985.
  - 12 米孝濛,徐文超,潘国才,等.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.  
Mi XM, Xu WC, Pan GC, et al. High risk characteristics and co-existence of cardiovascular disease among residents in Changzhou city [J]. Anhui J Prev Med, 2022,28(4):288-292.
  - 13 殷黎,殷蕾,刘琼,等.湖南省35~75岁居民心血管病高危人群流行特征[J]. 中华疾病控制杂志, 2022,26(6):728-731.  
Yin L, Yin L, Liu Q, et al. Epidemiological characteristics of high-risk population of cardiovascular disease in residents aged 35-75 years in Hunan province [J]. Chin J Dis Control Prev, 2022,26(6):728-731.
  - 14 陈林,潘闽,刘月丽,等.海南汉族和黎族人群PCSK9基因E670G多态性与急性心肌梗死的相关性[J]. 岭南心血管病杂志, 2024,30(2):147-153.  
Chen L, Pan M, Liu YL, et al. E670G polymorphism of PCSK9 gene of patients with acute myocardial infarction among Han and Li population in Hainan [J]. Lingnan J Cardiovasc Dis, 2024,30(2),147-153.
  - 15 李幸.新疆维吾尔自治区不同民族人群的缺血性心血管病10年发病危险度差异性分析[D]. 乌鲁木齐:新疆医科大学,2020.  
Li X. Comparison on the 10 years risk for ischemic cardiovascular disease among different ethnic groups from Xinjiang uygurautonomous region[D]. Urumqi: Xinjiang Medical University, 2020.
  - 16 Han YT, Hu YZ, Yu CQ, et al. Lifestyle, cardiometabolic disease, and multimorbidity in a prospective chinese study[J]. Eur Heart J, 2021,42(34):3374-3384.
  - 17 Duncan MS, Greevy RA, Tindle HA, et al. Inclusion of smoking data in cardiovascular disease risk estimation [J]. JAMA Cardiol, 2022,7(2):195-203.
  - 18 Kakadiaris IA, Vrigkas M, Yen AA, et al. Machine learning outperforms ACC/AHA CVD risk calculator in MESA [J]. J Am Heart Associationvol, 2018,7(22):e009476.
  - 19 蔡永祥,黄会慧,都欢,等.非酒精性脂肪性肝病与心血管代谢疾病关系的研究进展[J]. 中国循环杂志, 2024,

- 39(12):1244-1248.  
Cai YX, Huang HH, Du H, et al. Research advances in the relationship between nonalcoholic fatty liver disease and cardiovascular-related metabolic diseases [J]. *Chin Circ J*, 2024, 39(12): 1244-1248.
- 20 古再努尔·肉苏力, 彭鹏. 三酰甘油与高密度脂蛋白胆固醇比值(TG/HDL-C)和心脑血管疾病的相关研究进展[J]. *临床医学进展*, 2023, 13(4): 6115-6120.  
Guzainur RSL, Peng P. Research progress in the relationship between the ratio of triacylglycerol to high density lipoprotein cholesterol and cardiovascular and cerebrovascular diseases [J]. *Adv Clin Med*, 2023, 13(4): 6115-6120.
- 21 熊星, 王志梅, 张宁, 等. 甘油三酯葡萄糖指数和血小板与淋巴细胞比值在心血管疾病中的研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2024, 45(11): 1021-1027.  
Xiong X, Wang ZM, Zhang N, et al. Triglyceride-glucose index and platelet-to-lymphocyte ratio in cardiovascular diseases [J]. *Adv Cardiovasc Dis*, 2024, 45(11): 1021-1027.
- 22 He GD, Zhang ZL, Wang CQ, et al. Association of the triglyceride-glucose index with all-cause and cause-specific mortality: A population-based cohort study of 3.5 million adults in china [J]. *Lancet Reg Health West Pac*, 2024, 49: 101135.
- 23 胡力芹, 刘瑞芳, 马文铜, 等. miR-223在心血管疾病中的研究进展与挑战[J]. *协和医学杂志*, 2024, 1-10.  
Hu LQ, Liu RF, Ma WT, et al. Advances and challenges of miR-223 in cardiovascular disease [J]. *J Peking Union Med Coll*, 2024, 1-10.
- 24 王英全, 浦震梅, 杨群娣, 等. 上海市35~75岁社区居民心血管病危险因素聚集与静息心率升高的关联性研究[J]. *现代预防医学*, 2024, 51(20): 3657-3663.  
Wang YQ, Pu ZM, Yang QD, et al. Association between cardiovascular risk factor clustering and elevated resting heart rate among 35-75 years old residents from community, Shanghai [J]. *Mod Prev Med*, 2024, 51(20): 3657-3663.
- 25 Fahimfar N, Malekzadeh R, Fotouhi A, et al. An office-based cardiovascular prediction model developed and validated in cohort studies of a middle-income country [J]. *J Clin Epidemiol*, 2022, 146: 1-11.
- 26 刘晓磊, 刘相佟, 陶丽新, 等. 空腹血糖受损预测模型与风险评分的建立[J]. *实用预防医学*, 2022, 29(9): 1039-1044.  
Liu XL, Liu XT, Tao LX, et al. Establishment of prediction model and risk score of impaired fasting glucose [J]. *Pract Prev Med*, 2022, 29(9): 1039-1044.

[本文编辑] 朱昊

(上转第 530 页)

- 30 Li N, Hou X, Huang S, et al. Biomarkers related to immune checkpoint inhibitors therapy [J]. *Biomed Pharmacother*, 2022, 147: 112470.
- 31 Chen R, Yao Z, Jiang L. Risk signature of NETosis-related subtype predicts prognosis and evaluates immunotherapy effectiveness in gastric cancer [J]. *Transl Cancer Res*, 2024, 13(10): 5165-5177.
- 32 Poniewierska-Baran A, Sobolak K, Niedzwiedzka-Rystwej P, et al. Immunotherapy based on immune checkpoint molecules and immune checkpoint inhibitors in gastric cancer - narrative review [J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(12): 6471.
- 33 Hu XL, Zhu YJ, Hu CH, et al. Ghrelin affects gastric cancer progression by activating AMPK signaling pathway [J]. *Biochem Genet*, 2021, 59(3): 652-667.
- 34 Spirina LV, Avgustinovich AV, Bakina OV, et al. LC3B, mTOR, AMPK are molecular targets for neoadjuvant chemotherapy in gastric cancers [J]. *Curr Issues Mol Biol*, 2022, 44(7): 2772-2782.
- 35 Chaves-Almagro C, Auriou J, Dortignac A, et al. Up-regulated Apelin signaling in pancreatic cancer activates oncogenic signaling pathways to promote tumor development [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(18): 10600.

[本文编辑] 朱昊