



[DOI]10.3969/j.issn.1001-9057.2025.03.008

<http://www.lenkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2025.03.008>

· 论著 ·

基于美国国家健康和营养调查数据库构建糖尿病并发冠心病风险列线图预测模型

李超 邹花一阳 郑宏喜 王亮

[摘要] **目的** 基于美国国家健康和营养调查(NHANES)数据库构建糖尿病并发冠心病风险列线图预测模型,为临床诊断和干预提供依据。**方法** 基于美国 NHANES 数据库中 2013~2018 年的数据,最终纳入 1 136 例糖尿病患者,根据是否合并冠心病将其分为冠心病组(326 例)和非冠心病组(810 例)。收集所有患者的一般临床资料并分组进行比较。采用单因素和多因素 *logistic* 回归分析评估糖尿病并发冠心病的危险因素,并构建列线图模型。采用受试工作者特征(ROC)曲线评估模型的预测效能。**结果** 冠心病组患者年龄、年收入、受教育年限、BMI、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、空腹血糖(FPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、尿素氮(BUN)、肌酐(Cr)、尿酸(UA)、C 反应蛋白(CRP)水平均高于非冠心病组,男性、吸烟史、饮酒史患者比例及高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平均低于非冠心病组,两组患者种族构成比例比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。多因素 *logistic* 回归分析结果显示,年龄、BMI、吸烟史、SBP、TC 及 FPG 均是糖尿病患者并发冠心病的危险因素($P < 0.05$)。列线图预测糖尿病患者并发冠心病的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.90,敏感度为 92%、特异度为 78%,提示列线图模型具有较好的预测效能。**结论** 基于美国 NHANES 数据库构建的糖尿病并发冠心病风险列线图预测模型具有较高的预测效能,可为临床诊断和干预提供参考。

[关键词] 国家健康和营养检查调查数据库; 糖尿病; 冠心病; 危险因素; 列线图; 预测模型

[中图分类号] R587.1

[文献标识码] A

Construction of a nomogram prediction model for the risk of coronary heart disease in patients with diabetes based on the National Health and Nutrition Examination Survey database Li Chao, Zou Huaiyang, Zheng Hongxi, Wang Liang. Department of Cardiology, Yizheng People's Hospital, Jiangsu 211401, China

[Abstract] **Objective** To construct a nomogram prediction model for the risk of diabetes patients complicated with coronary heart disease (CHD) based on the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) database, and to provide a basis for clinical diagnosis and intervention. **Methods** Based on the data from 2013 to 2018 from NHANES database, 1 136 diabetic patients were finally included, and divided into CHD group (326 cases) and non-CHD group (810 cases) according to whether they were complicated CHD or not. General clinical data of all patients were collected and grouped for comparison. Univariate and multifactorial *logistic* regression analyses were used to assess the risk factors for diabetes mellitus complicated with CHD, and a nomogram prediction model was constructed. Receiver operating characteristics (ROC) curve as used to assess the predictive efficacy of the model. **Results** Age, annual income, years of education, BMI, systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), total cholesterol (TC), triglyceride (TG), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), fasting glucose (FPG), glycosylated hemoglobin (HbA1c), urea nitrogen (BUN), creatinine (Cr), uric acid (UA), C-reactive protein (CRP), and uric acid (UA) in CHD group were higher than those in non-CHD group, male, the proportion of smoking and drinking history, and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) levels were lower than those in the non-CHD group, comparison of the proportions of the racial composition of the patients in the two groups showed a statistically significant difference ($P < 0.05$). The results of

课题基金:国家自然科学基金资助项目(82200474)

作者单位:211401 江苏省仪征市人民医院心内科(李超);南京医科大学第一附属医院心血管内科(邹花一阳、王亮);天长市人民医院心内科(郑宏喜)

通讯作者:王亮, E-mail: gjzz2024@126.com

multifactorial *logistic* regression analysis showed that age, BMI, smoking, SBP, TC, FPG were risk factors for the complication of CHD in diabetic patients ($P < 0.05$). The area under the ROC curve (AUC) of the nomogram for predicting concurrent CHD in patients with diabetes was 0.90, with a sensitivity of 92% and specificity of 78%, suggesting that the nomogram prediction model had a good predictive efficacy.

Conclusion The nomogram prediction model for the risk of diabetes mellitus complicating CHD constructed based on the NHANES database has high predictive efficacy and can provide a reference for clinical diagnosis and intervention.

[Key words] National Health and Nutrition Examination Survey; Diabetes; Coronary heart disease; Risk factors; Prediction model; Nomogram

糖尿病的发病率和死亡率呈上升趋势,已成为全球公共卫生问题之一^[1]。糖尿病患者常伴有多种并发症,其中冠心病是最常见和最严重的一种,其发生率是非糖尿病人群的 2~4 倍,其死亡率是非糖尿病人群的 3~4 倍^[2-3]。这可能与代谢紊乱、血管内皮功能障碍、动脉粥样硬化、炎症反应等因素有关^[4]。因此,及时发现和评估糖尿病并发冠心病的危险因素,对于预防和治疗糖尿病并发冠心病具有重要意义。目前,常用冠心病风险评估方法有 Framingham 风险评分、系统性冠状动脉风险评估(SCORE)、慕尼黑心血管研究项目(PROCAM)等,这些方法主要基于一般人群的数据,对于糖尿病患者的适用性和准确性还有待提高^[5]。此外,这些方法多依赖传统的冠心病危险因素,忽略了糖尿病患者特有的危险因素,如血糖、肾功能、炎症指标等。因此,有必要根据糖尿病患者的特点,开发出更适合糖尿病患者的冠心病风险评估方法并验证其效能。列线图是一种简单易用的风险评估工具,已被广泛应用于各种疾病的风险评估,如卒中、肺癌、骨质疏松等^[6-7],但在糖尿病并发冠心病的风险评估方面尚缺乏相关的研究。本研究基于美国国家健康与营养调查(NHANES)数据库,通过探讨糖尿病患者并发冠心病的危险因素,并构建风险列线图预测模型,为糖尿病并发冠心病的临床诊断和干预提供依据。

对象与方法

1. 对象:收集美国 NHANES 数据库 2013~2018 年的参与者共 29 916 例。纳入标准:(1)均符合糖尿病的相关诊断标准^[8];(2)年龄 ≥ 18 岁;(3)临床资料完整。排除标准:(1)1 型糖尿病;(2)合并恶性肿瘤。根据纳入和排除标准进行筛查,最终纳入 1 136 例患者。根据是否合并冠心病,将所有患者分为冠心病组(326 例)和非冠心病组(810 例)。冠心病的诊断标准^[9]:有冠心病的病史,或有心绞痛的症状,或有心电图异常,或正在使用抗心绞痛药物。美国 NHANES 数据库数据来源于美国国家卫生统计中心,相关数据可从中公开获得。

2. 方法:收集所有患者的一般临床资料,包括性

别、年龄、种族、年收入、受教育年限、吸烟史、饮酒史、BMI、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、空腹血糖(FPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、尿素氮(BUN)、肌酐(Cr)、尿酸(UA)、C 反应蛋白(CRP)。

3. 统计学分析:应用 SPSS 26.0 软件进行统计分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用 *Mann-Whitney* 检验。计数资料以例数和百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用单因素和多因素 *logistic* 回归分析评估糖尿病患者并发冠心病的危险因素,并构建列线图模型。采用受试工作者特征(ROC)曲线评估列线图模型的预测效能并进行内部验证。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组患者的一般临床资料比较:冠心病组患者年龄、年收入、教育、BMI、SBP、DBP、TC、TG、LDL-C、FPG、HbA1c、BUN、Cr、UA、CRP 水平均高于非冠心病组,男性、吸烟史、饮酒史患者比例及年收入、受教育年限、HDL-C 水平均低于非冠心病组,两组患者种族构成比例比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2. 糖尿病患者并发冠心病的影响因素分析:单因素 *logistic* 回归分析结果显示,年龄、男性、墨西哥裔、年收入、受教育年限、吸烟史、饮酒史、BMI、SBP、DBP、TC、TG、HDL-C、LDL-C、FPG、HbA1c、BUN、Cr、UA、CRP 均是糖尿病患者并发冠心病的影响因素($P < 0.05$)。在上述结果的基础上,校正其他因素后,多因素 *logistic* 回归分析结果显示,年龄、BMI、吸烟史、SBP、TC 及 FPG 仍是糖尿病患者并发冠心病的危险因素($P < 0.05$)。见表 2。

3. 糖尿病患者并发冠心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,纳入年龄、BMI、吸烟史、SBP、TC 及 FPG 5 项独立危险因素,建立预测糖尿病患者并发冠心病的风险预测列线

表 1 两组患者一般临床资料比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	年龄 (岁)	男性 [例, (%)]	种族[例, (%)]				年收入(美元) [M(P ₂₅ , P ₇₅)]
				白种人	黑种人	墨西哥裔	其他	
冠心病组	326	67.32 ± 9.81	153(46.9)	148(45.4)	96(29.4)	48(14.7)	34(10.4)	37 650(22 500, 60 000)
非冠心病组	810	54.64 ± 11.22	462(57.0)	492(60.7)	156(19.3)	108(13.3)	54(6.7)	45 000(30 000, 75 000)
$t/\chi^2/Z$ 值		18.943	9.559			25.165		2.603
P 值		<0.001	0.002			<0.001		<0.001

组别	例数	受教育年限 [年, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	吸烟史 [例, (%)]	饮酒史 [例, (%)]	BMI (kg/m ²)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	TC (mmol/L)	TG [mmol/L, M(P ₂₅ , P ₇₅)]
非冠心病组	810	13(12, 16)	342(42.2)	330(40.7)	28.42 ± 5.31	132.45 ± 16.72	76.23 ± 9.84	5.06 ± 1.01	1.74(1.2, 2.4)
$t/\chi^2/Z$ 值		2.684	11.672	12.648	5.094	6.293	5.227	5.688	2.943
P 值		<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

组别	例数	HDL-C (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)	FPG (mmol/L)	HbA1c (%)	BUN (mmol/L)	Cr (μmol/L)	UA (μmol/L)	CRP [mg/L, M(P ₂₅ , P ₇₅)]
非冠心病组	810	1.22 ± 0.32	2.94 ± 0.82	7.81 ± 2.62	7.50 ± 1.64	6.43 ± 2.32	80.63 ± 22.61	325.41 ± 86.43	2.82(1.3, 6.1)
$t/\chi^2/Z$ 值		5.082	6.99	5.517	5.867	7.786	6.016	5.21	3.125
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 2 糖尿病患者并发冠心病的危险因素分析结果

因素	单因素 logistic 回归分析		多因素 logistic 回归分析	
	OR 值(95% CI)	P 值	校正后 OR 值(95% CI)	P 值
年龄	1.07(1.06 ~ 1.09)	<0.001	1.07(1.05 ~ 1.10)	<0.001
男性	1.72(1.32 ~ 2.24)	<0.001	2.01(0.98 ~ 4.39)	0.054
种族				
白种人	参照			
黑种人	0.67(0.44 ~ 1.02)	0.061	0.68(0.44 ~ 1.06)	0.086
墨西哥裔	0.50(0.32 ~ 0.77)	0.002	0.77(0.47 ~ 1.27)	0.294
其他	0.62(0.34 ~ 1.12)	0.111	0.89(0.51 ~ 1.54)	0.677
年收入(美元)				
中	0.71(0.53 ~ 0.95)	0.021	1.80(0.85 ~ 3.79)	0.123
高	0.58(0.42 ~ 0.80)	0.031	0.81(0.66 ~ 1.03)	0.056
受教育年限				
高中以下	参照			
高中	0.53(0.37 ~ 0.76)	<0.001	1.04(0.87 ~ 1.16)	0.070
高中以上	0.33(0.23 ~ 0.48)	<0.001	1.06(0.85 ~ 1.17)	0.064
吸烟史	1.46(1.13 ~ 1.88)	0.004	1.22(1.08 ~ 1.56)	0.031
饮酒史	1.44(1.11 ~ 1.87)	0.006	1.10(0.95 ~ 1.37)	0.054
BMI	1.05(1.03 ~ 1.08)	<0.001	1.05(1.03 ~ 1.08)	<0.001
SBP	1.02(1.01 ~ 1.03)	<0.001	1.02(1.00 ~ 1.03)	0.015
DBP	1.02(1.01 ~ 1.04)	0.002	1.03(0.84 ~ 1.18)	0.074
TC	1.23(1.09 ~ 1.39)	0.001	1.34(1.10 ~ 1.63)	0.004
TG	1.18(1.07 ~ 1.30)	0.001	1.20(0.97 ~ 1.35)	0.061
HDL-C	0.48(0.35 ~ 0.66)	<0.001	0.64(0.46 ~ 1.02)	0.056
LDL-C	1.28(1.13 ~ 1.45)	<0.001	1.38(0.95 ~ 1.77)	0.066
FPG	1.08(1.05 ~ 1.11)	<0.001	1.10(1.06 ~ 1.14)	<0.001
HbA1c	1.18(1.10 ~ 1.27)	<0.001	1.16(0.87 ~ 1.43)	0.059
BUN	1.10(1.05 ~ 1.16)	<0.001	1.07(0.77 ~ 1.69)	0.094
Cr	1.01(1.00 ~ 1.01)	<0.001	1.14(0.76 ~ 2.23)	0.120
UA	1.00(1.00 ~ 1.01)	0.012	1.33(0.85 ~ 1.69)	0.880
CRP	1.04(1.02 ~ 1.06)	<0.001	1.23(0.88 ~ 1.74)	0.075

对模型进行内部验证计算出准确度为 0.85, 优于传统的 Framingham 风险评分模型(AUC 0.77, 敏感度 76%, 特异度 65%, 准确度 0.72), 表明本研究模型具有更高的预测效能。见图 2。

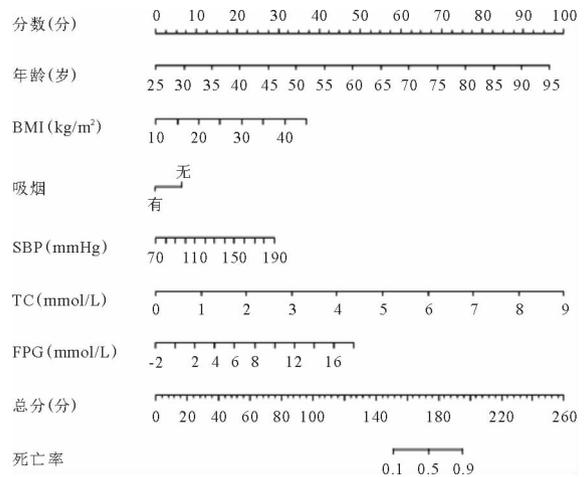


图 1 糖尿病并发冠心病风险的列线图预测模型

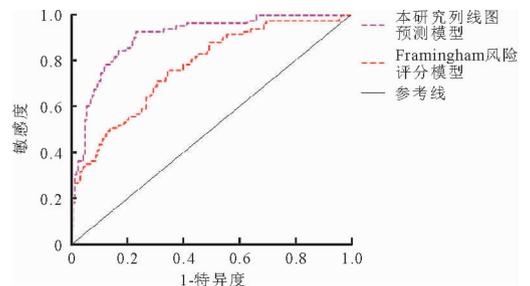


图 2 列线图模型预测糖尿病患者并发冠心病的 ROC 曲线

图模型, 见图 1。列线图预测糖尿病患者并发冠心病的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.90, 敏感度为 92%, 特异度为 78%, 提示列线图模型具有较好的预测效能。

讨论

本研究探讨了糖尿病患者并发冠心病的危险因

素,并基于美国 NHANES 数据库构建了风险预测列线图模型,为临床诊断和干预提供了依据。本研究发现,糖尿病患者并发冠心病的危险因素较多,这些因素与糖尿病并发冠心病的发生有不同程度的相关性,其中一些因素是可控的,如吸烟史、BMI、血压、血脂、血糖等^[10-11],而一些因素是不可控的,如年龄、性别、种族等。因此,对于糖尿病患者,应该根据其个体的危险因素进行综合评估和干预,以降低其并发冠心病的风险^[12-13]。

本研究基于美国 NHANES 数据库构建的糖尿病并发冠心病风险列线图预测模型具有较高的预测效能,其优于传统的 Framingham 风险评分模型,表明本研究模型更适合糖尿病患者的特点,更能反映糖尿病患者并发冠心病的真实风险水平。与 2 型糖尿病 10 年心血管疾病风险评分 (SCORE2-Diabetes) 相似,本研究模型的优点是同时考虑了糖尿病患者的一般临床资料、传统危险因素、糖尿病患者特有的危险信息以及潜在的心血管疾病风险因素。糖尿病患者特有的危险因素,如血糖、HbA1c、肾功能、炎症指标等,这些因素在传统的冠心病风险评分模型中往往被忽略,但糖尿病患者却有重要的影响^[13]。此外,本研究最终得到的危险因素中,年龄、吸烟史、血压、TC、HDL-C、HbA1c 这些指标均与 SCORE2-Diabetes 评分中的危险因素相同。与 SCORE2-Diabetes 评分不同的是,本研究的数据库和研究样本不同,本研究所有研究数据均来源于美国 NHANES 数据库,数据样本来源于美国群体,而 SCORE2-Diabetes 评分的数据库则是来自欧洲,两者存在地域人群以及样本文化的差异;此外,本研究的独立危险因素还包括 UA、Cr、BUN 和炎症指标,这些均是 SCORE2-Diabetes 评分中没有的^[14]。国内学者赵越等^[15]分别对血糖控制良好和血糖控制不佳的患者的心血管疾病发病风险进行分析,对上述患者 10 年心血管发病风险的预测分别采用 Framingham 和 China-PAR 两种模型进行评估,但该研究只评估了年龄、体重、血糖、血压、血脂等指标,未考虑肾功能、炎症指标等。本研究尽可能全面评估了可能影响的临床指标,并进行了校准,能有效区分糖尿病患者的个体风险,同时兼顾患者可能的特定基础疾病风险因素,确保了方法的准确性和有效性。本研究的局限性主要有以下几点:一是采用横断面研究的设计,无法确定危险因素与冠心病的因果关系,也无法评估危险因素的动态变化对冠心病的影响,因此,有必要进行更多的长期随访研究。二是采用 NHANES 数据库中的数据,虽其具有较高的可信度和代表性,但数据库数据仍可能存在一定的偏

倚和误差,如抽样误差、非应答偏倚、测量误差等,这些因素可能影响本研究结果的准确性和普适性,因此,有必要在不同的人群和地区进行更多的验证研究。三是未考虑一些可能与糖尿病并发冠心病相关的因素,如遗传因素、环境因素、心理因素、药物因素等,因此,有必要在未来的研究中进行补充,以完善本研究模型的结构和内容。

综上所述,本研究探讨了糖尿病患者并发冠心病的危险因素,并基于美国 NHANES 数据库构建了糖尿病并发冠心病风险的列线图预测模型,为临床诊断和干预提供了依据。本研究模型具有较高的预测效能,且简单易用,适合在临床上广泛推广;本研究模型还有一定的改进空间,需要在更多的人群和地区进行验证和完善,以提高其准确性和普适性。

参 考 文 献

- [1] Saxena V, Danish R, Kaushik R, et al. A Comprehensive Review on Natural Remedies for Diabetes: A Metabolic Disorder [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 5(3): 1-16.
- [2] Poznyak AV, Litvinova L, Poggio P, et al. From diabetes to atherosclerosis: Potential of metformin for management of cardiovascular disease [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(17): 9738.
- [3] 马艺萍,袁玉娟,帕丽达·玉山江,等. 纤维蛋白原对经皮冠状动脉介入治疗的冠心病合并糖尿病患者死亡的预测价值[J]. *临床内科杂志*, 2023, 40(11): 741-744.
- [4] 李会,孟宪杰,马宁,等. 2 型糖尿病合并冠心病老年患者外周微小 RNA-4465 和微小 RNA-6089 水平变化及临床意义[J]. *中国医药*, 2023, 18(11): 1614-1618.
- [5] 苏云娟,王京京,韩晓涛,等. 青年男性冠心病的危险因素及 Framingham 风险评分的预测价值[J]. *首都医科大学学报*, 2022, 43(1): 143-148.
- [6] 杨明,刘敏,聂斌,等. 老年冠心病患者冠状动脉血运重建术后主要不良心血管事件的危险因素分析及风险预测模型的构建[J]. *临床内科杂志*, 2022, 39(11): 740-744.
- [7] 李燕,梁昭红. 终末期肾病维持性透析患者并发心血管疾病的风险预测列线图模型构建[J]. *临床内科杂志*, 2024, 41(6): 397-400.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会. 中国糖尿病防治指南(2024 版)[J]. *中华糖尿病杂志*, 2025, 17(1): 16-139.
- [9] 中华医学会物理医学与康复学分会,四川大学华西医院. 中国冠心病康复循证实践指南(2024 版)第二部分[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2024, 46(7): 577-586.
- [10] 赵一楠,苗艳菊,周迎生. 合并冠心病患者的糖尿病性视网膜病变危险因素分析[J]. *中华老年医学杂志*, 2022, 41(12): 1459-1463.
- [11] 李敏,贾银虎. 2 型糖尿病合并冠心病病人的临床特征及危险因素分析[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2021, 19(23): 4135-4138.
- [12] 姚瑛,金青青,陈清华. 妊娠期糖尿病相关危险因素的相关规则研究[J]. *中国卫生统计*, 2023, 40(4): 559-562.
- [13] Zhao X, Sun J, Xin S, et al. Predictive Effects of FT3/FT4 on Diabetic Kidney Disease: An Exploratory Study on Hospitalized Euthyroid Patients with T2DM in China[J]. *Biomedicine*, 2023, 11(8): 2211.
- [14] SCORE2-Diabetes Working Group and the ESC Cardiovascular Risk Collaboration. SCORE2-Diabetes: 10-year cardiovascular risk estimation in type 2 diabetes in Europe [J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(28): 2544-2556.
- [15] 赵越,张梅,李伟,等. 血糖控制不佳的 2 型糖尿病患者心血管病风险分析[J]. *心血管病学进展*, 2020, 41(5): 551-555.

(收稿日期:2024-02-22)

(本文编辑:李丹青)