

人工智能与中医药前沿研究专栏

DOI: 10.16305/j.1007-1334.2025.z20240801001

基于人工智能算法与中医体质类型的老年糖尿病患者合并心血管疾病预防模型

朱晶晶¹, 张 扬^{2*}, 龚小会³, 郑婉怡¹, 毛丽君¹, 宋花玲¹, 徐祥龙¹

1. 上海中医药大学公共健康学院(上海 201203); 2. 上海市黄浦区豫园社区卫生服务中心(上海 200010); 3. 复旦大学附属妇产科医院产科(上海 200011)

【摘要】 目的 结合人工智能算法、临床血液检查数据与中医体质理念, 构建针对老年糖尿病患者的心血管疾病预防模型, 为个性化健康管理提供新手段。方法 纳入 2018 年至 2022 年上海市黄浦区豫园社区 1 068 名 65 岁以上的糖尿病患者, 通过逻辑回归模型(logistic regression)和极限梯度提升模型(XGBoost)两种机器学习算法, 利用中医的 9 种体质变量和血液检查指标, 构建老年糖尿病患者的心血管疾病预防模型, 并使用曲线下面积指标评估性能。结果 两种预测模型的性能均达到了可接受的水平(logistic regression, 曲线下面积=0.77; XGBoost, 曲线下面积=0.79), XGBoost 是最佳模型; XGBoost 重要性排序前 15 的变量中, 中医体质的变量分别是平和质、气虚质、湿热质、血瘀质。结论 基于中医体质的预测模型可以预测老年糖尿病患者的心血管疾病, 为老年糖尿病患者的个性化健康管理和服务提供了新策略, 同时促进中医“治未病”理念的应用。

【关键词】 糖尿病; 心血管疾病; 人工智能; 中医体质; 老年患者; 慢性病; 预测模型

Prediction models for cardiovascular diseases in elderly diabetic patients based on artificial intelligence algorithms and traditional Chinese medicine constitution types

ZHU Jingjing¹, ZHANG Yang^{2*}, GONG Xiaohui³, ZHENG Wanyi¹, MAO Lijun¹, SONG Hualing¹, XU Xianglong¹

1. School of Public Health, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; 2. Yuyuan Community Health Service Center, Huangpu District, Shanghai 200010, China; 3. Obstetrics Department, Obstetrics and Gynecology Hospital of Fudan University, Shanghai 200011, China

Abstract: Objective To develop prediction models for cardiovascular disease in elderly diabetic patients by integrating artificial intelligence algorithms, clinical blood test data, and the concept of traditional Chinese medicine (TCM) constitution types, in order to provide new approaches for personalized health management. **Methods** A total of 1,068 diabetic patients aged 65 and above, from the Yuyuan community of Huangpu District in Shanghai, were included in the study from 2018 to 2022. Two machine learning algorithms, logistic regression and extreme gradient boosting (XGBoost), were used to construct cardiovascular disease prediction models for elderly diabetic patients based on nine TCM constitution variables and blood test indicators. The models' performance was assessed by using the area under the curve (AUC) metric. **Results** Both prediction models showed acceptable performance (logistic regression, AUC=0.77; XGBoost, AUC=0.79), with XGBoost being the best model. Among the top 15 most important variables in the XGBoost model, the TCM constitution variables included were balanced constitution, qi-deficiency constitution, damp-heat constitution, and blood stasis constitution. **Conclusions** The prediction model based on TCM constitution can effectively predict cardiovascular diseases in elderly diabetic patients, and provide a new strategy for personalized health management and community healthcare services for these

patients. This model also promotes the application of the TCM concept of "Zhiweibing", that is, the prevention of disease before it occurs.

Keywords: diabetes; cardiovascular disease; artificial intelligence; traditional Chinese medicine constitution; elderly patients; chronic disease; prediction model

[基金项目] 上海市卫健委中医药科研项目(2024QN108); 上海市教委大学生创新创业训练计划项目(202410268154); 上海中医药大学预算内项目(2021LK008)

[作者简介] 朱晶晶, 女, 硕士研究生, 主要从事心血管疾病的诊断及临床研究工作; *张扬为共同第一作者

[通信作者] 徐祥龙, 副研究员, 硕士研究生导师; E-mail: xianglongxu@shutcm.edu.cn。宋花玲, 副教授, 硕士研究生导师; E-mail: 99shl@163.com

近年来, 糖尿病在全球以及中国的老年人群中呈现出较高的发病率。2019 年全球估计有 19.3% 的 65 岁至 99 岁人群(1.356 亿)患有糖尿病, 其中糖尿病患者人

数最多的国家是中国,达到 3 550 万^[1]。心血管疾病是糖尿病患者常见且重要的并发症,长期糖代谢异常会导致血管结构和功能的改变,从而显著增加心血管疾病的风险^[2]。研究^[3]显示,糖尿病患者心血管事件的发生率明显高于非糖尿病患者。此外,1990 年至 2019 年间,我国因糖尿病导致的心血管疾病病死率和伤残调整生命年总体呈现上升趋势^[2],疾病负担不断增加。在老龄化背景下,糖尿病已成为社区健康管理中不可忽视的重要问题,社区作为老年人生活的重要场所,承担着预防和管理糖尿病的重要责任。

《“十四五”中医药发展规划》提出持续开展 65 岁以上老年人等重点人群的中医药健康管理^[4]。当前针对 65 岁以上老年人开展中医体质辨识调查是国家基本公共卫生服务内容之一^[5]。中医体质辨识作为一种独特的健康评估方法,正逐渐展现出其在预测老年人心血管疾病风险方面的价值。中医体质学说认为,体质具有相对稳定性和动态可变性,通过干预调整体质可预防疾病,是“治未病”的重要手段^[6]。同时,人工智能技术在医疗中应用广泛^[7],其中机器学习技术可通过挖掘数据规律,为疾病预测和分类提供新手段。结合人工智能算法和中医体质辨识,可以针对糖尿病患者构建出更为精准的心血管疾病风险预测模型,有助于中医预防心血管疾病自动化、智能化^[8]。相关研究^[9]总结,共有 28 篇研究论文提出了 38 个针对糖尿病患者的心血管疾病预测模型,然而,目前尚未有基于中医体质辨识的心血管疾病预测模型应用于糖尿病患者中。基于此,本研究旨在运用人工智能算法,结合临床血液检查数据与中医体质理念,构建一个针对老年糖尿病患者的 cardiovascular 疾病预测模型。通过中医体质的辨识与调整,为社区糖尿病合并心血管疾病的老年患者提供更为个性化的健康管理策略,便于社区早期预防、干预,及时跟踪随访,有助于控制病情,减少心脑血管疾病的风险。

1 资料与方法

1.1 资料来源 本研究收集了 2018 年至 2022 年来自上海市黄浦区豫园社区卫生服务中心的 1 144 例老年体检者数据。纳入标准:①参照《国家基层糖尿病防治管理指南(2018)》^[10]中的标准诊断为糖尿病;②一年重复体检者纳入最后一次体检记录。排除标准:①年龄<65 岁;②缺失心血管疾病结局者。本研究方案经上海市黄浦区豫园社区卫生服务中心伦理委员会批准(批准日期:2024 年 3 月 4 日)。

1.2 研究变量 预测变量包括基本社会人口学变量:性别和年龄。血液检查指标包括:总胆红素、总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、三酰

甘油、肌酐、尿素氮、丙氨酸转氨酶、天冬氨酸转氨酶、白细胞、红细胞、红细胞分布宽度变异系数、红细胞压积、血红蛋白、红细胞平均体积、平均血红蛋白量、平均血红蛋白浓度、血小板、中性粒细胞比率、淋巴细胞比率、嗜酸性粒细胞比率、嗜碱性粒细胞比率、中性粒细胞、淋巴细胞、单核细胞、嗜酸性粒细胞、嗜碱性粒细胞、红细胞分布宽度、血小板分布宽度、平均血小板体积。此外,还纳入了体质质量指数和心率。中医体质依据《国家基本公共卫生服务规范(第三版)》^[5]中的体质判定标准表进行体质判定,中医体质分为平和质、气虚质、阳虚质、阴虚质、痰湿质、湿热质、血瘀质、气郁质和特禀质 9 种类型,其中平和质为正常体质,其他为偏颇体质。

结局变量是心血管疾病。根据《中国心血管健康与疾病报告 2022》^[11],心血管疾病包括冠心病、脑血管病(蛛网膜下腔出血、缺血性卒中、出血性卒中、短暂性脑缺血发作)、心律失常(包括心房颤动)、心肌病、心力衰竭。在本研究中,根据参与者的自我报告,患任意一种即为患心血管疾病。

1.3 研究方法与统计分析 使用 R4.2.1 软件进行数据清洗,包括异常值的处理,同时排除缺失值超过 30% 的变量(如嗜酸性粒细胞),对缺失值在 30% 以下的变量使用 mice 包的随机森林算法进行缺失值填充。最后进行数据归一化,消除不同特征的量纲影响,以达到更好的预测效果。在数据划分中,按照 8:2 的比例随机分为训练集和测试集。本研究数据集中阴性样本的数量远超阳性样本,存在明显的数据不平衡问题。这种不平衡可能导致模型偏向预测占比较高的类别,进而可能造成模型的过拟合或降低预测精度^[12]。为了应对这一问题,本研究对训练数据集进行了上采样处理。

在模型训练中,本研究使用 Python 3.8.12 软件建立了逻辑回归模型(logistic regression)和极限梯度提升模型(XGBoost),logistic regression 是通过 Python 的 sklearn 包建立,XGBoost 是通过 Python 的 XGBoost 包建立。模型的性能使用曲线下面积(AUC)指标进行评估。AUC 值在 0.7 至 0.8 之间为可接受,0.8 至 0.9 为优秀,超过 0.9 为杰出^[13]。

本研究使用 R4.2.1 软件进行统计学分析,包括描述性统计分析和差异性分析。在描述性统计分析中,采用中位数(M)和第一四分位数(Q_1)、第三四分位数(Q_3)来描述数值变量分布特征,采用构成比来描述分类变量分布特征。在差异性分析中,对于分类变量,通过 χ^2 检验或 Fisher 精确概率检验来比较组间差异;对于数值变量,使用 Mann-Whitney U 检验比较组间差异。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料及相关指标 本研究最终共纳入 1 068 名 65 岁及以上老年糖尿病患者的数据,心血管疾病患病率为 9.6%。其中女性 575 人,男性 493 人;年龄中位数为 71 岁。65 岁及以上的老年糖尿病患者的中医体质分布情况为:平和质 532 例(63.3%),气虚质 50 例(5.9%),痰湿质 44 例(5.2%),阴虚质 44 例(5.2%),湿热质 27 例(3.2%),阳虚质 10 例(1.2%),气郁质 3 例(0.4%),血瘀质 3 例(0.4%),兼夹证型 128 例(15.2%);中医体质资料缺失者 227 例,其中心血管疾病人群缺失 9 例,非心血管疾病人群缺失 218 例;无单独为特禀质的患者,有 15 例包含在兼夹证型中的特禀质患者。心血管疾病人群和非心血管疾病人群之间气虚质、阳虚质、痰湿质、平和质分布的差异有统计学意义($P<0.05$)。研究对象的一般资料和中医体质分布见表 1。

研究对象的血液检查指标及身体测量指标分布见表 2。其中,心血管疾病人群和非心血管疾病人群之间的总胆红素、总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、红细胞压积、血红蛋白、嗜碱性粒细胞比率、单核细胞、血小板分布宽度、平均血小板体积的差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.2 预测模型 logistic regression 和 XGBoost 的受试者操作特征(ROC)曲线见图 1。XGBoost 的 AUC 为 0.79,为最佳模型;logistic regression 的 AUC 为 0.77。结果表明,在预测老年糖尿病患者的心血管疾病方面,非线性机器学习算法 XGBoost 优于传统的 logistic regression 模型。

2.3 变量重要性分析 使用 XGBoost 及 Logistic regression 进行变量重要性分析,结果见图 2。XGBoost 模型重要性排序前 15 的变量分别是:平和质、总胆红素、气虚质、平均血小板体积、丙氨酸转氨酶、总胆固醇、湿热质、高密度脂蛋白胆固醇、红细胞平均体积、心率、中性粒细胞、红细胞压积、血瘀质、红细胞和体质量指数。将 9 个体质变量单独排序(图 2C,图 2D),XGBoost 中的重要性排名由高到低为:平和质、气虚质、湿热质、血瘀质、气郁质、痰湿质、阳虚质、阴虚质、特禀质。其中,平和质、气虚质、湿热质、血瘀质在 XGBoost 模型重要性排名前 15 的变量中,为较重要的预测变量。

3 讨论

3.1 本研究的主要发现 本研究首次将中医体质辨识与人工智能算法相结合,建立 65 岁及以上老年糖尿病患者合并心血管疾病预测模型。本研究发现,65 岁及以上的糖尿病患者心血管疾病患病率为 9.6%,显示出这两类疾病在老年人中的紧密联系。此外,这一人群

表 1 研究对象的一般资料和中医体质分布[例(%)]

特征	<i>n</i>	心血管疾病人群	非心血管疾病人群	<i>P</i>
性别	1 068			
男	493	34(33.0)	459(47.6)	0.005
女	575	69(67.0)	506(52.4)	
年龄/[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),岁]	1 068	76(70,83)	71(68,76)	<0.001
是否为气虚质	841			
是	50	14(14.9)	36(4.8)	<0.001
否	791	80(85.1)	711(95.2)	
是否为阳虚质	841			
是	10	5(5.3)	5(0.7)	0.003
否	831	89(94.7)	742(99.3)	
是否为阴虚质	841			
是	44	8(8.5)	36(4.8)	0.140
否	797	86(91.5)	711(95.2)	
是否为痰湿质	841			
是	44	10(10.6)	34(4.6)	0.023
否	797	84(89.4)	713(95.4)	
是否为湿热质	841			
是	27	5(5.3)	22(2.9)	0.200
否	814	89(94.7)	725(97.1)	
是否为血瘀质	841			
是	3	1(1.1)	2(0.3)	0.300
否	838	93(98.9)	745(99.7)	
是否为气郁质	841			
是	3	1(1.1)	2(0.3)	0.300
否	838	93(98.9)	745(99.7)	
是否为特禀质	841			
是	0	0	0	—
否	841	94(100.0)	747(100.0)	
是否为平和质	841			
是	532	40(42.6)	492(65.9)	<0.001
否	309	54(57.4)	255(34.1)	
兼夹证型	841			
是	128	10(10.6)	118(15.8)	0.200
否	713	84(89.4)	629(84.2)	

注:中医体质资料缺失者 227 例(心血管疾病人群缺失 9 例,非心血管疾病人群缺失 218 例);“—”表示无。

的中医体质分布为平和质 532 例、占比为 63.3%,占比超过一半;其次分别为气虚质、痰湿质、阴虚质、湿热质、阳虚质、气郁质和血瘀质;此外,还有 128 例兼夹证型。通过运用 XGBoost 和 logistic regression 算法构建的模型在预测 65 岁及以上老年糖尿病患者的心血管疾病方面达到了可接受的水平。本研究还体现出平和质、气虚质、湿热质、血瘀质对心血管疾病的预测价值,为中医体质理论在现代医学预防和管理中的应用提供了有力支持。考虑到糖尿病与心血管疾病之间的紧密联系,本研究的预测模型为这两种疾病的联合管理提供了新的可能。

表2 研究对象的血液检查指标及身体测量指标分布[$M(Q_1, Q_3)$]

指标	<i>n</i>	心血管疾病人群	非心血管疾病人群	<i>P</i>
总胆红素/($\mu\text{mol/L}$)	1 066	12.00(9.70, 16.30)	15.50(12.30, 19.00)	<0.001
总胆固醇/(mmol/L)	1 066	4.74(4.04, 5.62)	5.28(4.55, 6.13)	<0.001
低密度脂蛋白胆固醇/(mmol/L)	1 066	2.91(2.22, 3.50)	3.24(2.58, 3.95)	<0.001
高密度脂蛋白胆固醇/(mmol/L)	1 066	1.41(1.19, 1.69)	1.40(1.20, 1.64)	0.800
三酰甘油/(mmol/L)	1 066	1.54(1.16, 2.29)	1.73(1.27, 2.43)	0.072
肌酐/($\mu\text{mol/L}$)	1 066	70(62, 85)	67(57, 82)	0.100
尿素氮/(mmol/L)	1 066	6.30(5.10, 7.60)	6.00(5.10, 7.10)	0.200
丙氨酸转氨酶/(U/L)	1 067	28(23, 36)	27(20, 37)	0.059
天冬氨酸转氨酶/(U/L)	1 066	22(17, 25)	21(17, 27)	0.600
白细胞/($\times 10^9/\text{L}$)	1 058	6.67(5.52, 7.56)	6.48(5.55, 7.54)	0.800
红细胞/($\times 10^{12}/\text{L}$)	1 058	4.54(4.13, 4.85)	4.59(4.31, 4.88)	0.110
红细胞分布宽度变异系数/%	1 048	12.70(12.30, 13.10)	12.60(12.20, 13.00)	0.400
红细胞压积/%	1 058	40.90(37.90, 43.30)	41.70(39.10, 44.00)	0.017
血红蛋白/(g/L)	1 058	137(125, 147)	140(131, 149)	0.017
红细胞平均体积/ $\times 10^{-15}\text{ L}$	1 058	90.00(88.00, 92.50)	91.00(88.00, 93.00)	0.056
平均血红蛋白量/pg	1 058	30.40(29.50, 31.25)	30.60(29.70, 31.70)	0.050
平均血红蛋白浓度/(g/L)	1 058	335(329, 344)	337(332, 344)	0.200
血小板/($\times 10^9/\text{L}$)	1 058	201(179, 242)	203(169, 236)	0.700
中性粒细胞比率/%	1 058	60(53, 65)	58(52, 63)	0.052
淋巴细胞比率/%	1 058	31(27, 38)	32(27, 38)	0.300
嗜酸性粒细胞比率/%	1 058	2.00(1.25, 3.20)	2.00(1.35, 3.00)	0.800
嗜碱性粒细胞比率/%	1 058	0.40(0.30, 0.60)	0.50(0.30, 0.70)	0.020
中性粒细胞/($\times 10^9/\text{L}$)	1 058	4.09(3.03, 4.77)	3.70(3.02, 4.46)	0.100
淋巴细胞/($\times 10^9/\text{L}$)	1 058	2.02(1.69, 2.37)	2.08(1.67, 2.53)	0.400
单核细胞/($\times 10^9/\text{L}$)	1 058	0.40(0.31, 0.50)	0.45(0.36, 0.55)	0.001
嗜碱性粒细胞/($\times 10^9/\text{L}$)	1 058	0.03(0.02, 0.04)	0.03(0.02, 0.04)	0.300
红细胞分布宽度标准差/ $\times 10^{-15}\text{ L}$	1 058	41.30(39.70, 43.40)	41.60(39.80, 43.40)	0.800
血小板分布宽度/%	1 055	13.00(11.95, 14.85)	12.00(10.50, 13.70)	<0.001
平均血小板体积/ $\times 10^{-15}\text{ L}$	1 055	10.90(10.25, 11.65)	10.40(9.70, 11.10)	<0.001
心率/(次/min)	980	76(70, 78)	72(72, 81)	0.600
体质指数/例	1 009	95	914	
肥胖		14	123	
超重		42	316	0.200
偏瘦		0	11	
正常		39	464	

3.2 本研究的模型有助于早期筛查社区糖尿病患者的
心血管疾病 本研究的模型可以较为准确地通过中医
体质辨识和血液检查指标等相关变量预测老年糖尿病
患者的心血管疾病,为社区糖尿病患者的中医药健康
管理提供了新的工具。与传统的 logistic regression 相
比,XGBoost 的非线性处理能力使其更适合处理复杂的
医学数据,从而提高了预测的准确性^[14],是最佳模型。
通过构建模型,可以综合评估患者的多种因素,从而预
测目标人群的发病风险^[15],有助于早期筛查出高风险
患者,为个性化健康管理策略的制定提供有力支持,从
而进行有针对性的预防和干预。这种精准的健康管理

方式,可从一定程度上提高社区糖尿病患者的生活质
量,降低心血管事件的发生率。
3.3 中医体质类型对社区糖尿病患者的中医药健康管
理具有重要意义 平和质、气虚质、湿热质和血瘀质等
中医体质类型在本次预测模型中被识别为关键预测因
素,其中,气虚质、湿热质、血瘀质在以往研究中被发
现是心血管疾病的高危体质^[16]。这一发现强调了中医
体质辨识在心血管疾病预防中的重要性。
平和质代表整体健康,其高重要性反映了整体健康
和内在平衡对于预防心血管疾病的关键作用,在糖尿
病患者中,保持或趋向于平和质通常意味着患者的

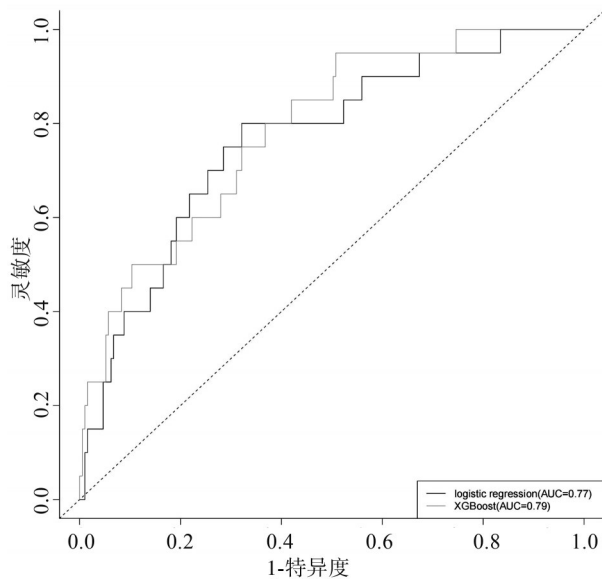


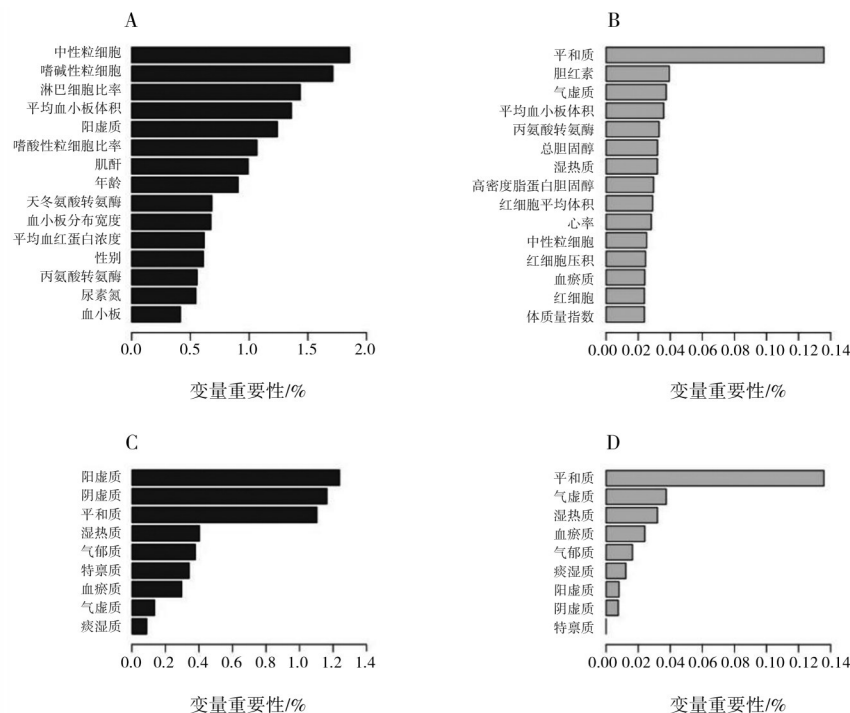
图1 极限梯度提升模型(XGBoost)、逻辑回归模型(logistic regression)的受试者操作特征(ROC)曲线与曲线下面积(AUC)值

生理机能相对较好,自我调节能力强,可能具有更低的炎症水平、更好的血管功能和更强的代谢调节能力,这些因素都有助于降低心血管疾病的风险。气虚质与老年人脏腑功能衰退、气血不足相关^[17],可能导致心血管供血不足,增加疾病风险。湿热质大多由痰湿郁久化热而成,多源于不良饮食习惯和压力^[18],其体内湿热可能引发血液循环不畅、血液黏稠度增加,进而增加心血管疾病风险。血瘀质是糖尿病患者并发心血管疾病的

重要病理因素,血瘀易导致心脉痹阻和中风^[19]。在制定糖尿病患者心血管疾病预防策略时,社区医生可以为不同体质类型的患者制定个性化的健康管理策略,以实现精准预防。例如,平和质者需维持健康状态;气虚质者应增强真元之气、改善脏腑功能及气血循环,可通过运动(如太极拳、八段锦)来调节气息、促进气血流通;湿热质者需改善饮食,增加蔬果摄入,尤其是清热解毒食材,并可结合中医外治法排湿;血瘀质者应食用活血化瘀食物和药物,定期体检,并及时就医治疗。

3.4 其他重要预测因子 除了中医体质类型外,本研究还发现血液指标中一些其他重要的预测因素,如总胆红素、平均血小板体积等。在以往的研究^[20]中,已指出血液指标与心血管疾病的相关性,如有研究指出胆红素水平较低的2型糖尿病人群心血管事件发生风险可能增加。而血小板相关指标,包括平均血小板体积,也与心血管疾病风险有关,若发生血小板聚集或者形成动脉血栓将会导致心血管疾病发生的风险增大^[21-22]。本研究进一步强调了它们对老年糖尿病患者心血管疾病的预测价值,通过定期监测这些指标,结合中医体质变量,可为社区糖尿病患者的管理提供更多的参考依据,有助于实现更全面的健康评估和风险预测。

3.5 本研究的局限性 首先,本研究的样本只来源于上海的一个社区,样本代表性不足。研究利用的是横截面数据,只能估计现在患病的可能性,而不能估计未来患病的可能性,并且只能显示预测因素与结果之间



注:A为logistic regression重要性排序前15的变量,B为XGBoost重要性排序前15的变量,C为logistic regression中的体质变量重要性排序,D为XGBoost中的体质变量重要性排序。

图2 极限梯度提升模型(XGBoost)与逻辑回归模型(logistic regression)变量重要性分析

的关联,而不能显示因果关系。其次,由于数据限制,本研究在定义糖尿病时,仅采用了空腹血糖作为判断标准,未结合其他标准。此外,本研究为了尽可能减少参与者回忆偏差的影响,只纳入了中医体质和血液检查相关数据,并未纳入自我报告相关的变量,没有包括所有可能的因素。最后,本研究未做外部验证来证明本研究人群的结论是否适用于其他人群。

3.6 总结 综上,本研究创新性地将中医体质辨识与人工智能技术相融合,结果显示基于中医体质预测因素的预测模型可以预测 65 岁及以上老年糖尿病患者的心血管疾病。其中,平和质在这一特定人群中占比最高,也是最重要的体质预测变量。该模型能够辅助社区医生更精准地评估患者的心血管疾病风险,为制定个性化的预防和干预策略提供了科学依据。此举不仅契合了《“十四五”中医药发展规划》的重点人群健康管理要求,还深化了中医“治未病”理念在社区卫生服务中的实践应用,从而有望提升老年糖尿病患者的生活质量并降低其心血管疾病发生率。

参考文献:

- [1] SINCLAIR A, SAEEDI P, KAUNDAL A, et al. Diabetes and global ageing among 65-99-year-old adults: Findings from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9(th) edition[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2020, 162: 108078.
- [2] 梁栋,杨成琳,林晓茹,等. 1990—2019 年中国成年人归因于糖尿病的心血管疾病负担研究[J]. 中国全科医学, 2024, 27(11): 1380-1386.
- [3] 孙源,刘括,李冰潇,等. 糖尿病心血管并发症预测模型的构建[J]. 医学新知, 2024, 34(1): 2-13.
- [4] 国务院办公厅. “十四五”中医药发展规划[J]. 江苏中医药, 2022, 54(5): 1-9.
- [5] 国家卫生计生委. 国家基本公共卫生服务规范(第三版)[EB/OL]. (2017-2-28)[2024-6-18]. <http://www.nhc.gov.cn/ewebeditor/uploadfile/2017/04/20170417104506514.pdf>.
- [6] 王琦. 中医体质学在大健康问题中的应对与优势[J]. 北京中医药大学学报, 2021, 44(3): 197-202.
- [7] 吴岳恒,余细勇. 人工智能在心血管疾病研究和临床中的应用[J]. 基础医学与临床, 2022, 42(11): 1644-1649.
- [8] 程序,张冬梅,赵亚男,等. 基于人工智能技术的中医防治心血管疾病研究进展[J]. 中国中医药图书情报杂志, 2024, 48(2): 265-269.
- [9] 马爱娟,吕筠,董忠,等. 糖尿病患者心血管疾病预测模型的研究现状[J]. 中华糖尿病杂志, 2024, 16(1): 117-126.
- [10] 中华医学会糖尿病学分会, 国家基层糖尿病防治管理办公室. 国家基层糖尿病防治管理指南(2018)[J]. 中华内科杂志, 2018, 57(12): 885-893.
- [11] 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.
- [12] QIN Y, WU J, XIAO W, et al. Machine learning models for data-driven prediction of diabetes by lifestyle type[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(22): 15027.
- [13] XU X, YU Z, GE Z, et al. Web-based risk prediction tool for an individual's risk of HIV and sexually transmitted infections using machine learning algorithms: development and external validation study[J]. J Med Internet Res, 2022, 24(8): e37850.
- [14] RANKA S, REDDY M, NOHERIA A. Artificial intelligence in cardiovascular medicine[J]. Curr Opin Cardiol, 2021, 36(1): 26-35.
- [15] 高颖,许欣宜,刘洋,等. 基于中医体质的老年人动脉粥样硬化性心血管疾病预测模型的开发研究[J]. 中国全科医学, 2024, 27(15): 1878-1885.
- [16] 郭璞玉,张哲. 中医体质与心血管疾病危险相关性研究进展[J]. 实用中医内科杂志, 2023, 37(8): 76-78.
- [17] 李涛,陈红,吴卫,等. 818 例心血管疾病高危人群中中医体质与相关危险因素的研究[J]. 四川中医, 2023, 41(6): 96-99.
- [18] 程全周,陈爱莲,赵振凯. 心血管病高危人群中中医体质特点及与 BMI、IMT 的相关性分析[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2020, 18(9): 1406-1408.
- [19] 刘洋. 2 型糖尿病并发心血管病高危风险患者中医体质分布特点及相关因素研究[D]. 天津: 天津中医药大学, 2023.
- [20] 王晓曦,侯慧卿,邵伟华,等. 2 型糖尿病人群血清胆红素水平与动脉硬化及 10 年心血管病发生风险的关系[J]. 中国心血管杂志, 2023, 28(3): 222-227.
- [21] HOU J, DUAN Y, LIU X, et al. Associations of long-term exposure to air pollutants, physical activity and platelet traits of cardiovascular risk in a rural Chinese population[J]. Sci Total Environ, 2020, 738: 140182.
- [22] SANSANAYUDH N, MUNTHAM D, YAMWONG S, et al. The association between mean platelet volume and cardiovascular risk factors[J]. Eur J Intern Med, 2016, 30: 37-42.

编辑:黄博韬

收稿日期:2024-08-01