

# 产后抑郁风险预测模型的构建和验证

钟敏慧<sup>1,2</sup>, 张如娜<sup>1,2</sup>, 于婵<sup>2</sup>, 严小雪<sup>2</sup>, 段霞<sup>2</sup>

**摘要:**目的 构建产后抑郁风险预测模型,并识别预测因子。方法 选取住院分娩产妇 835 人为研究对象,按照时间段分为训练集 722 人及测试集 113 人,以产后 6 周是否发生产后抑郁为结局指标。利用 logistic 回归、支持向量机和随机森林 3 种监督学习算法建立风险预测模型,采用序列前向选择法筛选特征,通过网格搜索法调整模型参数。将训练好的模型在训练集上进行十折交叉验证,在测试集上进行外部验证。**结果** 产妇产后 6 周抑郁发生率为 22.6%(189/835)。经筛选,最终纳入 14 个预测因子。3 种监督学习模型中,随机森林模型预测性能最佳,在测试集上的受试者工作特征曲线下面积、Brier 得分、准确率、精确度、召回率和 F1 得分分别为 0.943、0.073、0.903、0.684、0.722 和 0.703。**结论** 基于随机森林的产后抑郁风险模型预测性能最佳,能够辅助医护人员识别高风险人群。

**关键词:** 产妇; 产后抑郁; 预测因子; 支持向量机; 随机森林; 监督学习模型; 抑郁筛查; 心理护理

**中图分类号:** R473.71; R849 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2023.15.076

## Development and validation of postpartum depression risk prediction model Zhong

Minhui, Zhang Runa, Yu Chan, Yan Xiaoxue, Duan Xia. School of Nursing, School of Medicine, Tongji University, Shanghai 200092, China

**Abstract:** **Objective** To develop a risk prediction model for postpartum depression (PPD), and to identify the predictors. **Methods** A total of 835 women who gave birth in hospital were selected, and divided into a training set of 722 women and a test set of 113 ones according to the time period. The outcome variable was defined as the occurrence of PPD at 6 weeks. Three supervised machine learning algorithms, namely logistic regression, support vector machine and random forest, were used to build risk prediction models, and the features were screened by using the sequence forward selection method, and the model parameters were adjusted by using the grid search method. The trained model was subjected to ten-fold cross-validation on the training set and external validation on the test set. **Results** The overall incidence of PPD at 6 weeks was 22.6%(189/835). Fourteen predictors were eventually included. Among the three supervised learning models, the random forest model had the best prediction performance, with the area under the receiver operator characteristic curve, Brier score, accuracy, precision, recall and F1 values of 0.943, 0.073, 0.903, 0.684, 0.722 and 0.703. **Conclusion** The prediction model based on random forest algorithm can help health care workers to identify women at high risk of PPD.

**Key words:** puerpera; postpartum depression; predictors; support vector machine; random forest; supervised machine learning models; depression screening; psychological nursing

产后抑郁(Postpartum Depression, PPD)是以情感低落、兴趣和愉悦感丧失、精力降低为核心症状群,伴有其他心理症状群和躯体症状群的一组精神障碍综合征,常发生于产后 4~6 周<sup>[1]</sup>。研究显示,产后抑郁的全球患病率约为 17.7%<sup>[2]</sup>,我国约为 21%<sup>[3]</sup>。产后抑郁的危害包括母亲自杀率增加<sup>[4]</sup>、婴儿死亡风险增加<sup>[5]</sup>、儿童生长发育障碍<sup>[6]</sup>、自闭症谱系障碍风险增加<sup>[7]</sup>等。因此,产后抑郁是严重的公共卫生问题,亟须开展临床预防工作。研究证实,早期识别和干预是有效防控产后抑郁的前提<sup>[8]</sup>。中华医学会儿科学分会<sup>[9]</sup>建议建立围生期妇女抑郁症状的筛查

计划,以便对风险人群及时进行干预或转介。临床常使用基于症状的自我报告工具进行筛查,如爱丁堡产后抑郁量表(Edinburgh Postnatal Depression Scale, EPDS)<sup>[10]</sup>,评估产妇心境、乐趣、自责等 10 种表现的严重程度,其局限性在于筛查已经出现症状的人群,而非还未出现症状的潜在风险人群<sup>[11]</sup>。因此,在症状出现之前通过客观工具识别产后抑郁风险人群的临床需求尚未得到满足。近年来,机器学习凭借其强大的数据挖掘和处理能力,在疾病风险预测领域发展迅速,其中监督学习是最普遍应用并具有较好效果的算法<sup>[12]</sup>。因此,本研究旨在采用 logistic 回归、支持向量机和随机森林 3 种监督学习方法构建产后抑郁风险预测模型,并对其性能进行比较,以期为临床医护人员产后抑郁风险筛查和预防管理提供参考。

### 1 对象与方法

**1.1 对象** 选择 2022 年 7 月至 2023 年 1 月在上海市第一妇婴保健院建档、分娩并产后检查的产妇为研究对象。纳入标准:年龄 18 岁以上,具备正常的理解

作者单位:1. 同济大学医学院护理学院(上海,200092);2. 同济大学附属第一妇婴保健院

钟敏慧:女,硕士在读,学生

通信作者:段霞, bamboo-714@163.com

科研项目:上海市科学技术委员会“科技创新行动计划”医学创新研究专项项目(21Y11905900)

收稿:2023-03-09;修回:2023-05-10

和沟通能力,且自愿参与并签署知情同意书者。排除标准:在妊娠前 6 个月或妊娠期被确诊精神障碍者。

**1.2 资料收集** 本研究为前瞻性队列研究,在产妇住院期间和产后 6 周门诊复查时进行问卷调查和电子病历查询,完成资料收集。根据前期文献研究结果,拟定 30 个候选变量。①一般资料。年龄、文化程度、婚姻状态、产后 6 周工作状态、家庭平均月收入。②心理社会学资料。社会支持程度[采用领悟社会支持量表(Perceived Social Support Scale, PSSS)测评]<sup>[13]</sup>、有无家暴经历、产后 6 周与丈夫关系、产后 6 周与公婆关系、产后 3 d 担忧新生儿健康,产后 3 d 抑郁(采用 EPDS 测评<sup>[10]</sup>),产后 3 d、产后 6 周焦虑[采用广泛性焦虑量表(7-items Generalized Anxiety Disorder Scale, GAD-7)测评]<sup>[14]</sup>。③产科资料。是否初产妇、是否意外妊娠、是否剖腹产、新生儿性别、新生儿是否送入观察室、产后 6 周喂养方式、产后 6 周婴儿健康情况。④临床资料。精神病史、不良孕产史、妊娠合并症和并发症、胎儿及其附属物异常、产褥期并发症,产后 3 d、产后 6 周睡眠质量[采用匹兹堡睡眠质量指数(Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI)测评]<sup>[15]</sup>,产后 3 d、产后 6 周体力活动水平[采用国际体力活动量表中文版短卷(Chinese version of short International Physical Activity Questionnaire, IPAQ-S-C)测评]<sup>[16]</sup>,单核细胞计数(产后初检)。根据  $n = [(风险变量) \times (10 \sim 20)]$  的要求,考虑 30 个候选变量和 20% 失访率,需要 375~750 例样本作为训练数据集(用于模型开发和内部验证)。根据预测模型研究评价工具<sup>[17]</sup> 标准,至少需要 100 个样本,考虑 20% 失访率,需要 125 个样本作为测试数据集(用于外部验证)。本研究共发放问卷 880 份,回收有效问卷 835 份,有效回收率为 94.89%。本研究采用时段验证,将 2022 年 7 月 12 日至 12 月 12 日收集的 722 人划为训练集,2022 年 12 月 13 日至 2023 年 1 月 31 日收集的 113 人划为测试集。训练集与测试集一般资料比较,见表 1。

**1.3 结局定义** 结局指标为产后 6 周产后抑郁的发生情况,采用 EPDS 进行评估。该量表包括 10 个条目,按照“从不、偶尔、有时、经常”分别计分 0~3 分,总分 0~30 分,得分越高提示个体抑郁程度越严重。该量表 Cronbach's  $\alpha$  系数为 0.87。本研究以 EPDS  $\geq 10$  分为是否发生产后抑郁的分类依据。

**1.4 统计学方法** 采用 SPSS25.0 软件进行统计分析,本研究采用均值/中位数填充数值型变量缺失值,采用众数填充离散型变量缺失值。对离散型变量进行编码,将其转化为虚拟变量。计数资料采用  $\chi^2$  检验、Fisher 精确概率法,等级资料比较采用 Mann-Whitney 检验。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。采用 Python 3.8.8 进行机器学习。使用序列前向选择(Sequential Forward Selection, SFS)进行变量筛选,经筛选后,形

表 1 训练集与测试集一般资料比较 人

项目	人数	训练集 (n=722)	测试集 (n=113)	统计量	P
年龄(岁)				Z = -0.562	0.574
<26	21	16	5		
26~<35	608	527	81		
$\geq 35$	206	179	27		
文化程度				Z = -0.150	0.881
初中及以下	19	15	4		
高中、中专	48	41	7		
本科、大专	584	509	75		
硕士	174	150	24		
博士	10	7	3		
婚姻状态				$\chi^2 = 0.787$	0.375
已婚	830	717	113		
未婚	5	5	0		
家庭平均月收入(元)				$\chi^2 = 0.008$	0.928
>10 000	707	611	96		
$\leq 10 000$	128	111	17		
社会支持水平				Z = -0.722	0.470
低	6	6	0		
中	223	195	28		
高	606	521	85		
家暴经历				$\chi^2 = 0.946$	0.331
有	6	6	0		
无	829	716	113		
精神病史				$\chi^2 = 0.471$	0.492
有	3	3	0		
无	822	719	103		
不良孕产史				$\chi^2 = 0.439$	0.507
有	244	208	36		
无	591	514	77		
初产妇				$\chi^2 = 0.715$	0.398
是	670	576	94		
否	165	146	19		
意外妊娠				$\chi^2 = 0.327$	0.567
是	149	131	18		
否	686	591	95		
妊娠合并症和并发症				$\chi^2 = 0.003$	0.954
有	434	375	59		
无	401	347	54		
胎儿及其附属物异常				$\chi^2 = 2.745$	0.098
有	354	298	56		
无	481	424	57		
产后 3 d 睡眠质量				Z = -1.434	0.152
很好	327	294	33		
还行	352	291	61		
一般	144	125	19		
很差	12	12	0		
产后 3 d 体力活动水平				Z = -1.291	0.197
低	356	314	42		
中	455	388	67		
高	24	20	4		
剖腹产				$\chi^2 = 0.023$	0.878
是	423	365	58		
否	412	357	55		
产褥期并发症				$\chi^2 = 0.051$	0.822
有	726	627	99		
无	109	95	14		
单核细胞计数(M, $\times 10^9/L$ )		0.69	0.74	Z = -0.356	0.722
产后 3 d 焦虑				Z = -0.915	0.330
无	609	522	87		
轻微	200	179	21		
中度及以上	26	21	5		
产后 3 d 抑郁				$\chi^2 = 0.151$	0.697
是	166	142	24		
否	669	580	89		

续表 1 训练集与测试集一般资料比较 人

项目	人数	训练集 (n=722)	测试集 (n=113)	统计量	P
新生儿性别				$\chi^2=1.069$	0.586
男	458	392	66		
女	374	327	47		
异性双胞胎	3	3	0		
新生儿送观察室				$\chi^2=0.289$	0.591
有	247	216	31		
无	588	506	82		
产后 3 d 担忧新生儿健康				$Z=-0.703$	0.482
不担心	95	79	16		
不太担心	219	191	28		
一般	286	248	38		
较担心	155	130	25		
很担心	80	74	6		
产后 6 周工作状态				$\chi^2=6.140$	0.046
无工作	128	119	9		
休产假	645	548	97		
恢复工作	62	55	7		
产后 6 周体力活动水平				$Z=-1.311$	0.190
低	637	545	92		
中	190	171	19		
高	8	6	2		
产后 6 周睡眠质量				$Z=-0.578$	0.563
很好	226	192	34		
还行	451	393	58		
一般	153	133	20		
很差	5	4	1		
产后 6 周婴儿健康情况				$Z=-3.387$	0.001
良好	769	674	95		
一般	61	44	17		
较差	5	4	1		
产后 6 周喂养方式				$\chi^2=2.416$	0.299
纯母乳喂养	305	262	43		
混合喂养	462	397	65		
奶粉喂养	68	63	5		
产后 6 周与丈夫的关系				$Z=-0.484$	0.628
很好	517	446	71		
较好	247	211	36		
一般	64	58	6		
差/很差	7	7	0		
产后 6 周与公婆的关系				$Z=-0.046$	0.963
很好	414	361	53		
较好	266	222	44		
一般	135	120	15		
较差	20	19	1		
产后 6 周焦虑				$Z=-0.488$	0.625
无	605	521	84		
轻微	205	179	26		
中度及以上	25	22	3		
产后 6 周抑郁				$\chi^2=3.356$	0.067
是	189	171	18		
否	646	551	95		

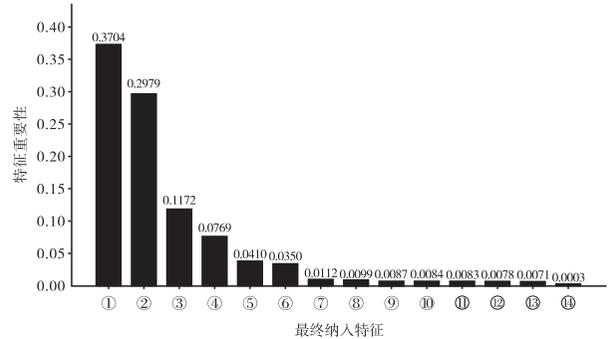
成用于模型开发的新训练集。首先,使用新训练集让 logistic 回归、支持向量机和随机森林模型在默认参数下实例化,获得 3 种模型十折交叉验证(10-Fold Cross-Validation,10-Fold CV)后的受试者工作特征曲线下面积(Area under the Receiver Operating Characteristic Curve,AUC)均值;然后,以 AUC 均值提升为优化方向,通过网格搜索(Grid Search)获得最优参数模型。接下来,采用 10-Fold CV,使用训练集对训练好的模型进行内部验证;采用时段验证(Tem-

poral Validation),使用与模型开发队列来源相同但时段不同的数据(测试集)对模型性能进行外部验证。最后,比较种模型内、外验证得到的预测性能指标,包括 AUC、Brier 得分、准确率(Accuracy)、召回率(Recall)、精确率(Precision)、F1 值,确定最佳的产后抑郁风险预测模型。在各指标结果不一致时,以 AUC 作为主要参考,以测试集数据的评价结果作为最佳模型选择依据。

## 2 结果

### 2.1 纳入模型的特征

以产后 6 周是否发生产后抑郁为因变量,将 30 个候选变量纳入 Python3.8.8 的 Sequential Feature Selector,通过序列前向选择,最终保留 14 个变量。然后,利用随机森林算法对 14 个变量的重要性进行排序,如图 1 所示,产后 3 d 抑郁、产后 6 周焦虑在特征排序中居于前列,对结果预测具有重要作用;产后 6 周与公婆的关系、产后 6 周睡眠质量、单核细胞计数和产后 3 d 担忧新生儿健康为较强预测因子;高中及以下学历、年龄≤25 岁、产后 6 周纯母乳喂养、家暴经历、新生儿送入观察室、不良孕产史、产后 6 周恢复工作和婚姻状态为一般预测因子。



注:①产后 3 d 抑郁;②产后 6 周焦虑;③产后 6 周与公婆的关系;④产后 6 周睡眠质量;⑤单核细胞计数;⑥产后 3 d 担忧新生儿健康;⑦文化程度(高中及以下);⑧年龄(≤25 岁);⑨产后 6 周喂养方式(母乳喂养);⑩家暴经历;⑪新生儿送入观察室;⑫不良孕产史;⑬产后 6 周工作状态(恢复工作);⑭婚姻状态。

图 1 基于随机森林最终纳入特征的重要性排序

### 2.2 模型性能评价

本研究利用 logistic 回归、支持向量机和随机森林 3 种监督学习算法构建产后 6 周产后抑郁风险预测模型,3 种最优参数模型在训练集和测试集上的验证结果见表 2。结果显示,logistic 回归模型在训练集上的整体表现最佳,AUC 为 0.926, Brier 得分为 0.086,准确率 0.874。在测试集上,随机森林模型的区分度和校准度最佳,AUC 为 0.943, Brier 得分为 0.073,准确率为 0.903;支持向量机召回率和 F1 得分最高,分别为 0.833 和 0.714。

## 3 讨论

### 3.1 产后抑郁筛查阳性率

产后抑郁是产后常见并发症,对产妇和新生儿的健康构成严重威胁,产生重

大社会影响和严重经济负担。本研究中产妇产后 6 周抑郁总体筛查阳性率为 22.6% (189/835), 略高于汪立<sup>[18]</sup>采用抑郁自评量表测评筛查产后 6 周抑郁阳性率 (18.56%,  $n=264$ ,  $\geq 50$  分为阳性), 低于曾婉婷等<sup>[19]</sup>报道的产后 6 周抑郁筛查阳性率 (31.39%,  $n=1\ 400$ , EPDS $\geq 10$  分为阳性)。这些差异可能与各研究的产后抑郁筛查工具、筛查标准、研究地域以及样

本量大小有关。本研究的产后抑郁筛查阳性率高于全球的 17.7% (95%CI 16.6%~18.8%)<sup>[2]</sup> 和我国报道的 21% (95%CI 17%~25%)<sup>[3]</sup>。虽然可能与国内外文化背景的差异性、国内各地区经济发展与生活压力的异质性和本研究存在选择偏倚有关, 但提示产妇产后抑郁不可忽视, 亟须开展产后抑郁的临床防治工作, 降低其发病风险和危害性, 促进产妇心理健康。

表 2 3 种监督学习方法在训练集和测试集上的验证结果

方法	AUC	Brier 得分	准确率	精确度	召回率	F1 得分
训练集 ( $n=722$ ) 10-Fold CV						
logistic 回归	0.926	0.086	0.874	0.793	0.637	0.701
支持向量机	0.925	0.093	0.864	0.783	0.600	0.671
随机森林	0.925	0.091	0.871	0.860	0.553	0.670
测试集 ( $n=113$ ) 时段验证						
logistic 回归	0.916	0.086	0.885	0.600	0.833	0.698
支持向量机	0.911	0.085	0.894	0.625	0.833	0.714
随机森林	0.943	0.073	0.903	0.684	0.722	0.703

### 3.2 产后抑郁风险预测因子

本研究通过序列前向选择法, 从 30 个候选特征中确定 14 个纳入特征, 包括人口学、心理社会学、临床相关和产科相关 4 个方面因素。

**3.2.1 社会心理学预测因子** 根据特征重要性排序结果, 社会心理学因素对产后 6 周抑郁风险更具预测价值, 包括产后 3 d 抑郁、产后 6 周焦虑、产后 3 d 担忧新生儿健康、产后 6 周与公婆的关系、产后 6 周与丈夫的关系以及家暴经历。既往研究证实, 产后 3 d 有抑郁情绪的产妇在产后 6 周发生抑郁的风险是正常产妇的 7.33 倍<sup>[20]</sup>, 产褥期有焦虑情绪的女性在产后 6 周发生抑郁的风险增加 30%<sup>[21]</sup>, 担忧婴儿健康者的产后抑郁风险是不担忧者的 7.7 倍<sup>[22]</sup>, 有家暴经历的产妇患产后抑郁的风险是未遭受过暴力者的 2.04 倍<sup>[23]</sup>。此外, 肖美丽等<sup>[24]</sup>将婆媳关系作为预测因子纳入基于随机森林的产后抑郁风险预测模型中。本研究结果提示, 若产妇在产后初期就存在抑郁, 且未得到识别和处理, 在产褥期会因角色转变、婴儿哺育等的影响而持续性进展和加重; 产妇在产褥期可能会因身体恢复不良、婴儿喂养困难等滋生焦虑, 当不断受到压力源的刺激时, 将增加抑郁发生风险; 新生儿健康也牵动着产妇情绪, 尤其是出生情况较差者, 会使产妇育儿时的心理负担加重, 从而促发抑郁。产妇在产褥期面临身体恢复和婴儿照顾压力, 与公婆关系较差者得到的支持与帮助有限, 甚至增加产妇感知压力, 增大了产妇抑郁的可能性; 而有家暴经历的产妇, 因担心类似事件的再次发生, 而产生巨大心理压力, 也会增加抑郁风险。因此, 应在产后早期对产妇进行产后抑郁风险初筛, 将风险人群作为重点观察和预防对象, 避免其抑郁情绪进行性发展; 在产褥期, 须使产妇处于良好的家庭关系中, 减少与伴侣的冲突,

及时排解焦虑情绪, 从而降低产后抑郁的发生风险。

**3.2.2 临床相关预测因子** 本研究确定的临床预测因子包括产后 6 周睡眠质量、不良孕产史和单核细胞数。在相似研究中<sup>[24-25]</sup>, 孕产妇的睡眠情况、不良孕产史也被纳入为产后抑郁风险预测因子。这可能是因为: 产妇在产褥期的睡眠质量会因伤口疼痛、婴儿哭闹、夜间哺乳等严重下降, 从而滋生负面情绪, 促发抑郁; 有不良孕产史的产妇在妊娠分娩过程中, 可能对妊娠结局、母婴健康存在过度担忧, 增加抑郁可能性。周英勇等<sup>[26]</sup>研究发现单核细胞数值增高 ( $>0.8 \times 10^9/L$ ) 与产后抑郁发生相关联, 并认为单核细胞的异常可能介导了炎症细胞活化、免疫异常的抑郁发展过程。因此, 对有不良孕产史和单核细胞异常的孕产妇须加强观察, 及时反馈每次临床检查结果和注意事项, 增强其妊娠、分娩和哺育婴儿的信心, 减轻心理压力, 并采取有效措施改善产妇睡眠质量, 尽量使其保持身心愉悦。

**3.2.3 人口学预测因子** 本研究结果表明, 年龄 $\leq 25$ 岁、婚姻状态、高中及以下学历和产后 6 周恢复工作是产后 6 周抑郁的有效预测因子。一项系统评价显示, 年龄和婚姻状态是产后抑郁风险预测因子<sup>[27]</sup>。这可能是因为年轻女性的心理成熟程度和生活经验不足以应对早婚、早育的责任与压力, 从而引发负面情绪, 增加抑郁风险。而产后 6 周恢复工作者更易发生产后抑郁, 可能是因为产褥期是产妇身体恢复的重要阶段, 还存在哺育婴儿的重担, 而此时劳心工作, 将使产妇身心压力剧增。因此, 对年轻孕产妇, 医护人员应做好产前产后的健康宣教工作, 以提升其应对效能; 对过早回归工作的产妇, 家属应给予更多的家庭支持, 减轻其身心压力, 避免负面情绪的不断滋生。

**3.2.4 产科相关预测因子** 新生儿送入观察室和产

后6周母乳喂养是本研究纳入的新生儿相关预测因子。既往研究表明,若产妇遭遇新生儿转科事件,则其产后抑郁发生风险比未遭遇者高出80%<sup>[28]</sup>,所以要重点关注母婴分离产妇,并告知婴儿异常情况能通过有效的医护手段来改善、避免其因过度担忧而促发焦虑抑郁情绪。关于母乳喂养,有研究显示计划哺乳并坚持实施者产后抑郁发生风险低,计划哺乳但未能进行母乳喂养者产后抑郁发生风险高<sup>[29]</sup>。这可能是因为产妇认为纯母乳喂养和婴儿健康密切相关,若母乳喂养失败,如泌乳不足,会产生自责内疚情绪,加重心理负担。因此,建议临床医护人员对产妇加强母乳喂养技能指导和相关知识宣教,提升其母乳喂养效能,从而降低产后抑郁发生风险。

### 3.3 基于监督学习的产后抑郁风险预测模型表现

本研究利用 logistic 回归、支持向量机和随机森林 3 种监督学习算法构建产后 6 周抑郁风险预测模型,结果表明 3 种方法均可以实现相当准确的风险估计 ( $AUC > 0.900$ )。①基于 logistic 回归风险预测模型。本研究中,较之支持向量机和随机森林,基于 logistic 回归的产后抑郁风险预测模型在训练集上表现较好,而在测试集上表现平庸,提示所训练的 logistic 回归模型泛化性能不佳,可能出现了过拟合。这可能是由于 logistic 回归模型拟合结果受所有数据点的影响,而支持向量机和随机森林模型不直接依赖于数据分布,当测试集与训练集数据分布存在差异时(产后 6 周工作状态,  $P < 0.05$ ),迫使 logistic 回归模型拟合能力下降。加之 logistic 回归模型是一种线性分类器,尽管其形式简单、可解释性高,但在真实世界中,logistic 回归模型的假设并不容易被满足,其拟合结果可能是有偏差<sup>[30]</sup>。目前,国内有学者基于传统 logistic 回归构建产后抑郁风险预测模型,  $AUC$  为 0.815~0.839<sup>[18, 31]</sup>,逊于本研究 logistic 回归模型表现,这可能与前述研究仅考虑单方面因素作用,或模型训练样本量较小、仅使用随机拆分验证有关。②基于随机森林的风险预测模型。本研究中,较之 logistic 回归和支持向量机,基于随机森林的产后抑郁风险预测模型在测试集上的区分度和校准度好,为最佳模型。这可能是由于随机森林模型擅长处理高维、缺失和不平衡数据,且在训练过程引入随机样本和随机特征,不易过拟合,并具有很好的抗噪声能力,由于使用无偏估计,其泛化能力也比较好<sup>[32]</sup>。目前,已有多项研究尝试使用随机森林算法构建产后抑郁风险预测模型,但大多只进行了内部验证,  $AUC$  为 0.70~0.88<sup>[27]</sup>,其中 1 项研究进行了外部验证,  $AUC$  为 0.860, Brier 得分为 0.154<sup>[33]</sup>,预测性能逊于本研究,可能是因为该研究预测的是产后 1 年产后抑郁风险,时间跨度较大,预测难度相较于本研究较高。③基于支持向量机的风险预测模型。本研究中,较之 logistic 回归和随机森林,基于支持向量机的产后抑郁风

险预测模型在测试集上 F1 值更优。F1 值又称均衡平均数,是精确度和召回率(灵敏度)的调和均值,得分越高表示模型性能越好。这可能是因为支持向量机模型尤其适用于小样本量和高维特征的数据,输出结果不易受到数据扰动、噪声及离群点的影响<sup>[12]</sup>。课题组前期系统评价显示,支持向量机是最常用于产后抑郁风险预测模型构建的机器学习算法,但大多只完成了内部验证,  $AUC$  为 0.65~0.86<sup>[27]</sup>,有 1 项研究进行了外部验证,  $AUC$  为 0.84<sup>[34]</sup>,低于本研究支持向量机模型,可能是因为该研究只纳入了 3 个预测因子,支撑预测结果的信息量相对较少,从而预测能力相对较弱。

## 4 结论

本研究利用 logistic 回归、支持向量机和随机森林 3 种监督学习算法构建产后 6 周产后抑郁风险预测模型,结果表明 3 种监督学习算法在产后抑郁风险预测均具有实用价值,其中随机森林模型预测性能最佳。最终纳入 14 个预测因子,根据重要性排序,依次是产后 3 d 抑郁、产后 6 周焦虑、产后 6 周与公婆的关系、产后 6 周睡眠质量、单核细胞计数、产后 3 d 担忧新生儿健康、文化程度(高中及以下)、年龄( $\leq 25$ 岁)、产后 6 周喂养方式(母乳喂养)、家暴经历、新生儿送入观察室、不良孕产史、产后 6 周工作状态(恢复工作)和婚姻状态。本研究为单中心研究,纳入变量缺少生物学资料,未将监督学习模型转化成可供临床适用的风险评估工具。因此,未来仍须开展长期、大规模的多中心研究,建立大样本随访队列,挖掘客观可量化的预测因子,结合实际情况划分风险截断值并完成评估工具开发,以实现产后抑郁风险预测模型的临床实践。

## 参考文献:

- [1] 产后抑郁防治指南撰写专家组. 产后抑郁障碍防治指南的专家共识(基于产科和社区医生)[J]. 中国妇产科临床杂志, 2014, 15(6): 572-576.
- [2] Hahn-Holbrook J, Cornwell-Hinrichs T, Anaya I. Economic and health predictors of national postpartum depression prevalence: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression of 291 studies from 56 countries [J]. *Front Psychiatry*, 2017, 8: 248.
- [3] Mu T Y, Li Y H, Pan H F, et al. Postpartum depressive mood (PDM) among Chinese women: a meta-analysis [J]. *Arch Womens Ment Health*, 2019, 22(2): 279-287.
- [4] Maré K T, Pellowski J A, Koopowitz S M, et al. Perinatal suicidality: prevalence and correlates in a South African birth cohort [J]. *Arch Womens Ment Health*, 2021, 24(5): 737-748.
- [5] Jacques N, De Mola C L, Joseph G, et al. Prenatal and postnatal maternal depression and infant hospitalization and mortality in the first year of life: a systematic review

- and meta-analysis[J]. *J Affect Disord*, 2019, 243: 201-208.
- [6] Farias-Antúnez S, Xavier M O, Santos I S. Effect of maternal postpartum depression on offspring's growth[J]. *J Affect Disord*, 2018, 228: 143-152.
- [7] Chen M H, Pan T L, Bai Y M, et al. Postpartum depression and psychosis and subsequent severe mental illnesses in mothers and neurodevelopmental disorders in children: a nationwide study[J]. *J Clin Psychiatry*, 2021, 82(4): 20m13735.
- [8] O'connor E, Senger C A, Henninger M L, et al. Interventions to prevent perinatal depression [J]. *JAMA*, 2019, 321(6): 588.
- [9] 中华医学会妇产科学分会产科学组. 围产期抑郁症筛查与诊治专家共识[J]. *中华妇产科杂志*, 2021, 56(8): 521-527.
- [10] 郭秀静, 王玉琼, 陈静, 爱丁堡产后抑郁量表在成都地区产妇中应用的效能研究[J]. *中国实用护理杂志*, 2009, 25(1): 4-6.
- [11] US Preventive Services Task Force, Curry S J, Krist A H, et al. Interventions to prevent perinatal depression: US preventive services task force recommendation statement [J]. *JAMA*, 2019, 321(6): 580-587.
- [12] 黄光成, 周良, 石建伟, 等. 机器学习算法在疾病风险预测中的应用与比较[J]. *中国卫生资源*, 2020, 23(4): 432-436.
- [13] 姜乾金. 领悟社会支持量表[J]. *中国行为医学科学*, 2001, 10(10): 41-43.
- [14] Spitzer R L, Kroenke K, Williams J B, et al. A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7[J]. *Arch Intern Med*, 2006, 166(10): 1092-1097.
- [15] 刘贤臣, 唐茂芹, 胡蕾, 等. 匹兹堡睡眠质量指数的信度和效度研究[J]. *中华精神科杂志*, 1996, 29(2): 103-107.
- [16] 屈宁宁, 李可基. 国际体力活动问卷中文版的信度和效度研究[J]. *中华流行病学杂志*, 2004, 25(3): 265-268.
- [17] Moons K G M, Wolff R F, Riley R D, et al. PROBAST: a tool to assess risk of bias and applicability of prediction model studies: explanation and elaboration[J]. *Ann Intern Med*, 2019, 170(1): W1-W33.
- [18] 汪立. 初产妇产后抑郁风险列线图模型的建立[J]. *护理学杂志*, 2020, 35(13): 30-33.
- [19] 曾婉婷, 徐萌艳, 段陈迟, 等. 围生期抑郁的发生风险及其影响因素分析[J]. *浙江医学*, 2021, 43(13): 1409-1414.
- [20] 许凤, 朱新丽, 周慧欣, 等. 产褥期抑郁症状发生状况及影响因素的纵向研究[J]. *护理学杂志*, 2022, 37(17): 36-39.
- [21] Rus Prelog P, Vidmar Šimic M, Premru Sršen, et al. Contextual-relationship and stress-related factors of postpartum depression symptoms in nulliparas: a prospective study from Ljubljana, Slovenia [J]. *Reprod Health*, 2019, 16(1): 145.
- [22] George M, Johnson A R, Sulekha T. Incidence of postpartum depression and its association with antenatal psychiatric symptoms: a longitudinal study in 25 villages of rural South Karnataka[J]. *Indian J Psychol Med*, 2021, 44(1): 37-44.
- [23] Zhang S, Wang L, Yang T, et al. Maternal violence experiences and risk of postpartum depression: a meta-analysis of cohort studies[J]. *Eur Psychiatry*, 2019, 55: 90-101.
- [24] 肖美丽, 晏春丽, 付冰, 等. 随机森林算法在产后抑郁风险预测中的应用[J]. *中南大学学报(医学版)*, 2020, 45(10): 1215-1222.
- [25] Shin D, Lee K J, Adeluwa T, et al. Machine learning-based predictive modeling of postpartum depression[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(9): 2899.
- [25] Zhong M, Zhang H, Yu C, et al. Application of machine learning in predicting the risk of postpartum depression: a systematic review[J]. *J Affect Disord*, 2022, 318: 364-379.
- [26] 周英勇, 汪赛赢, 杨谧, 等. BDNF 基因多态性与剖宫产妇产后抑郁的相关性分析[J]. *解放军医学杂志*, 2017, 42(6): 538-544.
- [27] Zhong M, Zhang H, Yu C, et al. Application of machine learning in predicting the risk of postpartum depression: a systematic review[J]. *J Affect Disord*, 2022, 318: 364-379.
- [28] 陈悦, 樊云, 付显. 孕中期运动量及相关临床指标与产妇产后抑郁的相关性分析[J]. *中国妇幼健康研究*, 2021, 32(8): 1157-1161.
- [29] Gregory E F, Butz A M, Ghazarian S R, et al. Are unmet breastfeeding expectations associated with maternal depressive symptoms? [J]. *Acad Pediatr*, 2015, 15(3): 319-325.
- [30] 周支瑞, 李博, 张天嵩. 临床预测模型构建方法学[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2021: 252-253.
- [31] 张鑫鑫, 叶梅, 麻莉. 初产妇产后抑郁发生情况及列线图预测模型的构建[J]. *中国妇幼健康研究*, 2021, 32(8): 1152-1156.
- [32] Breiman L. Random forests [J]. *Mach Learn*, 2001, 45(1): 5-32.
- [33] Zhang Y, Wang S, Hermann A, et al. Development and validation of a machine learning algorithm for predicting the risk of postpartum depression among pregnant women[J]. *J Affect Disord*, 2021, 279: 1-8.
- [34] Payne J L, Osborne L M, Cox O, et al. DNA methylation biomarkers prospectively predict both antenatal and postpartum depression [J]. *Psychiatry Res*, 2020, 285: 112711.

(本文编辑 丁迎春)