

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2025.05.007

# 基于多因素分析的早产儿生发基质 – 脑室内出血危险因素及预测模型研究

马艳丽<sup>1</sup>, 李晓艳<sup>1</sup>, 党峰涛<sup>2</sup>, 葛林玲<sup>1</sup>, 韩倩<sup>1</sup>

(1. 郑州市第一人民医院 NICU 科, 河南郑州 450000; 2. 郑州市第二人民医院眼科, 河南郑州 450000)

**【摘要】目的** 通过多因素分析探讨早产儿生发基质 – 脑室内出血 (GM-IVH) 的危险因素, 并构建相应的预测模型。  
**方法** 选取在郑州市第一人民医院接受治疗的 GM-IVH 早产儿 40 例为观察组, 纳入时间为 2021 年 1 月至 2024 年 12 月, 同期健康早产儿 40 例为对照组, 比较两组早产儿产前及新生儿期的临床指标, 采用多因素 logistic 回归模型筛选相关影响因素, 构建列线图预测模型, 通过受试者工作特征 (ROC) 曲线评估模型的区分度, 并通过校准曲线评估其校准度, 综合评价预测模型的效能。**结果** 两组性别、产前激素治疗、宫内窘迫、宫内感染等产前指标对比无统计学意义 ( $P>0.05$ )。观察组胎龄 < 32 周、出生体重 < 2100g、产时窒息、绒毛膜羊膜炎、多巴胺治疗、代谢性酸中毒发生率较对照组高 ( $P<0.05$ )。多因素 logistic 回归分析结果显示, 胎龄 < 32 周、出生体重 < 2100g、产时窒息、绒毛膜羊膜炎、代谢性酸中毒发生率为早产儿 GM-IVH 的危险因素 ( $P<0.05$ )。根据多因素 logistic 回归分析结果, 进一步建立预测模型,  $\text{Logit}(P) = -4.275 + 2.740 \times \text{胎龄} < 32 \text{ 周} + 1.681 \times \text{出生体重} < 2100\text{g} + 2.071 \times \text{产时窒息} + 2.468 \times \text{绒毛膜羊膜炎} + 1.780 \times \text{代谢性酸中毒}$ 。根据霍斯默 – 莱梅肖检验, 拟合优度为 5.963,  $P=0.576$ , 说明构建的模型具有较好的拟合优度。ROC 曲线显示, 胎龄 < 32 周、出生体重 < 2100g、产时窒息、绒毛膜羊膜炎、代谢性酸中毒发生率及联合预测早产儿 GM-IVH 的曲线下面积 (AUC) 分别为 0.725、0.650、0.638、0.600、0.587、0.865。**结论** 早产儿的胎龄过小 (<32 周)、出生体重过低 (<2100g)、产时窒息、绒毛膜羊膜炎及代谢性酸中毒等因素是 GM-IVH 发生的高危因素, 利用以上因素构建的预测模型具有良好的效能。

【关键词】早产儿；生发基质 - 脑室内出血；危险因素；预测模型

【中图分类号】R722.6, R441.8

【文献标志码】A

文章编号: 1674-1242 (2025) 05-0645-07

## Study on Risk Factors and a Prediction Model of Germinal Matrix-Intraventricular Hemorrhage in Preterm Infants Based on Multifactorial Analysis

MA Yanli<sup>1</sup>, LI Xiaoyan<sup>1</sup>, DANG Fengtao<sup>2</sup>, GE Linling<sup>1</sup>, HAN Qian<sup>1</sup>

(1. NICU Department, Zhengzhou First People's Hospital, Zhengzhou, Henan 450000, China;

2. Ophthalmology Department, Zhengzhou Second People's Hospital, Zhengzhou, Henan 450000, China)

收稿日期: 2025-01-09。

基金项目: 河南省医学科技攻关计划项目立项 (编号: LHGJ20240926)。

第一作者: 马艳丽 (1986—), 女, 汉族, 河南省安阳市人, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向新生儿重症。邮箱: mayanli1116@163.com。

通信作者: 李晓艳, 主任医师, 医学硕士, 从事儿童常见病、多发病, 尤其新生儿危重及疑难病的临床诊治、早产儿 / 高危儿随访, 新生儿脑损伤。

邮箱: xiaoyandoctor@126.com。

**【Abstract】Objective** To investigate the risk factors of germinal matrix-intraventricular hemorrhage (GM-IVH) in preterm infants by multifactorial analysis, and to construct the corresponding prediction model. **Methods** Forty preterm infants with GM-IVH who received treatment at the First People's Hospital of Zhengzhou were selected as the observation group, and the inclusion period was from January 2021 to December 2024, and 40 cases of healthy preterm infants in the same period were selected as the control group, comparing the two groups of preterm infants in the prenatal and neonatal periods and other clinical indicators, and adopting multifactorial logistic regression model to screen the relevant influencing factors, constructing the prediction model of the nomogram, and evaluating the model differentiation degree through the Receiver Operating Characteristic (ROC). The ROC curves were used to assess the differentiation of the model, and the calibration curves were used to assess its calibration degree to comprehensively evaluate the efficacy of the prediction model. **Results** There was no statistical significance in the comparison of prenatal indicators such as gender, prenatal hormone therapy, intrauterine distress and intrauterine infection between the two groups ( $P > 0.05$ ). The incidence of gestational age  $< 32$  weeks, birth weight  $< 2100$ g, asphyxia at delivery, chorioamnionitis, dopamine treatment, and metabolic acidosis was higher in the observation group than that in the control group ( $P < 0.05$ ). The results of multifactorial logistic regression analysis showed that gestational age  $< 32$  weeks, birth weight  $< 2100$ g, asphyxia at delivery, chorioamnionitis, and incidence of metabolic acidosis were risk factors for GM-IVH in preterm infants ( $P < 0.05$ ). A prediction model was further developed based on the results of multifactorial logistic regression analysis,  $\text{Logit}(P) = -4.275 + 2.740 \times \text{gestational age} < 32 \text{ weeks} + 1.681 \times \text{birth weight} < 2100\text{g} + 2.071 \times \text{asphyxia at delivery} + 2.468 \times \text{chorioamnionitis} + 1.780 \times \text{metabolic acidosis}$ . According to the Hosmer-Lemeshow test, the goodness of fit was 5.963,  $P = 0.576$ , indicating that the constructed model had a good fit. The ROC curves showed that the AUCs for gestational age  $< 32$  weeks, birth weight  $< 2100$ g, birth asphyxia, chorioamnionitis, incidence of metabolic acidosis, and the joint prediction of GM-IVH in preterm infants were 0.725, 0.650, 0.638, 0.600, 0.587, 0.865. **Conclusions** Small for gestational age ( $< 32$  weeks), low birth weight ( $< 2100$ g), asphyxia, chorioamnionitis, and metabolic acidosis in preterm infants are the high-risk factors for the occurrence of GM-IVH, and the prediction model constructed by using the above factors showed good efficacy.

**【Key words】** Preterm Infants; Germinal Matrix-Intraventricular Hemorrhage; Risk Factors; Prediction Model

## 0 引言

随着新生儿重症监护与救治技术的不断进步，早产儿的存活率显著提高。然而，早产相关并发症的发生率也随之攀升<sup>[1]</sup>。其中，生发基质-脑室内出血（Germinal Matrix-Intraventricular Hemorrhage, GM-IVH）作为一种严重的并发症，可导致脑室周围白质软化、脑积水、脑性瘫痪、学习障碍和认知异常等多种神经系统后遗症，对新生儿的神经系统发育构成了重大威胁，严重影响早产儿的预后<sup>[2,3]</sup>。因此，深入探究GM-IVH的危险因素，建立有效的预测模型，对于早期识别高危早产儿、采取及时有效的干预措施、降低GM-IVH的发生率及减轻其后果具有重要意义。本研究旨在通过多因素

分析，全面探讨早产儿GM-IVH的危险因素，并在此基础上建立预测模型，以期为早产儿GM-IVH的防治提供新的思路和方法。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取在郑州市第一人民医院接受治疗的GM-IVH早产儿40例为观察组。纳入标准：①确诊为GM-IVH早产儿；②临床资料完整；③经患儿监护人知情同意。排除标准：①外院转入早产儿；②合并遗传代谢性疾病或先天性畸形；③随访时间不足。另选同期健康早产儿40例作为对照组，纳入时间为2021年1月至2024年12月。本研究已通过医学伦理委员会批准。

## 1.2 观察指标

(1)产前因素: 性别、产前激素治疗、宫内窘迫、宫内感染、硫酸镁治疗、脐带异常、胎盘早剥。

(2)新生儿期因素: 胎龄、出生体重、分娩方式、产时窒息、机械通气、绒毛膜羊膜炎、早发型败血症、新生儿呼吸窘迫综合征、头颅血肿、多巴胺治疗、代谢性酸中毒、凝血功能异常、血压快速波动、新生儿感染。

## 1.3 统计学分析

使用 SPSS 22.0 软件进行数据分析, 计数资料用百分比(%)表示, 采用 $\chi^2$ 检验; 符合正态分布的计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组间比较采用独立样本t检验; 使用多因素 logistic 回归分析模型筛选相关影响因素, 并构建列线图预测模型, 利用校正曲线和受试者工作特征(Receiver Operating Characteristic, ROC)曲线评估预测模型的效能。 $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组产前因素比较

两组性别、产前激素治疗、宫内窘迫、宫内感染等产前指标经对比差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 如表1所示。

### 2.2 两组新生儿期因素比较

观察组胎龄<32周、出生体重<2100g、产时窒息、绒毛膜羊膜炎、多巴胺治疗、代谢性酸中毒发生率较对照组高( $P < 0.05$ ), 如表2所示。

### 2.3 多因素 logistic 回归分析

以是否发生GM-IVH为因变量(未发生=0, 发生=1), 表2中指标差异有统计学意义的变量作为自变量, 采用逐步回归法进行多因素 logistic 回归分析。结果显示, 胎龄<32周、出生体重<2100g、产时窒息、绒毛膜羊膜炎、代谢性酸中毒为早产儿GM-IVH的危险因素( $P < 0.05$ ), 如表3和表4所示。

### 2.4 预测模型的构建与验证

根据多因素 logistic 回归分析结果, 进一步建立预测模型, Logit( $P$ ) =  $-4.275 + 2.740 \times$  胎龄  $< 32$  周  $+ 1.681 \times$  出生体重  $< 2100$  g  $+ 2.071 \times$  产时窒息  $+ 2.468 \times$  绒毛膜羊膜炎  $+ 1.780 \times$  代谢性酸中

表1 两组产前因素比较 [ $n$  (%)]  
Tab.1 Comparison of prenatal factors between the two groups [ $n$  (%)]

项目	观察组 ( $n=40$ )	对照组 ( $n=40$ )	$\chi^2$ 值	P值
性别				
男	22 (55.00)	21 (52.50)	0.050	0.823
女	18 (45.00)	19 (47.50)		
产前激素治疗				
是	14 (35.00)	9 (22.50)	1.526	0.217
否	26 (65.00)	31 (77.50)		
宫内窘迫				
是	9 (22.50)	3 (7.50)	3.529	0.060
否	31 (77.50)	37 (92.50)		
宫内感染				
是	8 (20.00)	3 (7.50)	2.635	0.105
否	32 (80.00)	37 (92.50)		
硫酸镁治疗				
是	27 (67.50)	19 (47.50)	3.274	0.704
否	13 (32.50)	21 (52.50)		
脐带异常				
是	13 (32.50)	7 (17.50)	3.064	0.080
否	27 (67.50)	33 (82.50)		
胎盘早剥				
是	19 (47.50)	11 (27.50)	3.631	0.057
否	21 (52.50)	29 (72.50)		

毒。根据霍斯默-莱梅肖检验, 拟合优度为5.963,  $P=0.576$ , 说明构建的模型具有较好的拟合优度。在预测模型的校准曲线上使用Bootstrap验证方法, 校正曲线与实际曲线基本重合, 如图1和图2所示。ROC曲线分析列线图模型预测早产儿GM-IVH的曲线下面积(Area Under the Curve, UAUC)为0.865(95%CI: 0.770~0.931), 敏感性为60.00%, 特异性为95.00%, 如表5和图3所示。

## 3 讨论

GM-IVH是早产儿中一种常见且严重的并发症, 对新生儿的生命和健康造成了极大的威胁<sup>[4]</sup>。相关统计数据显示, GM-IVH不仅导致早产儿的高死亡率, 还可能引发一系列神经系统后遗症, 包括但不限于脑室周围白质软化、脑积水、脑性瘫痪、学习障碍及认知异常等, 严重影响早产儿的远期预后<sup>[5,6]</sup>。早产儿GM-IVH的流行病学现状严峻且复杂。为了有效应对这一挑战, 需要深入研究其发病机制和高危因素, 积极探索新的诊断和治疗手段。

表2 两组新生儿期因素比较 [n (%)]

Tab.2 Comparison of neonatal factors between the two groups [n (%)]

项目	观察组 ( n=40 )	对照组 ( n=40 )	$\chi^2$ 值	P 值
胎龄 / 周				
<32 周	27 ( 67.50 )	9 ( 22.50 )	15.319	0.001
≥ 32 周	13 ( 32.50 )	31 ( 77.50 )		
出生体重 / g				
<2100g	24 ( 60.00 )	12 ( 30.00 )	6.809	0.009
≥ 2100g	16 ( 40.00 )	28 ( 70.00 )		
分娩方式				
经阴道	18 ( 45.00 )	14 ( 35.00 )	0.851	0.356
剖宫产	22 ( 55.00 )	26 ( 65.00 )		
产时窒息				
是	23 ( 57.50 )	12 ( 30.00 )	5.885	0.015
否	17 ( 42.50 )	28 ( 70.00 )		
机械通气				
是	21 ( 52.50 )	13 ( 32.50 )	3.204	0.073
否	19 ( 47.50 )	27 ( 67.50 )		
绒毛膜羊膜炎				
是	15 ( 37.50 )	7 ( 17.50 )	4.952	0.026
否	25 ( 62.50 )	33 ( 82.50 )		
早发型败血症				
是	9 ( 22.50 )	4 ( 10.00 )	3.273	0.070
否	31 ( 77.50 )	36 ( 90.00 )		
新生儿呼吸窘迫综合征				
是	12 ( 30.00 )	8 ( 20.00 )	1.362	0.243
否	28 ( 70.00 )	32 ( 80.00 )		
头颅血肿				
是	7 ( 17.50 )	2 ( 5.00 )	3.026	0.082
否	33 ( 82.50 )	38 ( 95.00 )		
多巴胺治疗				
是	8 ( 20.00 )	2 ( 5.00 )	6.128	0.013
否	32 ( 80.00 )	38 ( 95.00 )		
代谢性酸中毒				
是	12 ( 30.00 )	5 ( 12.50 )	4.906	0.027
否	28 ( 70.00 )	35 ( 87.50 )		
凝血功能异常				
是	10 ( 25.00 )	6 ( 15.00 )	1.702	0.192
否	30 ( 75.00 )	34 ( 85.00 )		
血压快速波动				
是	13 ( 32.50 )	7 ( 17.50 )	3.064	0.080
否	27 ( 67.50 )	33 ( 82.50 )		
新生儿感染				
是	14 ( 35.00 )	8 ( 20.00 )	2.785	0.095
否	26 ( 65.00 )	32 ( 80.00 )		

表3 多因素 logistic 回归分析的变量赋值情况

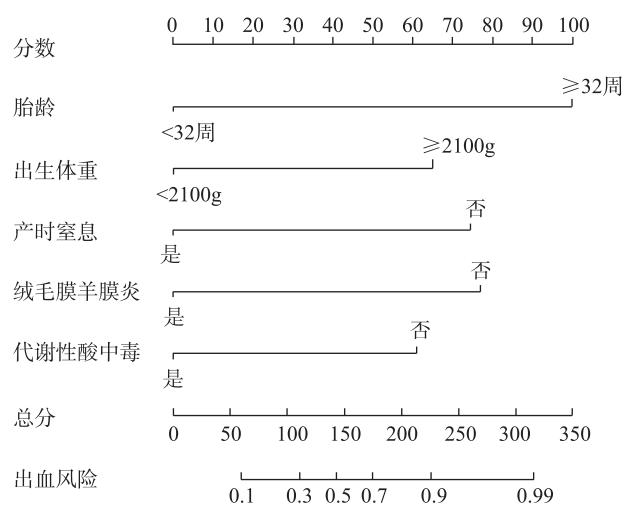
Tab.3 Variable assignment of multifactorial logistic regression analysis

变量	赋值方法
胎龄 <32 周	是 =1, 否 =0
出生体重 <2100g	是 =1, 否 =0
产时窒息	是 =1, 否 =0
绒毛膜羊膜炎	是 =1, 否 =0
多巴胺治疗	是 =1, 否 =0
代谢性酸中毒	是 =1, 否 =0

表4 GM-IVH 的多因素 Logistic 回归分析

Tab.4 Multifactorial logistic regression analysis of GM-IVH

相关因素	$\beta$	SE	Wald	P	OR	95% CI 下限 上限
胎龄 <32 周	2.740	0.767	12.7577	<0.001	15.492	3.444 69.697
出生体重 <2100g	1.681	0.688	5.961	0.015	5.369	1.393 20.697
产时窒息	2.071	0.764	7.359	0.007	7.937	1.777 35.450
绒毛膜羊膜炎	2.468	0.872	8.012	0.005	11.793	2.136 65.116
多巴胺治疗	1.854	0.978	3.589	0.058	6.383	0.938 43.435
代谢性酸中毒	1.780	0.846	4.421	0.035	5.930	1.128 31.157
常数	-4.275	1.134	14.211	0.001	—	— — —

图1 GM-IVH 发生风险的预测因素列线图  
Fig.1 The nomogram for predicting the risk of GM-IVH

在本研究中,多因素 logistic 回归分析结果显示,胎龄 <32 周、出生体重 <2100g、产时窒息、绒毛膜羊膜炎、代谢性酸中毒发生率为早产儿 GM-IVH 的危险因素。胎龄 <32 周的极早产儿,其脑室管膜下胚胎生发基质 (GM) 发育极不完善,而 GM 是主要由增殖细胞、神经元和胶质细胞前体组成的原始细胞区域,通常在胎龄 26 ~ 32 周逐渐发育成

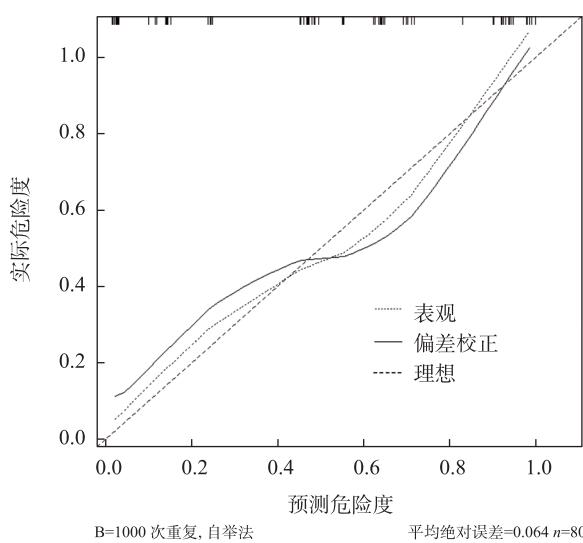


Fig.2 Correlation curve of the prediction model for GM-IVH risk

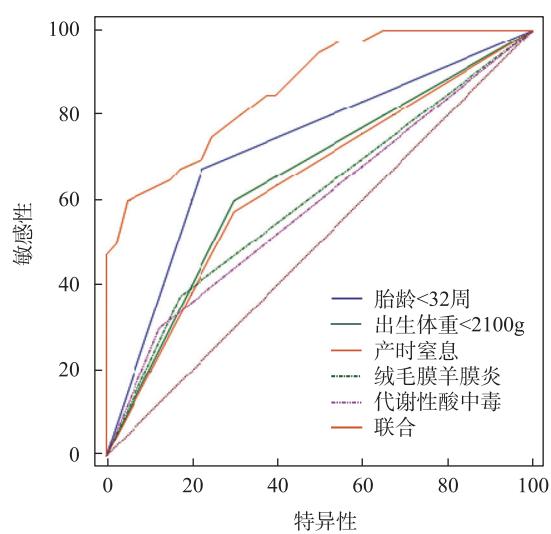


Fig.3 ROC analysis of predictive factors for GM-IVH risk

表 5 预测模型的临床效能分析  
Tab.5 Clinical efficacy analysis of the prediction model

变量	AUC	SE	95%CI	特异性/%	灵敏性/%	约登指数/%
胎龄<32周	0.725	0.0502	0.614~0.819	77.50	67.50	45.00
出生体重<2100g	0.650	0.0537	0.535~0.753	70.00	60.00	30.00
产时窒息	0.638	0.0540	0.522~0.742	67.10	59.20	27.50
绒毛膜羊膜炎	0.600	0.0493	0.484~0.708	82.50	37.50	20.00
代谢性酸中毒	0.587	0.0452	0.472~0.696	84.60	32.40	17.50
联合	0.865	0.0384	0.770~0.931	95.00	60.00	55.00

熟, 34~36周后基本消失<sup>[7,8]</sup>。因此, 胎龄<32周的早产儿GM对于缺氧、酸中毒、高血糖等因素非常敏感, 极易造成局部血管破裂出血。低出生体重通常与宫内生长受限、营养储备不足及脏器功能不成熟有关<sup>[9]</sup>。这些因素都可能导致早产儿在出生后更容易发生GM-IVH。此外, 低出生体重的早产儿在出生后往往需要更多的医疗干预, 如机械通气、肠外营养等, 这些干预措施也可能增加GM-IVH的风险。产时窒息可能导致早产儿在出生前后出现严重的缺氧和酸中毒。缺氧和酸中毒是GM-IVH的重要诱因, 它们可以直接损害脑血管, 导致血管破裂出血。此外, 窒息还可能引发一系列全身性反应, 如血压波动、心律失常等, 进一步增加GM-IVH的风险。绒毛膜羊膜炎是自发性早产的重要危险因素, 也是导致早产儿脑损伤的重要因素<sup>[10,11]</sup>。绒毛膜羊膜炎可引起宫内感染, 释放炎性细胞因子, 这些因子可通过胎盘屏障进入胎儿体内, 损害脑血管和脑

组织, 从而增加GM-IVH的风险<sup>[12,13]</sup>。代谢性酸中毒是早产儿常见的酸碱平衡紊乱之一, 酸中毒可导致脑血管痉挛、脑血流量减少及脑细胞代谢障碍等病理变化, 从而损害脑血管的完整性, 增加GM-IVH的风险<sup>[14]</sup>。此外, 代谢性酸中毒还可能与其他并发症(如窒息、感染等)相互作用, 共同促进GM-IVH的发生。

在本研究中, 胎龄<32周的AUC值为0.725, 表明该因素在预测早产儿GM-IVH方面具有较好的判别能力; 而出生体重<2100g、产时窒息、绒毛膜羊膜炎和代谢性酸中毒的AUC值分别为0.650、0.638、0.600、0.587, 虽然显示出一定的预测价值, 但判别能力较弱。联合预测的AUC值为0.865, 表明模型具有较高的预测准确性。胎龄<32周具有较高的AUC值, 这可能与极早产儿脑血管发育不成熟、对缺氧和酸中毒等损伤的敏感性提升有关。因此, 胎龄作为GM-IVH的重要预测因素, 在临床

上应给予高度重视。低出生体重通常与宫内生长受限、营养储备不足及脏器功能不成熟有关，这些因素都可能增加 GM-IVH 的风险<sup>[15,16]</sup>。然而，相比胎龄因素，出生体重的 AUC 值较低，这可能与体重受多种因素影响（如遗传因素、母体营养状况等）有关，导致其在预测 GM-IVH 时判别能力相对较弱。产时窒息是导致早产儿脑损伤的重要因素之一，包括 GM-IVH。然而，在本研究中，产时窒息的 AUC 值并不高，这可能与窒息的严重程度、持续时间及复苏措施的有效性等因素有关。此外，窒息可能与其他并发症（如感染、代谢性酸中毒等）相互作用，共同影响 GM-IVH 的发生。绒毛膜羊膜炎是宫内感染的重要表现之一，可导致胎儿炎症反应和脑损伤<sup>[17,18]</sup>。然而，在本研究中，绒毛膜羊膜炎的 AUC 值相对较低，这可能与感染的严重程度、病原体种类及治疗时机等因素有关。此外，宫内感染可能与其他危险因素（如早产、低出生体重等）相互作用，导致 GM-IVH 的发生机制更加复杂。代谢性酸中毒是早产儿常见的酸碱平衡紊乱之一，可导致脑血管痉挛、脑血流量减少及脑细胞代谢障碍等病理变化<sup>[19,20]</sup>。然而，在本研究中，代谢性酸中毒的 AUC 值最低，这可能与酸中毒的严重程度、持续时间及纠正措施的有效性等因素有关。此外，酸中毒可能与其他并发症（如窒息、感染等）相互作用，共同加剧脑损伤。未来研究应进一步探讨 GM-IVH 的发病机制，寻找新的预测因素和生物标志物，以提高预测模型的准确性和临床应用价值。同时，还应关注不同危险因素之间的相互作用及治疗干预对 GM-IVH 发生的影响。

本研究构建的预测模型为早产儿 GM-IVH 的风险评估提供了有力工具。基于此模型，本研究构想了一种自动风险评估系统，该系统包含以下几个功能模块：数据输入模块，用于输入早产儿的临床数据；数据处理模块，对输入的数据进行预处理和特征提取；风险预测模块，根据构建的预测模型对早产儿的 GM-IVH 风险进行实时预测；结果展示模块，以直观的方式展示预测结果，如通过颜色编码或图表形式显示风险等级；干预建议模块，根据预测结果提供相应的干预措施建议，以帮助临床医生及时

采取有效的预防和治疗措施。这种自动风险评估系统有望在临床实践中提高早产儿 GM-IVH 的早期识别准确性和干预效率，改善早产儿的预后。

综上所述，早产儿的胎龄过小（<32周）、出生体重过低（<2100g）、产时窒息、绒毛膜羊膜炎及代谢性酸中毒等因素是 GM-IVH 发生的高危因素，利用以上因素构建的数据模型具有良好的效能。但本研究仍存在一定的局限性：一是样本量相对有限，可能导致研究结果在某些方面存在一定的偏倚，为了获得更准确、更全面的结论，未来需要扩大样本量，涵盖更多医院和地区的早产儿数据，以提高研究结果的代表性和可靠性；二是在危险因素的选择和预测模型的构建过程中，虽然尽可能考虑了多种因素，但仍然存在一定的主观性，未来需要进一步完善和验证模型，以确保其能够更准确地预测 GM-IVH 的发生风险。

#### 参考文献

- [1] TRELUYER L, CHEVALLIER M, JARREAU P H, et al. Intraventricular hemorrhage in very preterm children: mortality and neurodevelopment at age 5[J]. *Pediatrics*, 2023, 151(4): e2022059138.
- [2] 王淳一, 华子瑜. 早产儿脑室内出血遗传学研究进展 [J]. *儿科药学杂志*, 2024, 30 (12) : 39-42.  
WANG Chunyi, HUA Ziyu. Progress of genetics of intraventricular hemorrhage in premature[J]. *Journal of Pediatric Pharmacy*, 2024, 30(12): 39-42.
- [3] 蔡舒蕾, 张国福, 马晓亮, 等. 颅内出血胎儿的 MRI 诊断及生后随访: 49 例临床分析 [J]. *中华围产医学杂志*, 2020, 23 (11) : 742-749.  
CAI Shulei, ZHANG Guofu, MA Xiaoliang, et al. MRI diagnosis and postnatal follow-up of fetuses with intracranial hemorrhage: a clinical analysis of 49 cases[J]. *Chinese Journal of Perinatal Medicine*, 2020, 23(11): 742-749.
- [4] 王陈红, 陈军津, 葛佳静, 等. 早产儿早期肺动脉高压的危险因素及近期预后 [J]. *中华儿科杂志*, 2022, 60 (7) : 682-687.  
WANG Chenhong, CHEN Junjin, GE Jiajing, et al. Risk factors and recent prognosis of early pulmonary hypertension in preterm infants[J]. *Chinese Journal of Pediatrics*, 2022, 60(7): 682-687.
- [5] 阳柳, 聂川. 早产儿生发基质 - 脑室内出血动物模型建立方法的研究进展 [J]. *中华新生儿科杂志(中英文)*, 2023, 38 (12) : 761-764.  
YANG Liu, NIE Chuan. Research progress on the method of establish-

- ing an animal model of germinal matrix-intraventricular hemorrhage in preterm infants[J]. *Chinese Journal of Neonatology (in Chinese and English)*, 2023, 38(12): 761-764.
- [6] 韩茜, 王燕侠, 王永军, 等.早产儿脑室周围 - 脑室内出血之母源性因素研究进展 [J]. *中华新生儿科杂志*, 2022, 37 (1) : 91-94. HAN Xi, WANG Yanxia, WANG Yongjun, et al. Maternal factors in periventricular-intraventricular hemorrhage in preterm infants[J]. *Chinese Journal of Neonatology*, 2022, 37(1): 91-94.
- [7] 黄润芝, 曹长青, 李宇宁.早产儿发生脑室周围 - 脑室内出血机制的研究进展 [J]. *实用心脑肺血管病杂志*, 2023, 31 (4) : 132-136. HUANG Runzhi, CAO Changqing, LI Yuning. Research progress on the mechanism of periventricular-intraventricular hemorrhage in preterm infants[J]. *Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease*, 2023, 31(4): 132-136.
- [8] 宫红梅, 杨伟, 刘晓娟, 等.足月儿与早产儿颅内出血的MRI功能成像参数比较 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19 (10) : 13-15. GONG Hongmei, YANG Wei, LIU Xiaojuan, et al. Comparison of MRI functional imaging parameters of intracranial hemorrhage in term and preterm infants[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2021, 19(10): 13-15.
- [9] 郑直, 沈蔚, 唐丽霞, 等.极早产儿及中期早产儿校正18~24月龄神经发育结局及影响因素分析 [J]. *中华新生儿科杂志*, 2022, 37 (5) : 423-428. ZHENG Zhi, SHEN Wei, TANG Lixia, et al. Analysis of neurodevelopmental outcomes and influencing factors in very preterm and midterm preterm infants corrected at 18-24 months of age[J]. *Chinese Journal of Neonatology*, 2022, 37(5): 423-428.
- [10] 唐思, 高喜容, 吴运芹.早产儿颅内出血的危险因素及预防进展 [J]. *中华新生儿科杂志 (中英文)*, 2020, 35 (1) : 65-68. TANG Si, GAO Xirong, WU Yunqin. Progress of risk factors and prevention of intracranial hemorrhage in preterm infants[J]. *Chinese Journal of Neonatology (in Chinese and English)*, 2020, 35(1): 65-68.
- [11] 熊伟, 朱悦欣, 蔡姣, 等.神经重症监护单元内生发基质 - 脑室内出血早产儿预后的影响因素分析 [J]. *癫痫与神经电生理学杂志*, 2023, 32 (5) : 288-294. XIONG Wei, ZHU Yuexin, CAI Jiao, et al. Analysis of factors affecting the prognosis of preterm infants with germinal matrix-intraventricular hemorrhage in a neurointensive care unit[J]. *Journal of Epileptology and Electroneurophysiology*, 2023, 32(5): 288-294.
- [12] NOMIYAMS M, NAKAGAWA T, YAMASAKI F, et al. Contribution of fetal inflammatory response syndrome (FIRS) with or without maternal-fetal inflammation in the placenta to increased risk of respiratory and other complications in preterm neonates[J]. *Biomedicines*, 2023, 11(2): 611.
- [13] PUROHIT D, FINKEL D A, MALFA A, et al. Human cord blood derived unrestricted somatic stem cells restore aquaporin channel expression, reduce inflammation and inhibit the development of hydrocephalus after experimentally induced perinatal intraventricular hemorrhage[J]. *Front Cell Neurosci*, 2021, 159(2): 633185.
- [14] FINKEL D A, MALFA A, LIAO Y, et al. Early postnatal expression of TGF- $\beta$ 1 and FGF-2 correlates with regenerative functions of unrestricted somatic stem cell infusion after rabbit GMH-IVH[J]. *Stem Cells Transl Med*, 2023, 12(12): 811-824.
- [15] SHAH V A, THOMPSON R E, YENOKYAN G, et al. One-year outcome trajectories and factors associated with functional recovery among survivors of intracerebral and intraventricular hemorrhage with initial severe disability[J]. *JAMA Neurol*, 2022, 79(9): 856-868.
- [16] ALVAREZ-PEREZ F J, PAIVA F, LINO C A. Intraventricular hemorrhage as clinical presentation of herpes simplex virus encephalitis: a case report and review of the literature[J]. *Int J Neurosci*, 2021, 131(12): 1254-1259.
- [17] ROH D J, ASONYE I S, CARVAIHO POYRAZ F, et al. Intraventricular hemorrhage expansion in the CLEAR III trial: a post hoc exploratory analysis[J]. *Stroke*, 2022, 53(6): 1847-1853.
- [18] BALLABH P, DEVRIES L S. White matter injury in infants with intraventricular haemorrhage: mechanisms and therapies[J]. *Nat Rev Neurol*, 2021, 17(4): 199-214.
- [19] LI Q, LI R, ZHAO L B, et al. Intraventricular hemorrhage growth: definition, prevalence and association with hematoma expansion and prognosis[J]. *Neurocrit Care*, 2020, 33(3): 732-739.
- [20] NAWABI J, SCHLUNK F, DELLORCO A, et al. Non-contrast computed tomography features predict intraventricular hemorrhage growth[J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(11): 7807-7817.