

# 程控硬膜外脉冲式注射分娩镇痛后爆发痛列线图预测模型的构建及验证

鲍建中<sup>1\*</sup>, 王月新<sup>1</sup>, 张霞<sup>2</sup>, 张爱荣<sup>1</sup>, 赵英杰<sup>3</sup>, 许风云<sup>3</sup>, 石松<sup>4</sup>

基金项目: 2022 年度河北省医学科学研究课题计划(项目编号: 20220321)

作者单位: 1. 061000 河北 沧州, 沧州市人民医院麻醉科; 2. 061000 河北 沧州, 沧州市人民医院颐和院区妇科; 3. 061000 河北 沧州, 沧州市人民医院颐和院区产科手术室; 4. 071000 河北 保定, 河北大学附属医院麻醉科

作者简介: 鲍建中, 毕业于河北医科大学, 本科, 主治医师, 主要研究方向为临床麻醉分娩镇痛、术后疼痛

\* 通信作者, E-mail: czsrmybjz@163.com

**【摘要】目的** 探讨基于程控硬膜外脉冲式注射(programmed intermittent epidural bolus technique, PIEB)分娩镇痛后爆发痛危险因素的列线图预测模型构建及临床应用价值。**方法** 选取 2021 年 1 月至 2023 年 4 月在沧州市人民医院接受 PIEB 分娩镇痛的 242 例产妇为研究对象, 采用完全随机法按 7:3 比例将产妇分为训练集( $n=169$ )和验证集( $n=73$ )。在训练集中, 采用多因素 Logistic 回归分析分娩爆发痛的危险因素并构建列线图预测模型, 绘制 ROC 曲线及校准曲线对列线图模型的预测效能进行评估, 并在验证集中进行验证。同时应用决策曲线分析(DCA)分娩爆发痛列线图模型的临床应用价值。**结果** 训练集中出现爆发痛者 33 例(19.53%), 验证集中出现 16 例(21.92%), 训练集和验证集爆发痛发生率及临床特征差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。训练集中, 有神经根受累的慢性背痛、胎儿偏大、穿刺后 15 min NRS 评分较高、脉冲给药间隔时间为 60 min、第一产程时间较长是接受 PIEB 分娩镇痛孕妇出现爆发痛的独立危险因素( $P<0.05$ ), 并进一步构建列线图预测模型。列线图模型在训练集和验证集中预测和实际间均具有较好的校准和拟合度(C-index 指数分别为 0.836 和 0.847, 预测值与真实值符合度的平均绝对误差分别为 0.024 和 0.048, Hosmer-Lemeshow 检验  $P$  值分别为 0.718 和 0.901)。ROC 曲线显示训练集和验证集中列线图模型预测接受 PIEB 分娩镇痛孕妇出现爆发痛的 AUC 分别为 0.852 (95% CI: 0.777-0.927) 和 0.899 (95% CI: 0.822-0.976), 灵敏度、特异度分别为 0.818、0.750 和 0.875、0.754。**结论** 基于 PIEB 分娩镇痛后爆发痛危险因素构建的列线图预测模型有助于早期预测分娩爆发痛, 并指导临床制定适宜的临床决策, 从而最大限度地降低分娩爆发痛风险, 保障母婴安全。

**【关键词】** 分娩镇痛; 程控硬膜外脉冲式注射; 自控硬膜外镇痛; 爆发痛; 列线图

**【中图分类号】**R 614.4+2 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1674-4020(2024)05-067-06

doi:10.3969/j.issn.1674-4020.2024.05.14

## Construction and validation of a nomogram prediction model for breakthrough pain after labor analgesia with programmed intermittent epidural bolus technique

Bao Jianzhong<sup>1</sup>, Wang Yuexin<sup>1</sup>, Zhang Xia<sup>2</sup>, Zhang Airong<sup>1</sup>, Zhao Yingjie<sup>3</sup>, Xu Fengyun<sup>3</sup>, Shi Song<sup>4</sup>

1. Department of Anesthesiology, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou Hebei 061000; 2. Department of Gynecology, Yihe Hospital, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou Hebei 061000; 3. Obstetrics Operating Room, Yihe Hospital, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou Hebei 061000; 4. Department of Anesthesiology, Affiliated Hospital of Hebei University, Baoding Hebei 071000, P. R. China

\* Corresponding author, E-mail: czsrmybjz@163.com

**【Abstract】Objective** To explore the construction and clinical application value of a nomogram prediction model based on the risk factors of breakthrough pain after labor analgesia with programmed intermittent epidural bolus technique(PIEB). **Methods** A total of 242 patients who received labor analgesia with PIEB in Cangzhou People's Hospital from January 2021 to April 2023 were selected as the research objects. The patients were divided into training set ( $n=169$ ) and validation set ( $n=73$ ) according to the ratio of 7:3 by

the completely random method. In the training set, multivariate Logistic regression was used to analyze the risk factors of labor breakthrough pain and a nomogram prediction model was constructed, ROC curve and calibration curve were drawn to evaluate the predictive efficacy of the nomogram model, and the validation set was used to verify the nomogram model. At the same time, using decision curve analysis (DCA) nomogram model of labor breakthrough pain to evaluate the clinical application value. **Results** Breakthrough pain occurred in 33 cases (19.53%) in the training set and 16 cases (21.92%) in the validation set. There was no significant difference in the incidence of breakthrough pain and clinical characteristics between the two sets ( $P > 0.05$ ). In the training set, chronic back pain with nerve root involvement, bigger fetal size, higher NRS score at 15 min after puncture, 60 min interval of pulse administration and longer duration of the first stage of labor were independent risk factors for breakthrough pain in pregnant women receiving PIEB of labor analgesia ( $P < 0.05$ ), and a nomogram prediction model was further constructed. The nomogram model had good calibration and fit between prediction and actual values in the training set and validation set (C-index were 0.836 and 0.847, respectively; mean absolute error of coincidence between predicted value and actual value were 0.024 and 0.048, respectively; Hosmer-Lemeshow test  $P = 0.718, 0.901$ , respectively). The ROC curve showed that the AUC of the nomogram model for predicting breakthrough pain in pregnant women receiving PIEB of labor analgesia was 0.852 (95% CI: 0.777-0.927) in the training set and 0.899 (95% CI: 0.822-0.976) in the validation set, the sensitivity and specificity were 0.818, 0.750 and 0.875, 0.754, respectively. **Conclusion** The nomogram prediction model based on the risk factors of breakthrough pain after labor analgesia with PIEB is helpful for early prediction of labor breakthrough pain and guiding clinical decision-making, so as to minimize the risk of labor breakthrough pain and ensure the safety of mother and child.

**【Key words】** labor analgesia; programmed intermittent epidural bolus technique; patient-controlled epidural analgesia; breakthrough pain; nomogram

分娩疼痛被认为是女性最痛苦的感受,会给孕妇的生理及心理造成不同程度的损害而影响分娩进程及母婴安全<sup>[1]</sup>。近年来,程控硬膜外脉冲式注射(programmed intermittent epidural bolus technique, PIEB)联合自控硬膜外镇痛(patient-controlled epidural analgesia, PCEA)模式在分娩镇痛中得到了较广泛的应用,其镇痛效果更加完善,能在一定程度上避免镇痛不全,抑制爆发痛,降低麻醉药用量,且孕妇可自控给药,提高了满意度<sup>[2]</sup>。但研究发现,即使采用 PIEB + PCEA 镇痛仍有约 14.3% ~ 55% 的孕妇出现分娩爆发痛,影响分娩进程及母婴结局<sup>[3-5]</sup>。鉴于分娩爆发痛的高发生率及可能对孕妇造成的不利影响,本研究尝试对 PIEB + PCEA 分娩镇痛中爆发痛的危险因素进行分析,并构建列线图预测模型,旨在对分娩爆发痛进行早期预测,并为临床决策提供支持。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取 2021 年 1 月至 2023 年 4 月在沧州市人民医院接受 PIEB 分娩镇痛的 242 例孕妇为研究对象,均签订知情同意书自愿参与本次研究,并经院伦理委员会审核批准。纳入标准:①均为足月、单胎、头位孕妇;②年龄 20 ~ 42 岁;③ ASA 分级为 I 或 II 级;④孕周 37 ~ 41 周;⑤既往无阿片类药物过敏史及药物耐受。排除标准:①有阴道分娩及椎管麻醉禁忌证者;②孕期有镇痛催眠药应用史;③高危妊娠(有高血压、糖尿病、前置胎盘者);④有凝血功能异常、背部解剖结构异常、椎管畸形、全身感染、恶性肿瘤、严重心脑血管疾病及自身免疫性疾病者;⑤胎儿发育异常者。退出或剔除标准:硬膜外导管移位,并予以重新置管处理者。采用完全随机法按 7:3

比例将孕妇分为训练集( $n = 169$ )和验证集( $n = 73$ )。

### 1.2 方法

**1.2.1 镇痛方法** 孕妇宫口开至 2 ~ 3 cm 时,常规建立静脉通路,并监测其生命体征、宫缩及胎心情况,取左侧卧位,硬膜外穿刺点选择  $L_{2-3}$  或  $L_{3-4}$  椎间隙,向孕妇头侧置入硬膜外导管 4 ~ 5 cm,回抽确定无血液、脑脊液后用胶布固定后注入 4 mL 1.5% 盐酸利多卡因,待 5 min 后,证实未注入蛛网膜下腔或血管后,首次注入 0.4  $\mu$ g/mL 舒芬太尼 + 0.1% 盐酸罗哌卡因混合液 10 mL 负荷量,配置硬膜外导管连接程控脉冲镇痛泵行 PIEB,首次注入 30 min 后开始程控脉冲给药,间隔时间为 1 h 或 40 min,脉冲剂量为 10 mL/h。同时连接自控镇痛泵以相同混合液行 PCEA,背景剂量为 5 mL/h,PCA 设置量为 8 mL,锁定时间为 20 min,并嘱孕妇在自觉 NRS 评分  $> 5$  分时进行自控按压。上述中混合液均为事先与 0.9% 氯化钠注射液混合稀释的 100 mL 混合液。分娩镇痛过程中,出现爆发痛时,经硬膜外导管追加 0.4  $\mu$ g/mL 舒芬太尼 + 0.1% 盐酸罗哌卡因混合液 10 mL,若 15 min 左右后疼痛仍无明显改善,由麻醉医师对麻醉平面进行评估,若运动神经阻滞不明显则再次追加上述镇痛药。若追加两次镇痛药后 NRS 评分仍  $> 3$  分,则认为可能出现硬膜外导管移位,予以重新置管处理,并将该病例从本研究中剔除。

**1.2.2 爆发痛诊断** 分娩镇痛过程中,孕妇 NRS 评分  $< 3$  分后再次出现难以承受的疼痛,需要额外增加镇痛药物才能缓解,即诊断为爆发痛<sup>[6-7]</sup>。

**1.2.3 资料收集** 记录爆发痛发生情况,同时查阅相关文献收集可能与分娩爆发痛相关的临床特征资料,包括孕妇年龄、身高、体质指数(BMI)、孕周、是否为

初产妇、是否伴有神经根受累的慢性背痛、胎儿大小、穿刺间隙、穿刺时宫口扩张大小、穿刺前及穿刺后 15 min NRS 评分、脉冲给药间隔时间、胎膜早破、镇痛前后催产素使用情况、第一、第二产程时间等。

1.2.4 爆发痛列线图预测模型的建立 在训练集中采用临床特征单因素分析对爆发痛的可能影响因素进行筛选,进一步采用多因素 Logistic 回归分析筛选爆发痛的临床危险因素,并应用方差膨胀因子(VIF)进行多元共线性诊断,并构建列线图模型。

1.2.5 爆发痛列线图预测模型的评估及验证 在训练集中绘制 ROC 曲线及校准曲线对列线图模型的预测效能进行评估,并在验证集中进行验证。同时应用决策曲线分析(DCA)分娩爆发痛列线图模型的临床应用价值,用以协助制定临床决策。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 18.0 统计学软件及 R 语言 4.2.3 软件对数据进行处理分析,计数资料比较采用 $\chi^2$  检验、连续校正 $\chi^2$  检验或 Fisher 精确概率法,计量资料符合正态分布时用 $\bar{x} \pm s$  表示,两组间比较采用独立样本  $t$  检验,不符合正态分布时用  $M(Q_1, Q_3)$  表示,组间比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验,采用多因素 Logistic 回归分析筛选爆发痛发生的危险因素,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。应用 R 软件“rms”软件包建立列线图模型,使用“pROC”软件包绘制受试者工作曲线(ROC)分析模型预测价值,采用 Bootstrap 法对模型进行内部验证,并绘制

预测结果与实际结果的校准曲线,计算模型一致性指数(C-index),Hosmer-Lemeshow 检验对预测模型拟合优度进行评估。使用“DCA. r”执行绘制决策曲线分析模型临床应用价值。

2 结果

2.1 训练集和验证集爆发痛发生率及临床特征比较

训练集 169 例产妇中 33 例(19.53%)出现爆发痛,验证集 73 例产妇中 16 例(21.92%)出现爆发痛,训练集和验证集爆发痛发生率及临床特征比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。

2.2 训练集分娩爆发痛危险因素分析

训练集中,单因素分析结果显示,爆发痛孕妇与无爆发痛孕妇在神经根受累的慢性背痛、胎儿大小、穿刺后 15 min NRS 评分、脉冲给药间隔时间、第一产程时间方面差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见下页表 2。以爆发痛发生情况为因变量(0 = 无,1 = 有),以单因素分析中  $P < 0.2$  的因素为协变量进一步进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示,有神经根受累的慢性背痛、胎儿偏大、穿刺后 15 min NRS 评分较高、脉冲给药间隔时间为 60 min、第一产程时间较长是接受 PIEB 分娩镇痛孕妇出现爆发痛的独立危险因素( $P < 0.05$ ),回归模型中各变量容忍度均  $> 0.1$ 、VIF 均  $< 10$ 、条件索引均  $< 30$ ,且无同一特征值下多个协变量方差比例  $> 50\%$ ,故各协变量不存在共线性,见下页表 3。

表 1 训练集和验证集临床特征比较[ $n(\%)$ ,  $\bar{x} \pm s$ ,  $M(Q_1, Q_3)$ ]

临床特征		训练集( $n = 169$ )	验证集( $n = 73$ )	$\chi^2/t/Z$ 值	$P$ 值
年龄(岁)		26.56 $\pm$ 5.79	26.16 $\pm$ 6.08	0.486	0.628
身高(m)		1.58 $\pm$ 0.19	1.60 $\pm$ 0.16	0.787	0.432
体质量指数(BMI)	$\leq 30$ kg/m <sup>2</sup>	140(82.84)	66(90.41)	2.307	0.129
	$> 30$ kg/m <sup>2</sup>	29(17.16)	7(9.59)		
孕周(周)		39.80 $\pm$ 1.64	39.60 $\pm$ 1.56	0.883	0.378
初产妇	是	131(77.51)	60(82.19)	0.670	0.413
	否	38(22.49)	13(17.81)		
神经根受累的慢性背痛	无	145(85.80)	65(89.04)	0.467	0.494
	有	24(14.20)	8(10.96)		
胎儿大小	正常	155(91.72)	62(84.93)	2.533	0.111
	偏大	14(8.28)	11(15.07)		
穿刺间隙	I <sub>2-3</sub>	153(90.53)	65(89.04)	0.127	0.722
	I <sub>3-4</sub>	16(9.47)	8(10.96)		
穿刺时宫口扩张大小(cm)		2.46 $\pm$ 0.52	2.53 $\pm$ 0.44	1.005	0.316
穿刺前 NRS 评分(分)		8(7,8)	8(7,8)	0.228	0.840
穿刺后 15 min NRS 评分(分)		1(0,2)	1(1,2)	0.462	0.662
脉冲给药间隔时间	40 min	69(40.83)	26(35.62)	0.581	0.446
	60 min	100(59.17)	47(64.38)		
胎膜早破		15(8.88)	7(9.59)	0.031	0.859
镇痛前使用催产素		33(19.53)	16(21.91)	0.181	0.671
镇痛后使用催产素		93(55.03)	42(57.53)	0.130	0.719
第一产程时间(h)		7.80(6.40,9.50)	7.40(6.80,9.40)	0.245	0.806
第二产程时间(h)		1.00(0.80,1.10)	1.00(0.90,1.10)	0.218	0.823

表2 训练集分娩爆发痛的单因素分析 $[n(\%), \bar{x} \pm s, M(Q_1, Q_3)]$ 

临床特征		有爆发痛( $n=33$ )	无爆发痛( $n=136$ )	$\chi^2/t/Z$ 值	$P$ 值
年龄(岁)		27.82 ± 5.44	26.26 ± 5.83	1.396	0.165
身高(m)		1.62 ± 0.17	1.57 ± 0.20	1.324	0.187
体质指数(BMI)	≤30 kg/m <sup>2</sup>	24(72.73)	116(85.29)	2.950	0.086
	>30 kg/m <sup>2</sup>	9(27.27)	20(14.71)		
孕周(周)		39.94 ± 1.61	39.77 ± 1.71	0.518	0.605
初产妇	是	29(87.88)	102(75.00)	2.527	0.112
	否	4(12.12)	34(25.00)		
神经根受累的慢性背痛	无	24(72.73)	121(88.97)	5.751	0.016
	有	9(27.27)	15(11.03)		
胎儿大小	正常	27(81.82)	128(94.12)	5.288	0.021
	偏大	6(18.18)	8(5.88)		
穿刺间隙	L <sub>2-3</sub>	29(87.88)	124(91.18)	0.062	0.803
	L <sub>3-4</sub>	4(12.12)	12(8.82)		
穿刺时宫口扩张大小(cm)		2.36 ± 0.57	2.49 ± 0.53	1.246	0.215
穿刺前 NRS 评分(分)		8(7,9)	8(7,8)	1.918	0.076
穿刺后 15 min NRS 评分(分)		2(1,2)	1(0,2)	3.373	0.001
脉冲给药间隔时间	40 min	8(24.24)	61(44.85)	4.669	0.031
	60 min	25(75.76)	75(55.15)		
胎膜早破		2(6.06)	13(9.56)	0.086	0.770
镇痛前使用过催产素		5(15.15)	28(20.59)	0.500	0.480
镇痛后使用过催产素		21(63.64)	72(52.94)	1.227	0.268
第一产程时间(h)		10.50(8.15,12.15)	7.30(6.00,8.80)	5.769	<0.001
第二产程时间(h)		1.10(0.80,1.20)	0.90(0.70,1.00)	1.826	0.094

表3 分娩爆发痛危险因素的 Logistic 回归分析

因素	赋值	$B$ 值	$S.E.$	$Wald\chi^2$	$P$ 值	$OR(95\%CI)$
神经根受累的慢性背痛	0 = 无, 1 = 有	1.135	0.549	4.268	0.039	3.112(1.060-9.135)
胎儿大小	0 = 正常, 1 = 偏大	1.389	0.605	5.272	0.022	4.009(1.225-13.117)
穿刺后 15 min NRS 评分	离散变量	0.587	0.237	6.154	0.013	1.799(1.131-2.862)
脉冲给药间隔时间	1 = 40 min, 2 = 60 min	0.823	0.407	4.088	0.046	2.278(0.947-5.480)
第一产程时间	连续变量	0.687	0.113	37.076	<0.001	1.988(1.593-2.480)
常量		-9.834	1.449	46.085	<0.001	

### 2.3 分娩爆发痛列线图预测模型的建立

基于多因素 Logistic 回归分析明确的独立危险因素构建接受 PIEB 分娩镇痛孕妇出现爆发痛的列线图预测模型,对模型中各独立危险因素进行赋分,计算预测爆发痛的总评分,并以预测爆发痛概率进行体现,总评分越高,预测接受 PIEB 分娩镇痛孕妇出现爆发痛的准确性越高。见图 1。

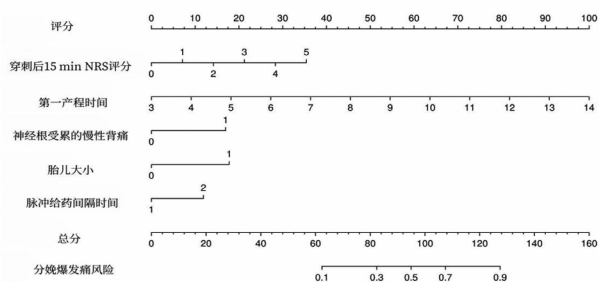


图1 分娩爆发痛预测模型列线图

### 2.4 分娩爆发痛列线图预测模型的评估及验证

在训练集和验证集中,列线图模型 C-index 指数分别为 0.836 和 0.847,校准曲线示预测值与真实值符合度的平均绝对误差分别为 0.024 和 0.048, Hosmer-Lemeshow 检验结果分别为  $\chi^2 = 5.367, P = 0.718$  和  $\chi^2 = 3.474, P = 0.901$ 。ROC 曲线显示在训练集和验证集中,列线图模型预测接受 PIEB 分娩镇痛孕妇出现爆发痛的 AUC 分别为 0.852 (95% CI: 0.777-0.927) 和 0.899 (95% CI: 0.822-0.976),灵敏度、特异度分别为 0.818、0.750 和 0.875、0.754。校准曲线见下页图 2,ROC 曲线见下页图 3。

### 2.5 分娩爆发痛列线图预测模型的决策曲线分析

决策曲线显示,当阈值概率约在 0.05 ~ 0.95 之间时,应用本研究构建的列线图模型预测分娩爆发痛的决策较术前认为全部均有分娩爆发痛或全部均无分娩爆发痛的决策具有更多临床益处。见下页图 4。



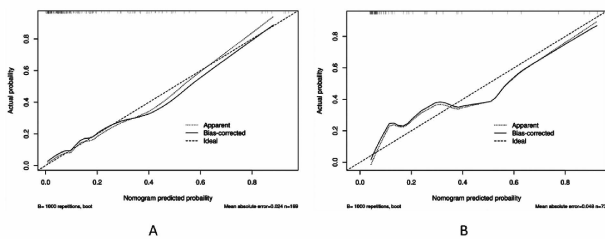


图 2 校准曲线(A 为训练集,B 为验证集)

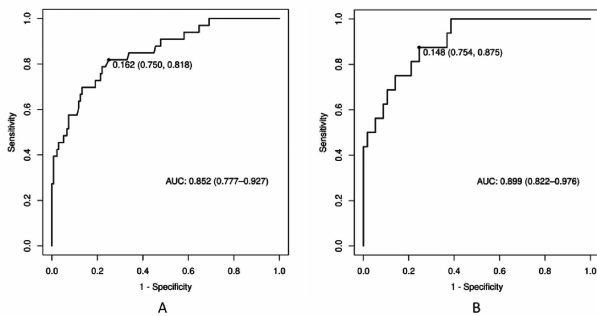


图 3 ROC 曲线(A 为训练集,B 为验证集)

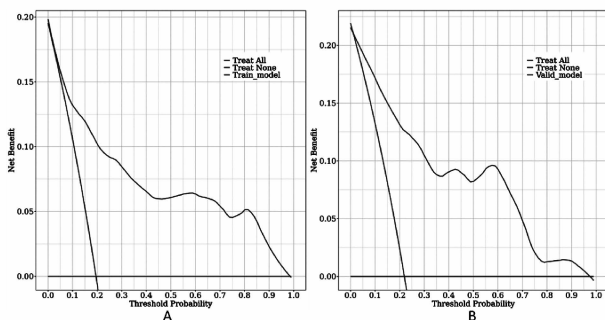


图 4 决策曲线(A 为训练集,B 为验证集)

### 3 讨论

爆发痛指需要非计划补充硬膜外药物的疼痛和压力感觉<sup>[8]</sup>,分娩爆发痛的发生机制可能与产程进展异常时,子宫异常疼痛刺激经迷走神经上传,而不能被硬膜外药物完全阻滞,导致过多的疼痛刺激上传,而反复的疼痛刺激又可导致外周和中枢敏化,导致硬膜外镇痛有效性明显降低有关<sup>[9-11]</sup>。爆发痛常导致孕妇精神极度紧张,影响分娩进程,并可能增加产后持续疼痛及产后抑郁风险<sup>[5]</sup>;同时,疼痛所引起的机体通气及代谢增强易导致孕妇内环境出现紊乱,影响胎儿供血及供氧,甚至导致胎儿酸血症的发生,增加新生儿不良结局风险<sup>[7,12]</sup>;另外,爆发痛也会增加中转剖宫产率,并可能因为镇痛不足而增加全麻比例,而进一步增加手术及麻醉的安全风险<sup>[7,13]</sup>。虽然无痛分娩技术的进步和完善增强了孕妇对分娩时疼痛的掌控,但分娩爆发痛发生率仍处于较高水平<sup>[14]</sup>。本研究结果显示,训练集和验证集爆发痛发生率分别为 19.53% 和 21.92%。分析可能导致分娩爆发痛的危险因素并对其进行早期预测,可指导麻

醉用药方案的选择和调整,对保障无痛分娩的顺利进行及母婴安全具有重要临床意义。但目前尚缺乏针对分娩爆发痛预测、临床预测模型构建及效能评价的相关研究。

神经根受累的慢性腰背痛可能会导致硬膜外镇痛效果不良,延迟性感觉阻滞,镇痛起效时间延长,从而增加分娩爆发痛风险<sup>[8]</sup>。胎儿偏大会直接导致分娩难度加大而使分娩疼痛加剧,同时也会增加孕妇心理压力、焦虑、恐惧等应激反应加剧,使孕妇肾上腺素、去甲肾上腺素分泌减少,导致孕妇痛阈下降,对疼痛敏感<sup>[15-16]</sup>,从而增加分娩爆发痛发生风险。穿刺后 15 min NRS 评分增加与镇痛起效延迟有关,有研究认为镇痛起效延迟会增加爆发痛发生风险<sup>[17]</sup>,理想的早期镇痛对降低分娩爆发痛的风险具有重要临床意义。PIEB 模式能使镇痛药物快速进入硬膜外腔,有助于使镇痛药物快速均匀分布,从而发挥良好的镇痛效果。有研究发现,不仅麻醉药物配方、脉冲剂量会影响镇痛效果,脉冲间隔时间也与镇痛效果存在一定的关联<sup>[18]</sup>。董晓西等<sup>[19]</sup>研究发现,PIEB 模式用于分娩镇痛的孕妇中,脉冲给药间隔时间为 40 min 的孕妇镇痛效果明显优于脉冲给药间隔时间为 60 min 的孕妇。分析原因可能与较长的脉冲间隔时间可能会增加麻醉药物代谢所致的阻滞平面消退程度,从而增加爆发痛风险有关。第一产程时间延长也与爆发痛发生密切相关,随着第一产程时间延长,宫缩频率及强度均逐渐增强,加之孕妇身心逐渐疲劳,常易导致疼痛加剧,同时麻醉药物镇痛效果逐渐下降,增加了爆发痛发生风险。王菁等<sup>[7]</sup>研究发现,产程时间每增加 1 h,分娩爆发痛风险可增加 29% 左右。本研究显示,有神经根受累的慢性背痛、胎儿偏大、穿刺后 15 min NRS 评分较高、脉冲给药间隔时间为 60 min、第一产程时间较长是接受 PIEB 分娩镇痛孕妇出现爆发痛的独立危险因素,与既往研究结论基本一致。

列线图是基于多因素统计模型预测个体临床实践概率的可视化图形工具,建立分娩爆发痛列线图模型有助于量化分娩爆发痛风险,并指导制定更合理、有效的个体化麻醉用药方案。本研究基于分娩爆发痛多因素 Logistic 回归分析结果建立列线图模型能更直观地分析分娩爆发痛风险,结果发现,列线图模型在训练集和验证集中预测和实际间均具有较好的校准和拟合度(C-index 指数分别为 0.836 和 0.847,预测值与真实值符合度的平均绝对误差分别为 0.024 和 0.048, Hosmer-Lemeshow 检验  $P$  值均  $>0.05$ )。而 ROC 曲线示,在训练集和验证集中,构建的列线图模型对分娩爆发痛均具有较高的临床预测效能[AUC 分别为 0.852 (95% CI: 0.777-0.927) 和 0.899 (95% CI: 0.822-0.976), 灵敏度、特异度分别为 0.818、0.750 和 0.875、0.754],模型灵敏度较高,特异度相对较低,提示该列线图模型可能更适

合分娩爆发痛的早期筛查及预测。而决策曲线分析显示,当阈值概率约在 0.05 ~ 0.95 之间时,应用本研究构建的列线图模型对预测分娩爆发痛和给予有针对性的防控决策具有更多的临床益处。综合上述研究结果,表明分娩爆发痛列线图预测模型具有较高的准确性和校准度,且有助于优化完善分娩爆发痛的防控决策,可考虑将其应用于临床。

综上所述,基于 PIEB 分娩镇痛后爆发痛危险因素构建的列线图预测模型,不仅有助于对分娩爆发痛进行早期预测,同时有利于指导临床制定适宜的决策,从而最大限度地降低分娩爆发痛风险并保障母婴安全。但本研究属于回顾性研究,且胎位均为头位,样本选择可能存在一定的偏倚,加之样本量相对较小,且为单中心研究,同时也缺乏可能与疼痛相关的生化指标的统计,后续仍有待进行多中心、大样本研究,同时纳入易导致产程进展受阻而影响产程时间的胎位不正孕妇,有助于进一步完善预测模型,提高预测效能及可信度,为临床应用提供更高水平的证据。

## 【参考文献】

- [1] Smith CA, Levett KM, Collins CT, et al. Relaxation techniques for pain management in labour [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018,3(3):CD009514.
- [2] Tsao SL, Li WT, Chang LY, et al. Assessing continuous epidural infusion and programmed intermittent epidural bolus for their effectiveness in providing labor analgesia: a mono-centric retrospective comparative study [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023,59(9):1579.
- [3] Sng BL, Tan M, Yeoh CJ, et al. Incidence and risk factors for epidural re-siting in parturients with breakthrough pain during labour epidural analgesia: a cohort study [J]. *Int J Obstet Anesth*, 2018(34):28-36.
- [4] Hussain N, Lagnese CM, Hayes B, et al. Comparative analgesic efficacy and safety of intermittent local anaesthetic epidural bolus for labour: a systematic review and meta-analysis [J]. *Br J Anaesth*, 2020,125(4):560-579.
- [5] Du W, Bo L, Xu Z, et al. Childbirth pain, labor epidural analgesia, and postpartum depression: recent evidence and future directions [J]. *J Pain Res*, 2022,15:3007-3015.
- [6] Hess PE, Pratt SD, Lucas TP, et al. Predictors of breakthrough pain during labor epidural analgesia [J]. *Anesth Analg*, 2001,93(2):414-418.
- [7] 王菁,陈晨,孙啸云,等. 程控间歇脉冲输注联合硬膜外分娩镇痛时产妇爆发痛的相关因素分析 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2021,37(12):1250-1253.
- [8] Tan HS, Sng BL, Sia ATH. Reducing breakthrough pain during labour epidural analgesia: an update [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2019,32(3):307-314.
- [9] 孙传江. 硬膜外分娩镇痛——镇痛不全的原因和对策 [C]. 2007 年中华医学会麻醉学分会全国疼痛医学学术年会, 2007.
- [10] 蒋焕伟,杨祖权,涂碧华. 连续硬膜外阻滞分娩镇痛失败的原因及补救措施 [J]. *中国医师进修杂志*, 2016,39(8):693-696.
- [11] Tan HS, Liu N, Tan CW, et al. Developing the breakthrough pain risk score: an interpretable machine-learning-based risk score to predict breakthrough pain with labour epidural analgesia [J]. *Can J Anaesth*, 2022,69(10):1315-1317.
- [12] Bligard KH, Cameo T, McCallum KN, et al. The association of fetal acidemia with adverse neonatal outcomes at time of scheduled cesarean delivery [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2022,227(2):265.e1-265.e8.
- [13] Lim G, Facco FL, Nathan N, et al. A review of the impact of obstetric anesthesia on maternal and neonatal outcomes [J]. *Anesthesiology*, 2018,129(1):192-215.
- [14] Zuo RH, Dang JJ, Zhuang JW, et al. The incidence of breakthrough pain associated with programmed intermittent bolus volumes for labor epidural analgesia: a randomized controlled trial [J]. *Int J Obstet Anesth*, 2022,51:103571.
- [15] Ilzuka Y, Masaoka N, Ohashi K. Pain in labor assessed from two discomfort aspects: physical pain intensity and psychological stress state [J]. *J Obstet Gynaecol Res*, 2018,44(7):1243-1251.
- [16] Olza I, Uvnas-Moberg K, Ekström-Bergström A, et al. Birth as a neuro-psycho-social event: an integrative model of maternal experiences and their relation to neurohormonal events during childbirth [J]. *PLoS One*, 2020,15(7):e0230992.
- [17] Agaram R, Douglas MJ, McTaggart RA, et al. Inadequate pain relief with labor epidurals: a multivariate analysis of associated factors [J]. *Int J Obstet Anesth*, 2009,18(1):10-14.
- [18] Bittencourt R, Arzola C, Zakus P, et al. A biased coin up-and-down sequential allocation trial to determine the optimum programmed intermittent epidural bolus time interval between 5 mL boluses of bupivacaine 0.125% with fentanyl 2  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  [J]. *Can J Anaesth*, 2019,66(9):1075-1081.
- [19] 董晓西,厉永亮,赵敏,等. 不同脉冲间隔时间程控硬膜外间歇脉冲注入模式对分娩镇痛效果的影响 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2022,38(10):1031-1035.

(收稿日期:2023-10-30 编辑:杨叶)