

基于机器学习算法构建初产妇合并巨大儿试产结局的预测模型*

邓晨晨¹, 余涛², 陈红波^{1**}

(1. 安徽省妇女儿童医学中心 合肥市妇幼保健院, 合肥 230000; 2. 安徽省精神卫生中心 合肥市第四人民医院, 合肥 230000)

【摘要】 目的: 探究妊娠合并巨大儿的初产妇经阴道试产结局的影响因素及预测模型。方法: 收集 2022 年 1 月至 2023 年 12 月于安徽省妇女儿童医学中心住院并经阴道试产的巨大儿初产妇临床资料, 根据分娩结局分为阴道分娩组及剖宫产组。单因素分析比较两组间资料, LASSO 分析进一步筛选变量, 分别采用支持向量机(SVM)、一般线性模型(GLM)、K 最近邻(KNN)、随机森林(RF)建立预测模型, 最后得出最佳模型。结果: 阴道分娩组产妇的年龄、孕前及产前体质量指数(BMI)低于剖宫产组, 阴道分娩组产妇身高、Bishop 评分、胎儿股骨长高于剖宫产组, 阴道分娩组自然临产比例高于剖宫产组, 差异均有统计学意义。LASSO 分析筛选出变量, 结合机器学习算法构建预测模型, 最终通过受试者工作曲线(ROC)对预测模型进行比较, GLM 在 4 种预测模型中表现最佳, 曲线下面积(AUC)达 0.7699。结论: 妊娠合并巨大儿的初产妇人群, 可运用产妇年龄、身高、孕前及产前 BMI、Bishop 评分、胎儿股骨长、临产方式结合机器学习算法构建 GLM 预测模型, 为初产妇合并巨大儿分娩方式的选择提供参考依据。

【关键词】 巨大儿; 初产妇; 试产; 影响因素; 机器学习; 预测模型

中图分类号: R714 文献标志码: A 文章编号: 1004-7379(2024)09-0662-04

DOI: 10.13283/j.cnki.xdfckjz.2024.09.001

Constructing the prediction model of labor outcomes of nulliparous women combined with macrosomia based on machine learning algorithms. Deng Chenchen¹, Yu Tao², Chen Hongbo¹. 1. Anhui Women and Children's Medical Center; Hefei Maternal and Child Health Hospital, Hefei 230000; 2. Anhui Mental Health Center; Hefei Fourth People's Hospital, Hefei 230000

【Abstract】 **Objective:** To explore the influencing factors and prediction models of vaginal trial of labor outcomes in nulliparous women combined with macrosomia. **Methods:** To collect clinical data of nulliparous women combined with macrosomia performed vaginal trial of labor from January 2022 to December 2023 in Anhui Women and Children's Medical Center. According to labor outcomes, they were divided into two groups, including vaginal labor group and caesarean section group. Univariate analysis was conducted between two groups, and LASSO analysis further screened the variables. Support vector machine (SVM), general linear model (GLM), K-nearest neighbor (KNN), and random forest (RF) were used to establish predictive models, respectively. The optimal model was ultimately determined. **Results:** Maternal age, pre-pregnancy and prenatal body mass index (BMI) in the vaginal labor group were lower than those in the cesarean section group. Maternal height, Bishop score, and fetal femur length in the vaginal labor group were higher than those in the cesarean section group. The proportion of natural labor in the vaginal labor group was higher than that in the cesarean section group. The differences were statistically significant. The above variables were regressed by LASSO analysis and

* 基金资助: 安徽省重点研究与开发计划-临床医学研究转化专项 (No: 202204295107020050); 安徽省首届“青年江淮名医”培养项目 (No: 2022-392)

** 通信作者 Email: chenhongbo@ahmu.edu.cn

combined with machine learning algorithms to construct prediction models. Finally, all prediction models were comparable by receiver operating characteristic (ROC), and GLM performed the best among the four prediction models, yielding an area under the curve (AUC) of 0.7699.

Conclusion: For the population of nulliparous women combined with macrosomia, the prediction model developed using the machine learning method and maternal age, height, pre-pregnancy and prenatal BMI, Bishop score, fetal femur length, and labor mode is able to provide a reference basis for the selection of delivery method for nulliparous women combined with macrosomia.

【Key words】 Macrosomia; Nulliparous women; Trial of labor; Influential factors; Machine learning; Prediction model

巨大儿指任何孕周胎儿体重超过 4000g^[1],是产科常见并发症。妊娠合并巨大儿剖宫产率上升,产后出血、软产道裂伤、肩难产、新生儿窒息、低血糖及产伤等母儿并发症概率增加^[2],有指征的剖宫产仍是解决难产的有效手段。但巨大儿无阴道分娩禁忌者如盲目选择剖宫产终止妊娠,其术后远期并发症随之增加,如剖宫产瘢痕愈合不良,导致子宫切口憩室形成,再次妊娠者发生剖宫产瘢痕妊娠、胎盘植入、子宫破裂等^[3],且再次妊娠至分娩者大多面临重复剖宫产。既往研究探讨了初产妇试产中转剖宫产的影响因素,但鲜有研究着重于合并巨大儿者试产结局的相关性分析。本文旨在探讨妊娠合并巨大儿的初产妇经阴道试产结局的影响因素,并结合机器学习构建预测模型,为初产妇合并巨大儿分娩方式的选择提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2022 年 1 月至 2023 年 12 月于安徽省妇女儿童医学中心住院分娩的产妇 29669 例,其中妊娠合并巨大儿者 1730 例,巨大儿占比 5.83%。根据纳入及排除标准,最终 279 例妊娠合并巨大儿初产妇纳入分析。纳入标准:足月妊娠,单胎活产,初产,经阴道充分试产,无阴道分娩禁忌。排除标准:瘢痕子宫,经产妇,宫颈术后合并宫颈瘢痕,生殖道畸形,骨盆狭窄,均小骨盆,早产,双胞胎,胎死宫内,前置胎盘,宫颈机能不全,因社会因素知情选择手术,其他剖宫产绝对适应证等。本研究获得医院伦理委员会批准。

1.2 材料收集 采用自制量表收集产妇临床资料,包括母体特征(母亲年龄、身高、孕次、孕前体重、产前体重、宫高、腹围、宫颈 Bishop 评分、临产方式、产时出血量,有无妊娠期糖尿病、妊娠期高血压疾病、妊娠合并甲减等并发症,有无脐带绕颈、胎膜早破、羊水污染、产后出血)和围产儿信息(胎儿双顶径、腹围、股骨长、分娩孕周,分娩方式、新生儿出生体重、性别、身长等)。体质量指数(body mass index, BMI) = 体重(kg)/[身高(m)]², 出生体重身长比 = 新生儿出生体重(kg)/[身长(m)]²。

1.3 统计学处理 采用 SPSS23.0 和 R4.1.1 统计软件,计量资料采用($\bar{x} \pm s$)描述,两组间均数比较采用独立样本 *t* 检验。计数资料采用相对数表示,组间比较采用 χ^2 检验和 Fisher 确切概率法。组间具有差异的变量经 LASSO 筛选后,用于预测模型构建。按 2:1,将 279 例初产妇随机分为训练集(参数调整和模型选择)和验证集(模型性能评估)。采用

受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC) 曲线下面积(area under curve, AUC) 值评估模型的性能。AUC 是灵敏度和特异度的综合指标,其值>0.7,表明模型具有较好的预测能力^[4]。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 母体特征和围产儿信息比较 279 例产妇均经充分阴道试产,其中阴道分娩组 219 例(包括产钳手术助产),剖宫产组 60 例(包括计划分娩失败及中转剖宫产),阴道分娩成功率 78.49%。分娩结局中,阴道助产 12 例,在阴道分娩中占比 5.48%,肩难产 1 例,新生儿窒息(轻度)1 例,会阴重度裂伤 1 例。阴道分娩组的年龄、BMI、产前 BMI 及产时出血量小于剖宫产组,阴道分娩组的身高、宫颈 Bishop 评分、胎儿股骨长和自然临产比例大于剖宫产组,差异均有统计学意义(*P*<0.05),见表 1、2。

表 1 两组间计量资料的单因素分析($\bar{x} \pm s$)

变量	阴道分娩组	剖宫产组	<i>t</i>	<i>P</i>
年龄(岁)	27.87±2.89	28.80±3.12	-2.165	0.031
身高(cm)	165.09±4.74	163.20±4.20	2.796	0.006
孕前体重(kg)	60.24±9.21	61.73±8.68	-1.124	0.262
产前体重(kg)	77.93±10.02	79.30±8.45	-0.969	0.333
体重增长(kg)	17.69±6.22	17.57±5.24	0.138	0.890
孕前 BMI(kg/m ²)	22.07±2.96	23.17±3.08	-2.548	0.011
产前 BMI(kg/m ²)	28.56±3.19	29.76±2.81	-2.639	0.009
宫高(cm)	36.17±2.01	36.10±1.87	0.239	0.811
腹围(cm)	106.00±6.19	106.80±5.22	-0.915	0.361
孕次(次)	1.39±0.70	1.28±0.49	1.083	0.280
Bishop 评分(分)	4.97±1.62	4.28±1.25	3.037	0.003
双顶径(cm)	97.89±2.75	97.80±2.85	0.235	0.814
胎儿腹围(cm)	368.65±9.41	366.12±9.24	1.121	0.263
股骨长(cm)	74.79±1.99	73.93±1.71	3.319	0.001
孕周(周)	40.25±0.73	40.45±0.62	-1.953	0.052
出生体重(g)	4139.61±158.00	4100.50±148.98	1.719	0.087
身长(cm)	52.93±1.12	52.78±1.15	0.875	0.382
出生体重身长比(kg/m ²)	14.79±0.60	14.73±0.63	0.641	0.522
出血量(mL)	240.32±170.97	405.00±92.84	-9.893	<0.001

2.2 LASSO 分析及预测模型构建 运用 LASSO 分析对单因素分析结果有意义的变量进行筛选(出血量作为分娩结局,不作为影响因素,故不纳入 LASSO 分析),结果表明产妇年龄、身高、孕前 BMI、产前 BMI、Bishop 评分、股骨长、临产方式与妊娠合并巨大儿试产成功与否密切相关,产妇年龄、孕前及产前 BMI 是初产妇合并巨大儿试产的独立危险因素,而产妇身高、宫颈 Bishop 评分、胎儿股骨长、自然临产是初产妇合并巨大儿试产的保护因素。见表 3、图

1A。采用 LASSO 分析筛选出的变量分别结合支持向量机 (support vector machine, SVM)、一般线性模型 (general linear model, GLM)、K 最近邻 (K-nearest neighbor, KNN)、随机森林 (random forest, RF) 4 种机器学习算法构建预测模型, 对比 4 种模型预测价值, 其中 GLM 模型表现最佳, 其 AUC 值达到 0.7699, 预测准确性为 0.7634。见表 4、图 1B。

表 2 两组间计数资料的单因素分析 [n(%)]

变量	阴道分娩组	剖宫产组	χ^2	P
妊娠期糖尿病	35(16.0)	14(23.3)	1.758	0.185
妊娠期高血压疾病	15(6.8)	3(5.0)		0.772
妊娠合并甲减	23(10.5)	5(8.3)	0.245	0.620
产后出血	9(4.1)	0(0.0)		0.212
新生儿性别			0.040	0.841
男	149(68.0)	40(66.7)		
女	70(32.0)	20(33.3)		
胎膜早破	30(13.7)	11(18.3)	0.807	0.369
羊水污染	40(18.3)	15(25.0)	1.501	0.221
脐带绕颈	73(33.4)	23(38.3)	0.522	0.470
临产方式			15.895	<0.001
自然临产	76(34.7)	5(8.3)		
催产	143(65.3)	55(91.7)		

表 3 LASSO 分析筛选变量

变量	系数
年龄	0.10997543
身高	-0.08656769
孕前 BMI	0.06578378
产前 BMI	0.07577316
Bishop 评分	-0.23750765
股骨长	-0.22717010
临产方式	-1.52667922

表 4 4 种机器学习算法预测能力的对比

机器学习算法	AUC	准确性	灵敏度	特异度
SVM	0.6527	0.7957	0.05000	1.00000
GLM	0.7699	0.7634	0.25000	0.90411
KNN	0.6801	0.8065	0.20000	0.97260
RF	0.7551	0.8065	0.20000	0.97260

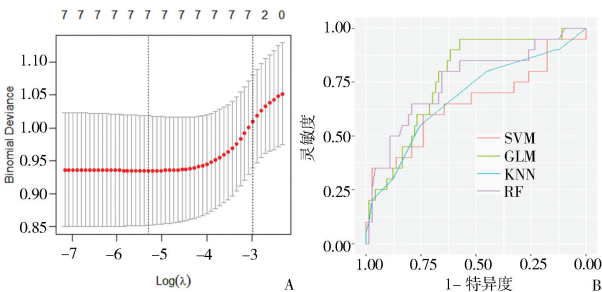


图 1 LASSO 分析筛选变量及 4 种机器学习算法预测能力的对比

A: LASSO 分析筛选变量;

B: 4 种机器学习算法预测能力的对比

3 讨论

妊娠合并巨大儿是一种常见产科并发症, 我国巨大儿发生率约 7.46%^[5]。本研究中巨大儿发生率约 5.83%, 远小于既往研究数据, 可能归因于我院为三甲医院, 接收的孕产妇大多经我院门诊产检, 而规律产检及孕期宣教有利于饮食控制和体重管理, 从而有利于降低巨大儿的发生率。妊娠合并巨大儿试产过程中增加出血、软产道裂伤、胎儿窘迫、肩难产、手术助产、新生儿窒息及产伤等风险, 必要时可放宽手术指征。邓洪等^[6]报道的产钳助产率为 7.41%。本研究中初产妇合并巨大儿的阴道分娩成功率为 78.49%, 其中阴道助产 12 例, 占比 5.48%, 阴道助产率并未升高, 而肩难产、新生儿窒息、会阴重度裂伤分别仅 1 例, 丰富的助产经验和适度的试产评估有利于降低分娩并发症, 而有医学指征的剖宫产手术是保障母婴安全的重要医疗技术手段。2019 年, 我国剖宫产率为 43.40%, 初产妇剖宫产率为 37.68%^[7]。随着我国生育政策的推进, “三孩”政策全面放开, 初产妇合并巨大儿者如盲目选择剖宫产终止妊娠, 剖宫产及重复剖宫产将增加再次妊娠和分娩期间的母婴风险。因此, 如无合并阴道分娩禁忌时, 阴道试产仍是妊娠合并巨大儿的主要分娩方式^[8]。本研究中, 阴道分娩组的新生儿出生体重大于剖宫产组, 差异无统计学意义 ($P = 0.087$), 提示妊娠合并巨大儿经充分评估产道具备试产条件者, 其试产结局与新生儿出生体重无明确关联。

Krepelka 等^[9]通过对初产妇非计划性剖宫产预测模型的构建, 结果表明, 胎儿枕后位、母亲年龄及硬膜外镇痛是急诊剖宫产最具影响力的危险因素。王秋霞等^[10]研究表明, 年龄 ≥ 35 岁、临产 BMI $\geq 30\text{kg}/\text{m}^2$ 、需引产等是试产失败中转剖宫产的独立危险因素。本研究对象为初产妇, 高龄产妇占比极少, 但单因素分析结果提示阴道分娩组产妇的年龄小于剖宫产组 ($P = 0.031$), LASSO 分析结果表明年龄是试产的危险因素。Janssen 等^[11]研究亦表明, 母亲年龄较高、身高较矮是初产妇剖宫产的独立预测因子。Burke 等^[12]研究显示, 母亲年龄增加、身高降低、母亲 BMI 增加、胎儿腹围及头围增加 5 种因素相结合, 可很好地运用于预测足月初产妇剖宫产风险。本研究中阴道分娩组母亲身高明显大于剖宫产组 ($P = 0.006$), 考虑阴道分娩与骨产道条件密切相关, 产妇身材高大可能预示其骨盆相对宽阔, 有利于试产, 该结果与既往研究相符^[11-12, 15]。赵艳君等^[13]研究表明, 孕妇年龄、BMI 等是经阴道试产中转剖宫产的危险因素。本研究结果显示, 阴道分娩组的孕前及产前 BMI 均明显低于剖宫产组 ($P = 0.011, P = 0.009$), 提示母体升高的孕前 BMI 及产

前 BMI 均可能对阴道试产产生不利影响,孕前及孕期适当控制体重有利于阴道分娩。本研究中阴道分娩组自然临产比例明显高于剖宫产组($P < 0.001$),且经 LASSO 分析筛选后作为预测模型构建的变量之一,考虑分娩启动是多因素综合作用的结果,相比之下,自然临产孕妇机体内分泌及子宫功能的改变更能适应产道分娩。产道条件包括骨产道和软产道,其中宫颈作为软产道的重要组成部分,宫颈成熟度在阴道分娩中至关重要。Abdullah 等^[14]运用多元 logistics 回归得出,Bishop 评分作为阴道成功引产的独立预测因素具有重要意义。本研究中纳入孕产妇均经产道评估无阴道分娩禁忌,结果提示,阴道分娩组宫颈 Bishop 评分明显大于剖宫产组($P = 0.003$),且自然临产组宫颈 Bishop 评分亦明显大于催产组,考虑 Bishop 评分代表宫颈成熟度,而宫颈成熟是分娩启动的必备条件,升高的 Bishop 评分有利于减少因宫颈不成熟造成的催产失败及宫颈性难产。此外,本研究中阴道分娩组胎儿股骨长明显大于剖宫产组($P = 0.001$),分析股骨长占优势的胎儿在同等体重中相对体型“瘦长”,可能更利于通过产道。另一项对中转剖宫产风险预测的研究^[15]表明,产妇年龄、身高、Bishop 评分、股骨长等是头位初产妇中转剖宫产的独立危险因素,与本研究结果一致。

机器学习作为一种整合性工具,在处理数据和建立模型方面有几个独特的优势,可同时分析大量复杂的数据,将不同变量合并到同一个模型,根据数据结构选择最优算法,获得每个变量对构建的模型的贡献^[16]。Wie 等^[17]在一项多中心回顾性队列研究中,运用机器学习算法对足月初产妇构建紧急剖宫产的预测模型,基本特征比较中,急诊剖宫产组母亲年龄明显高于阴道分娩组,而母亲身高在阴道分娩组中明显高于急诊剖宫产组,与本研究结果相符。该研究中急诊剖宫产组孕前及产时体重明显高于阴道分娩组,而本研究结果提示剖宫产组孕前及产前 BMI 明显高于阴道分娩组,结果具有相似性。Wie 等最终纳入母亲年龄、身高、产时体重、妊娠相关高血压、孕周、超声图像上的胎儿预估体重、腹围及股骨长 9 项指标构建预测模型,其中 logistic regression 模型预测表现最佳,其 AUC 值为 0.7。本研究将妊娠合并巨大儿初产妇作为研究对象,经 LASSO 分析筛选变量,最终纳入产妇年龄、身高、孕前及产前 BMI、Bishop 评分、股骨长、临产方式 7 个变量,并结合机器学习算法分别构建 SVM、GLM、KNN、RF4 种预测模型,最终得出 GLM 预测模型的表现最佳,其 AUC 值达到 0.7699。

综上,初产妇合并巨大儿的产妇年龄、身高、孕前及产前 BMI、宫颈 Bishop 评分、胎儿股骨长、临产

方式与试产成功与否密切相关,基于以上变量结合机器学习算法构建出 GLM 预测模型,为妊娠合并巨大儿初产妇对分娩方式的选择提供参考依据。

参 考 文 献

- [1] 谢幸,孔北华,段涛. 妇产科学[M]. 第9版. 北京:人民卫生出版社,2018:137
- [2] 李冰飞,朱大伟,李力. 巨大儿的研究进展[J]. 中国妇产科临床杂志,2020,21(6):664-666
- [3] 姚书忠,张焕晓. 重视剖宫产切口远期并发症的诊治[J]. 中国实用妇科与产科杂志,2018,34(8):833-837
- [4] Peng P, Wang Q, Ren H, et al. Association between thyroid hormones and comorbid psychotic symptoms in patients with first-episode and drug-naive major depressive disorder[J]. Psychiatry Res, 2023,320:115052
- [5] 梁嫒,张为远,李笑天. 基于巨大儿发生率的中国孕妇孕期体重质量增加的参考范围——多中心横断面研究[J]. 中华妇产科杂志,2017,52(3):147-152
- [6] 邓洪,罗丹,魏璐,等. 初产妇产钳助产的相关因素及母儿结局分析[J]. 四川医学,2022,43(12):1227-1231
- [7] 陈练,石慧峰,魏瑗,等. 2019 年度全国产科专业医疗服务与质量安全报告分析[J]. 中国卫生质量管理,2022,29(5):1-5,8,16
- [8] El Fekih C, Mourali M, Ouerdiane N, et al. Maternal and fetal outcomes of large fetus delivery: a comparative study[J]. Tunis Med, 2011,89(6):553-556
- [9] Krepelka P, Urbánková I, Krofta L, et al. A model for predicting unscheduled caesarean section in nulliparae. Analyza prediktorunepřínového císařského rezu u nullipar[J]. Ceska Gynecol, 2020,85(6):375-384
- [10] 王秋霞,张晗,付晶,等. 100 例产妇产道试产失败后中转剖宫产回顾性分析[J]. 中国妇幼保健,2024,39(6):1011-1014
- [11] Janssen PA, Stienen JJ, Brant R, et al. A predictive model for cesarean among low-risk nulliparous women in spontaneous labor at hospital admission[J]. Birth, 2017,44(1):21-28
- [12] Burke N, Burke G, Breathnach F, et al. Prediction of cesarean delivery in the term nulliparous woman: results from the prospective, multicenter Genesis study[J]. Am J Obstet Gynecol, 2017,216(6):598.e1-598.e11
- [13] 赵艳君. 475 例产程中中转剖宫产临床资料分析[D]. 山西医科大学,2023
- [14] Abdullah ZHA, Chew KT, Velayudham VRV, et al. Pre-induction cervical assessment using transvaginal ultrasound versus Bishops cervical scoring as predictors of successful induction of labour in term pregnancies: A hospital-based comparative clinical trial[J]. PLoS One, 2022,17(1):e0262387
- [15] 管飏. 头位初产妇中转剖宫产风险因素分析和列线图模型建立[D]. 苏州大学,2023
- [16] Günther MP, Kirchebner J, Lau S. Identifying direct coercion in a high risk subgroup of offender patients with schizophrenia via machine learning algorithms[J]. Front Psychiatry, 2020,11:415
- [17] Wie JH, Lee SJ, Choi SK, et al. Prediction of emergency cesarean section using machine learning methods: development and external validation of a nationwide multi-center dataset in republic of Korea[J]. Life (Basel), 2022,12(4):604

(收稿日期 2024-03-07)

第一作者简介:邓晨晨(1995-),女,安徽省妇女儿童医学中心妇产科住院医师。主要研究方向:围产医学。