

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.16.016
文章编号: 1005-8982 (2026) 16-0105-08

临床研究·论著

基于心血管代谢指数与早期膀胱颈移动度的 产后盆底功能障碍诊断模型研究*

王磊¹, 李洪梅¹, 许小冬¹, 曹敏¹, 余益香², 丁华¹
(芜湖市第一人民医院 1.超声医学科,2.妇产科,安徽 芜湖 241000)

摘要: **目的** 探讨心血管代谢指数与早期膀胱颈移动度对产后盆底功能障碍(PFD)的诊断价值。**方法** 选取2022年1月—2024年12月芜湖市第一人民医院收治的产后6~8周就诊的317例产妇作为研究对象。根据产妇是否发生PFD分为PFD组和无PFD组,分别有170、147例。所有产妇进行经会阴盆底超声检测,并收集产妇临床资料。采用Logistic回归模型分析PFD的影响因素,并采用受试者工作特征(ROC)曲线分析心血管代谢指数与早期膀胱颈移动度对产妇PFD的诊断价值。构建风险评估列线图模型,并运用H-L拟合优度、校准曲线、ROC曲线、决策曲线分析(DCA)曲线对建立的模型进行内部验证和外部验证。采用沙普利加法解释(SHAP)行可解释性分析。**结果** 两组身高、收缩压、舒张压、分娩孕周、新生儿体重、机械助产、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。PFD组年龄、体质指数(BMI)、腰高比、心血管代谢指数、膀胱颈活动度均高于无PFD组($P<0.05$),第二产程时间长于无PFD组($P<0.05$)。多因素一般Logistic回归分析结果显示:年龄大[OR=1.873 (95% CI: 1.531, 2.291)]、BMI大[OR=1.530 (95% CI: 1.291, 1.814)]、第二产程时间长[OR=1.022 (95% CI: 1.010, 1.034)]、心血管代谢指数高[OR=2.355 (95% CI: 1.710, 3.242)]、膀胱颈活动度大[OR=1.547 (95% CI: 1.340, 1.785)]均为产妇发生PFD的危险因素($P<0.05$)。ROC曲线分析结果显示,心血管代谢指数诊断PFD的特异性最高,为82.3% (95% CI: 0.752, 0.881),膀胱颈活动度预测PFD的敏感性最高,为88.2% (95% CI: 0.824, 0.927),心血管代谢指数、膀胱颈活动度联合检测预测PFD的曲线下面积(AUC)最高,为0.899,且敏感性和特异性均较高。风险评估列线图模型在建模数据集上展现出良好的区分度,一致性指数为0.837 (95% CI: 0.795, 0.879)。内部验证结果显示,模型校准效果较理想($P>0.10$)。Bootstrap自抽样法绘制模型校准曲线,结果显示,校准曲线与理想曲线贴合($P>0.10$)。ROC曲线的AUC为0.76 (95% CI: 0.67, 0.86),表明其具有中等偏上的判别能力。DCA曲线显示,各阈值概率下模型均具有正向净获益,表明在训练集中使用模型评估产妇产后PFD事件临床净收益率大于“全干预”“不干预”方案。外部验证结果显示,模型校准效果比较理想($P>0.10$)。Bootstrap自抽样法绘制模型校准曲线,结果显示,校准曲线与理想曲线贴合($P>0.10$)。ROC曲线的AUC为0.78 (95% CI: 0.65, 0.91),表明其具有中等偏上的判别能力区分度良好。DCA曲线显示,各阈值概率下模型均具有正向净获益,表明在建模集中使用模型评估产妇产后PFD事件临床净收益率大于“全干预”“不干预”方案。沙普利加法解释(SHAP)重要性条形图显示,对产妇产后PFD评估价值重要性由高到低分别为膀胱颈活动度、年龄、心血管代谢指数、第二产程时间、BMI。根据模型,该特征的SHAP值越高,产妇越容易发生PFD。**结论** 年龄、BMI、第二产程时间、心血管代谢指数、膀胱颈移动度是产妇产后PFD的影响因素,其中心血管代谢指数、膀胱颈移动度联合检测对PFD的预测价值较高。

关键词: 盆底功能障碍;心血管代谢指数;早期膀胱颈移动度;诊断价值

中图分类号: R714.6

文献标识码: A

Diagnostic model for postpartum pelvic floor dysfunction based on the cardiometabolic index and early bladder neck mobility*

收稿日期: 2026-04-01

* 基金项目: 安徽省卫生健康科研项目(AHWJ2023A30239)

[通信作者] 丁华, E-mail: klyynwtz@163.com

Wang Lei¹, Li Hong-mei¹, Xu Xiao-dong¹, Cao Min¹, Yu Yi-xiang², Ding Hua¹

(1. Department of Ultrasound Medicine, Wuhu First People's Hospital, Wuhu, Anhui 241000, China;

2. Department of Obstetrics and Gynecology, Wuhu First People's Hospital,
Wuhu, Anhui 241000, China)

Abstract: Objective To explore the diagnostic value of cardiometabolic index and early bladder neck mobility for postpartum pelvic floor dysfunction (PFD). **Methods** A total of 317 parturients who visited our hospital within 6~8 weeks after delivery from January 2022 to December 2024 were selected as the research subjects. These parturients were divided into the PFD group ($n = 170$) and the non-PFD group ($n = 147$) based on the occurrence of PFD. All parturients underwent transperineal pelvic floor ultrasound scan and their clinical data were collected. The logistic regression model was used to analyze the influencing factors of PFD, and the receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the diagnostic efficacy of cardiometabolic index and early bladder neck mobility for PFD in parturients. A risk assessment nomogram model was established, and its performance was internally and externally validated using the Hosmer-Lemeshow (H-L) goodness-of-fit test, calibration curves, ROC curves, and decision curve analysis (DCA). Explainability analysis was performed using SHapley Additive exPlanations (SHAP). **Results** Comparisons of height, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, gestational age at delivery, neonatal birth weight, instrumental vaginal delivery, and levels of total cholesterol (TC), triglyceride (TG), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) between the two groups revealed no statistically significant differences (all $P > 0.05$). The PFD group had significantly older age, higher body mass index (BMI), waist-to-height ratio, and cardiometabolic index, greater bladder neck mobility, and longer duration of the second stage of labor than the non-PFD group ($P < 0.05$). Multivariable logistic regression analysis showed that older age [$\hat{OR} = 1.873$ (95% CI: 1.531, 2.291)], higher BMI [$\hat{OR} = 1.530$ (95% CI: 1.291, 1.814)], longer duration of the second stage of labor [$\hat{OR} = 1.022$ (95% CI: 1.010, 1.034)], higher cardiometabolic index [$\hat{OR} = 2.355$ (95% CI: 1.710, 3.242)], and greater bladder neck mobility [$\hat{OR} = 1.547$ (95% CI: 1.340, 1.785)] were risk factors for PFD (all $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the cardiometabolic index had the highest specificity for diagnosing PFD, with a specificity of 82.3% (95% CI: 0.752, 0.881), whereas bladder neck mobility showed the highest sensitivity for predicting PFD, with a sensitivity of 88.2% (95% CI: 0.824, 0.927). The combined assessment of cardiometabolic index and bladder neck mobility achieved the highest predictive performance for PFD, with an AUC of 0.899 and relatively high sensitivity and specificity. The risk assessment nomogram demonstrated good discrimination in the training dataset, with a concordance index of 0.837 (95% CI: 0.795, 0.879). Internal validation indicated satisfactory model calibration ($P > 0.10$). Calibration curves generated using bootstrap resampling showed good agreement between the predicted and observed probabilities ($P > 0.10$). The ROC curve yielded an AUC of 0.76 (95% CI: 0.67, 0.86), indicating moderate-to-good discriminative ability. DCA demonstrated a positive net benefit across all threshold probabilities, suggesting that the use of the model to evaluate the risk of PFD provided greater clinical net benefit than the "treat-all" and "treat-none" strategies in the training dataset. External validation showed satisfactory model calibration ($P > 0.10$). Bootstrap-derived calibration curves showed good agreement between predicted and observed probabilities ($P > 0.10$). The ROC curve yielded an AUC of 0.78 (95% CI: 0.65, 0.91), indicating moderate-to-good discriminative ability. DCA demonstrated positive net benefit across all threshold probabilities, suggesting that the model provided greater clinical net benefit than the "treat-all" and "treat-none" strategies in the validation dataset. The SHAP importance plot showed that the variables ranked by their contribution to PFD prediction were bladder neck mobility, age, cardiometabolic index, duration of the second stage of labor, and BMI. According to the model, higher SHAP values for these features were associated with a higher likelihood of developing PFD. **Conclusion** Age, BMI, duration of the second stage of labor, cardiometabolic index, and bladder neck mobility are identified as influencing factors for postpartum PFD. The combined assessment of cardiometabolic index and bladder neck mobility demonstrates high predictive value for postpartum PFD.

Keywords: pelvic floor dysfunction; cardiometabolic index; early bladder neck mobility; diagnostic value

产后盆底功能障碍 (pelvic floor dysfunction, PFD) 是产妇分娩后的常见并发症, 具体表现为压

力性尿失禁、盆腔器官脱垂及盆腔疼痛等症状,其发生率高达 30%~50%^[1]。该病不仅会导致尿频、尿急、下腹坠胀等不适,还可能引发焦虑、抑郁等心理问题,给产妇及家庭带来沉重负担^[2]。目前,产后 PFD 的评估多依赖于分娩相关因素及产后症状评估,缺少在产前(孕晚期)或产后早期就能进行风险分层的客观指标^[3]。随着超声医学的发展,经会阴超声技术为 PFD 的诊断提供了新手段。经会阴超声测量的膀胱颈活动度能直接反映尿道支持结构和盆底筋膜是否完整^[4]。产后早期,膀胱颈活动度增大已被证实与压力性尿失禁的发生相关^[5]。但单纯依赖局部指标可能忽略全身性致病背景。近年来,代谢紊乱与结缔组织健康的关系受到重视。心血管代谢指数综合反映血脂异常和中心性肥胖的情况,与全身慢性低度炎症及结缔组织代谢异常有关^[6]。理论上,产前和产后早期心血管代谢指数能反映全身炎症与结缔组织状态,可预测远期 PFD^[7]。本研究旨在探讨心血管代谢指数与早期膀胱颈活动度对 PFD 的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为横断面诊断性研究,选取 2022 年 1 月—2024 年 12 月芜湖市第一人民医院收治的产后 6~8 周就诊的 317 例产妇作为研究对象。纳入标准:①初产妇,单胎足月分娩(孕周 ≥ 37 周),分娩方式为阴道分娩;②年龄 18~40 岁;③产后 6~8 周内完成经会阴三维超声检查及产前完成心血管代谢指标检测。排除标准:①孕前已存在盆底功能障碍(如压力性尿失禁、盆腔器官脱垂)、心血管疾病、糖尿病、高脂血症等基础疾病;②有盆腔手术史、盆底修复手术史;③存在严重妊娠并发症(如子痫前期、妊娠期糖尿病);④随访期间失访或资料不全。本研究经医院伦理委员会批准(YYLL20260002)。

1.2 方法

1.2.1 基本资料 利用调查问卷对人口学特征进行调查,包括年龄、身高、体重、体质指数(body mass index, BMI)、腰高比、血压、分娩孕周、新生儿体重、第二产程时长、会阴裂伤程度等。腰高比=脐水平腰围(cm)/身高(cm)。

抽取产妇空腹静脉血,以 3 000 r/min 离心 10 min,离心半径 15 cm,分离血清,采用 B2000 型全自动生化分析仪(郑州安图生物工程股份有限公司)检测总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(Triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)。心血管代谢指数=腰高比 $\times$ (TG/HDL-C)^[8]。

1.2.2 经会阴盆底超声检查 产妇于产后 6~8 周返院复查时,由固定的高年资超声科医师操作。采用 Voluson E6 型彩色多普勒超声诊断仪(美国 GE 公司)检测,频率 4~8 MHz,三维扫描角度调节到 70°,容积扫描角度调节到 85°。检查前排空膀胱后,再饮水 500 mL,待有尿意时进行检查,采用截石位,探头上套上一次性避孕套并涂耦合剂,探头置于会阴部,清晰显示膀胱颈、尿道及盆底结构,嘱产妇用力屏气至少 5 s,同时观察膀胱颈最大位移,分别测量静息状态下及 Valsalva 动作(用力屏气)时膀胱颈的位置,计算两者之间的距离,即膀胱颈活动度,每位产妇测量 3 次,取平均值作为最终结果。

1.2.3 PFD 判定 参照《盆底功能障碍性疾病诊治与康复·泌尿分册》^[9]进行诊断,符合以下任一条件即为发生 PFD:①压力性尿失禁。在咳嗽、打喷嚏、大笑、提重物等腹压增加时,出现不自主的尿液漏出;②盆腔器官脱垂。阴道壁或宫颈位置下降,超出正常解剖位置,伴有或不伴有临床下坠感。根据产妇是否发生 PFD 分为 PFD 组和无 PFD 组,分别有 170、147 例。

1.3 统计学方法

数据处理采用 SPSS 26.0 和 MedCalc 19.0 统计软件。计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,比较用 t 检验;计数资料以率(%)表示,比较用 χ^2 检验;影响因素的分析采用多因素一般 Logistic 回归模型;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC)。通过 Hosmer-Lemeshow 检验验证模型拟合度;采用沙普利加法解释(shapley additive explanations, SHAP)行可解释性分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较

两组身高、收缩压、舒张压、分娩孕周、新生儿体重、机械助产、TC、TG、HDL-C 和 LDL-C 比较, 经 χ^2/t 检验, 差异均无统计学意义 ($P>$

0.05)。两组年龄、BMI、腰高比、第二产程时间、心血管代谢指数和膀胱颈活动度比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$), PFD 组年龄、BMI、腰高比、心血管代谢指数、膀胱颈活动度均高于无 PFD 组 ($P<0.05$), 第二产程时间长于无 PFD 组 ($P<0.05$)。见表 1。

表 1 两组临床资料比较

组别	<i>n</i>	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	身高/(cm, $\bar{x} \pm s$)	BMI/(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	腰高比($\bar{x} \pm s$)	收缩压/ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	舒张压/ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	分娩孕周 ($\bar{x} \pm s$)	新生儿体重/ (kg, $\bar{x} \pm s$)
PFD组	170	26.61 ± 2.39	162.68 ± 5.75	28.58 ± 2.29	0.62 ± 0.10	117.35 ± 10.62	78.71 ± 5.52	37.50 ± 1.15	3.63 ± 0.40
无PFD组	147	24.52 ± 2.51	163.35 ± 5.60	26.39 ± 2.35	0.50 ± 0.08	119.20 ± 10.58	79.03 ± 5.46	37.40 ± 1.50	3.60 ± 0.45
χ ² /t 值		7.585	1.047	8.388	11.673	1.549	0.517	0.671	0.628
P 值		0.000	0.296	0.000	0.000	0.122	0.605	0.503	0.531

组别	第二产程时间/ (min, $\bar{x} \pm s$)	机械助产 例(%)		TC/ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	TG/ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	HDL-C/ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	LDL-C/ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	心血管代谢指数 ($\bar{x} \pm s$)	膀胱颈活动度/ (mm, $\bar{x} \pm s$)
		有	无						
PFD组	87.06 ± 8.22	3(1.76)	167(98.24)	6.50 ± 1.20	3.41 ± 0.40	1.89 ± 0.32	4.61 ± 0.71	1.12 ± 0.15	35.85 ± 5.33
无PFD组	80.01 ± 8.28	3(2.04)	144(97.96)	6.71 ± 1.16	3.39 ± 0.38	1.92 ± 0.38	4.70 ± 0.74	0.90 ± 0.12	28.03 ± 5.78
χ ² /t 值	7.589		0.032	1.578	0.454	0.763	1.104	14.267	12.526
P 值	0.000		0.857	0.116	0.650	0.446	0.271	0.000	0.000

2.2 影响产妇发生 PFD 的多因素一般 Logistic 回归分析

以产妇是否发生 PFD (否=0, 是=1) 为因变量, 以年龄 (实测值)、BMI (实测值)、第二产程时间 (实测值)、心血管代谢指数 (实测值) 和膀胱颈活动度 (实测值) 为自变量, 进行多因素一般 Logistic 回归分析, 结果显示: 年龄大[$\hat{OR}=1.873$ (95% CI: 1.531, 2.291)]、BMI 大[$\hat{OR}=1.530$ (95% CI: 1.291, 1.814)]、第二产程时间长[$\hat{OR}=1.022$ (95% CI: 1.010, 1.034)]、心血管代谢指数高[$\hat{OR}=2.355$ (95% CI: 1.710, 3.242)]、膀胱颈活动度大[$\hat{OR}=1.547$ (95% CI: 1.340, 1.785)]均为产妇发生 PFD 的危险因素 ($P<0.05$)。见表 2。

2.3 心血管代谢指数与膀胱颈活动度对 PFD 的诊断效能

ROC 曲线分析结果显示, 心血管代谢指数诊断 PFD 的特异性最高, 为 82.3% (95% CI: 0.752, 0.881), 膀胱颈活动度预测 PFD 的敏感性最高, 为 88.2% (95% CI: 0.824, 0.927), 心血管代谢指数、膀胱颈活动度联合检测预测 PFD 的 AUC 值最高, 为 0.899, 且敏感性和特异性均较高。见表 3

表 2 影响产妇发生 PFD 的多因素一般 Logistic 回归分析参数

自变量	<i>b</i>	<i>S_b</i>	Wald χ^2 值	<i>P</i> 值	$\hat{OR}$	95% CI	
年龄	0.627	0.103	37.241	0.000	1.873	1.531	2.291
BMI	0.425	0.087	24.006	0.000	1.530	1.291	1.814
第二产程时间	0.022	0.006	13.155	0.000	1.022	1.010	1.034
心血管代谢指数	0.857	0.163	27.564	0.000	2.355	1.710	3.242
膀胱颈活动度	0.436	0.073	35.592	0.000	1.547	1.340	1.785

和图 1。

2.4 产后 PFD 评估模型建立与内部效能

选取年龄、BMI、第二产程时间、心血管代谢指数、膀胱颈活动度构建产妇产后 PFD 的评估模型。年龄较大、高 BMI、第二产程时间较长、高心血管代谢指数、高膀胱颈活动度会增加产妇产后 PFD 的风险, 该模型在建模数据集上展现出良好的区分度, 一致性指数为 0.837 (95% CI: 0.795, 0.879)。见图 2。

2.5 内部验证与效能校正

H-L 拟合优度检验结果显示, 模型校准效果较理想 ($\chi^2=3.246$, $P=0.918$)。Bootstrap 自抽样法绘

表 3 心血管代谢指数与膀胱颈活动度对 PFD 的诊断效能分析

指标	截断值	AUC	敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
				下限	上限		下限	上限
心血管代谢指数	1.02	0.837	73.5	0.662	0.800	82.3	0.752	0.881
膀胱颈活动度	29.50 mm	0.814	88.2	0.824	0.927	64.6	0.563	0.723
联合检测		0.899	86.5	0.804	0.912	80.3	0.729	0.864

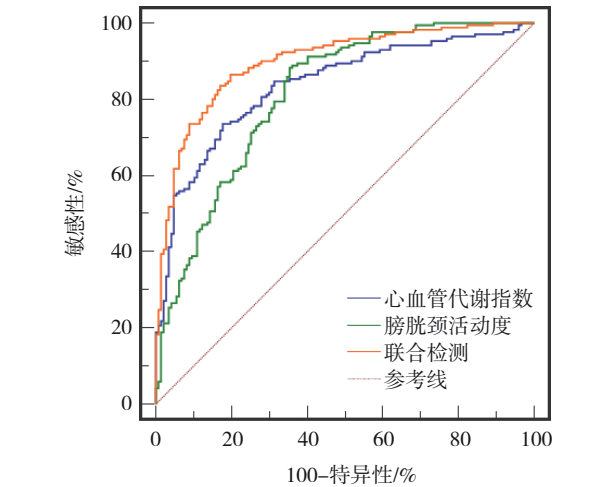


图 1 心血管代谢指数与膀胱颈活动度诊断 PFD 的 ROC 曲线

制模型校准曲线, 结果显示, 校准曲线与理想曲线贴合 ($P>0.10$) (见图 3)。ROC 曲线的 AUC 为 0.76 (95% CI: 0.67, 0.86), 表明其具有中等偏上的判别能力 (见图 4)。决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 曲线显示, 各阈值概率下模型均具有正向净获益, 表明在训练集中使用模型评估产妇产后 PFD 事件临床净收益大于“全干预”“不干预”方案, 说明本研究建立的模型临床实用性较强 (见图 5)。

2.6 外部验证

C-index 介于 0.64 ~ 0.85, 事件发生率为 5% ~

30%, 校准曲线截距和斜率误差 <0.15 。为验证模型的外部适用性, 本研究依据前述纳入与排除标准, 选取本中心不同时期、符合纳入排除标准的产后妇女 80 例 (含 PFD 与无 PFD) 作为外部验证集。妇女年龄 24 ~ 35 岁, 平均 (28.51 ± 2.62) 岁; BMI 25 ~ 30 kg/m^2 , 平均 (27.52 ± 1.22) kg/m^2 ; 其基线资料与建模集 317 例患者具有均衡可比性。H-L 拟合优度检验结果显示: 模型校准效果比较理想 ($\chi^2=1.867$, $P=0.985$)。Bootstrap 自抽样法绘制模型校准曲线, 结果显示, 校准曲线与理想曲线贴合 ($P>0.10$) (见图 6)。ROC 曲线的 AUC 为 0.78 (95% CI: 0.65, 0.91), 表明其具有中等偏上的判别能力区分度良好 (见图 7)。DCA 曲线显示, 各阈值概率下模型均具有正向净获益, 表明在建模集中使用模型评估产妇产后 PFD 事件临床净收益率大于“全干预”“不干预”方案, 说明本研究建立的模型临床实用性较强 (见图 8)。

2.7 模型可视化解释

SHAP 重要性条形图显示, 对产妇产后 PFD 评估价值的重要性由高到低分别为膀胱颈活动度、年龄、心血管代谢指数、第二产程时间、BMI。根据模型, 该特征的 SHAP 值越高, 产妇越容易发生 PFD。见图 9、10。

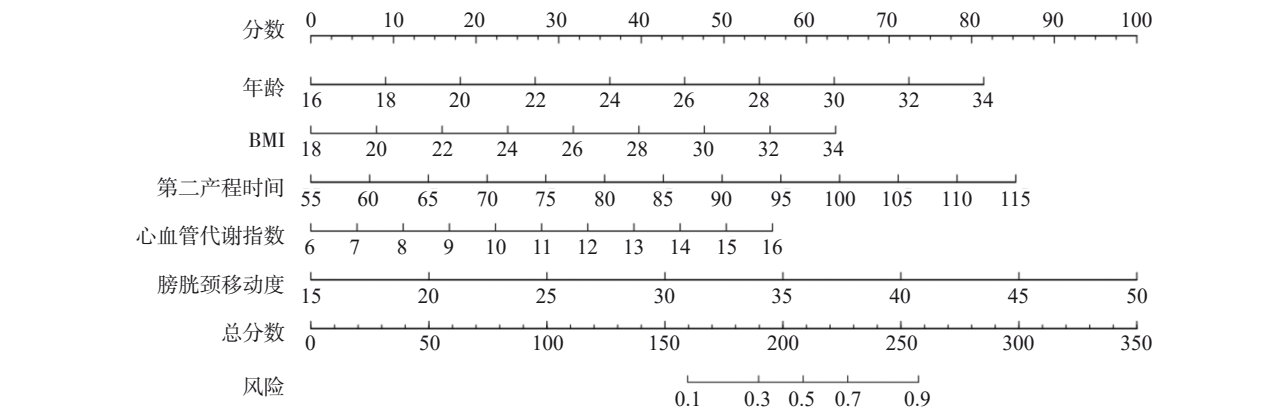


图 2 产妇产后 PFD 的评估模型

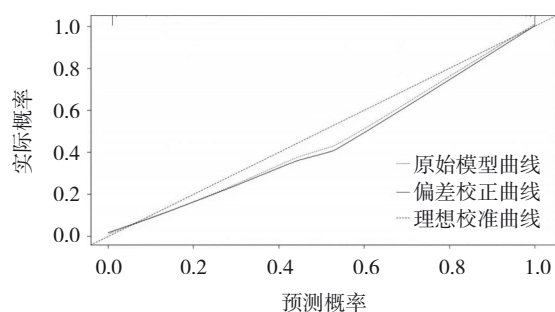


图3 产妇产后PFD内部验证的校准曲线

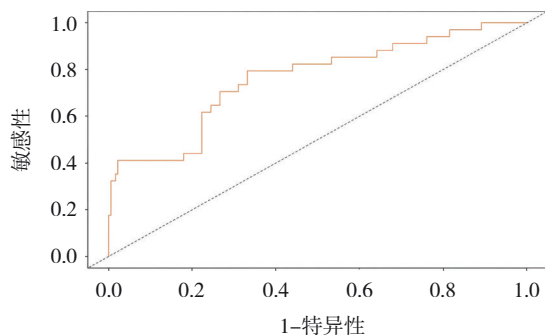


图4 产妇产后PFD内部验证的ROC曲线

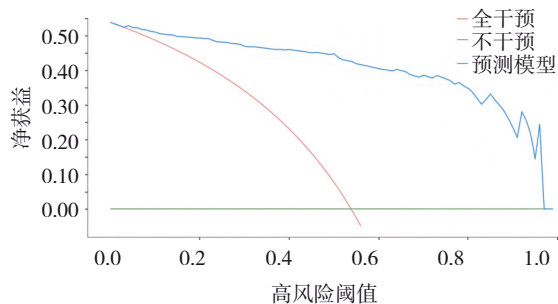


图5 产妇产后PFD内部验证的DCA曲线

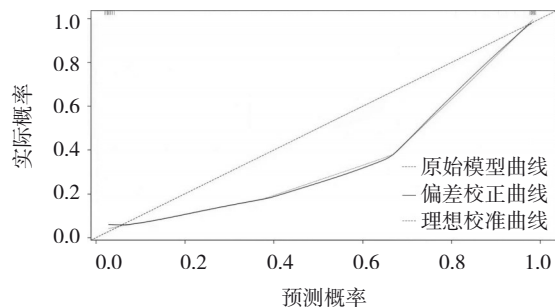


图6 产妇产后PFD外部验证的校准曲线

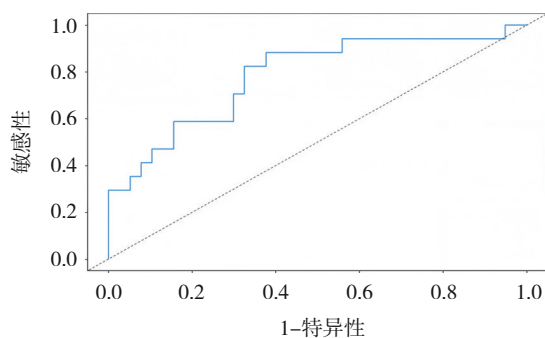


图7 产妇产后PFD外部验证的ROC曲线

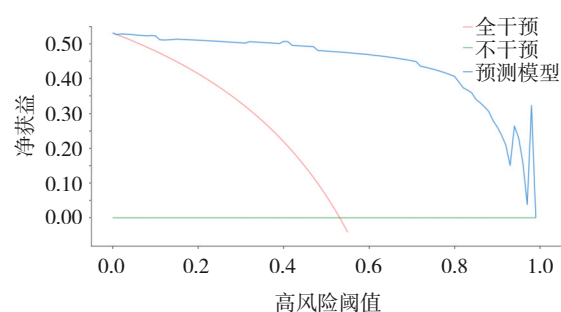


图8 产妇产后PFD外部验证的DCA曲线

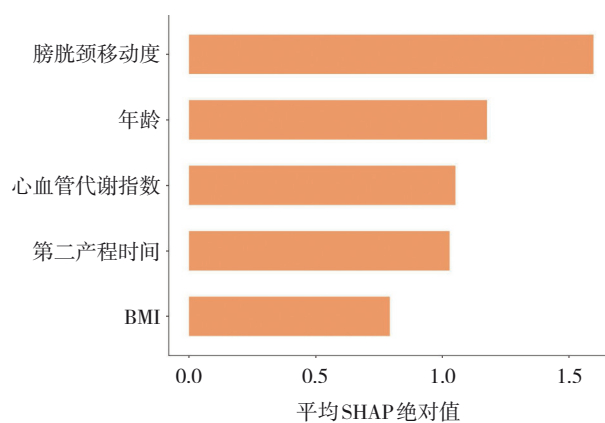


图9 变量重要性图

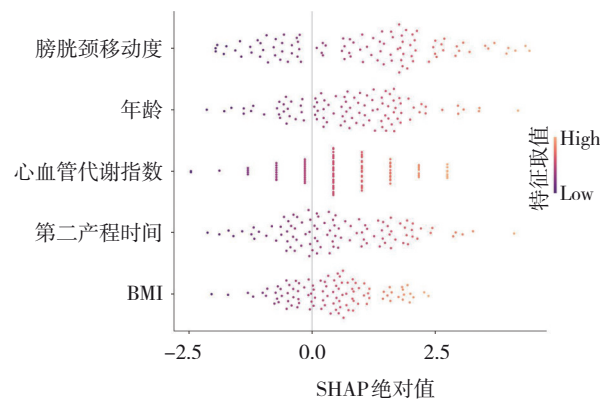


图10 模型特征蜂群图

3 讨论

PFD是分娩时常见的并发症,发生率高,对产妇身心影响大,受到全球妇幼健康领域关注。怀孕和分娩造成的盆底支持组织损伤是PFD发病的根本原因,但从临床上看,只靠分娩相关因素,早期精准判断风险还有难度^[10-11]。本研究收集了317例阴道分娩产妇的临床数据,分析年龄、BMI、第二产程时间、心血管代谢指数和早期膀胱颈活动度与产后PFD的关系,验证多指标联合诊断的临床价值,给产后PFD早期筛查和干预提供科学参考。

本研究多因素一般 Logistic 回归分析结果显示,早期膀胱颈活动度是产后 PFD 发生的核心独立危险因素,其诊断 PFD 的 AUC 达 0.814,敏感性达 88.24%,说明该指标在 PFD 早期诊断中具有重要价值。膀胱颈是盆底支持系统的主要解剖标志,其稳定依靠耻骨膀胱韧带、肛提肌和盆底筋膜的协同支撑^[12-13]。在分娩过程中,胎头持续牵拉盆底组织,造成肌纤维撕裂和韧带弹性纤维断裂,即使没有明显会阴裂伤,产妇也可能出现亚临床的盆底支持结构损伤,直接表现为膀胱颈活动度异常增加^[14-15]。经会阴超声能够在产后 6 周内精准量化这种解剖学改变,Valsalva 动作下的测量值更能反映盆底肌肉的代偿功能^[16]。研究显示,当腹压升高时,盆底功能受损者的膀胱颈移动距离明显增加,这一变化早于临床症状出现,为 PFD 的早期诊断提供了客观依据^[17]。一项 2019 年的研究指出,产后 6 个月内膀胱颈活动度是诊断产后压力性尿失禁的可靠指标^[18]。但本研究显示,膀胱颈活动度的特异度比较低(64.6%),说明仅靠局部解剖改变不足以完全解释疾病的发生,部分膀胱颈活动度增大的产妇可能因结缔组织质量较好、代偿能力较强而未发展为症状性 PFD。本研究首次在产后 PFD 人群中证实了高心血管代谢指数的诊断价值($\hat{OR}=2.355$),这为理解 PFD 的全身性致病因素提供了新思路。肥胖(尤其是中心性肥胖)被认为是 PFD 的明确风险因素,其机制主要归因于长期的腹内压增高^[19-20]。然而,本研究发现提示,伴随肥胖的代谢紊乱本身可能对盆底支持结构的质量产生直接损害。本研究中 PFD 组的心血管代谢指数显著高于无 PFD 组,这一结果揭示了全身代谢状态对盆底功能的潜在影响机制。中心性肥胖会增加盆底组织的持续性机械负荷,且肥胖相关的脂肪组织还会释放大量炎症因子,导致盆底肌肉弹性与支撑力下降^[21]。产前心血管代谢指数升高提示慢性低度炎症、盆底组织修复能力下降,可用于预测 PFD。

传统危险因素分析显示,年龄、BMI 及第二产程时间均与产后 PFD 密切相关,与现有研究结论形成呼应。年龄作为不可干预因素,本研究中 PFD 组年龄高于无 PFD 组($\hat{OR}=1.873$),这可能与年龄较大的产妇盆底肌肉量减少、胶原纤维老化、组织修复能力下降有关,随着年龄增长,盆底支持组

织对妊娠分娩损伤的耐受性显著降低,PFD 发生风险相应升高^[24]。BMI 作为可干预的重要危险因素,本研究证实 BMI 每升高 1 单位会使 PFD 发生风险增加 1.53 倍,这一结果与 CHEN 等^[25]报道的 BMI 每增加 1 kg/m²,其产后 1 年发生盆底器官脱垂风险增加 41% 的研究结论一致,其核心机制除了机械负荷增加外,还包括肥胖引发的激素紊乱对盆底组织张力的负面影响。第二产程时间延长则通过持续增加腹压与盆底组织牵拉时间,加重肛提肌及盆底筋膜的损伤程度,成为 PFD 的重要危险因素^[26]。

本研究内部验证结果显示,模型校准效果较理想,校准曲线与理想曲线紧密贴合,内部验证 AUC 达 0.76,说明模型用于临床能提高干预精准度,减少医疗资源浪费。外部验证结果显示,模型具有良好的外推性,能够在不同时间周期的同类人群中稳定发挥预测作用。本研究发现,心血管代谢指数与膀胱颈活动度联合诊断 PFD 的 AUC 高达 0.899,显示这 2 个新生物标志物潜力较大。然而,将这两个指标与临床常规可得的传统危险因素(年龄、BMI、产程)整合,构建便于临床使用的多变量预测模型时,其内部验证校正后的 C-index 为 0.76。这一“性能下降”是预测模型研究中的常见现象,主要与模型复杂度的增加有关。校正后的 C-index 为模型的后续外部验证与临床应用提供了可靠的基础。此外,本研究通过 SHAP 分析实现模型可视化解释,明确各指标重要性排序。变量重要性图直接展示核心指标(膀胱颈活动度、年龄、心血管代谢指数)对高风险个体的主要作用,特征蜂群图清楚地展示各指标的效应方向和数值界限,帮助临床医师精准识别单个患者的核心风险点,制订个性化干预方案,提供了直观工具。

但本研究存在一些不足之处,单中心数据或许会影响结论的普适性,后续可进一步扩充样本量来检验模型的稳定程度。本文属于横断面诊断性研究,各项指标与结局均在同一时点完成测评,难以证实因果时序关系,亦不能评估对远期 PFD 的预测作用;还需多中心、大样本研究验证该模型在不同地区、不同分娩方式的人群中的适用情况。

综上所述,年龄、BMI、第二产程时间、心血管代谢指数、膀胱颈活动度是产妇产后 PFD 的影响

因素, 其中心血管代谢指数、膀胱颈活动度联合检测诊断产妇 PFD 的价值较高。

参考文献:

- [1] 王铁群, 陈娟, 李卫, 等. 影像学检查在盆底功能障碍性疾病诊断中的应用[J]. 江苏大学学报: 医学版, 2017, 27(6): 544-548.
- [2] Borges A C, Sousa N, Sarabando R, et al. Pelvic floor dysfunction after vaginal delivery: MOODS-a prospective study[J]. Int Urogynecol J, 2022, 33(6): 1539-1547.
- [3] 陶乃菊, 陆欢, 陈芸. 产后盆底功能障碍性疾病的危险因素及风险模型构建[J]. 中国妇幼保健, 2022, 37(18): 3417-3420.
- [4] 刘科, 杨丹, 黄龄乐, 等. 经会阴超声评估肛提肌裂孔变化及膀胱颈活动度对盆底功能障碍性疾病的诊断价值研究[J]. 陕西医学杂志, 2025, 54(5): 627-630.
- [5] 赵津艺, 胥卉苹, 刘蓉, 等. 经会阴实时三维超声与 MRI 评估女性子宫形态改变及盆底功能障碍性疾病中的临床意义[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(6): 145-147.
- [6] 孙彤. 一般人群中心脏代谢指数预测心血管疾病的有效性: 基于 2007—2018 年 NHANES 数据的横断面研究[J]. 中国心血管杂志, 2025, 30(3): 299-305.
- [7] 杨佳苗, 沈山梅, 王静, 等. 多囊卵巢综合征患者心血管代谢指数及胰岛素早期分泌关系研究[J]. 中华糖尿病杂志, 2019, 11(11): 747-751.
- [8] 黎艳, 杨九芳, 李艳红, 等. 心血管代谢指数和初诊 2 型糖尿病老年患者胰岛素早期分泌的关系[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(22): 4908-4911.
- [9] 吕坚伟, 张正望, 文伟. 盆底功能障碍性疾病诊治与康复. 泌尿分册[M]. 浙江大学出版社, 2019.
- [10] 林环宇, 于敏. 产后盆底功能障碍性疾病高危因素的研究进展[J]. 国际妇产科学杂志, 2024, 51(6): 620-623.
- [11] 马一虎, 张俊茹, 马妍, 等. 基于孕期数据分析产后盆底功能障碍性疾病的危险因素及 Logistic 预测模型建立[J]. 西部医学, 2025, 37(9): 1348-1352.
- [12] Zhang L, Zhao S, Wu S, et al. Application of four-dimensional pelvic floor ultrasound in the diagnosis of postpartum pelvic floor dysfunction and evaluation of curative effect[J]. Altern Ther Health Med, 2024, 30(9): 294-299.
- [13] 秦美英, 夏志军. 盆底超声联合盆底肌力检测对产后盆底功能评估和盆底功能障碍性疾病预测的应用价值[J]. 中国医科大学学报, 2024, 53(8): 680-685.
- [14] 贺海燕, 张丽萍. 经会阴盆底动态三维超声对盆底功能障碍患者盆底结构的评估作用[J]. 贵州医药, 2023, 47(11): 1739-1741.
- [15] 储小爱, 尹薇薇, 谢文, 等. 基于盆底超声参数对围孕期体质量指数与盆底功能障碍性疾病的相关性分析[J]. 中国计划生育和妇产科, 2025, 17(6): 69-72.

- [16] 刘英, 于水昌, 杨红芳. 经会阴盆底超声联合血清 sMFAP4、LTBP-2 对产后盆底功能障碍性疾病的临床诊断价值[J]. 检验医学与临床, 2025, 22(6): 773-777.
- [17] 罗燕拿, 游佳, 符瑞玲, 等. 经会阴三维超声诊断子宫全切术盆底功能障碍的临床价值[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(3): 528-530.
- [18] 信吉伟, 陈瑶, 王桐. 盆底超声参数联合应用于剖宫产后压力性尿失禁的预测价值[J]. 中国医刊, 2019, 54(1): 82-86.
- [19] 黄静丽, 孙幼峰, 廖腊梅. 超重和肥胖妇女孕期体质量管理及主要危险因素对产后盆底功能的影响[J]. 中国妇幼保健, 2022, 37(17): 3138-3141.
- [20] Gao Q, Wang M, Zhang J, et al. Pelvic floor dysfunction in postpartum women: a cross-sectional study[J]. PLoS One, 2024, 19(10): e0308563.
- [21] Deng S, Jiang Q, Zhang Y. Application of transperineal pelvic floor ultrasound in postpartum pelvic organ injury and prolapse in women[J]. Am J Transl Res, 2024, 16(9): 4830-4839.
- [22] Shao F X, He P, Mao Y J, et al. Association of pre-pregnancy body mass index and gestational weight gain on postpartum pelvic floor muscle morphology and function in Chinese primiparous women: A retrospective cohort study[J]. Int J Gynaecol Obstet, 2025, 168(2): 680-692.
- [23] Tauil R B, Golono P T, Lima E P, et al. Metabolic-associated fatty liver disease: the influence of oxidative stress, inflammation, mitochondrial dysfunctions, and the role of polyphenols[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2024, 17(10): 1354.
- [24] Mao Z, Hao D, Gao Q, et al. Effects of age and parity on pelvic floor dysfunction and recovery in the early postpartum period: a retrospective cohort study[J]. Br J Hosp Med (Lond), 2025, 86(7): 1-24.
- [25] Chen Y, Johnson B, Li F, et al. The effect of body mass index on pelvic floor support 1 year postpartum[J]. Reprod Sci, 2016, 23(2): 234-238.
- [26] Yang F, Liao H. The influence of obstetric factors on the occurrence of pelvic floor dysfunction in women in the early postpartum period[J]. Int J Gen Med, 2022, 15: 3353-3361.

(李科 编辑)

本文引用格式: 王磊, 李洪梅, 许小冬, 等. 基于心血管代谢指数与早期膀胱颈移动度的产后盆底功能障碍诊断模型研究[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(16): 105-112.

Cite this article as: Wang L, Li H M, Xu X D, et al. Diagnostic model for postpartum pelvic floor dysfunction based on the cardiometabolic index and early bladder neck mobility[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(16): 105-112.