

经尿道前列腺钬激光剜除术后低体温风险预测模型:基于逻辑回归、决策树和支持向量机

姜君¹, 封硕², 孙银贵³, 安燕³

山东第二医科大学附属第一医院¹手术室,²妇科,³麻醉科, 山东 潍坊 261000

摘要:目的 运用逻辑回归、决策树和支持向量机构建经尿道前列腺钬激光剜除术后低体温风险预测模型并比较性能,为评估及预防经尿道前列腺钬激光剜除术后低体温提供依据。**方法** 回顾性收集本中心403例、另一中心(潍坊市人民医院)120例经尿道前列腺钬激光剜除术后低体温患者的临床资料,采用逻辑回归、决策树和支持向量机3种机器学习方法构建经尿道前列腺钬激光剜除术后低体温风险预测模型,采用准确性、召回率、精确率、F1指数和受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)评价模型性能。**结果** 纳入患者的手术时长、前列腺重量、术中冲洗量和是否偏瘦,共4个变量。本中心选择70%的数据集(283例)作为训练集,30%的数据集(120例)作为验证集,另一中心数据(120例)作为外部验证集。在训练集、验证集及外部验证集中,支持向量机的精确率及准确率均为最优,在训练集与验证集中支持向量机的ROC均为最优,逻辑回归次之,且二者在2个数据集中的AUC差异不大。对比支持向量机(SVM)模型与逻辑回归和决策树模型发现,SVM在验证集上的精确率、准确率、召回率、F1指数和AUC值方面均超过其他2种模型。SVM在外部验证集上的精确率、准确率均优于逻辑回归和决策树模型,召回率、F1指数、AUC值略低于决策树模型。SVM在训练集上的精确率、准确率、F1指数和AUC值均优于逻辑回归和决策树模型,尽管其召回率略低于决策树模型。**结论** 支持向量机在构建经尿道前列腺钬激光剜除术后低体温风险预测模型中具有较高的性能及较好的泛化能力,可为相关临床决策提供指导建议。

关键词: 前列腺;低体温;危险因素;机器学习;预测模型

Construction of risk prediction models of hypothermia after transurethral holmium laser enucleation of the prostate based on three machine learning algorithms

JIANG Jun¹, FENG Shuo², SUN Yingu³, AN Yan³

¹Operating Room, ²Department of Gynecology, ³Department of Anesthesiology, Affiliated Hospital of Shandong Second Medical University, Weifang 261000, China

Abstract: Objective To develop risk prediction models for postoperative hypothermia after transurethral holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP) using machine learning algorithms. **Methods** We retrospectively analyzed the clinical data of 403 patients from our center (283 patients in the training set and 120 in the internal validation set) and 120 patients from Weifang People's Hospital (as the external validation set). The risk prediction models were built using logistic regression, decision tree and support vector machine (SVM), and model performance was evaluated in terms of accuracy, recall, precision, F1 score and AUC. **Results** Operation duration, prostate weight, intraoperative irrigation volume, and being underweight were identified as the predictors of postoperative hypothermia following HoLEP. Among the 3 algorithms, SVM showed the best precision rate and accuracy in all the 3 data sets and the best area under the ROC (AUC) in the training set and validation set, followed by logistic regression, which had a similar AUC in the two data sets. SVM outperformed logistic regression and decision tree models in the validation set in precision, accuracy, recall, F1 score, and AUC, and performed well in the external validation set with better precision rate and accuracy than logistic regression and decision tree models but slightly lower recall rate, F1 index, and AUC value than the decision tree model. SVM outperformed logistic regression and decision tree models in precision, accuracy, F1 score, and AUC in the training set, but had slightly lower recall rate than the decision tree. **Conclusion** Among the 3 models, SVM has the best performance and generalizability for predicting post-HoLEP hypothermia risk to provide support for clinical decisions.

Keywords: prostate; hypothermia; risk factors; machine learning; prediction model

良性前列腺增生(BPH)作为中老年男性群体中的高发疾病,源于前列腺过渡区及尿道周围区域上皮与纤维肌性组织的无序增生,致使前列腺腺体良性增大,进而压迫尿道,引发下尿路症状(LUTS),涵盖尿频、尿急、

夜尿等典型表现,严重干扰患者正常生活作息,极大降低生活质量^[1-3]。流行病学调查显示,BPH患病率在40岁后随年龄递增呈稳步上升态势,80岁以上男性患病率高达80%^[3]。

在BPH的治疗手段里,手术干预不可或缺,钬激光前列腺剜除术(HoLEP)凭借其精准高效、出血少、恢复快等优势,成为当下外科领域备受瞩目的治疗方式,甚至被美国泌尿外科协会(AUA)指南钦点为适用于全前列腺大小BPH患者的推荐术式,已树立起BPH外科治疗的新标杆^[4,5]。然而,HoLEP术中潜藏着不容

收稿日期:2024-11-25

基金项目:山东省中医药科技项目(Q-2023147);潍坊市科学技术发展计划(医学类)(2023YX057);潍坊市卫健委科研项目(WFWSJK-2023-033);潍坊医学院2022年校级教育教学改革与研究课题(2022YB051)

作者简介:姜君,在读硕士研究生,E-mail: fjiangjun@sdsu.edu.cn

通信作者:安燕,主治医师,E-mail: anyanfy@sdsu.edu.cn

忽视的隐患——低体温。低体温被界定为人体核心体温低于 $36.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,体温的细微偏差与心脏并发症、麻醉后苏醒延迟、伤口感染风险飙升以及住院周期延长等一系列不良预后紧密挂钩,严重威胁患者围手术期安全与术后康复进程^[6]。究其缘由, HoLEP术中大面积体腔暴露、长时间组织器官直接暴露在外,加之大量灌洗液体不间断冲洗带走机体热量,均为诱发低体温的关键因素^[7]。

当前临床实践中,缺乏针对HoLEP术后低体温的精准有效的预测工具,现有研究在此领域近乎空白,尚未构建起能前瞻性预判低体温发生风险的可靠模型。而机器学习技术,作为数据挖掘与智能分析领域的利器,通过拟合预测模型、精准识别数据中价值信息群组,已在心血管病、肿瘤预后评估等多领域崭露头角、成果斐然^[8]。

因此,本研究聚焦经尿道前列腺钬激光剜除术后患者群体,搜集详尽临床病历资料,借助逻辑回归、支持向量机(SVM)以及决策树3种机器学习算法,分别构建低体温风险预测模型,旨在全方位评估、深入对比各模型性能优劣,为后续打造更为精准、实用性强的HoLEP术后低体温风险预测模型夯实基础,指引临床医护人员提前识别高危患者、精准施策。

1 资料和方法

1.1 研究对象

回顾性收集2022年1月~2023年12月本中心(山东第二医科大学附属第一医院)403例、另一中心(潍坊市人民医院)120例行经尿道前列腺钬激光剜除术的患者资料。所有患者均采用气管插管全身麻醉,手术室温度设定为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$,输注液体均通过外周静脉输注,术中使用的静脉输注液体及冲洗液体均通过温箱加温至 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。本研究根据赫尔辛基宣言中的原则进行,并经过医院伦理委员会批准(伦理批号:wyfy-2023-ky-205),纳入对象个人标识符完全删除,数据分析匿名化。纳入标准:符合良性前列腺增生诊断标准^[5],行经尿道前列腺钬激光剜除。排除标准:非全身麻醉患者,有恶性肿瘤病史者,术前体温异常者,无法采集临床病史资料信息或信息采集不全者,汗腺受损和体温调节功能异常者。低体温诊断标准:体温低于 $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[9]。

1.2 资料收集方法

通过检索相关文献及咨询专家确定本研究收集患者的各项指标,包括患者基本信息:高血压、糖尿病、心血管疾病、呼吸系统疾病、年龄、是否老年、是否偏瘦、是否肥胖、ASA分级、吸烟史、饮酒史、术前体温;术前检验指标:贫血、低蛋白血症、术前血糖;术中监测指标:前列腺质量、急诊手术、手术时长、术中总输液量、术中冲洗

液量;术后监测指标:是否发生低体温。老年定义为年龄 ≥ 60 周岁^[10]。吸烟史定义为平均每日吸烟1支以上,时间大于1年;饮酒的定义是在过去1年中至少饮酒12次^[11]。偏瘦定义为 $\text{BMI} \leq 18.5\text{ kg/m}^2$ ^[12]。低蛋白血症指血清白蛋白 $< 35\text{ g/L}$ ^[13]。贫血指血红蛋白 $< 120\text{ g/L}$ ^[14]。肥胖定义为 $\text{BMI} \geq 30\text{ kg/m}^2$ ^[15]。术前体温指患者术日晨起用水银温度计测量的腋温。手术结束时的体温指手术结束用水银温度计测量的患者腋温。患者各项信息均由2名工作人员采集并核对。

1.3 统计学分析

使用SPSS 27.0软件进行统计处理。对于符合正态分布的定量数据,以均数 \pm 标准差表示,组间比较采用两独立样本 t 检验;不符合正态分布的定量数据则以中位数(四分位间距数)表示,并采用Mann-Whitney U 检验比较组间差异。定性数据采用 $n(\%)$ 表示,组间比较采用卡方检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

利用R 4.4.0软件,基于机器学习算法,分别构建逻辑回归、支持向量机(SVM)和决策树3种模型,用以预测经尿道前列腺钬激光剜除术后的低体温风险。在逻辑回归模型中,使用R语言软件中stats包的glm函数来拟合模型,连接函数设置为logit,最大迭代次数设为25,使用最大似然估计方法来估计模型参数。在决策树模型中,使用R语言软件中rpart包的rpart函数来拟合模型,将复杂度参数设置为0.01,控制树的生长,防止过拟合;节点中最少的样本数设置为20,用于决定是否继续分裂该节点;叶子节点中最少的样本数设置为7,避免生成过于小的叶子节点,提高模型的泛化能力;树的最大深度设置为30,限制树的生长深度,防止树过于复杂和过拟合。在支持向量机模型中,使用R语言软件中e1071包的svm函数来拟合模型,将核函数类型设置为"radial",即径向基核函数(RBF);惩罚参数设置为1,以提高模型拟合度;迭代的收敛精度设置为0.001。对数据进行标准化,使不同特征具有相同的尺度,避免某些特征对模型的影响过大,提高模型的性能和收敛速度;指定SVM的类型为C-classification,构建一个用于分类的C-SVM模型。

模型验证时分别用训练集、验证集和外部验证集构建3种模型的混淆矩阵,并根据混淆矩阵求得3种模型的精确率、准确率、召回率、F1值,使用R语言软件中pROC包的roc、auc函数来计算ROC曲线和AUC值,通过比较精确率、准确率、召回率、F1值、AUC来比较3种模型之间的性能差异。

2 结果

2.1 基本资料比较

本中心经尿道前列腺钬激光剜除的患者403例,

低体温组 85 例,非低体温组 318 例。是否偏瘦、手术时长、前列腺质量、术中冲洗液量在两组的差异具有统计学意义($P<0.05$,表1),其余指标差异均无统计学意义($P>0.05$)。

表1 研究对象基本资料

Tab.1 Baseline characteristics of the study participants

Variables	Non-Hypothermia group (n=318)	Hypothermia group (n=85)	P
Age (year, Mean±SD)	70.9±7.6	71.8±7.1	0.296
Elderly			0.572
Yes	294 (92.5)	77 (90.6)	
No	24 (7.5)	8 (9.4)	
Underweight			<0.001
Yes	12 (3.8)	16 (18.8)	
No	306 (96.2)	69 (81.2)	
Obesity			0.678
Yes	13 (4.1)	5 (5.9)	
No	305 (95.9)	80 (94.1)	
Alcohol history			0.624
Yes	67 (21.1)	20 (23.5)	
No	251 (78.9)	65 (76.5)	
Smoking history			0.312
Yes	80 (25.2)	26 (30.6)	
No	238 (74.8)	59 (69.4)	
Hypertension			0.568
Yes	123 (38.7)	30 (35.3)	
No	195 (61.3)	55 (64.7)	
Diabetes			0.485
Yes	55 (17.3)	12 (14.1)	
No	263 (82.7)	73 (85.9)	
Cardiovascular disease			0.822
Yes	48 (15.1)	12 (14.1)	
No	270 (84.9)	73 (85.9)	
Respiratory diseases			0.94
Yes	18 (5.7)	4 (4.7)	
No	300 (94.3)	81 (95.3)	
ASA			0.899
I	29 (9.1)	10 (11.8)	
II	177 (55.7)	47 (55.3)	
III	104 (32.7)	26 (30.6)	
IV	8 (2.5)	2 (2.4)	
Preoperative body temperature	36.4 (36.2, 36.5)	36.3 (36.2, 36.5)	0.389
Hypoproteinemia			0.732
Yes	44(13.8)	13(15.3)	
No	274 (86.2)	72 (84.7)	
Anemia			0.848
Yes	57 (17.9)	16 (18.8)	
No	261 (82.1)	69 (81.2)	
Preoperative blood glucose	5.4 (4.9, 6.3)	5.4 (4.8, 6.3)	0.274
Emergency surgery			0.982
Yes	10 (3.1)	2 (2.4)	
No	308 (96.9)	83 (97.6)	
Operation duration	100.0 (75.0, 130.0)	122.0 (95.0, 180.0)	<0.001
Prostate weight	60.0 (45.0, 80.0)	80.0 (50.0, 120.0)	<0.001
Total Infusion volume	1000.0 (1000.0, 1000.0)	1000.0 (1000.0, 1500.0)	0.216
Intraoperative irrigation volume	48 000.0 (36000.0, 60000.0)	60 000.0 (45000.0, 90000.0)	<0.001

ASA: American society of anesthesiologists.

2.2 特征编码

将低体温组与非低体温组间差异有统计学意义的变量(是否偏瘦、手术时长、前列腺重量、术中冲洗液量)作为逻辑回归、支持向量机和决策树的输入特征并建立预测模型。4个特征之间的相关性减弱,前列腺重量与偏瘦呈正相关,术中冲洗与手术时长呈正相关,但相关性均较小(图1)。特征选择后,对纳入逻辑回归、支持向量机和决策树算法分析的计数资料进行赋值,是否偏瘦,“是”赋值为1,“否”赋值为0,计量资料按原始数据输入。

2.3 3种机器学习模型的建立与性能比较

使用R语言软件中caret包的createDataPartition函数,按7:3比例将本中心经尿道前列腺钬激光剜除患者随机分配到训练数据集(70%)和验证数据集(30%),分别进行预测模型的构建和验证。经尿道前列腺钬激光剜除术后低体温的发生率约为20%。本研究采用Logistic回归模型的样本量估算方法,最终纳入283例患者作为训练集,120例作为验证集,另一中心120例作为外部验证集。

使用3种机器学习技术构建的预测模型在本研究的训练集、验证集和外部验证集上的混淆矩阵,结果显

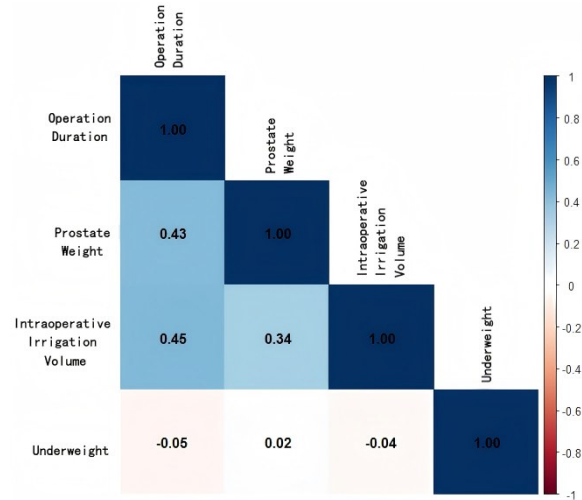


图1 经尿道前列腺钬激光剜除术后低体温危险因素的相关性分析图

Fig. 1 Correlation analysis of risk factors for postoperative hypothermia after transurethral holmium laser enucleation of the prostate.

示,在训练集、验证集和外部验证集中,真阳性和真阴性的样本数量占主导(图2~4)。

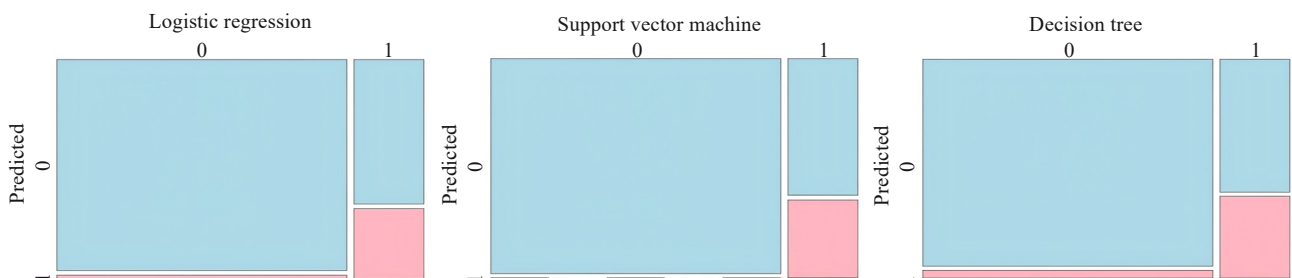


图2 训练数据集模型的混淆矩阵

Fig.2 Confusion matrix of the model on the training dataset.

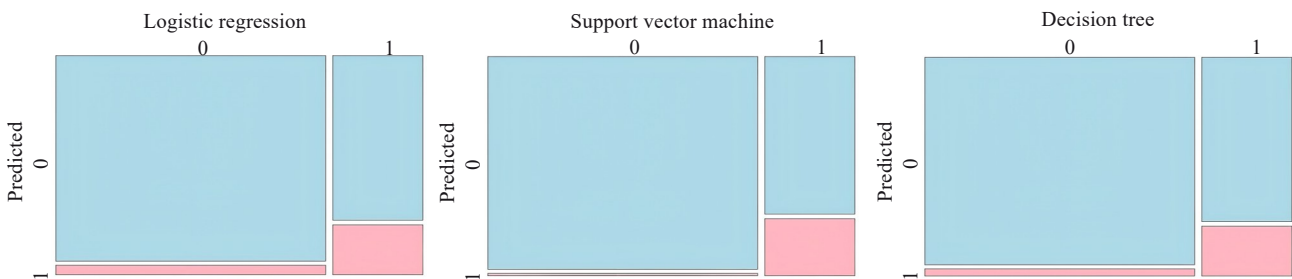


图3 验证数据集模型的混淆矩阵

Fig.3 Confusion matrix of the model on the validation dataset.

3种机器学习预测模型在训练集、验证集和外部验证集上的受试者工作特征(ROC)曲线显示(图5),在训练集和验证集中,SVM的ROC曲线表现最佳,逻辑回归紧随其后,在外部验证集中支持向量机的ROC略逊于决策树。

在训练集、验证集及外部验证集中,支持向量机的精确率及准确率均为最优,在训练集与验证集中支持向量机的ROC最优,逻辑回归次之,且二者在2个数据集中AUC差异较小。SVM在验证集上的精确率、准确率、召回率、F1指数和AUC值均超过其他2种模型。

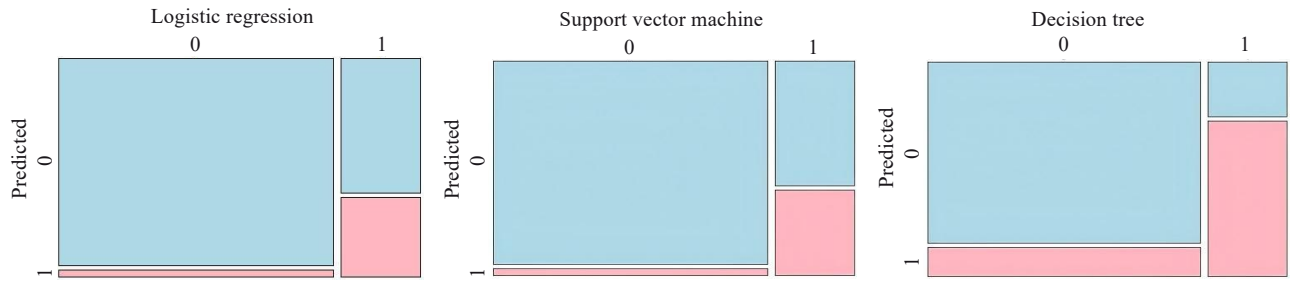


图4 外部验证集模型的混淆矩阵

Fig.4 Confusion matrix of the model on the external validation dataset.

SVM在外部验证集上的精确率、准确率均优于逻辑回归和决策树模型,召回率、F1指数、AUC值略低于决策树模型。SVM在训练集上的精确率、准确率、F1指数和

AUC值均优于逻辑回归和决策树模型,其召回率略低于决策树模型。

表2 3种机器学习模型对比

Tab.2 Comparison of 3 machine learning models

Data set	Prediction model	Precision	Accuracy	Recall	F1 Index	AUC
Training set	Logistic regression	0.818	0.855	0.327	0.468	0.756
	SVM	1.000	0.876	0.364	0.533	0.816
	Decision tree	0.724	0.852	0.382	0.500	0.675
Validation set	Logistic regression	0.636	0.775	0.233	0.341	0.734
	SVM	0.889	0.808	0.267	0.410	0.778
	Decision tree	0.700	0.783	0.233	0.35	0.600
External validation set	Logistic regression	0.769	0.833	0.370	0.500	0.777
	SVM	0.786	0.842	0.407	0.537	0.802
	Decision tree	0.606	0.833	0.741	0.667	0.845

SVM: Support vector machine.

3 讨论

BPH是导致中老年男性排尿障碍最常见的良性疾病^[17,18]。主要的组织学表现为前列腺基质和腺体成分的增生^[19],解剖学上良性前列腺增大导致膀胱出口梗阻^[20],这些尿动力学变化随后引起下尿路症状(LUTS)^[21]。2019年全球BPH病例数和标准化发病率分别为1126万和280.4/10万,BPH是一个重要的疾病负担^[22]。

低体温会导致血管收缩,减少组织中的氧气量,并导致粒细胞趋化、吞噬作用以及自由基产生受损;与体温正常的患者相比,低体温的患者炎症细胞因子水平降低,淋巴细胞增殖减少;临床上,低体温术后伤口感染风险增加和住院时间延长有关^[23,24]。因此急需一种有效的模型识别低体温的发生,以对其进行提前干预。

本研究回顾性分析2个中心行经尿道前列腺激光剝除患者的相关临床资料,最终筛选出4个危险因素:偏瘦、手术时长、前列腺质量、术中冲洗液量,并采用3种机器学习算法构建了临床预测模型。本

研究发现偏瘦是经尿道前列腺激光剝除术后低体温发生的危险因素。这与Morishige等^[25]研究一致,脂肪细胞分泌的瘦素可刺激棕色脂肪组织的能量消耗,提高代谢率并升高体温。因此,体质量指数越小,分泌的瘦素越少,发生低温的可能性就越大。偏瘦的人脂肪含量较低,脂肪组织具有较低的热导率。皮下脂肪可以作为热量流失的屏障^[26],因此,偏瘦的人更可能发生低体温。

手术时长、前列腺质量是经尿道前列腺激光剝除术后低体温发生的危险因素,有研究发现无论前列腺大小,剝除时间几乎恒定,但通过粉碎器去除组织的时间取决于前列腺增大的程度^[27]。这表明更大的前列腺质量需要更长的手术时长。人体热量散失主要通过传导(即热量从身体传递到直接接触的物体)、对流(即热量传递到皮肤周围的空气)、辐射(即通过红外线传递热量)和蒸发(即通过皮肤或伤口的水分蒸发传递热量)等方式进行^[28]。手术室的环境温度远远

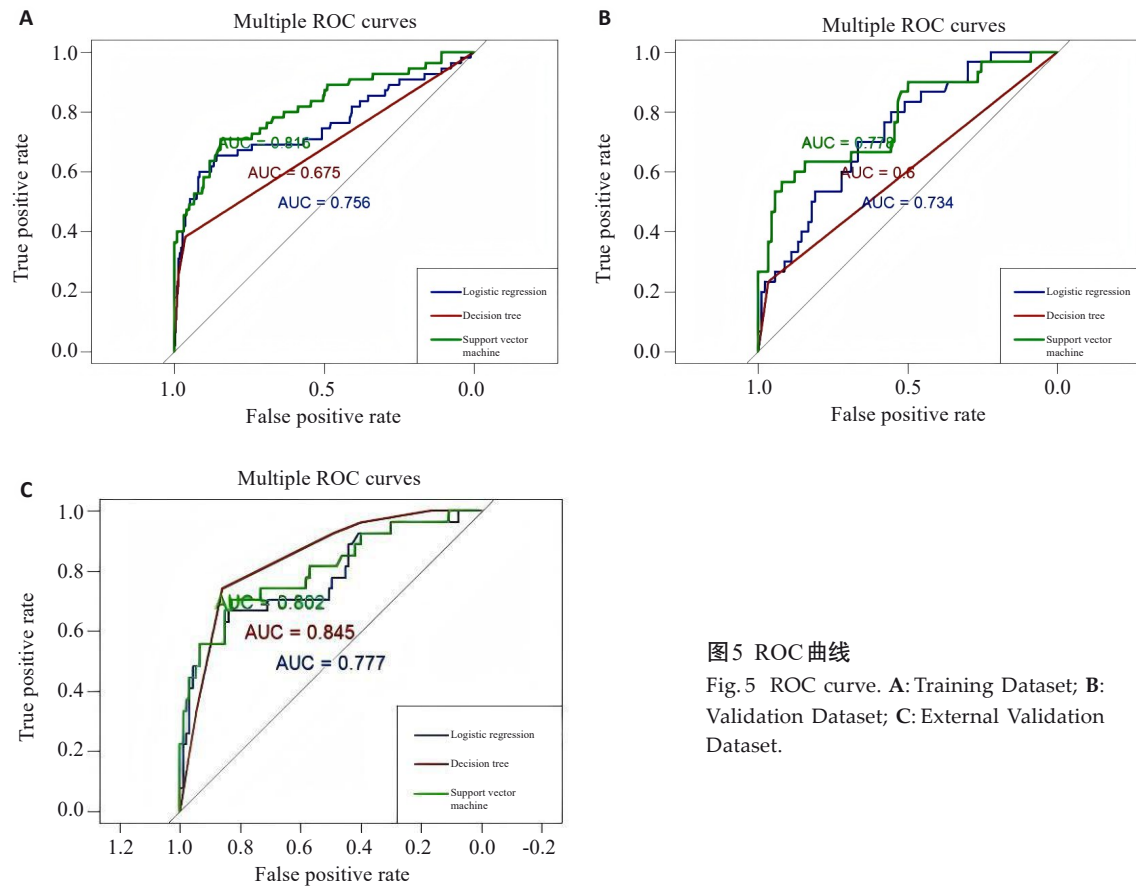


图5 ROC 曲线

Fig. 5 ROC curve. A: Training Dataset; B: Validation Dataset; C: External Validation Dataset.

低于人体体温^[29,30],因此,前列腺质量越大手术时长越长,患者机体与环境热对流时间越长,患者发生低体温的风险越高。

术中冲洗液量是经尿道前列腺钬激光剝除术后低体温发生的危险因素,这与Campbell等^[31]研究结论相同,术中所用的冲洗液越多,冲洗液通过热传导带走的热量就越多,因此导致了低体温的发生。

综上所述,本研究建立的SVM模型可用于识别经尿道前列腺钬激光剝除术后发生低体温的风险。该模型还可以作为一个辅助医疗决策的工具,帮助区分出高风险群体,通过对高危患者的提前干预降低低体温的发生,并在多种治疗方案中提供针对性的指导。

Declaration of interests: The authors declare no competing interests.

参考文献:

[1] Srinivasan A, Wang R. An update on minimally invasive surgery for benign prostatic hyperplasia: techniques, risks, and efficacy[J]. World J Mens Health, 2020, 38(4): 402-11.
 [2] Devlin CM, Simms MS, Maitland NJ. Benign prostatic hyperplasia-what do we know?[J]. BJU Int,2021,127(4): 389-99.
 [3] Ottaiano N, Shelton , Sanekommu G, et al. Surgical complications in the management of benign prostatic hyperplasia treatment[J]. Curr Urol Rep, 2022, 23(5): 83-92.
 [4] Shvero A, Calio B, Humphreys MR, et al. HoLEP: the new gold standard for surgical treatment of benign prostatic hyperplasia[J].

Can J Urol, 2021, 28(S2): 6-10.
 [5] Sandhu JS, Bixler BR, Dahm P, et al. Management of lower urinary tract symptoms attributed to benign prostatic hyperplasia (BPH): AUA Guideline amendment 2023[J]. J Urol, 2024, 211(1): 11-9.
 [6] Cho J, Lee J, Kim KM, et al. Effect of 10 minutes of prewarming and Ppewarmed intravenous fluid administration on the core temperature of patients undergoing transurethral surgery under general anesthesia[J]. Int J Med Sci, 2024, 21(1): 1-7.
 [7] Yilmaz H, Khorshid L. The effects of active warming on core body temperature and thermal comfort in patients after transurethral resection of the prostate: a randomized clinical trial[J]. Clin Nurs Res, 2023, 32(2): 313-22.
 [8] Greener JG, Kandathil SM, Moffat L, et al. A guide to machine learning for biologists[J]. Nat Rev Mol Cell Biol, 2022, 23(1): 40-55.
 [9] Sessler DI. Another concern about perioperative hypothermia[J]. J Clin Anesth, 2023, 87: 111089.
 [10] Tanabe FM, Zanei SV, Whitaker IY. Do frail elderly people affect the nursing workload in intensive care units? [J]. Rev Esc Enferm USP, 2022, 56: e20210599.
 [11] Kelly TN, Gu D, Chen J, et al. Cigarette smoking and risk of stroke in the chinese adult population [J]. Stroke, 2008, 39(6): 1688-93.
 [12] Akombi BJ, Agho KE, Hall J, et al. Stunting, wasting and underweight in Sub-Saharan Africa: a systematic review[J]. Int J Environ Res Public Health, 2017, 14(8): 863.
 [13] Valeriani E, Cangemi R, Carnevale R, et al. Hypoalbuminemia as predictor of thrombotic events in patients with community-acquired pneumonia[J]. Int J Cardiol, 2024, 404: 131942.

- [14] Hornedo KD, Jacob AK, Burt JM, et al. Non-invasive hemoglobin estimation for preoperative anemia screening[J]. *Transfusion*, 2023, 63(2): 315-22.
- [15] Piché ME, Tchernof A, DEsprés JP. Obesity phenotypes, diabetes, and cardiovascular diseases[J/OL]. *Circ Res*, 2020, 126(11): 1477-500.
- [16] How to develop a more accurate risk prediction model when there are few events[J]. *BMJ (Clinical research ed.)*, 2016, 353: i3235.
- [17] Occhiuto C, Santoro G, Tranchida PQ, et al. Pharmacological effects of the lipidosterolic extract from *kigelia africana* fruits in experimental benign prostatic hyperplasia induced by testosterone in sprague dawley rats[J]. *J Exp Pharmacol*, 2023, 15: 41-50.
- [18] SYazarina SO, Zulkifli MZ, Hamzaini AH. Predicting outcome of trial of voiding without catheter in acute urinary retention with intravesical prostatic protrusion[J]. *Malays J Med Sci*, 2013, 20(1): 56-9.
- [19] Xiao H, Jiang Y, He W, et al. Identification and functional activity of matrix-remodeling associated 5 (MXRA5) in benign hyperplastic prostate[J]. *Aging (Albany NY)*, 2020, 12(9): 8605-21.
- [20] Ou Z, He Y, Qi L, et al. Infiltrating mast cells enhance benign prostatic hyperplasia through IL-6/STAT3/Cyclin D1 signals[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(35): 59156-64.
- [21] Zeng XT, Jin YH, Liu TZ, et al. Clinical practice guideline for transurethral plasmakinetic resection of prostate for benign prostatic hyperplasia (2021 Edition)[J]. *Mil Med Res*, 2022, 9(1): 14.
- [22] Zhu C, Wang DQ, Zi H, et al. Epidemiological trends of urinary tract infections, urolithiasis and benign prostatic hyperplasia in 203 countries and territories from 1990 to 2019[J]. *Mil Med Res*, 2021; 8(1): 64.
- [23] Sarfraz S, Mäntynen PH, Laurila M, et al. Effect of surface tooling techniques of medical titanium implants on bacterial biofilm formation in vitro[J]. *Materials (Basel)*, 2022, 15(9): 3228.
- [24] Lyon TD, Frank I, Tollefson MK, et al. Association of intraoperative hypothermia with oncologic outcomes following radical cystectomy[J]. *Urol Oncol*, 2021, 39(6): 370.
- [25] Morishige S, Ohyama T, Fujita N, et al. Risk factors for intraoperative hypothermia during holmium laser enucleation of the prostate[J]. *Urol Int*, 2023, 107(7): 672-7.
- [26] Speakman JR. Obesity and thermoregulation[J]. *Handb Clin Neurol*, 2018, 156: 431-43.
- [27] Zell MA, Abdul-muhsin H, Navaratnam A, et al. Holmium laser enucleation of the prostate for very large benign prostatic hyperplasia (≥ 200 cc)[J]. *World J Urol*, 2021, 39(1): 129-34.
- [28] Rauch S, Miller C, Bräuer A, et al. Perioperative hypothermia-a narrative review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(16): 8749.
- [29] Vogt P, Tolly R, Clifton M, et al. The development of an enhanced recovery protocol for kasai portoenterostomy[J]. *Children (Basel)*, 2022, 9(11): 1675.
- [30] CAO J, Sheng X, Ding Y, et al. Effect of warm bladder irrigation fluid for benign prostatic hyperplasia patients on perioperative hypothermia, blood loss and shiver: A meta-analysis[J]. *Asian J Urol*, 2019, 6(2): 183-91.
- [31] Campbell G, Alderson P, Smith AF, et al. Warming of intravenous and irrigation fluids for preventing inadvertent perioperative hypothermia[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 2015(4): CD009891.

(编辑:林 萍)