



DOI: 10.11817/j.issn.1672-7347.2024.240460

经尿道钬激光前列腺剝除术后低体温的危险因素 及列线图预测模型的构建

姜君¹, 封硕², 孙银贵³, 安燕³

(1. 山东第二医科大学附属第一医院手术室, 山东 潍坊 261000; 2. 山东第二医科大学附属第一医院妇科, 山东 潍坊 261000; 3. 山东第二医科大学附属第一医院麻醉科, 山东 潍坊 261000)

[摘要] 目的: 术后低体温是临床常见并发症, 其发生率较高且可能对患者术后恢复产生不利影响。经尿道钬激光前列腺剝除术(transurethral holmium laser enucleation of prostate, HoLEP)是一种用于治疗良性前列腺增生的微创手术, 具有出血少、适应证广、术后恢复快等优点, 然而有关HoLEP术后患者低体温风险因素的研究相对较少, 尤其缺乏预测模型来指导临床实践。本研究旨在通过建立一个预测模型来预测患者在HoLEP术后发生低体温的风险, 并探讨相关风险因素。**方法:** 回顾性收集在山东第二医科大学附属第一医院接受HoLEP治疗的患者, 根据是否发生低体温分为低体温组和非低体温组, 并对2组的术前、术中及术后指标进行比较。采用最小绝对收缩和选择算法(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归结合逻辑回归方法对临床数据进行分析。构建预测HoLEP后低体温风险的预测模型, 并用Bootstrap检验进行了内部验证。**结果:** 403例患者纳入分析, 其中85例患者发生术后低体温, 发生率为21.1%。Logistic回归分析确定手术时长($OR=1.009$, 95% CI 1.003~1.015)、偏瘦($OR=9.881$, 95% CI 4.038~24.910)、前列腺重量($OR=1.021$, 95% CI 1.012~1.030)为术后低体温的独立风险因素, 并纳入列线图模型。经内部验证, 该列线图模型显示出较强的区分度, 受试者操作特征曲线下面积(area under the curve, AUC)为0.755(95% CI 0.686~0.820), C指数(C-index)为0.832(95% CI 0.787~0.865)。校准曲线显示良好的一致性。决策曲线分析显示当术后低体温发生风险阈值在8%~97%范围内时, 该列线图更具临床价值。**结论:** 本研究开发了一个可以预测HoLEP后患者发生低体温风险的列线图, 为临床医师提供一个简单的预测工具。

[关键词] 低体温; 前列腺剝除; 风险因素; 列线图; 预测模型

Risk factors for hypothermia after transurethral holmium laser enucleation of the prostate and development of a nomogram model

JIANG Jun¹, FENG Shuo², SUN Yingui³, AN Yan³

收稿日期(Date of reception): 2024-07-18

第一作者(First author): 姜君, Email: fyjiangjun@sdsu.edu.cn, ORCID: 0000-0003-3091-9512

通信作者(Corresponding author): 安燕, Email: anyanfy@sdsu.edu.cn, ORCID: 0009-0008-5205-2546

基金项目(Foundation item): 潍坊市科学技术发展计划(医学类)(2023YX057); 潍坊市卫生健康委员会科研项目(WFWSJK-2023-033)。This work was supported by the Weifang Science and Technology Development Plan (Medical Category) (2023YX057) and the Weifang Municipal Health Commission Research Project (WFWSJK-2022-033), China.

开放获取(Open access): 本文遵循知识共享许可协议, 允许第三方用户按照署名-非商业性使用-禁止演绎4.0(CC BY-NC-ND 4.0)的方式, 在任何媒介以任何形式复制、传播本作品(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)。

- (1. Operating Room, Affiliated Hospital of Shandong Second Medical University, Weifang Shandong 261000;
2. Department of Gynecology, Affiliated Hospital of Shandong Second Medical University, Weifang Shandong 261000;
3. Department of Anesthesiology, Affiliated Hospital of Shandong Second Medical University,
Weifang Shandong 261000, China)

ABSTRACT

Objective: Postoperative hypothermia is a common clinical complication with a high incidence rate, potentially adversely affecting postoperative recovery. Transurethral holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP) is a minimally invasive procedure for benign prostatic hyperplasia (BPH). Offering advantages such as minimal bleeding, broad indications, and rapid postoperative recovery. However, research on risk factors for postoperative hypothermia following HoLEP remains limited, and predictive models for guiding clinical practice are lacking. This study aims to develop a predictive model for assessing the risk of postoperative hypothermia in HoLEP patients and to identify relevant risk factors.

Methods: Clinical data from patients who underwent HoLEP at affiliated Hospital of Shandong Second Medical University were retrospectively collected. Patients were categorized into a hypothermia group and a non-hypothermia group based on whether postoperative hypothermia occurred. Preoperative, intraoperative, and postoperative indicators were compared between the 2 groups. Least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression combined with logistic regression analysis was used to analyze clinical data. A predictive model for assessing the risk of postoperative hypothermia after HoLEP was constructed and internally validated using bootstrap resampling.

Results: A total of 403 patients were included in the analysis, among whom 85 patients developed postoperative hypothermia, with an incidence rate of 21.1%. Logistic regression analysis identified operative duration ($OR=1.009$, 95% CI 1.003 to 1.015), underweight status ($OR=9.881$, 95% CI 4.038 to 24.910), and prostate weight ($OR=1.021$, 95% CI 1.012 to 1.030) as independent risk factors for postoperative hypothermia, and these variables were incorporated into the nomogram model. Internal validation showed strong discriminative ability of the nomogram, with an area under the receiver operating characteristic curve (AUC) of 0.755 (95% CI 0.686 to 0.820) and a C-index of 0.832 (95% CI 0.787 to 0.865). The calibration curve demonstrated good consistency between predicted and observed outcomes. Decision curve analysis showed that the nomogram provided greater clinical utility when the risk threshold for postoperative hypothermia was between 8% and 97%.

Conclusion: This study developed a nomogram model for predicting the risk of postoperative hypothermia in HoLEP patients, providing clinicians with a simple and effective predictive tool for individualized risk assessment and preoperative decision-making.

KEY WORDS

hypothermia; prostate enucleation; risk factors; nomogram; predictive model

良性前列腺增生 (benign prostatic hyperplasia, BPH) 是以排尿障碍为主的慢性病, 是泌尿男科临床

诊疗中最为常见的疾病之一。从组织学角度观察, BPH 一般发生在 40 岁以后, 发生率随年龄的增长而

逐年增加, 51~60岁男性人群中BPH的发生率约20%, 61~70岁时达50%, 81~90岁时高达83%^[1]。前列腺增生最好的手术方式是经尿道前列腺切除手术, 该手术方式具有微创、腹部无创口、术后恢复快和术后排尿症状改善等优点。目前, 经尿道前列腺切除手术又衍生出前列腺部分切除、前列腺汽化、前列腺剜除等多种手术方式。其中, 经尿道钬激光前列腺剜除术(transurethral holmium laser enucleation of prostate, HoLEP)被认为是目前前列腺切除较为彻底、出血较少的手术方式之一^[2]。

HoLEP后低体温是指手术结束后患者出现核心体温低于36℃症状, 这种症状可能由多种因素引起, 其发生机制复杂, 可能与环境因素、手术操作、手术中使用的药物、手术时间、输血、输液及患者自身因素等有关^[3-4]。手术时间较长, 输血、输血量较大等因素都可能导致HoLEP后低体温的发生。此外, 患者年龄、体重等方面也可能对术后低体温产生影响^[5]。低体温对身体产生多种不良影响, 如引起凝血功能障碍、免疫系统功能下降、心血管系统功能紊乱、呼吸系統功能降低、代谢率增高等, 不仅会影响患者的术后恢复, 还可能引发并发症, 增加医疗费用和病死率^[6]。

目前, 关于术后低体温相关风险的研究主要集中在某些特定类型的手术和其影响因素上。崔志勇等^[7]研究了腹部大手术后低体温的影响因素及其预防管理, 杨曦仑等^[8]探讨了老年患者非心脏手术后发生低体温的影响因素。然而, 专门针对HoLEP后患者低体温风险因素的研究相对较少, 尤其缺乏预测模型来指导临床实践。

本研究旨在通过收集HoLEP患者的临床资料, 包括年龄、体重、手术时间、术中出血量和输血量等。通过最小绝对收缩和选择算法(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归筛选出最优预测特征, 并将其纳入多因素Logistic回归分析, 以确定影响术后低体温发生的危险因素。根据筛选出的危险因素, 建立列线图模型, 评估不同危险因素对术后低体温发生的影响程度, 以制订更加有效的预防措施。

1 对象与方法

1.1 对象

选择2022年1月至2023年12月于山东第二医科大学附属第一医院行HoLEP的患者。纳入标准: 1)临床诊断满足《良性前列腺增生诊断和治疗指南(2006年试行版)》^[9]标准且行HoLEP; 2)术前体温正常(36.0~

37.4℃); 3)临床资料完整。排除标准: 1)泌尿系统和其他系统恶性肿瘤病史; 2)汗腺受损和体温调节功能异常; 3)无法采集临床病史资料信息或信息采集不全; 4)非全身麻醉; 5)前列腺增生合并膀胱结石。本研究根据赫尔辛基宣言中的原则进行, 并经过山东第二医科大学附属第一医院伦理委员会批准(审批号: wyfy-2023-ky-205), 纳入对象个人标识符完全删除, 数据分析匿名化。

1.2 手术过程

手术患者均采用气管插管全身麻醉, 手术室温度设置为23℃, 湿度设置为50%, 需输注液体均通过外周静脉输注(温度为37℃), 冲洗液体均为37℃ 0.9%(W/V)氯化钠溶液。

1.3 数据收集

本研究通过查阅既往相关文献[6]并结合专家意见确定收集数据指标, 包括: 1)患者基本信息。年龄, 美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级, 是否老年、偏瘦、肥胖, 饮酒史, 吸烟史, 以及是否有高血压、糖尿病、心血管疾病、呼吸系统疾病等基础疾病。2)术前指标。术前体温、低蛋白血症、贫血、术前血糖。3)术中指标。是否急诊手术、手术时长、麻醉时长、前列腺重量、总输血量、术中冲洗液量。4)术后体温。吸烟史定义为平均每日吸烟1支以上, 时间大于1年; 饮酒定义为在过去1年中至少饮酒12次^[10]; 老年定义为年龄≥60岁^[11]; 偏瘦定义为体重指数(body mass index, BMI)≤18.5 kg/m²^[12]; 肥胖定义为BMI≥30 kg/m²^[13]; 低蛋白血症定义为血清白蛋白<35 g/L^[14]; 贫血定义为血红蛋白<120 g/L^[15]。将变量老年、肥胖、偏瘦、低蛋白血症及贫血转换为二分类变量(赋值为0或1), 纳入统计分析。术前体温定义为患者手术日晨起用水银温度计测量的腋温。术后体温定义为手术结束时用水银温度计测量的患者腋温, 低于36℃为术后低体温。根据是否发生低体温将研究对象分为低体温组和非低体温组。

每项纳入的患者信息均由2名工作人员核对, 并进行采集录入。

1.4 样本量估算

预测研究中的有效样本量由结果事件的数量决定, 定义为每变量事件数(events per variable, EPV)至少有10个结果事件, 以确保准确性^[16]。根据以往文献[17]报道的低体温发生率为20%~70%, 预估本研究中低体温的发生率约为20%。为保证预测模型的稳定性, 根据10倍的EPV原则, 本研究中实际纳入

数据403例,则至多纳入Logistic回归的变量为8项。本研究中实际共纳入变量21项,经LASSO筛选后纳入Logistic回归的变量有5项,符合10倍的EPV原则。

1.5 统计学处理

使用IBM SPSS 25.0和R 4.3.1进行数据分析和绘图。计数资料以例(%)表示,采用 χ^2 检验进行组间比较。服从正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示,采用两独立样本 t 检验进行组间比较;不服从正态分布的计量资料以中位数(第1四分位数,第3四分位数)表示,采用Mann-Whitney U 检验进行组间比较。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

采用R软件包“glmnet”进行LASSO回归分析,考虑到不同自变量之间的相关性,对所有自变量进行了LASSO回归分析,并进行十折交叉验证,以筛选最具代表性的协变量;在此基础上,将筛选出的关键预测因素作为自变量进行多因素Logistic回归分

析,以确定影响术后低体温发生的独立风险因素,利用“rms”包根据筛选出的独立风险因素构建列线图预测模型。采用Bootstrap法进行内部验证,应用校准曲线评估列线图模型的一致性,并计算一致性C指数(C-index)。使用“fbroc”包绘制受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),AUC的范围为0.5~1.0,0.5表示随机机会,1.0表示完全辨别。最后借助“rmda”包绘制决策曲线评估模型的预测能力。

2 结果

2.1 一般资料

本研究共纳入403例行HoLEP的患者,发生术后低体温85例,未发生术后低体温318例。收集患者基本信息11项,术前指标4项,术中指标6项,共计21项(表1)。

表1 研究对象基本资料

Table 1 Fundamental data of the study participants

组别	<i>n</i>	年龄/岁	老年/[例(%)]		偏瘦/[例(%)]		肥胖/[例(%)]		饮酒史/[例(%)]	
			是	否	是	否	是	否	是	否
非低体温	318	70.9±7.6	294(92.5)	24(7.5)	12(3.8)	306(96.2)	13(4.1)	305(95.9)	67(21.1)	251(78.9)
低体温	85	71.8±7.1	77(90.6)	8(9.4)	16(18.8)	69(81.2)	5(5.9)	80(94.1)	20(23.5)	65(76.5)
<i>t</i> / χ^2 / <i>Z</i>		0.179*	0.319†		23.498†		0.173†		0.240†	
<i>P</i>		0.296	0.572		<0.001		0.678		0.624	

组别	吸烟史/[例(%)]		高血压/[例(%)]		糖尿病/[例(%)]		心血管疾病/[例(%)]		呼吸系统疾病/[例(%)]	
	是	否	是	否	是	否	是	否	是	否
非低体温	80(25.2)	238(74.8)	123(38.7)	195(61.3)	55(17.3)	263(82.7)	48(15.1)	270(84.9)	18(5.7)	300(94.3)
低体温	26(30.6)	59(69.4)	30(35.3)	55(64.7)	12(14.1)	73(85.9)	12(14.1)	73(85.9)	4(4.7)	81(95.3)
<i>t</i> / χ^2 / <i>Z</i>	1.021†		0.326†		0.489†		0.050†		0.006†	
<i>P</i>	0.312		0.568		0.485		0.822		0.94	

组别	ASA 分级/[例(%)]				术前体温/°C	低蛋白血症/[例(%)]	
	I级	II级	III级	IV级		是	否
非低体温	29(9.1)	177(55.7)	104(32.7)	8(2.5)	36.4(36.2, 36.5)	44(13.8)	274(86.2)
低体温	10(11.8)	47(55.3)	26(30.6)	2(2.3)	36.3(36.2, 36.5)	13(15.3)	72(84.7)
<i>t</i> / χ^2 / <i>Z</i>	0.587†				−0.862‡		0.117†
<i>P</i>	0.899				0.389		0.732

组别	贫血/[例(%)]		术前血糖/(mmol·L ^{−1})	急诊手术/[例(%)]		手术时长/min	
	是	否		是	否		
非低体温	57(17.9)	261(82.1)	5.4(4.9, 6.3)	10(3.1)	308(96.9)	100.0(75.0, 130.0)	
低体温	16(18.8)	69(81.2)	5.4(4.8, 6.3)	2(2.4)	83(97.6)	122.0(95.0, 180.0)	
<i>t</i> / χ^2 / <i>Z</i>	0.037†		−1.093‡		0.001†		−3.979‡
<i>P</i>	0.848		0.274		0.982		<0.001

表 1(续)

组别	麻醉时长/min	前列腺重量/g	总输血量/mL	术中冲洗液量/mL
非低体温	125.0(100.0, 155.0)	60.0(45.0, 80.0)	1 000.0(1 000.0, 1 000.0)	48 000.0(36 000.0, 60 000.0)
低体温	150.0(115.0, 215.0)	80.0(50.0, 120.0)	1 000.0(1 000.0, 1 500.0)	60 000.0(45 000.0, 90 000.0)
$t/\chi^2/Z$	-3.543‡	-5.409‡	-1.239‡	-3.914‡
P	<0.001	<0.001	0.216	<0.001

计数资料以例(%)表示, 服从正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示, 不服从正态分布的计量资料以中位数(第1四分位数, 第3四分位数)表示。 $*$ t 值, $\dagger\chi^2$ 值, $\ddagger Z$ 值。吸烟史定义为平均每日吸烟1支以上, 时间大于1年; 饮酒定义为在过去1年中至少饮酒12次; 老年定义为年龄 ≥ 60 岁; 偏瘦定义为BMI ≤ 18.5 kg/m 2 ; 肥胖定义为BMI ≥ 30 kg/m 2 ; 低蛋白血症定义为血清白蛋白 < 35 g/L; 贫血定义为血红蛋白 < 120 g/L; 术前体温定义为患者手术日晨起用水银温度计测量的腋温。BMI: 体重指数; ASA: 美国麻醉医师协会。

2.2 HoLEP后低体温的协变量的筛选

用LASSO回归对数据降维处理, 提取最重要的预测因素, 避免模型的过度拟合。LASSO回归中的最佳参数(lambda, λ)选择通过交叉验证, 选择均方

误差最小 λ 值为模型最优值($\lambda=0.017\ 927\ 15$), LASSO回归结果显示手术时长、偏瘦、老年、前列腺重量和术前体温5个变量为HoLEP后低体温的协变量(图1)。

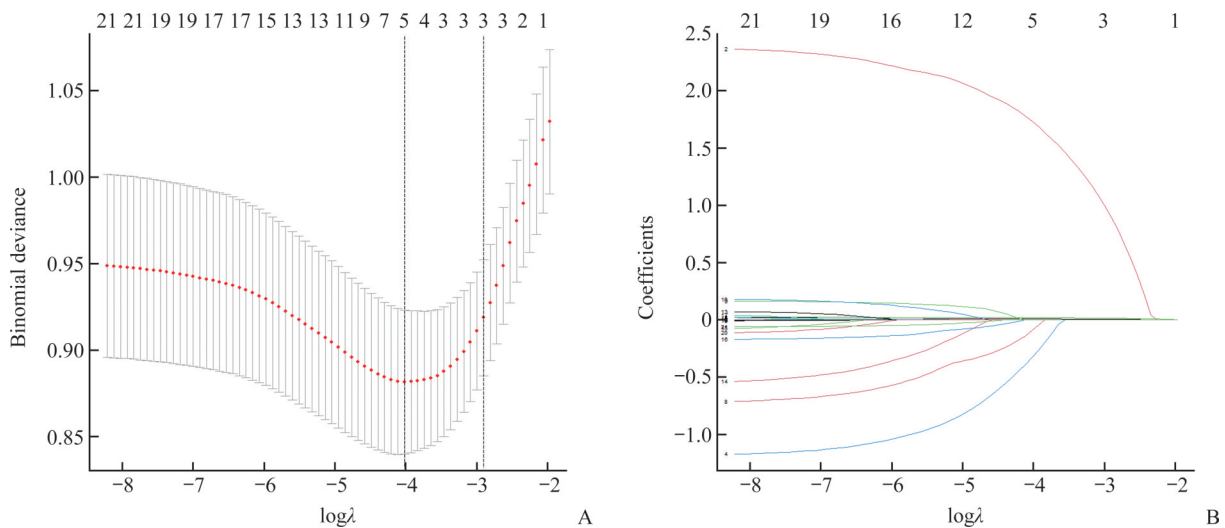


图1 使用LASSO回归模型进行临床特征选择

Figure 1 Clinical feature selection using the LASSO regression model

A: In the LASSO model, the optimal parameter (λ) was selected via minimizing criteria with five-fold cross-validation. The partial log-likelihood deviance (binomial deviance) curve in relation to $\log(\lambda)$ was plotted, and vertical lines were indicated at the optimal values based on the minimum criteria and the 1-SE (one standard error) rule. B: LASSO coefficient profiles for the 21 features were depicted. The coefficient distribution map was generated from the $\log(\lambda)$ sequence. LASSO: Least absolute shrinkage and selection operator.

2.3 HoLEP后低体温的独立风险因素的筛选

采用Logistic回归验证上述协变量, 以是否发生术后低体温为因变量, 以LASSO回归筛选出的5个协变量为自变量进行Logistic回归分析。结果显示霍斯默-莱梅肖检验值为0.495, 提示纳入变量的模型总

体差异有统计学意义, 样本数据被充分提取, 模型拟合优度较高。手术时长、偏瘦、前列腺重量为HoLEP后低体温发生的独立风险因素(均 $P<0.05$, 表2)。

表2 Logistic 回归分析结果

Table 2 Results of the Logistic regression analysis

变量	OR	95% CI	P
手术时长	1.009	1.003~1.015	0.001
偏瘦	9.881	4.038~24.910	<0.001
老年	0.542	0.223~1.431	0.193
前列腺重量	1.021	1.012~1.030	<0.001
术前体温	0.341	0.090~1.203	0.102

OR: 优势比; 95% CI: 95% 置信区间。

2.4 HoLEP后低体温的预测模型的建立与验证

以LASSO回归及多因素Logistic回归分析获得的3个变量(手术时长、偏瘦、前列腺重量)为预测因素,以HoLEP后是否发生低体温为临床结局,建立HoLEP后低体温的预测模型列线图,每个预测因素的贡献基于模型分析中获得的回归系数进行量化,模型分配的分数如下:手术时长0~350 min对应0~57分;偏瘦,“否”对应0分,“是”对应44分;前

列腺重量0~240 g对应0~100分(图2)。应用校准曲线评价模型的一致性,校准结果显示趋近理想曲线(图3),C-index为0.832(95% CI 0.787~0.865),提示该模型与理想模型一致性良好;AUC为0.755(95% CI 0.686~0.820)(图4),提示该模型有较强的预测能力。决策曲线分析结果显示当列线图模型预测HoLEP后低体温的概率阈值在8%~97%范围内(图5)提示该模型有较好的净获益。

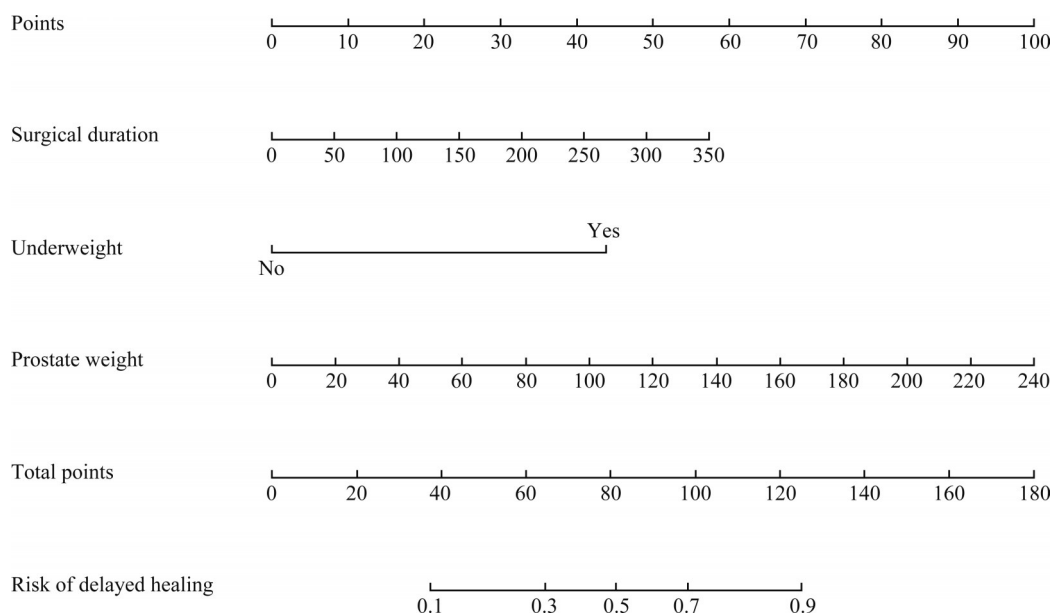


图2 HoLEP后低体温的预测模型列线图

Figure 2 Nomogram of the prediction model for hypothermia after HoLEP

HoLEP: Transurethral holmium laser enucleation of prostate.

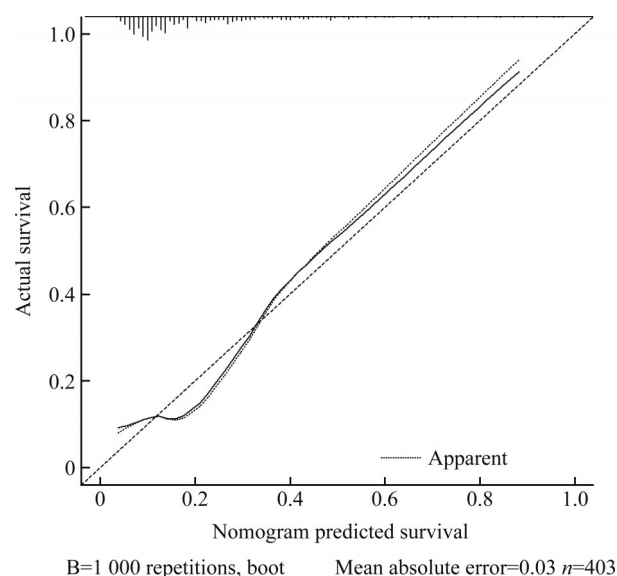


图3 预测模型校准曲线

Figure 3 Calibration curve of prediction model

The x-axis represents the predicted risk of postoperative hypothermia. The y-axis denotes the actual incidence of postoperative hypothermia. The diagonal dashed line indicates the performance expected from an ideally perfect prediction model. Meanwhile, the solid line illustrates the performance of the nomogram. A closer alignment of the solid line with the diagonal dashed line indicates superior predictive accuracy.

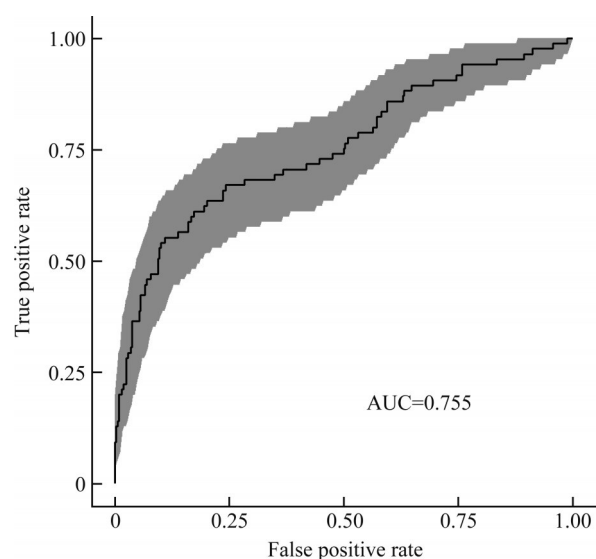


图4 预测模型的ROC

Figure 4 ROC of the prediction model

ROC: Receiver operating characteristic; AUC: Area under the curve.

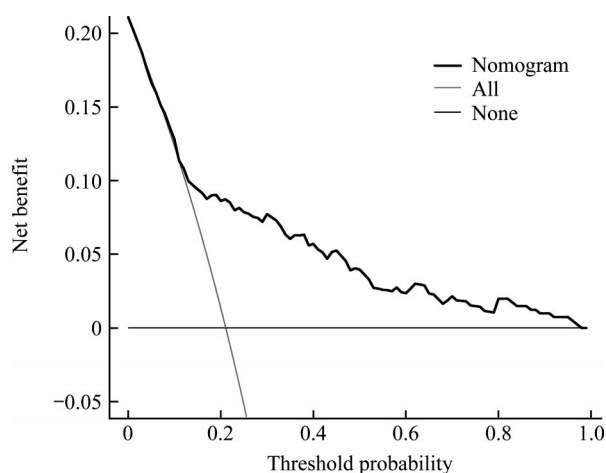


图5 预测模型的决策曲线

Figure 5 Decision curve of the prediction model

The y-axis measures net benefit. The blue line represents the nomogram for predicting postoperative hypothermia risk. The thin solid line indicates the assumption where no patients experience postoperative hypothermia, whereas the thick solid line represents the assumption where all patients experience postoperative hypothermia. The decision curve analysis shows that, within a threshold probability range of 8% to 97%, the utilization of the non-adherence nomogram to predict the risk of postoperative hypothermia in the current study would result in greater benefits.

3 讨论

HoLEP后低体温的发生率为21.09%，与Becerra等^[18]研究结果一致。较早的预测HoLEP后低体温的发生对临床实践具有重要意义^[19]。本研究开发并验证了1个HoLEP后发生低体温的列线图模型，用于预测HoLEP后发生低体温的风险，确定了手术时长、前列腺重量和偏瘦3个预测因素，并结合这些预测因素的列线图成功地识别了HoLEP后发生低体温的高风险患者。

本研究的诺莫图易于使用，可以作为一个简单的临床预测工具，个体化预测HoLEP后发生低体温的患者。例如：某患者BMI为18 kg/m²，前列腺重量为100 g，手术时长为200 min，根据HoLEP后低体温的预测模型列线图可知，BMI为18 kg/m²对应的评分为44分，前列腺重量为100 g对应的评分约为42分，手术时长为200 min对应的评分约为33分，经计算总得分为119分，对应风险系数约为0.87，低体温的发生风险较高；另一患者BMI为20 kg/m²，前列腺重量为80 g，手术时长为100 min，根据HoLEP后低

体温的预测模型列线图可知, BMI为20 kg/m²对应的评分为0分, 前列腺重量为80 g对应的评分约为33分, 手术时长为100 min对应的评分约为18分, 经计算总得分为51分, 对应风险系数约为0.20, 低体温的发生风险较低。

本研究发现手术时长是术后发生低体温的独立风险因素, 在预测HoLEP后低体温的发生中扮演重要角色, 与孙凡皓等^[5]研究结果一致。手术时长越长, 患者可能暴露在手术室温条件下的时间越长, 且手术过程中患者处于麻醉状态, 周围血管扩张, 骨骼肌震颤产热被抑制, 同时全身麻醉时下丘脑体温调节中枢反应阈值下降, 上述非生理状态处于“冷环境”时间越长, 机体热量丢失越多, 发生低体温风险越高。

前列腺重量越大, 前列腺切除就需要更长的手术时长, 前列腺重量可能通过影响手术时长导致低体温的发生。

本研究发现偏瘦是HoLEP后低体温发生的危险因素, 与以往研究^[20-21]结果一致, 偏瘦的患者体脂率低, 体脂导热率低, 可以减少皮肤的热量损失, 减少体温过低的可能性。同时体内较高的脂肪含量有利于保温, 减轻术中由于麻醉和手术造成的核心体温降低。

列线图使用方便, 可以避免大量的重复计算, 以帮助更好的临床决策^[22]。本研究将列线图模型应用于预测HoLEP后低体温的相关危险因素的研究, 建立了一种有效的术后的预测模型, 可使可能存在术后低体温风险的患者从中受益。对于被预测为低体温高风险的患者, 术前确保患者处于温暖环境中, 使用电热毯预热患者, 尤其是对于偏瘦的患者, 以增加体表温度; 术中使用加热床垫或加热毯, 保持患者在手术过程中的核心体温; 此外, 所有输注的液体和冲洗液都应预热至接近体温的温度, 以防止体温过快流失; 尽可能优化手术流程, 减少手术时长, 特别是对于前列腺重量较大的患者, 以减少暴露在低温环境下的时间; 在整个手术过程中持续监测患者的体温, 并根据监测结果及时调整保暖措施^[23]。

若患者已发生低体温, 应立即采取相应措施。首先, 使用快速加温设备, 如加热毯或暖风机, 迅速提升患者体温; 其次, 确保患者所在的环境温度适宜, 避免患者继续暴露于低温环境中; 同时, 密切监控患者的体温, 直到体温恢复正常水平^[24]。同时应该考虑到低体温可能增加术后并发症的风险, 如

心血管事件和感染, 因此需要评估并采取相应预防措施。

本研究的局限性和未来展望。首先, 在模型构建前期通过查阅既往相关文献并结合专家意见尽可能多地收集临床指标, 但因临床数据的复杂性、多样性及资源限制, 本研究数据收集仍可能存在一定的局限性; 其次, HoLEP后低体温的发生机制复杂, 本研究为回顾性研究, 可能存在选择偏倚; 最后, 本研究采用内部验证, 尽管模型具有最佳区分和极好的校准, 但是考虑到不同群体之间存在的流行病学和临床行为的差异, 该模型的普遍性仍然需要在更大样本的、前瞻性的多中心临床研究中使用额外的数据库进行外部验证, 以获得更加详细客观的结论。

综上, 本研究开发并验证了一种HoLEP后低体温的预测模型, 用于预测HoLEP后低体温的风险。诺莫图使用方便, 高度精准, 可以帮助更好的临床决策。经验证该诺莫图具有良好的临床性能及临床实用价值, 可帮助临床医师对每个HoLEP后发生低体温的风险进行个性化预测, 为临床医师早期干预治疗提供参考。

作者贡献声明: 姜君 研究实施, 数据采集、分析与解释, 论文起草、统计分析; 封硕 数据采集, 论文修改; 孙银贵 研究实施, 论文修改; 安燕 实验构思和设计, 论文修改与指导, 对文章的知识性内容作批评性审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

利益冲突声明: 作者声称无任何利益冲突。

参考文献

- [1] Gu FL, Xia TL, Kong XT. Preliminary study of the frequency of benign prostatic hyperplasia and prostatic cancer in China [J]. *Urology*, 1994, 44(5): 688-691. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(94\)80207-6](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(94)80207-6).
- [2] 林禹帆. 三种经尿道手术方式治疗良性前列腺增生的安全性与近期疗效对比研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020. <https://doi.org/10.27162/d.cnki.gjlin.2020.005183>.
LIN Yufan. Comparative study on the safety and short-term efficacy of three transurethral operations in the treatment of benign prostatic hyperplasia[D]. Changchun: Jilin University, 2020. <https://doi.org/10.27162/d.cnki.gjlin.2020.005183>.
- [3] 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. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009891.pub2>.
- [4] 张震, 郭海云, 侯武刚, 等. 围手术期低体温研究进展[J]. 解放军医学杂志, 2023, 48(4): 476-481. <https://doi.org/10.11855/j.issn.0577-7402.2023.04.0476>.
- ZHANG Zhen, GUO Haiyun, HOU Wugang, et al. Research progress on the perioperative hypothermia[J]. Medical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2023, 48(4): 476-481. <https://doi.org/10.11855/j.issn.0577-7402.2023.04.0476>.
- [5] 孙凡皓, 于红, 殷波. 经尿道前列腺剝除术患者发生术中低体温的危险因素[J]. 中国医科大学学报, 2022, 51(12): 1121-1125. <https://doi.org/10.12007/j.issn.0258-4646.2022.12.012>.
- SUN Fanhao, YU Hong, YIN Bo. Risk factors of intraoperative hypothermia in patients undergoing transurethral resection of prostate[J]. Journal of China Medical University, 2022, 51(12): 1121-1125. <https://doi.org/10.12007/j.issn.0258-4646.2022.12.012>.
- [6] 国家麻醉专业质量控制中心. 围术期患者低体温防治专家共识(2023版)[J]. 协和医学杂志, 2023, 14(4): 734-743. <https://doi.org/10.12089/jca.2023.07.018>.
- National Center for Quality Assurance of Anesthesia. 2023 Chinese expert consensus statement for prevention and management of perioperative hypothermia[J]. Medical Journal of Peking Union Medical College Hospital, 2023, 14(4): 734-743. <https://doi.org/10.12089/jca.2023.07.018>.
- [7] 崔志勇, 孔晓宇, 万旭娜. 高龄腹部大手术患者术中低体温影响因素及其预防管理[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2024, 23(5): 332-335. <https://doi.org/10.11915/j.issn.1671-5403.2024.05.071>.
- CUI Zhiyong, KONG Xiaoyu, WAN Xuna. Influencing factors and preventive management for intraoperative hypothermia in elderly patients undergoing major abdominal surgery[J]. Chinese Journal of Multiple Organ Diseases in the Elderly, 2024, 23(5): 332-335. <https://doi.org/10.11915/j.issn.1671-5403.2024.05.071>.
- [8] 杨曦仑, 孙雪晨, 孔繁一, 等. 老年全身麻醉非心脏手术后发生低体温的独立危险因素筛选及预测模型构建[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(16): 3953-3955. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2022.16.024>.
- YANG Xilun, SUN Xuechen, KONG Fanyi, et al. Screening of independent risk factors for hypothermia after non-cardiac surgery under general anesthesia in the elderly and construction of prediction model[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2022, 42(16): 3953-3955. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2022.16.024>.
- [9] 张祥华, 王行环, 王刚, 等. 良性前列腺增生诊断治疗指南(2006年试行版)[C]//贵州省医学会泌尿外科分会2006年学术年会论文汇编, 2006: 150-170.
- ZHANG Xianghua, WANG Xinghuan, WANG Gang, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of benign prostatic hyperplasia (trial edition 2006)[C]// Proceedings of the 2006 academic annual Meeting of Urology Branch of Guizhou Medical Association, 2006: 150-170.
- [10] Kelly TN, Gu DF, Chen J, et al. Cigarette smoking and risk of stroke in the Chinese adult population[J]. Stroke, 2008, 39(6): 1688-1693. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.505305>.
- [11] 罗芳, 范华霞, 张芹飞, 等. 三种方法对住院老年稳定性冠心病患者的营养风险状况筛查分析[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2023, 25(9): 945-948. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-0126.2023.09.012>.
- LUO Fang, FAN Huaxia, ZHANG Qinfei, et al. Analysis of three screening tools of nutritional risk of elderly inpatients with stable coronary heart disease[J]. Chinese Journal of Geriatric Heart Brain and Vessel Diseases, 2023, 25(9): 945-948. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-0126.2023.09.012>.
- [12] Akombi BJ, Agho KE, Hall JJ, et al. Stunting, wasting and underweight in sub-Saharan Africa: a systematic review[J]. Int J Environ Res Public Health, 2017, 14(8): 863. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080863>.
- [13] Piché ME, Tchernof A, Després JP. Obesity phenotypes, diabetes, and cardiovascular diseases[J]. Circ Res, 2020, 126(11): 1477-1500. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.316101>.
- [14] 陈余兴, 王贵. 高龄老年骨科手术患者术后低蛋白血症风险因素及预测模型[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(1): 55-59. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2022.01.016>.
- CHEN Yuxing, WANG Gui. Risk factors and prediction model of postoperative hypoproteinemia in elderly patients undergoing orthopedic surgery[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2022, 42(1): 55-59. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2022.01.016>.
- [15] 高珂琴, 刘朋川. 414例肿瘤患者贫血发生的相关因素分析[J]. 现代肿瘤医学, 2023, 31(21): 4039-4044. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4992.2023.21.025>.
- GAO Keqin, LIU Pengchuan. Analysis of related factors of cancer anemia in 414 tumor patients[J]. Journal of Modern Oncology, 2023, 31(21): 4039-4044. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4992.2023.21.025>.
- [16] Pavlou M, Ambler G, Seaman SR, et al. How to develop a more accurate risk prediction model when there are few events[J]. BMJ, 2015, 351: h3868. <https://doi.org/10.1136/bmj.h3868>.
- [17] 穆星宇, 佟玥丽, 普鹰, 等. 经尿道前列腺钬激光剝除术患者围术期低体温危险因素分析[J]. 现代泌尿外科杂志, 2023, 28(12): 1060-1064, 1068. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-8291.2023.12.011>.
- MU Xingyu, TONG Yueli, PU Ying, et al. Analysis of the risk factors of perioperative hypothermia in patients undergoing transurethral thulium laser prostatectomy[J]. Journal of Modern Urology, 2023, 28(12): 1060-1064, 1068. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-8291.2023.12.011>.
- [18] Becerra Á, Valencia L, Saavedra P, et al. Effect of prewarming on body temperature in short-term bladder or prostatic transurethral resection under general anesthesia: a randomized, double-blind, controlled trial[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 20762. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00350-2>.

- [19] Yılmaz 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): 313-322. <https://doi.org/10.1177/10547738221090593>.
- [20] Li L, Ye WB, Li YX, et al. Intraoperative accidental hypothermia as a probable cause of malignant ventricular arrhythmias in an elderly patient undergoing transurethral resection of prostate: a case report[J/OL]. Heliyon, 2023, 9(8): e19006[2024-01-05]. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19006>.
- [21] Chalari E, Intas G, Zyga S, et al. Perioperative inadvertent hypothermia among urology patients who underwent transurethral resection with either TURis or transurethral resection of the prostate method[J]. Urologia, 2019, 86(2): 69-73. <https://doi.org/10.1177/0391560318758937>.
- [22] Wang X, Lu J, Song Z, et al. From past to future: Bibliometric analysis of global research productivity on nomogram (2000–2021) [J]. Front Public Health, 2022, 10: 997713. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.997713>.
- [23] Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance [J]. Lancet, 2016, 387(10038): 2655-2664. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00981-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00981-2).
- [24] Torossian A, Bräuer A, Höcker J, et al. Preventing inadvertent perioperative hypothermia[J]. Dtsch Arztebl Int, 2015, 112(10): 166-172. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2015.0166>.
- (责任编辑 宋柳)

本文引用: 姜君, 封硕, 孙银贵, 安燕. 经尿道钬激光前列腺剜除术后低体温的危险因素及列线图预测模型的构建[J]. 中南大学学报(医学版), 2024, 49(11): 1741-1750. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2024.240460

Cite this article as: JIANG Jun, FENG Shuo, SUN Yingui, AN Yan. Risk factors for hypothermia after transurethral holmium laser enucleation of the prostate and development of a nomogram model [J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2024, 49(11): 1741-1750. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2024.240460