

• 临床研究 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.16.008

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240511.1103.006\(2024-05-11\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240511.1103.006(2024-05-11))非体外心脏复合手术患者非计划性术中低体温的影响因素
分析及风险预测模型构建*卞海磊^{1,2}, 范明思¹, 倪 荔^{3△}(1. 同济大学医学院, 上海 200092; 2. 同济大学附属东方医院手术室, 上海 200120;
3. 同济大学附属东方医院护理部, 上海 200120)

[摘要] **目的** 分析非体外心脏复合手术患者非计划性术中低体温(IIH)的影响因素, 构建列线图预测模型。**方法** 收集该院 2019 年 1 月至 2022 年 12 月 429 例非体外心脏复合手术患者的临床资料, 以是否发生 IIH 为结局指标。采用单因素及多因素 logistic 回归分析筛选出有意义的独立影响因素, 并构建列线图模型。使用受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)值评价模型的区分度, 使用校准曲线评价模型的一致性, 并采用 Bootstrap 重抽样法进行内部验证。**结果** 429 例患者中 IIH 的发生率为 72.26%。多因素 logistic 回归分析显示, 基础体温、术中肝素剂量、BMI、加温方式、麻醉持续时间为非体外心脏复合手术患者发生 IIH 的独立影响因素。构建的列线图模型 AUC 值为 0.916 (95% CI: 0.885 ~ 0.947), 具有较好的区分度及一致性。**结论** 本研究构建的列线图模型预测价值较高, 可为临床 IIH 防护措施的开展提供参考依据。

[关键词] 非计划性术中低体温; 复合手术; 预测模型; 列线图**[中图分类号]** R472.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2024)16-2443-05Analysis on influencing factors of inadvertent intraoperative hypothermia in
patients with non-in vitro cardiac hybrid operation and
construction of risk prediction model*BIAN Hailei^{1,2}, FAN Mingsi¹, NI Li^{3△}

(1. School of Medicine, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Department of Operating Room, Affiliated East Hospital, Tongji University, Shanghai 200120, China; 3. Department of Nursing, Affiliated East Hospital, Tongji University, Shanghai 200120, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the risk factors of inadvertent intraoperative hypothermia (IIH) in the patients with non-in vitro cardiac hybrid operation, and to construct a nomogram prediction model. **Methods** The clinical data in 429 cases of non-in vitro cardiac hybrid surgery in this hospital during 2019—2022 were collected. Whether IIH occurring served as the outcome indicator. The univariate and multivariate logistic regression analyses were used to screen out the significant independent influencing factors, and the nomogram model was constructed. The area under the receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the discrimination of the model, the calibration curve was used to evaluate the consistency of the model, and the Bootstrap resampling method was used for conducting the internal validation. **Results** The incidence rate of IIH in 429 cases was 72.26%. The multivariate logistic regression analysis showed that the basal body temperature, intraoperative heparin use amount, BMI, warming methods and anesthesia duration were the independent influencing factors for the IIH occurrence in the patients with non-in vitro cardiac hybrid operation. The AUC value of the constructed nomogram model was 0.916 (95% CI: 0.885—0.947) with good discrimination and consistency. **Conclusion** The nomogram model constructed in this study has the high predictive value, which could provide the reference data for carrying out clinical IIH preventive measures.

[Key words] inadvertent intraoperative hypothermia; hybrid operation; prediction model; nomogram

非计划性术中低体温(inadvertent intraoperative hypothermia, IIH)是指手术中由于各种原因导致的

* 基金项目: 上海市浦东新区卫生系统学科带头人培养计划项目(PWRd2021-19); 上海市东方医院(同济大学附属东方医院)天使计划暨青年护士成长计划项目(DFTS-2242)。△ 通信作者, E-mail: 871697996@qq.com。

患者机体核心温度低于 36℃^[1]。研究表明,IIH 可导致多种不良结局:麻药代谢延迟、外科伤口感染、凝血功能障碍、住院时间延长、心血管不良事件概率增加^[2]等。复合手术是一种将导管治疗和外科手术相结合的术式,目前主要应用于心外科、神经外科、血管外科等领域^[3]。对 IIH 发生风险进行预测评估是预防低体温的首要环节,有助于尽早识别高危患者,采取个性化的保温措施^[4]。目前,针对 IIH 的研究主要集中于综合保温措施、体温管理效果等方面^[5],缺乏可视化的科学预测工具。本研究通过分析患者的临床资料,筛选 IIH 发生的独立影响因素,并构建列线图模型,旨在为临床非体外心脏复合手术患者 IIH 的风险预测提供便捷有效、可视化的工具,为护理保温措施的开展提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2019 年 1 月至 2022 年 12 月在本院行非体外心脏复合手术患者的临床资料。根据是否发生 IIH,分为低体温组和非低体温组。纳入标准:(1)年龄≥18 岁;(2)择期行非体外心脏复合手术;(3)知情同意并签署同意书;(4)无须体外循环转流降温。排除标准:(1)术前体温异常,即体温过高(≥37.5℃)或过低(≤35.0℃);(2)使用主动脉内球囊反搏;(3)合并严重代谢性疾病。本研究已通过医院伦理委员会审批(审批号:[2023]研审第 077 号)。

1.2 方法

基于循证实践^[6]、证据总结^[4,7]和临床指南^[8-9],构建《非体外心脏复合手术患者术中低体温影响因素调查表》,共纳入 21 项影响因素:性别、年龄、BMI、基础体温、术前心率、动脉收缩压、动脉舒张压、术前活化凝血时间(activated clotting time,ACT)、术前心脏射血分数(ejection fraction,EF)、美国麻醉医师学会(American Society of Anesthesiologists,ASA)分级、

手术方式、手术持续时间、是否为胸部小切口手术、术中失血量、术中肝素剂量、肝素化持续时间、输血量、输血量、术中尿量、麻醉时间、加温方式。核心体温比外周温度更可反映机体的热量状态^[10],故采用测温导尿管全程采集患者膀胱温度,一旦出现某个时间点体温<36℃,即判定出现 IIH。

1.3 统计学处理

采用 SPSS22.0 软件进行分析,正态分布的计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 描述,组间比较采用 t 检验;偏态分布的计量资料用 $M(Q_1,Q_3)$ 进行描述,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验;计数资料采用例数和百分比对进行描述,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 logistic 回归对单因素分析中有意义的自变量进行分析,用方差膨胀因子法进行多重共线性诊断,筛选出独立影响因素。采用 rms 软件包 R3.6.2 构建风险预测列线图模型。使用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线下面积(area under curve,AUC)评价列线图模型的区分度,使用 Bootstrap 重抽样法进行内部验证,并绘制模型的校准曲线进行一致性检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 一般资料

共纳入 429 例非体外心脏复合手术患者,男 324 例(75.52%),女 105 例(24.48%),年龄 33~96 岁。非体外心脏复合手术类型包括冠脉支架+不停跳冠脉搭桥术(238 例,55.48%)、胸主动脉覆膜支架腔内隔绝术(135 例,31.47%)、经导管主动脉瓣置换术(35 例,8.16%)、经心尖二尖瓣钳夹术(11 例,2.56%),IIH 发生率为 72.26%(310/429)。低体温组和非低体温组 BMI、基础体温、术中肝素剂量、加温方式、术前心率、年龄、输血量、输血量、麻醉持续时间差异有统计学意义($P<0.05$),见表 1。

表 1 两组一般资料比较

项目	非低体温组($n=119$)	低体温组($n=310$)	$\chi^2/t/U$	P
性别[$n(\%)$]			0.221	0.638
女	31(29.5)	74(70.5)		
男	88(27.2)	236(72.8)		
年龄[$M(Q_1,Q_3)$,岁]	69.00(61.00,76.00)	71.00(63.00,78.25)	1.933	0.043
BMI($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	25.93±3.29	24.07±3.33	5.177	<0.001
基础体温[$M(Q_1,Q_3)$,℃]	36.20(36.00,36.50)	35.90(35.50,36.10)	-8.963	<0.001
术前心率[$M(Q_1,Q_3)$,次/min]	76.00(67.00,85.00)	72.00(64.00,80.00)	-2.390	0.017
收缩压[$M(Q_1,Q_3)$,mmHg]	145.00(131.00,168.00)	147.00(131.75,168.00)	0.401	0.688
舒张压[$M(Q_1,Q_3)$,mmHg]	75.00(67.00,84.00)	73.00(65.00,80.25)	-1.233	0.218
术前 ACT[$M(Q_1,Q_3)$,s]	153.00(144.50,164.50)	150.00(141.00,165.00)	-1.013	0.311
术前 EF($\bar{x}\pm s$,%)	55.48±10.85	56.40±11.30	-0.687	0.492

续表 1 两组一般资料比较

项目	非低温组(<i>n</i> =119)	低温组(<i>n</i> =310)	$\chi^2/t/U$	<i>P</i>
ASA 分级[<i>n</i> (%)]			0.488	0.783
2 级	21(28.8)	52(71.2)		
3 级	89(28.2)	227(71.8)		
4 级	9(22.5)	31(77.5)		
手术方式[<i>n</i> (%)]			6.192	0.517
胸主动脉覆膜支架腔内隔绝术	44(32.6)	91(67.4)		
冠脉支架+不停跳冠脉搭桥术	61(25.6)	177(74.4)		
经心尖二尖瓣钳夹术	3(27.3)	8(72.7)		
主动脉弓成形术	0	1(100.0)		
经心尖主动脉瓣置换术	1(14.3)	6(85.7)		
经心尖二尖瓣生物瓣膜植入术	1(100.0)	0		
经导管主动脉瓣置换术	9(25.7)	26(74.3)		
升主动脉无名动脉人造血管旁路术	0	1(100.0)		
手术持续时间[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),min]	185.00(115.00,275.00)	201.50(130.00,267.25)	1.304	0.192
胸部小切口手术[<i>n</i> (%)]			2.299	0.129
否	50(32.0)	104(68.0)		
是	69(25.2)	206(74.8)		
术中失血量[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),mL]	100.00(50.00,200.00)	100.00(50.00,300.00)	0.794	0.427
术中肝素剂量[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),mg]	80.00(65.00,90.00)	80.00(80.00,100.00)	−3.618	<0.001
肝素化时间[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),min]	66.00(45.50,98.75)	71.00(51.75,111.25)	1.104	0.270
输液量[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),mL]	1 500.00(800.00,2 000.00)	1 700.00(1 000.00,2 200.00)	−1.739	0.032
输血量[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),mL]	20.00(5.00,32.00)	54.00(25.00,102.50)	1.934	0.043
尿量[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),mL]	500.00(300.00,800.00)	400.00(200.00,600.00)	−0.745	0.457
麻醉时间[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃),min]	210.00(145.00,305.00)	243.50(166.50,315.00)	1.655	0.048
加温方式[<i>n</i> (%)]			97.857	<0.001
无加温	0	69(100.0)		
液体加温	4(7.4)	50(92.6)		
强制空气加温	15(19.0)	64(81.0)		
温毯加温	23(31.9)	49(68.1)		
冲洗液加温	29(34.9)	54(65.1)		
复合加温(≥2 种加温方式)	48(66.7)	24(33.3)		

2.2 IIH 的多因素 logistic 回归分析

BMI、基础体温、麻醉时间、肝素剂量、加温方式是心外复合手术患者发生 IIH 的独立影响因素。采

用方差膨胀因子(VIF)法对这 5 个变量进行多重共线性诊断,VIF 均<10,变量之间不存在多重共线性,见表 2。

表 2 多因素 logistic 回归分析及共线性诊断

项目	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>Wald</i>	<i>P</i>	<i>OR</i> (95% <i>CI</i>)	VIF
常量	97.326	14.324	46.164	<0.001		
BMI	−0.166	0.046	12.817	0.001	0.847(0.774~0.928)	1.184
基础体温	−2.542	0.390	42.449	<0.001	0.079(0.037~0.169)	1.039
麻醉时间	0.009	0.002	23.403	<0.001	1.009(1.005~1.012)	1.231
肝素剂量	0.140	0.006	17.666	<0.001	1.150(1.124~1.156)	1.396
加温方式(是否复合保温)	−2.518	0.388	42.152	<0.001	0.081(0.038~0.172)	1.071

2.3 列线图模型构建

将 429 例患者资料作为建模数据集,构建心外复合手术患者发生 IIH 风险预测列线图,总分 0~220 分,发生 IIH 的概率 0.05~0.999,见图 1。

2.4 列线图模型评价

ROC 曲线分析表明,列线图模型的 AUC 为 0.916(95%CI:0.885~0.947),区分度较好,见图 2。使用 Bootstrap 重抽样法进行内部验证,AUC 为 0.913,预测模型具有较好的一致性,见图 3。

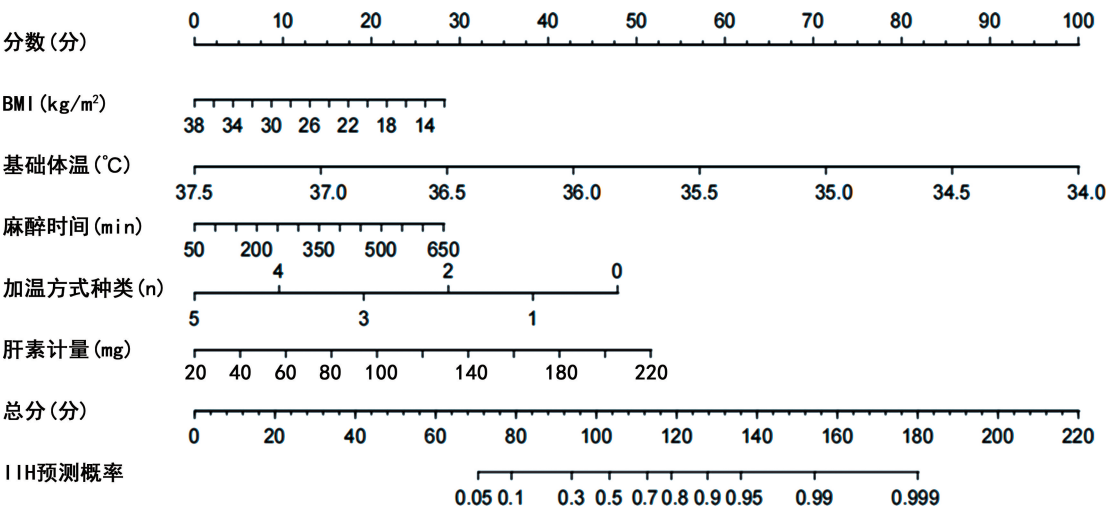


图 1 非体外心脏复合手术患者发生 IIH 风险预测列线图

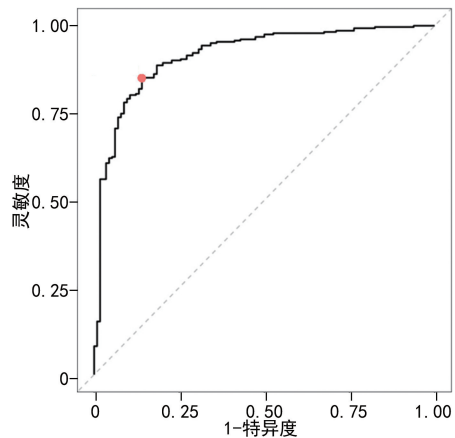


图 2 列线图模型 ROC 曲线

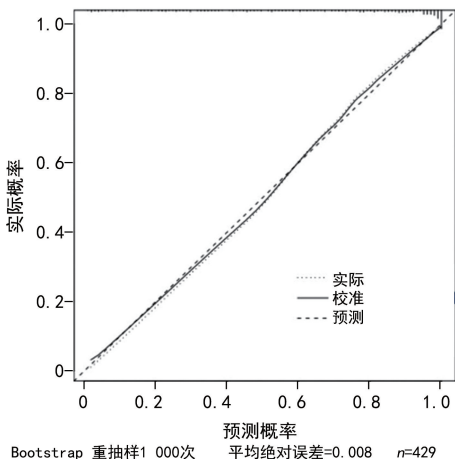


图 3 列线图模型校准曲线

3 讨论

本研究发现,基础体温是非体外心脏复合手术患者 IIH 发生的独立影响因素,与以往研究^[8]相符。在

对应的护理措施上,麻醉诱导前至少 20 min 的主动保温可以增加患者体表热量储备,减少术中由于热量再分布而导致的核心体温降低^[4]。外界环境温度的提高也可以减少体温向外界辐射的热量交换,手术室初始室温的适当提高可延迟和降低 IIH 的发生^[11]。同时,复合保温对于 IIH 的预防具有意义。护理人员对于 IIH 的认识、保温意识存在差异^[12],需要提高对非体外心脏复合手术患者 IIH 的防护意识,加强 IIH 发生机制、影响因素及不良预后的相关培训,可采用集束化护理干预提高护理人员对 IIH 的知行水平^[13]。

BMI 越高,患者术中低体温的发生风险越低,与其他研究结论一致^[14]。而最新专家共识^[8]指出,对于超重患者,BMI 越大,体表面积越大,热量散失越快。提示在心外复合手术术前需要获取患者的 BMI,对于 BMI 异常的患者尽早采取预防措施,选择合适的加温策略,降低其 IIH 的发生率。

进行有创性心血管造影时必须应用肝素进行抗凝达到术中肝素化的目的,心外科手术中肝素应用不当则会造成出血或术后凝血功能障碍^[15]。依据体外循环指南建议^[16],在心外科肝素的应用上,应当合理进行个体化用药,或者依据定期监测的 ACT 值补充肝素剂量。护理人员应当及时关注手术进程,掌握术中肝素使用剂量,非常规增加肝素剂量时,应该积极进行应对,采取合理的主动保温措施。

麻醉持续时间的延长会导致麻醉药物持续抑制机体的体温调节功能,导致外周血管的持续扩张,热量丢失增加^[17]。心脏复合手术团队不仅包括护理人员、外科及麻醉医师,还包括超声、造影技师等,团队

的密切配合至关重要,手术室护理人员需要做好人员的协调沟通及充分的物品准备,避免因术中等待而延长不必要的麻醉时间,提高手术室运转效率。

本研究通过单因素分析及 logistic 回归分析筛选出非体外心脏复合手术患者发生 IIH 的独立影响因素并构建出了列线图风险预测模型,模型的 AUC 值为 0.916(95%CI:0.885~0.947),内部验证后 AUC 为 0.913;同时,模型的校准曲线结果显示,预测值和实际值曲线走势基本一致,表明模型的区分度及一致性良好,可以为非体外心脏复合手术患者发生 IIH 风险预测提供可视化的便捷操作工具。但由于为单中心、回顾性研究,数据收集过程存在一定选择偏倚,本研究存在一定的局限性。未来将进一步扩大调查范围,开展多中心、大样本研究,以完善模型的外部验证,在具有代表性的人群中进行动态更新。

参考文献

[1] RIBEIRO E, FERREIRA R C, MONTANARI F L, et al. Conceptual and operational definition of the components of the nursing diagnosis hypothermia (00006) in the perioperative period[J]. Rev Bras Enferm, 2021, 74(2): e20190684.

[2] 代子一, 黄宇光. 围术期低体温有效预防策略的研究进展[J]. 临床麻醉学杂志, 2021, 37(5): 539-542.

[3] 中国医学装备协会护理装备与材料分会手术装备与材料专业委员会. 数字减影血管造影复合手术室管理专家共识[J]. 中国医学装备, 2023, 20(1): 141-145.

[4] 余文静, 肖瑶, 胡娟娟, 等. 预防围手术期患者低体温的最佳证据总结[J]. 中华护理杂志, 2019, 54(4): 589-594.

[5] 李玉梅, 张宏晨, 陈晓东, 等. 围术期低体温风险预测模型的研究进展[J]. 护理研究, 2021, 35(17): 3107-3110.

[6] 王梦甜, 童彬, 王小明, 等. 非体外循环冠脉搭桥患者术中非计划性低体温预防措施的循证实践[J]. 中华现代护理杂志, 2022, 28(25): 3394-3404.

[7] WANG M D, JIANG Y Y, HAN W J, et al. Summary of the best evidence for the prevention of intraoperative unplanned hypothermia in patients undergoing laparoscopic surgery [J]. Gland Surg, 2021, 10(9): 2790-2798.

[8] 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.

[9] ENGELMAN D T, BEN ALI W, WILLIAMS J B, et al. Guidelines for perioperative care in cardiac surgery: enhanced recovery after surgery society recommendations [J]. JAMA Surg, 2019, 154(8): 755-766.

[10] KOYUNCU A, GÜNGÖR S, YAVA A. Knowledge and practices of surgical nurses on inadvertent perioperative hypothermia[J]. Florence Nightingale J Nurs, 2023, 31(1): 18-25.

[11] 王会, 张倩, 万一聪. 初始室温控制对卵巢癌开腹手术患者术中体温变化的影响[J]. 护士进修杂志, 2021, 36(19): 1772-1776.

[12] 邢雪燕, 高志峰, 涂淑敏, 等. 手术室护士与麻醉护士围术期低体温防护知信行的调查研究[J]. 重庆医学, 2023, 52(8): 1225-1229.

[13] 李晓佩, 胡婷婷, 涂慧慧, 等. 围手术期非计划性低体温集束化护理在手术患者中的应用及对护士知信行的影响[J]. 中华现代护理杂志, 2021, 27(36): 4970-4973.

[14] LI Y, LIANG H, FENG Y. Prevalence and multi-variable factors associated with inadvertent intraoperative hypothermia in video-assisted thoracoscopic surgery: a single-center retrospective study [J]. BMC Anesthesiol, 2020, 20(1): 25.

[15] WAHBA A, MILOJEVIC M, BOER C, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2020, 57(2): 210-251.

[16] 吉冰洋, 闫姝洁, 章晓华, 等. 从经验到循证: 《2019 欧洲成人心脏手术心肺转流指南》解读[J]. 中国体外循环杂志, 2020, 18(1): 3-7.

[17] FENG G J, WANG Y, FENG J H, et al. The relationship between core temperature and perioperative shivering during caesarean section under intrathecal anesthesia with bupivacaine and ropivacaine: a randomized controlled study[J]. J Anesth, 2021, 35(6): 889-895.

(收稿日期: 2024-01-13 修回日期: 2024-05-17)

(编辑: 成 卓)