急诊创伤患者低体温风险预测模型与分级复温策略的研究进展

苏菲燕　丁　军*
宁夏医科大学总医院　宁夏　银川　750000

摘　要：低体温在急诊创伤患者中很常见，也容易引发致死性三联征，致残率和死亡风险都会明显升高。这篇文章把创伤低体温的发生机制和危险因素理了一遍，传统评分工具和新型机器学习预测模型的应用情况也做了比对，还分析了不同分级、不同类型创伤患者怎么复温才更合适。目前模型泛化能力还不够、复温标准也不统一、院前和院内之间的衔接也经常断掉。针对这些问题，探讨了智能化预测和标准化复温体系的发展方向，给临床精准防控提供一个参考思路。

关键词：急诊创伤患者；低体温风险预测模型；分级复温策略；研究进展

引言：急诊创伤患者病情往往比较凶险，变化也快，低体温的发生率能到百分之二三十甚至五十。低体温本身就是一个独立的风险因素，会加重伤情，容易诱发多器官功能损伤，也跟远期预后差密切相关。临床上创伤低体温的诱因比较复杂，涉及患者自身情况、创伤严重程度和救治环境等多方面的影响，常规监测和凭经验复温的做法有很明显的局限。要做到精准的风险预测和个体化分级复温，是改善预后的关键环节。

1 急诊创伤患者低体温概述及危害

1.1 创伤低体温的定义与临床分级标准

创伤低体温，简单说就是受伤后身体散热量大于产热量，导致核心体温掉到36℃以下。这个情况在院前急救中并不少见，发生率大概在20%到50%之间，而且恶化速度很快，不能掉以轻心。国际上按核心体温把创伤低体温分成三档：轻度（34～36℃）、中度（32～34℃）和重度（＜32℃）。重度的时候患者往往意识不清，生命体征波动也大。在急诊场景下，还可以按发生时间和病因分成原发性和继发性两类，前者是院前环境暴露造成的，后者是院内救治或创伤并发症引起的，有时候两者会叠加在一起，病情就更复杂了[1]。

1.2 急诊创伤患者低体温的发生机制

热量丢失主要通过辐射、对流、传导和蒸发这四个渠道，环境温度低、衣服湿了、体表暴露面积大，都会加快热量流失。创伤本身也会抑制产热，严重损伤会触发全身性的炎症反应，下丘脑的体温调节中枢被干扰，加上能量耗竭和骨骼肌震颤减弱，产热量就明显减少了。还有医源性因素也跑不掉，急诊抢救时大量输注没加温的液体、体腔长时间暴露在冷空气中，都会直接拉低核心体温。

1.3 创伤低体温的临床危害与预后影响

低温对凝血功能的打击很明显，血小板活化和凝血酶生成都受抑制，凝血功能障碍出来了，创面和内脏出血的风险就上去了。更麻烦的是，低体温、酸中毒、凝血障碍这三个因素凑在一起，会形成一个恶性循环，这也是创伤早期可预防性死亡的主要原因。此外，低温还会削弱免疫屏障，感染率跟着升高，心律失常、肾损伤等多器官功能障碍的风险也加大了，远期生存质量明显下降，康复周期也拉得更长。

2 急诊创伤患者低体温危险因素及风险预测模型研究

2.1 急诊创伤低体温独立危险因素分析

（1）跟患者自身相关的因素：年龄大了体温调节功能会减退，有糖尿病、甲减这类基础病的代谢产热能力差，体型消瘦或BMI低的隔热层少，热量容易散失。（2）跟创伤本身相关的因素：伤得越重（ISS评分高）热量丢失越厉害，头胸腹联合伤和大面积体表损伤尤其明显，休克状态下血流动力学紊乱也会加速核心体温往下掉[2]。（3）环境和救治环节的因素：外界温度低、院前转运时间长、转运途中保温措施跟不上、院内大量输注没加温的液体和血液制品，都会让低体温风险往上走。

2.2 传统低体温风险评估工具研究现状

（1）常规体温监测方法有局限：腋温、耳温这些测法容易受环境干扰，没法连续动态地反映核心温度的真实变化，存在滞后性和测量偏差。（2）传统创伤评分量表（ISS、RTS）能用但不精准：ISS和RTS虽然能评估伤情严重程度，但它们的设计初衷并不是为了预测低体温，所以对体温相关的风险反映得不够。（3）单靠一个

指标不够用：只盯着初始体温或休克指数之类的单一指标，很难评估出多因素交互作用下的综合风险，容易漏判、耽误干预。

2.3 新型低体温风险预测模型构建与类型

（1）基于Logistic回归的传统预测模型：把年龄、收缩压、体温、创伤部位这些独立危险因素筛出来，构建回归方程做量化预测，给临床提供一个可用的评分标准。（2）基于机器学习的新型模型：利用大数据挖掘非线性关联，用随机森林、决策树、XGBoost这些算法提升预测精度，现在越来越多人往这个方向走。（3）急诊专用的低体温风险评分量表：针对急诊场景的特点，把Glasgow评分、环境温度这些快速评估指标整合进去，经过多中心验证逐步优化，慢慢推向了标准化[3]。

2.4 各类预测模型的效能对比与临床适用性

（1）不同模型的准确度、灵敏度和特异度：机器学习模型在AUC和预测准确率上通常优于传统回归模型，但也有研究发现某些简化评分在早期筛查中操作简便、耗时短，优势也挺明显。（2）基层急诊和重症场景的适配差异：基层机构设备条件有限、数据录入能力不足，更适合用评分卡这类简化工具；大型三级医院可以部署智能化预警系统，做实时动态风险监测。（3）现有模型的临床应用短板：多数模型是用回顾性数据建的，缺前瞻性验证和多中心外部验证；部分模型变量获取太复杂，紧急救治环境下操作起来不方便，依从性也差，推广转化还有不少问题要解决。

3 急诊创伤患者分级复温策略及临床应用

3.1 创伤低体温分级复温的理论依据与分级原则

分级复温的核心思路是“先保温、后复温、分级递进”，根据体温下降的程度和患者的血流动力学状态来选择复温的强度，避免复温过快或过慢带来的二次损伤，实现精准干预。分层标准也很明确：轻度低体温（34-36℃）以被动保温为主，中度（32-34℃）采用主动体外复温，重度（＜32℃）则需要侵入性核心复温，同时还要结合创伤严重度和休克分级动态调整复温强度。个体化方面，要综合考虑年龄、基础疾病、损伤类型和血流动力学稳定性来制定方案，动态评估、阶梯升级，不能一刀切。

3.2 轻中度低体温患者的常规复温策略

被动保温复温适用于轻度低体温且血流动力学稳定的患者，操作上就是移除湿冷衣物、覆盖保温毯、提高环境温度、戴帽、用反光膜这些措施，复温速率大约0.5-1.0℃/h。中度低体温则需要体表主动外复温，常用的有充气加温毯、化学热袋和辐射加温设备，重点加温躯干核心区域（颈部、胸腹、腹股沟），四肢尽量不加温，避免核心血温骤降。复温过程中每15到30分钟测一次核心体温，动态评估循环和凝血功能，同时警惕复温后低血压和心律失常，避免烫伤，复温达标后及时降级维持[4]。

3.3 重度低体温患者的强化复温策略

核心体温低于32℃的重度患者，需要采用侵入性复温技术，比如腹腔灌洗、胸腔灌洗、膀胱灌洗和经食管复温装置，直接提升核心脏器温度，复温速率可以达到1.5-2.5℃/h。所有静脉液体和血液制品都要经专用加温设备加温到37-42℃后再输注，急诊室必须配备高效液体加温仪，并制定标准操作规程来保障输注安全和时效。对合并休克的重度低体温患者，采用“复温+液体复苏+血管活性药物”三位一体的协同策略，优先恢复核心体温来改善凝血和心肌功能，同步纠正代谢紊乱，必要时启用ECMO作为终极复温手段。

3.4 特殊类型创伤低体温的个体化复温方案

多发伤和复合伤患者的复温要重点保护颅脑和躯干核心，头部不能过度加温以免加重脑水肿；合并胸腹部开放性损伤的，优先采用体腔灌洗复温，同时兼顾止血和保温。院前转运和院内急诊的衔接上，院前就要启动保温措施并实时传输体温数据，院内提前预备加温液体和复温设备，形成“院前-急诊-ICU”连续体温管理链条，做到无缝衔接、分级干预。老年患者复温速率要适度放缓（＜1.0℃/h），重点防心脑血管负荷骤增；儿童体表面积/体重比大、热量散失快，应优先用加温湿化氧和辐射保温台，复温目标按年龄调整，避免过度复温引发高热惊厥[5]。

4 现存问题、研究展望与临床应用建议

4.1 低体温风险预测模型现存问题

（1）样本来源单一，往外推就不太灵了。现有模型基本都是单中心回顾性数据，病例来源集中在某个区域、某种创伤类型上，缺乏跨地域、跨种族、不同致伤机制的大样本验证。模型泛化能力不足，放到别的医院就不那么好用了，跟我国创伤患者多样化的现实对不上。（2）变量太多，急诊根本来不及算。不少模型纳入了乳酸、碱剩余、凝血酶原时间这些实验室指标，数据获取耗时较长，在抢救的黄金窗口期里根本凑不齐。跟急诊“快速决策、简化操作”的核心需求脱节，临床转化率低，一线医护人员也不太愿意用。（3）静态评分，没法动态更新。绝大多数模型都是一锤子买卖，患者病情变了风险等级却不会跟着变。多中心、大样本、前瞻性的外部验证研究也缺，模型在不同医疗场景下的稳定性、校准度、临床净收益都没被系统评估过，可信度和

推广价值都打折扣。

4.2 分级复温策略临床应用的不足

（1）分级标准不统一，各家各唱各的调。国内外各学术组织和医疗机构在低体温分级阈值、不同层级的复温技术选择、复温目标、升级指征这些核心问题上，至今没有形成统一共识。临床实践中复温方案五花八门，治疗效果的同质性和研究之间的可比性都受影响。（2）复温速度不好把握，快了慢了都出事。复温过速，外周血管一下扩张了，核心体温“后降效应”和再灌注损伤跟着来，复温性休克和恶性心律失常的风险就上去了；复温过慢，低体温暴露时间拉长，凝血障碍、酸中毒、感染风险都加重。两头都不好办。（3）院前和院内复温体系接不上。院前急救和院内急诊之间缺乏标准化的体温管理交接流程和连续动态监测机制。保温措施在转运途中经常中断，复温设备和加温液体到了急诊才现准备，“黄金保温窗”就这么错过去了，院前已经启动的复温效果到了急诊就续不上了。

4.3 未来研究发展方向

（1）把模型做简单、做智能。借助大数据和AI技术，筛选出最少的关键预测变量，开发能嵌入急诊信息系统的智能预警工具，做到“一键式”快速风险分层，真正满足急诊高效决策的需求。（2）把复温体系做标准、做一体。需要推动制定国家级或区域级的创伤低体温诊疗共识和操作指南，把体温分级标准、复温技术操作规范、疗效评价体系都统一起来，构建覆盖“院前急救-急诊抢救-重症监护”全链条的一体化体温管理路径。（3）多中心临床研究得跟上。开展前瞻性、多中心、大样本的随机对照研究和真实世界研究，系统验证各类预测模型的效能和分级复温策略的临床净收益，为指南制定和临床实践变革提供高质量的证据支撑。

4.4 临床推广与应用建议

（1）基层医院要把防控体系建起来。制定适合基层实际的操作手册，配齐基础保温和液体加温设备，建立区域性创伤中心牵头的低体温防治协作网络，把双向转诊和远程会诊渠道打通，让基层首诊的识别和处置能力真正提上来。（2）急诊医护的专项培训要做实。把创伤低体温规范化管理纳入继续教育和岗位技能考核，用高仿真情景模拟教学和典型病例复盘分析来强化团队协作和应急决策能力，让理论知识能真正转化成临床技能。（3）智能监测预警系统要落地。研发一套集连续核心体温监测、风险动态预警、分级复温方案智能推荐于一体的临床决策支持系统，跟医院信息系统无缝对接，辅助临床实时精准决策，推动创伤低体温管理往智能化、精准化方向走。

结束语

现阶段创伤低体温的风险预测和复温治疗还有不少短板。现有预测模型跟急诊实际场景匹配度不高，分级复温标准没统一，院前、急诊到ICU的全程体温管理也还没真正串起来。往后推进的方向：一是用大数据和AI把模型做扎实，二是通过多中心研究把方案效果验证清楚，推动复温标准统一。同时要把院前急救、急诊、ICU三个环节的管理链条打通，基层的识别和处置能力也得跟上，让创伤低体温诊疗往精准、标准、智能的方向走。

参考文献

[1]金丁萍,王飒.创伤患者低体温影响因素及管理策略的范围综述[J].中华急危重症护理杂志,2025,6(09):801-807.

[2]顾丹婷,赵燕.分级复温护理对急诊创伤患者低体温及并发症的影响[J].当代护士,2023,30(07):108-111.

[3]刘怡宁,李刚,宋清华,等.严重创伤患者低体温预测模型的系统评价[J].华西医学,2026,41(05):799-805.

[4]王婷,李娟,张雪梅.基于随机森林的急诊创伤患者低体温早期预警模型构建[J].护理学杂志,2024,39(11):56-60.

[5]柯稳,高兴莲.创伤患者低体温风险评估量表的研制及信效度检验[J].解放军护理杂志,2022,39(14):45-48.