

儿童肝移植非计划性术中低体温风险预测模型的构建及验证

曹义¹, 彭玉娜², 胡芳³, 朱敏⁴, 张华², 韩旭², 彭丽清⁵

(1. 天津医科大学一中心临床学院手术室, 天津 300192; 2. 天津市第一中心医院手术室, 天津 300192; 3. 天津医科大学总医院护理部, 天津 300070; 4. 天津市第一中心医院麻醉科, 天津 300192; 5. 天津市黄河医院手术室, 天津 300110)

摘要 目的: 分析儿童肝移植非计划性术中低体温的影响因素, 并构建风险预测模型。方法: 选取天津市第一中心医院器官移植中心 2021 年 10 月—2023 年 9 月儿童肝移植手术 397 例, 将其分为建模组(317 例)和验证组(80 例)。采用 Logistic 回归分析探讨儿童肝移植非计划性术中低体温的影响因素, 并构建列线图模型。结果: 多因素回归分析结果显示, 无肝期持续时间($OR=1.894, 95\%CI: 1.124\sim 3.193$)、终末期肝病评分($OR=1.032, 95\%CI: 1.006\sim 1.059$)、移植物与受体体重比(GRWR)评分($OR=1.310, 95\%CI: 1.042\sim 1.648$)和术前血小板值($OR=2.237, 95\%CI: 1.310\sim 3.820$)是儿童肝移植非计划性术中低体温的独立影响因素(均 $P<0.05$)。预测模型 ROC 曲线下面积(AUC)值为 0.773($95\%CI: 0.710\sim 0.836$), 灵敏度为 0.722、特异度为 0.712, 约登指数为 0.434, $H-L$ 拟合优度检验显示拟合优度良好($\chi^2=3.904, P=0.886$)。验证组 ROC 的 AUC 值为 0.754($95\%CI: 0.648\sim 0.861$), 经验证预测模型总准确率为 73.75%。结论: 筛选的 4 项预测因素为儿童肝移植非计划性术中低体温的特异性因素, 构建的风险预测模型有较好的预测效能。

关键词 肝移植; 儿童; 非计划性术中低体温; 风险因素; 预测模型

中图分类号 R617, R473.72

文献标志码 A

文章编号 1006-8147(2024)01-0006-05

Construction and validation of a risk prediction model for pediatric liver transplantation with unplanned intraoperative hypothermia

CAO Yi¹, PENG Yuna², HU Fang³, ZHU Min⁴, ZHANG Hua², HAN Xu², PENG Liqing⁵

(1. Operating Room, The First Central Clinical School, Tianjin Medical University, Tianjin 300192, China; 2. Operating Room, Tianjin First Central Hospital, Tianjin 300192, China; 3. Department of Nursing Administration, Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin 300070, China; 4. Department of Anesthesiology, Tianjin First Central Hospital, Tianjin 300192, China; 5. Operating Room, Tianjin Huanghe Hospital, Tianjin 300110, China)

Abstract Objective: To explore the risk factors of unplanned intraoperative hypothermia (UPH) in pediatric liver transplantation and construct the nomogram prediction model. **Methods:** A total of 397 children undergoing liver transplantation admitted to the organ transplantation center of Tianjin First Central Hospital from October 2021 to September 2023 were selected. The patients were divided into modeling group(317 cases) and validation group(80 cases). Logistic regression analysis was used to explore the factors influencing UPH in children with liver transplantation, and a nomogram model was constructed. **Results:** Multivariate Logistic regression analysis showed that duration of the anhepatic phase($OR=1.894, 95\%CI: 1.124\sim 3.193$), end-stage liver disease score($OR=1.032, 95\%CI: 1.006\sim 1.059$), graft-to-recipient weight ratio(GRWR) score($OR=1.310, 95\%CI: 1.042\sim 1.648$), pre-operative platelet value($OR=2.237, 95\%CI: 1.310\sim 3.820$) were the predictors of UPH in pediatric liver transplantation(all $P<0.05$). The area under the ROC curve (AUC) of the nomogram model was 0.773($95\%CI: 0.710\sim 0.836$), the sensitivity was 0.722, the specificity was 0.712 and the Youden index of the model was 0.434. $H-L$ goodness of fit test corresponded to good model calibration($\chi^2=3.904, P=0.886$). The AUC of the validation group was 0.754($95\%CI: 0.648\sim 0.861$) and the total accuracy of the verified model was 73.75%. **Conclusion:** Four screened predictors are specific factors for UPH in pediatric liver transplantation, and the constructed risk prediction model has good prediction efficiency.

Key words liver transplantation; children; inadvertent perioperative hypothermia; risk factors; predictive model

非计划性术中低体温(unplanned intraoperative hypothermia, UPH)是指手术过程中发生的非计划性

的患者核心温度低于 36℃的现象^[1]。多项研究已证实其会增加心血管意外事件、凝血功能障碍、肝肾

基金项目 天津市护理学会面上科研项目(TJHLKY20180112);天津市第一中心医院科研项目(院 CF201822)

作者简介 曹义(1992-),男,主管护师,硕士在读,研究方向:器官移植术中体温管理;通信作者:胡芳, E-mail: 1430190119@qq.com。

功能损伤和手术部位感染等风险^[2]。儿童肝移植手术是目前治疗儿童各种急慢性终末期肝病和遗传代谢性疾病的最有效手段。近年来,中国大陆地区儿童肝移植手术的开展数量显著上升,我国已经成为全世界儿童肝移植年开展例数最多的国家^[3],但由于儿童肝移植受者群体以3岁以下终末期肝病婴幼儿为主^[4-5],受者群体年龄小和合并症多,且该手术具有手术难度大、手术时间长、移植肝脏低温灌注和无肝期使用冰屑等特异性因素,肝移植患儿成为UPH的高风险群体。基于循证和医疗的发展,虽然围手术期体温保护措施在不断优化,但儿童肝移植UPH的管理仍未达到理想目标。早期研究发现,儿童肝移植UPH发生率为32.96%^[6],明显高于综合外科儿童UPH发生率(16.31%^[7]和17.31%^[8]),也明显高于成人肝移植UPH发生率(21.5%^[9]),表明相较于综合外科患儿群体和肝移植成人群体,肝移植患儿更易发生UPH。预防UPH的首要问题是早期识别高风险人群,减少危险因素暴露,但目前术中低体温预测模型大多是针对成人群体,儿童群体仍为初步探索阶段,且尚未发现关于儿童肝移植预测模型的研究报道。本研究拟通过筛选儿童肝移植UPH的相关风险因素,建立预测模型,以期围术期医护团队尽早识别和预测UPH的风险提供参考和依据。

1 对象和方法

1.1 研究对象 回顾性分析自2021年10月—2023年9月在天津市第一中心医院器官移植中心接受儿童肝移植手术的病例,纳入标准:(1)行肝移植手术。(2)年龄≤14岁。(3)手术全程有鼻咽温连续监测记录。排除标准:(1)术前伴严重的心、脑、肾疾病。(2)二次肝移植手术。(3)术中体温监测不连续的病例。(4)问卷缺失超过5%的数据或基线资料中同时缺失3个及以上变量信息的病例。UPH判断标准依据《麻醉专业医疗质量控制指标(2022年版)》:患者手术中连续监测体温<36℃且持续≥30 min或间断监测连续两次体温<36℃且间隔时间≥30 min^[10]。本研究预测模型共纳入317例,其中低体温组109例和正常体温组208例,UPH发生率为34.38%。

1.2 研究方法

1.2.1 研究工具 本研究通过文献回顾和整理儿童肝移植手术的临床特征,结合院内专家指导建议,自行编制儿童肝移植UPH相关风险因素调查表,包括:(1)患者因素:年龄、性别、体重、体重与体表面积比、体重指数(BMI)、基础体温。(2)手术因

素:手术类型、美国麻醉医师协会(ASA)分级、手术持续时间、麻醉持续时间、术中是否输入血浆、失血量。(3)肝移植手术特异性因素:移植物冷缺血时间、无肝期持续时间、终末期肝病评分(PELD和MELD评分)、移植物与受者体重比(GRWR)。(4)术前实验室指标:血红蛋白、血小板、凝血酶原时间、肌酐。本中心儿童肝移植手术间室温恒定在22~25℃,术中均使用下垫式充气式加温毯和棉被套给予保温措施,使用输血和输液加温仪进行加温,因此,排除“环境温度”、“输血量”和“输液量”对患儿核心体温的影响。通过对本院50例患者的小样本测量,儿童肝移植UPH发生率为42%(21/50)。本研究初步拟订20个危险因素,根据样本量公式,样本量=[EPV(每个预测变量的事件数)×(5~10)]×[1+(15%~20%)]/0.42^[11],至少需要274个样本可确保研究结果的合理性,本研究最终将317例病例纳入模型组,按照8:2比例另选80例病例纳入验证组,分别用于构建预测模型和验证模型效果。

1.2.2 数据收集 2名研究人员经统一培训后负责病历资料的收集,利用医院HIS电子病历系统以及与电子护理记录单相关联的麦迪斯顿系统完成相关资料提取。所有数据实行双人录入及核对,若发现错误,及时通知研究人员进行更正、解释。患儿基础体温测量以病房术前最近1次体温记录为准,采用经过校准后的耳温仪测量鼓室温度;术中体温全程使用温度传感器(批号:W0001F)进行鼻咽温测量获得患儿的核心体温,通过手术麻醉信息系统10 min自动采集1次。当体温降至30℃以下或者体温短时间内波动≥1℃,且无法用手术原因或自然生理学来解释时,将其归因于技术错误(如探针接触不良、探针导线断开等),并将其从样本中剔除。

1.3 统计学处理 采用SPSS 26.0软件进行统计学处理,计数资料采用频数和百分率(%)描述;符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验进行组间比较;不符合正态分布的计量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,采用非参数Mann-Whitney U 检验进行组间比较;组间差异比较采用 χ^2 检验。根据单因素分析结果,将 $P < 0.05$ 的自变量纳入多因素Logistic回归分析,采用R(R 3.5.3)软件包和rms程序包构建列线图预测模型,并绘制受试者工作特征(ROC)曲线和校正曲线评估模型的预测效能,绘制临床决策分析曲线(DCA)评估模型的临床效能。内部验证采用1 000次重复抽样的Bootstrap法,外部验证采用灵敏度、特异度和准确率评价预测结果真实性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 儿童肝移植 UPH 的单因素分析 两组在“术前血小板值”、“终末期肝病评分”、“GRWR 评分”、“术中是否输入血浆”和“无肝期持续时间”的差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 1。

表 1 儿童肝移植 UPH 的单因素分析 [$n(\%)$, $M(P_{25}, P_{75})$, $\bar{x} \pm s$]

项目	低体温组 ($n=109$)	正常体温组 ($n=208$)	检验统计量	P
性别			1.205 ²⁾	0.262
男	49(15.46)	107(33.75)		
女	60(18.93)	101(31.86)		
年龄(岁)			0.014 ²⁾	1.000
≤3	49(15.46)	107(33.75)		
>3	60(18.93)	101(31.86)		
手术类型			0.907 ²⁾	0.802
择期	67(21.13)	142(44.79)		
急诊	42(13.25)	66(20.82)		
体重(kg)	7.4(6.5, 10.0)	8(6.6, 12.65)	-1.838 ¹⁾	0.066
体重与体表面积比	0.35(0.32, 0.43)	0.38(0.33, 0.54)	-1.569 ¹⁾	0.117
体重指数(kg/m ²)	15.94±1.77	15.86±2.65	0.272 ³⁾	0.786
ASA 分级			2.280 ²⁾	0.168
≤Ⅲ级	21(6.62)	56(17.67)		
Ⅳ级	88(27.76)	152(47.95)		
术前血红蛋白值			1.019 ²⁾	0.345
正常	48(15.14)	104(32.81)		
异常	61(19.24)	104(32.81)		
术前血小板值			6.057 ²⁾	0.018
正常	62(19.56)	147(46.37)		
异常	47(14.83)	61(19.24)		
术前肌酐水平			0.032 ²⁾	0.903
正常	67(21.14)	130(41.01)		
异常	42(13.24)	78(24.61)		
术前凝血酶原时间			2.602 ²⁾	0.107
正常	31(9.77)	78(24.61)		
异常	78(24.61)	130(41.01)		
终末期肝病评分	17(6, 26)	12(1, 20)	-2.787 ¹⁾	0.005
冷缺血时间(h)			2.510 ²⁾	0.121
≤12	79(24.92)	167(52.68)		
>12	30(9.47)	41(12.93)		
GRWR 评分	3.28(2.64, 4)	281(197, 3.64)	-3.168 ¹⁾	0.002
术中是否输入血浆			7.230 ²⁾	0.009
是	21(6.62)	70(22.08)		
否	88(27.76)	138(43.54)		
无肝期持续时间			6.160 ²⁾	0.014
≤45 min	59(18.61)	142(44.79)		
>45 min	50(15.77)	66(20.83)		
失血量(mL)	300(200, 400)	300(200, 410)	-0.186 ¹⁾	0.853
基础体温(℃)	36.37±0.82	36.94±0.60	0.330 ³⁾	0.743
手术持续时间(h)	9.21±2.13	9.12±1.89	0.390 ³⁾	0.696
麻醉持续时间(h)	10.33±2.08	10.27±1.88	0.293 ³⁾	0.775

注:UPH:非计划性术中低体温;ASA:美国麻醉医师协会;GRWR:移植植物与受体体重比;终末期肝病评分中患儿年龄≤12岁采用PLED评分,>12岁采用MELD评分,本研究最终纳入的患儿年龄均≤12岁;无肝期持续时间以预测模型数据集的平均数作为临界值,分为≤45 min和>45 min 两组;1)Z值;2) χ^2 值;3)t值

2.2 儿童肝移植 UPH 的多因素 Logistic 回归分析 以儿童肝移植是否发生术中低体温为因变量(未发生=0,发生=1),将单因素分析中有统计学意义的变

量作为自变量进行 Logistic 回归分析。自变量赋值情况为:术前血小板值(正常=0,异常=1)、术中是否输入血浆(否=0,是=1)、无肝期持续时间(≤45 min=1,>45 min=2);其余自变量为原值代入。结果显示,无肝期持续时间、终末期肝病评分、GRWR 和术前血小板值是术中低体温的独立影响因素(均 $P < 0.05$),见表 2。

表 2 UPH 预测因素的 Logistic 回归分析

变量	回归系数	标准误差	Wald χ^2	P	OR	95%CI
常量	-2.731	0.475	33.069	<0.001	0.065	
无肝期持续时间	0.639	0.266	5.749	0.016	1.894	1.124~3.193
终末期肝病评分	0.032	0.013	5.959	0.015	1.032	1.006~1.059
GRWR 评分	0.270	0.117	5.337	0.021	1.310	1.042~1.648
术前血小板值	0.805	0.273	8.700	0.003	2.237	1.310~3.820
是否输入血浆	0.404	0.316	1.641	0.200	1.498	0.807~2.782

注:UPH:非计划性术中低体温;GRWR:移植植物与受体体重比

2.3 儿童肝移植 UPH 风险预测模型的建立及评估 基于多因素 Logistic 回归分析结果,可得 Logistic 回归分析构建回归方程: $\text{Logit}(P) = -2.731 + 0.639 \times \text{无肝期持续时间} + 0.032 \times \text{终末期肝病评分} + 0.270 \times \text{GRWR 评分} + 0.805 \times \text{术前血小板值}$,使用 R 3.5.3 软件 rms 程序包构建儿童肝移植 UPH 风险预测列线图模型,见图 1。

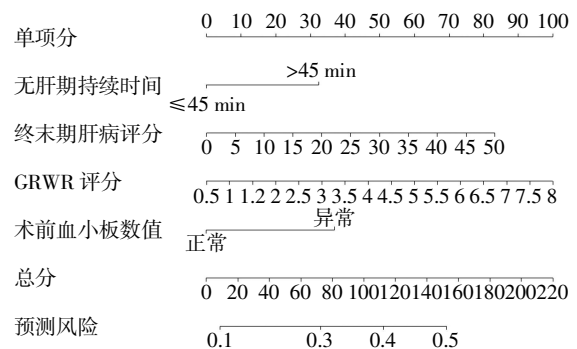


图 1 UPH 发生风险的列线图模型

Fig.1 Predictive nomogram model for unplanned intraoperative hypothermia

2.4 模型的预测效能评价及临床有效性分析 对预测模型进行 Hosmer-Lemeshow 检验,模型拟合优度良好($\chi^2=3.904$, $P=0.886$);绘制 ROC 曲线,曲线下面积(AUC)值为 0.773(95%CI: 0.710~0.836),灵敏度为 0.722、特异度为 0.712,约登指数为 0.434,见图 2。预测模型经 Bootstrap 重复抽样 1 000 次对列线图模型进行内部验证,绘制校准曲线图,图中原始曲线和校准曲线均在 45°斜对角附近,显示校正曲线与理想曲线拟合良好,见图 3。由决策分析曲线(Decision Curve Analysis, DCA)可知,在阈值区间

0.12~0.73, 曲线高于参考线, 在此区间模型的净获益较高, 见图4。将验证组临床数据代入模型中, 26例发生UPH, 发生率为32.50%, 模型预测46例, 成功预测21例, 灵敏度为80.77%。54例未发生

UPH, 模型预测44例, 成功预测38例, 特异度为70.37%, 准确率为 $(21+38)/80=73.75\%$ 。验证组ROC的AUC值为0.754(95%CI: 0.648~0.861), 本预测模型具有一定的预测价值。

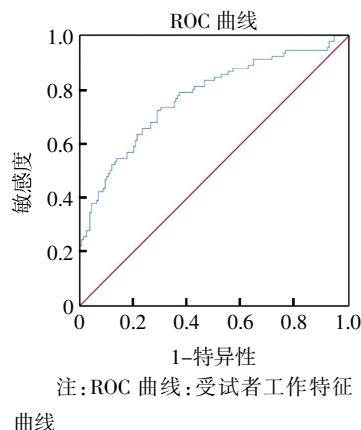
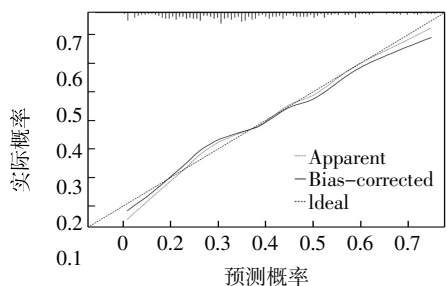


图2 列线图模型的ROC曲线

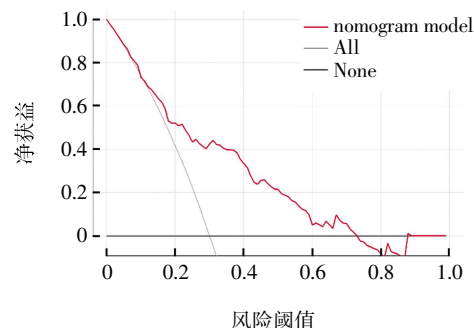
Fig.2 ROC curve of predictive nomogram model



注: x轴表示发生UPH的预测概率; y轴表示发生UPH的实际概率; 对角虚线表示理想模型的理想预测; 实线表示列线图的性能, 越接近于对角虚线表示预测能力越好

图3 列线图模型的校准曲线

Fig.3 Calibration curve of prediction model for predictive nomogram model



注: DCA: 临床决策分析

图4 列线图模型的DCA曲线

Fig.4 DCA curve of predictive nomogram model

3 讨论

本研究结果显示无肝期持续时间、终末期肝病评分、GRWR和术前血小板值是儿童肝移植UPH的独立危险因素。在无肝期持续时间方面, 研究显示无肝期持续时间 >45 min的肝移植患儿发生UPH的风险是无肝期持续时间 ≤ 45 min的肝移植患儿的1.894倍。既往研究证实, 肝移植患者在进入无肝期后, 核心体温会出现明显下降, 并在无肝期末或再灌注初期达到最低值, 其原因主要是肝脏是人体最大的产热器官, 无肝期患儿会失去肝脏产热功能^[12-13]。此外, 为减缓移植肝脏组织代谢速度, 术中会将大量的冰屑置入腹腔和使用冰盐水进行腹腔冲洗, 进一步加剧核心温度的下降速度。提示医护人员在无肝期前应适当利用主动加温装置提高患儿核心体温, 并通过预先完成血管胆道游离、备齐吻合移植肝脏血管用物等方式, 尽量缩短无肝期持续时间, 严密观察患儿无肝期体温变化, 制定动态化、个性化的体温管理方案。

终末期肝病评分较客观地反映了终末期肝病患儿病情严重程度, 评分越高表示患儿疾病越严重, 本研究结果显示终末期肝病评分越高的患儿, 发生UPH的风险越高, Han等^[14]研究表明, 终末期肝病评分高是导致肝移植患者UPH的独立风险因素, 与本研究结果相符。终末期肝病严重的患儿术前多合并中枢神经系统、肾功能和肝功能储备偏低, 导致其对手术创伤、全身麻醉等侵入性操作的应激代偿能力差, 增加手术时间延长、术中输血和输血量增多等潜在风险因素^[15-16]。针对终末期肝病

评分高的患儿, 围术期医护团队应提高各项主动加温措施的应用级别, 如主动加温设备使用时机前移, 延长麻醉前预保温时间; 增加主动加温装置种类, 优化各设备之间的有效组合等, 既要防止术中UPH的风险, 也要警惕术中高热的出现。

GRWR是筛选供受体和评估供肝体积的主要指标之一, 活体肝移植要求在0.6%~0.8%^[17]。本研究显示GRWR越高, 患儿发生UPH的风险越高, Jawan等^[18]报道肝移植患儿GRWR越高, 术中其核心体温下降越显著, 发生UPH的风险越高, 与本研究报道一致, 原因可能是移植肝脏在与受体吻合之前, 需要经过4℃的器官保存液进行血管的低温灌注和0℃的低温器官修整环境, GRWR高的移植肝脏体积较大, 肝脏内残留的低温灌注液相对较多, 供受体门静脉开放初期, 大量的低温灌注液会进入患儿血液循环, 且患儿自身血液会经过低温的移植肝脏过滤后再次进入全身血液循环, 导致再灌注初期核心体温出现短暂性下降^[13, 19]。提示围术期医护团队术前访视内容中纳入GRWR, 针对GRWR较高的患儿群体, 术中增加巡视频次, 在再灌注前期合理升高患儿核心温度, 以代偿低温灌注液和低温移植肝脏对体温降低的影响, 此外尽量减少移植与受体后腹膜接触面积及“脉冲式开放”或可有效避免核心体温下降^[10]。

本研究结果显示术前血小板值异常的肝移植患儿发生UPH的风险是术前血小板正常患儿的2.237倍, Liu等^[20]研究也发现血小板数值低是患者发生UPH的独立风险因素。终末期肝病的患儿术

前常合并不同程度的血小板减少,或血小板数量正常但功能出现下降,导致凝血功能障碍。术前血小板异常的患儿增加术中失血的风险,间接增加出现UPH的风险,提醒围术期团队对术前血小板低的患儿可以预防性输注血小板,既可纠正凝血功能,又能降低UPH的发生^[21];术中医护人员实时关注失血量,手术操作精细化,必要时针对病因输注相应血液制剂。

本研究构建的风险预测模型有一定的科学性和实用性。本模型采用ROC曲线及Hosmer-Lemeshow拟合优度检验进行验证,通过多因素分析筛选出4项UPH的危险因素,且符合儿童肝移植手术特征,以此建立可视化列线图预测模型,使模型的结果更简单易读,且通过直观图形的形式提供个性化的风险评估方式,在临床具有重要应用价值。本研究中模型预测风险与实际观测值一致性较好,模型较好地拟合了数据。ROC的AUC为0.5~0.7时表示模型判别能力低,0.7~0.9时表示判别能力中等,0.9~1.0时表示判别能力高^[22],本模型ROC的AUC为0.773(95%CI: 0.710~0.836),灵敏度为0.722、特异度为0.712,表明具有良好的诊断和预测效果。DCA显示模型的净获益值较高,表明具有较好的临床有效性,验证模型也保持良好的灵敏度、特异度和准确度。通过该模型,围术期医护人员可分析和识别儿童肝移植UPH的危险程度,提高对肝移植患儿术中体温管理的重视程度,并针对高风险的患儿实施预见性干预措施,降低UPH的发生率,为制定儿童肝移植体温管理方案提供参考和依据。

本研究通过文献回顾和整理儿童肝移植UPH的临床特征,以保证纳入因素全面且符合儿童肝移植手术特点,构建的列线图风险预测模型可操作性强,简单易读,可以帮助临床医护人员尽早识别高风险患儿,提供针对性的护理措施,为儿童肝移植UPH风险评估和动态措施的制订提供参考,减少UPH的发生。但由于本研究所纳入的儿童肝移植病例局限于单中心,受限于儿童肝移植手术量的限制,研究结果的代表性和推广性受到一定限制,未来应开展多中心、大样本研究,使结果更加精确并适用于临床。

参考文献:

- [1] AKERS J L, DUPNICK A C, HILLMAN E L, et al. Inadvertent perioperative hypothermia risks and postoperative complications: a retrospective study [J]. AORN J, 2019, 109(6): 741-747.
- [2] SESSLER D I, PEI L, LI K, et al. Aggressive intraoperative warming versus routine thermal management during non-cardiac surgery (PROTECT): a multicentre, parallel group, superiority trial [J]. Lancet, 2022, 399(10337): 1799-1808.
- [3] 高伟. 儿童器官捐献与儿童肝移植[J]. 中华器官移植杂志, 2019, 66(7): 385-386.
- [4] KERKAR N, LAKHOLE A. Pediatric liver transplantation: a North American perspective[J]. Expert Rev Gastroenterol Hepatol, 2016, 10(8): 949-959.
- [5] 夏强, 何康. 儿童活体肝移植的发展概况[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2017, 24(8): 920-922.
- [6] 曹义, 彭玉娜, 王曼, 等. 肝移植患儿术中低体温发生现状及影响因素分析[J]. 天津护理, 2023, 31(2): 146-149.
- [7] BEEDLE S E, PHILLIPS A, WIGGINS S, et al. Preventing unplanned perioperative hypothermia in children[J]. AORN J, 2017, 105(2): 170-183.
- [8] 季彬, 徐维虹, 陈航, 等. 儿童术中低体温列线图预测模型构建[J]. 护理学杂志, 2022, 37(1): 39-41.
- [9] FERNANDEZ-CASTELLANO G, PUEYO-PERIZ E M, TRIANO M B, et al. Importance of preventing inadvertent perioperative hypothermia during liver transplant[J]. Transplant Proc, 2022, 54(9): 2549-2551.
- [10] 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.
- [11] LI L, LU Y, YANG L L, et al. Construction and validation of postoperative hypothermia prediction model for patients undergoing joint replacement surgery[J]. J Clin Nurs, 2023, 32(13/14): 3831-3839.
- [12] OH E J, HAN S, LEE S, et al. Forced-air prewarming prevents hypothermia during living donor liver transplantation: a randomized controlled trial [J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 3713.
- [13] LEE H M, PARK S K, MOON Y J, et al. Arrhythmogenic potential develops rapidly at graft reperfusion before the start of hypotension during living-donor liver transplantation[J]. Korean J Anesthesiol, 2016, 69(1): 37-43.
- [14] HAN S B, GWAK M S, CHOI S J, et al. Risk factors for inadvertent hypothermia during adult living-donor liver transplantation[J]. Transplant Proc, 2014, 46(3): 705-708.
- [15] 罗毅. 中国儿童肝移植操作规范(2019版)[J]. 中华移植杂志(电子版), 2019, 13(3): 181-186.
- [16] COLLINS S, BUDDS M, RAINES C, et al. Risk factors for perioperative hypothermia: a literature review[J]. J Perianesth Nurs, 2019, 34(2): 338-346.
- [17] 林鑫, 肖慤, 李启勇. 肝移植供肝体积评估的研究进展[J]. 肝癌电子杂志, 2021, 8(3): 41-45.
- [18] JAWAN B, LUK H N, CHEN Y S, et al. The effect of liver graft-body weight ratio on the core temperature of pediatric patients during liver transplantation[J]. Liver Transpl, 2003, 9(7): 760-763.
- [19] OLTROF P B, REINIERS M J, DIRKES M C, et al. Protective mechanisms of hypothermia in liver surgery and transplantation[J]. Mol Med, 2016, 21(1): 833-846.
- [20] LIU S, PAN Y, ZHAO Q, et al. The effectiveness of air-free warming systems on perioperative hypothermia in total hip and knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(19): e15630.
- [21] KAY A B, KLAVAS D M, HIRASE T, et al. Preoperative warming reduces intraoperative hypothermia in total joint arthroplasty patients[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2020, 28(6): e255-e262.
- [22] 蒿若楠, 胡芳, 张杰, 等. PICC相关性上肢深静脉血栓形成危险因素分析及风险模型的建立[J]. 天津医科大学学报, 2016, 22(2): 147-150.