

frailty[J]. Biogerontology, 2016, 17(3):567-580.

[37] Liu Z, Hsu F C, Trombetti A, et al. Effect of 24-month physical activity on cognitive frailty and the role of inflammation: the LIFE randomized clinical trial[J]. BMC Med, 2018, 16(1):185.

[38] Hoshino N, Hida K, Sakai Y, et al. Nomogram for predicting anastomotic leakage after low anterior resection for rectal cancer[J]. Int J Colorectal Dis, 2018, 33(4):

411-418.

[39] He Y, Zhu Z, Chen Y, et al. Development and validation of a novel diagnostic nomogram to differentiate between intestinal tuberculosis and Crohn's disease: a 6-year prospective multicenter study[J]. Am J Gastroenterol, 2019, 114(3):490-499.

(本文编辑 宋春燕)

• 论 著 •

ICU 患者连续性肾脏替代治疗 24 h 内低体温研究

仇丽华, 赵振华, 冯波, 姚媛媛, 凌琳

摘要:目的 了解 ICU 患者连续性肾脏替代治疗 24 h 内低体温发生率及体温变化趋势, 为优化连续性肾脏替代治疗体外加温方案提供参考。方法 通过医院电子病历系统、重症监护护理系统、连续性肾脏替代治疗护理记录单回顾性收集 2019 年行连续性肾脏替代治疗的 ICU 患者一般资料, 连续性肾脏替代治疗相关资料, 连续性肾脏替代治疗启动后 0~h, 4~h, 8~h, 12~24 h 最低体温。结果 共纳入 213 例 ICU 患者的 784 例次数据。84 例患者(39.4%)发生低体温(核心体温 $<36^{\circ}\text{C}$); 低体温患者的 APACHE II 评分和序贯器官衰竭估计评分、病死率显著高于非低体温患者(均 $P<0.01$)。122 例次(15.6%)连续性肾脏替代治疗运行过程出现低体温, 其中运行 4 h 内体温下降显著($P<0.05$), 随后 20 h 内体温无明显回升; 低体温组机械通气率更高, 治疗前体温更低(均 $P<0.01$)。结论 ICU 患者连续性肾脏替代治疗低体温发生率较高, 且 24 h 内体温复温效果不理想, 常规的保温/复温方案有待进一步优化。

关键词: ICU; 连续肾脏替代治疗; 低体温; 保温; 复温; 加温

中图分类号: R473.5; R459.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2021.10.026

Hypothermia in ICU patients during the first 24 hours of continuous renal replacement therapy Qiu Lihua, Zhao Zhenhua, Feng Bo, Yao Yuanyuan, Ling Lin. Intensive Care Unit, Drum Tower Hospital Affiliated to Medical College of Nanjing University, Nanjing 210008, China

Abstract: **Objective** To understand the occurrence of hypothermia and changes of temperatures in ICU patients during the first 24 hours of continuous renal replacement therapy (CRRT) and to provide reference for improving warming techniques. **Methods** A retrospective study was conducted. Demographic data of the ICU patients on CRRT in 2019, CRRT flow parameters, and the lowest body temperatures within 0—, 4—, 8— and 12—24 h after CRRT initiation were collected through the electronic medical record system, intensive care information system and CRRT nursing record sheet. **Results** A total of 784 CRRTs performed in 213 patients were analyzed. Hypothermia (core temperature $<36^{\circ}\text{C}$) was noted in 84 patients (39.4%) and their APACHE II score, SOFA score and the mortality rate were significantly higher compared with those without hypothermia ($P<0.01$ for all). Hypothermia was developed in 122 CRRTs (15.6%) and the temperature decreased significantly within 4 hours after CRRT initiation ($P<0.05$), whereas it wasn't enhanced within the next 20 hours. The rate of mechanical ventilation was higher, whereas the body temperature before CRRT was lower during the CRRT treatments which developed hypothermia ($P<0.01$ for both). **Conclusion** The prevalence of hypothermia within 24 hours after CRRT initiation is relatively high in ICU patients, and the rewarming effect is not satisfactory, indicating the conventional heat preservation/rewarming techniques need to be further optimized.

Key words: ICU; continuous renal replacement therapy; hypothermia; heat preservation; rewarming; warming

连续性肾脏替代治疗(Continuous Renal Replacement Therapy, CRRT)是一种缓慢而平稳的体外血液净化疗法, 可用于救治包括急性慢性肾损伤、感

染性休克以及严重电解质和代谢紊乱在内的多种疾病。由于 CRRT 治疗时患者的血液通过体外循环而暴露于室温下, 且加入的置换液温度低于人体体温^[1], 因此, 行 CRRT 治疗患者多会出现体温下降。Jones^[2]研究发现, CRRT 开始后 12 h 内患者的平均体温下降 1.9°C ; Akhoundi 等^[3] 研究报道, CRRT 期间体温 $<35^{\circ}\text{C}$ 的患者可达 44%。体温过低会使患者出现生理性改变, 如降低基础代谢率, 减弱心血管、氧合、凝血、肾脏、神经和代谢功能^[4], 另一方面也会对患者造成不舒适体验。随着临床管理者和研究者对 CRRT 期间低体温的关注度增加, 在患者行 CRRT

作者单位: 南京大学医学院附属鼓楼医院重症医学科(江苏 南京, 210008)

仇丽华: 女, 本科, 主管护师

通信作者: 冯波, fengbo0705@163.com

科研项目: 南京市卫生科技发展专项资金项目(YKK18072); 十三五南京市卫生青年人才培养工程(QRX17058); 南京大学医学院附属鼓楼医院课题(ZSH554)

收稿: 2020-12-06; 修回: 2021-01-28

期间会采用多种体外加温方法^[5-6]来预防和纠正低体温,但这些保温/复温措施的效果却并未得到验证。本研究回顾性分析 ICU 患者 CRRT 24 h 内低体温发生率及体温变化趋势,为优化体外加温方案提供依据。

1 对象与方法

1.1 对象 本研究为单中心、回顾性研究。研究对象为 2019 年 1~12 月我科 CRRT 患者,纳入标准:①年龄≥18 岁;②CRRT 单次运行时间≥4 h;③CRRT 前初始体温>36.0℃。排除标准:①CRRT 期间行 ECMO 治疗;②因疾病需要行低温脑保护;③大面积烧伤。本研究经过医院伦理委员会批准,在充分保护患者隐私和权益的前提下免除知情同意,符合中华人民共和国卫生健康委员会规定。

1.2 方法

1.2.1 CRRT 治疗及保温方法 患者所用 CRRT 机型为金宝 Prismaflex 血滤机及配套血液滤过管路、M100 血滤器(面积 0.9 m×0.9 m,AN69 膜)或 M150 血滤器(面积 1.5 m×1.5 m,AN69 膜),百特 Aquarius 血滤机及配套血液滤过管路、HF1200 血滤器(面积 1.25 m×1.25 m,聚砜膜),其成人 CRRT 体外循环管路的容量为 150~200 mL,引血速度为 50~80 mL/min。CRRT 期间患者均常规采用本科室制定的保温方案,包括:①患者体温≥37.5℃时不给予任何一种加温措施;②体温<37.5℃时首先选用 CRRT 机器自带加温设备,若体温继续下降则依次选择提高室温、盖被、暖风机、置换液加温、升温毯予以加温。

1.2.2 CRRT 相关低体温的定义 目前对 CRRT 相关低体温并没有公认的统一标准,既往研究中低体温定义的范围包括核心温度<35℃^[3]、<35.5℃^[2]、<36℃^[5]。鉴于人体正常的核心体温范围为 36.5~37.5℃^[7],当核心温度<36℃时部分患者会主诉寒冷,因此本研究将 CRRT 相关低体温定义为核心温度<36℃,膀胱温度和直肠温度直接记录,口腔温度+0.3℃^[8]后记录。

1.2.3 资料收集方法 本研究通过医院电子病历系统、重症监护护理系统、CRRT 护理记录单收集资料。①患者一般资料:主要包括住院号、性别、年龄、诊断、入住 ICU 时序贯器官衰竭估计评分(Sequential Organ Failure Assessment,SOFA)、急性生理与慢性健康评分(Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II,APACHE II)、ICU 住院时间、开始 CRRT 后 ICU 住院时间及患者是否在 ICU 死亡等。②CRRT 相关资料:主要包括 CRRT 设置参数(CRRT 运行模式、抗凝方式、引血方式、血液流速、血液滤过置换液速度、每小时超滤量),单次 CRRT 治疗持续时间,行 CRRT 期间是否机械通气,CRRT 运行前患者体温,CRRT 启动后 0~h、4~h、8~h、12~24 h 每

个时间段的最低体温。研究者对 2 名 ICU 高年资护士(ICU 工作时间均≥10 年)进行统一培训后,由其收集数据,以保证数据收集标准统一。

1.2.4 统计学方法 数据双人核对录入 EpiData 3.1,采用 SPSS22.0 软件进行统计处理。采用 χ^2 检验、秩和检验、广义估计方程及重复测量的方差分析(缺失数据的病例用前几次温度均值填补)。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 CRRT 24 h 内低体温发生情况及体温趋势 共 229 例患者行 843 例次 CRRT,其中符合纳入及排除标准的患者 213 例,CRRT 治疗 784 例次。CRRT 治疗次数 1~39 次,中位数 2 次, P_{25} 、 P_{75} 分别为 1、4 次;单次治疗时长 4~111 h,中位数 34 h, P_{25} 、 P_{75} 分别为 20、51 h。84 例患者(39.4%) 在 1 次或多次 CRRT 过程中发生低体温,体温 31.3~35.9℃。784 例次 CRRT 中 122 例次(15.6%)有低体温发生,其中 0~h 发生 57 例次,发生率为 7.3%(57/784);4~h 发生 58 例次,发生率为 7.5%(58/771);8~h 发生 58 例次,发生率为 8.0%(58/723);12~24 h 发生 45 例次,发生率为 6.8%(45/666)。应用广义估计方程对不同时间段低体温发生率进行比较,4 个时间段低体温发生率差异无统计学意义($\beta=-0.032$,Wald $\chi^2=0.343$, $P=0.558$)。122 例次发生低体温的 CRRT 4 个时间点体温,见图 1。重复测量方差分析显示,不同时间点体温差异有统计学意义($F=169.216$, $P=0.000$),CRRT 启动后各时间段最低体温显著低于 CRRT 前体温(均 $P<0.05$)。

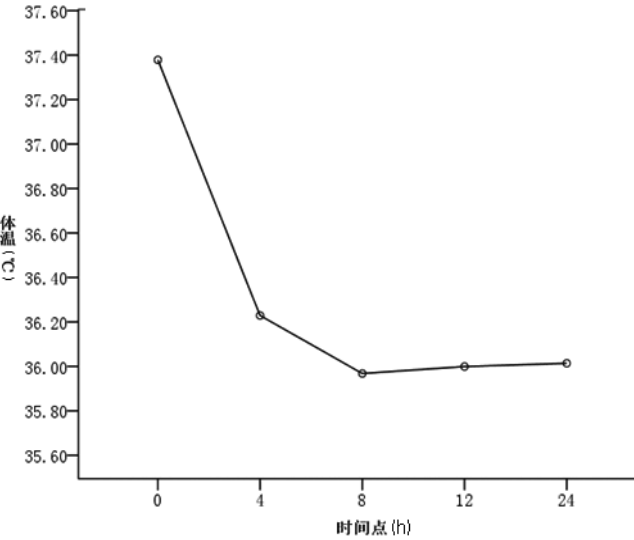


图 1 122 例次发生低体温的 CRRT 4 个时间点体温

2.2 低体温患者与非低体温患者一般资料比较 见表 1。

2.3 低体温组与非低体温组 CRRT 相关参数比较 见表 2。

表 1 低体温患者与非低体温患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 [岁, $M(P_{25},P_{75})$]	疾病种类(例)				
		男	女		急性肾损伤	感染性休克	重症肺炎	慢性肾功能不全	其他
低体温患者	84	52	32	63.0(53.3,78)	10	15	13	4	42
非低体温患者	129	93	36	63(51.5,75.5)	32	22	10	11	54
χ^2/Z		2.430		-0.428			8.896		
P		0.119		0.666			0.064		

组别	例数	APACHE II 评分	SOFA 评分	ICU 住院总时间	开始 CRRT 后 ICU 住院	死亡
		[分, $M(P_{25},P_{75})$]	[分, $M(P_{25},P_{75})$]	[d, $M(P_{25},P_{75})$]	时间[d, $M(P_{25},P_{75})$]	(例)
低体温患者	84	26.5(20,33.8)	10.0(7.0,15.0)	13.0(4.3,22.8)	8.0(3.0,20.8)	45
非低体温患者	129	23.0(19.0,28.0)	9.0(5.0,11.0)	10.0(5.0,18.0)	9.0(4.0,15.5)	29
χ^2/Z		-2.677	-2.598	-0.706	-0.255	21.690
P		0.007	0.009	0.480	0.799	0.000

表 2 低体温组与非低体温组 CRRT 相关参数比较

组别	例次	机械通气 (例次)	CRRT 模式(例次)		抗凝方式(例次)			血流速(例次)	
			CVVH*	CVVHDF*	无	局部	全身	150~180 mL/min	220~250 mL/min
低体温组	122	69	120	2	34	29	59	113	9
非低体温组	662	205	626	36	143	127	392	614	48
χ^2/Z		29.674	3.223		4.991			0.002	
P		0.000	0.073		0.082			0.961	

组别	例次	置换液量(例次)			超滤量(例次)			CRRT 时长	CRRT 前体温
		2000 mL/h	3000 mL/h	4000 mL/h	0 mL/h	1~100 mL/h	200 mL/h	[h, $M(P_{25},P_{75})$]	[℃, $M(P_{25},P_{75})$]
低体温组	122	111	9	2	65	56	1	29.0(17.0,48.0)	37.4(36.6,38.0)
非低体温组	662	588	69	5	276	377	9	34.5(20.0,52.0)	37.6(37.1,38.1)
χ^2/Z		1.916			5.691			-1.525	-3.929
P		0.384			0.058			0.127	0.000

注:CVVH 为连续静脉-静脉血液滤过;CVVHDF 为连续静脉-静脉血液透析滤过。

3 讨论

3.1 CRRT 24 h 内患者低体温发生率较高 本研究显示,39.4%患者在 1 次或多次 CRRT 治疗中发生低体温;从 CRRT 治疗例次来看,122 例次 CRRT 发生低体温,发生率为 15.6%。CRRT 启动后 0~h、4~h、8~h、12~24 h 这 4 个时间段低体温发生率为 6.8%~8.0%,从图 1 也可以看出,122 例次发生低体温的 CRRT,4 h 内体温明显下降,在之后的 20 h 内体温下降趋势有所缓解,但平均体温与初始体温相比仍有显著差距。提示 CRRT 启动后 4 h 内体温下降最为显著,即使对低温患者采取了不同的复温措施,但复温效果并不理想,低体温现状未被纠正;而部分患者由于保温措施实施不及时和保温效果不佳而导致了新的低体温发生,说明当前临床 CRRT 治疗患者的保温和复温方案有待优化。

3.2 CRRT 相关低体温可能的相关因素 ①疾病严重度。SOFA 评分、APACHE II 评分是评价 ICU 患者疾病严重程度的工具,评分越高,预后越差。表 1 显示,相对于非低体温患者,低体温患者的 SOFA 评分和 APACHE II 评分更高,提示疾病越重的患者 CRRT 期间发生低体温的可能性更大。这是由于重症患者大多暴露于镇静、脓毒症、血流动力学紊乱、潜在的内分泌紊乱(甲状腺功能减退、低血糖和糖尿

病酮症酸中毒)等状态下,体温调节机制可能受到损害,从而更易发生体温过低^[9]。患者核心体温下降后会导致包括内分泌系统、血液系统、代谢反应、脏器功能等在内的多种生理异常。Niven 等^[10]发现,ICU 患者入院后 24 h 内出现体温过低与病死率之间具有独立相关性,低体温严重程度越高,患者的病死率越高,与本研究结果一致。②基线体温。表 2 显示,CRRT 治疗过程中,低体温组的基线体温显著低于非低体温组($P<0.01$)。Rickard 等^[5]随机对照研究显示,当患者基线温度为 37℃ 时,低体温发生率为 60%,而基线温度 >38.6 ℃ 组中,无患者发生低体温,基线温度是 CRRT 期间低体温发生的重要因素。尽管目前血液净化设备均有加温装置,但研究显示,在大剂量治疗条件下患者每天仍可丢失约 6 276 kJ 热量^[11]。Rickard 等^[5]研究发现,CRRT 治疗期间,患者体温下降至少约 1.0℃,CRRT 治疗开始前体温越低,低体温发生率越高,基于此,研究者认为基线体温低可作为低体温发生的一项高危因素,早期识别高危患者并给予积极的保温措施是预防低体温发生的重要手段。③机械通气。本研究显示,CRRT 治疗期间体低温组机械通气率高于非低体温组($P<0.01$)。机械通气时,上呼吸道对吸入气体的加温、加湿作用减弱或丧失,呼

吸道水分蒸发显著增加^[12],并在水分蒸发的同时带走热量。研究认为,只有吸入接近正常体温的饱和气体(37℃,相对湿度 100%,绝对湿度 44 mg/L)时才可以保证患者气道只有极少或没有热量、水分丧失^[13]。目前,临床常用的人工气道加温湿化方式以加热湿化装置(Heated humidification, HH)和湿热交换器(Heat and Moisture Exchanger, HME)为主^[14],其中加热湿化装置是通过电加热方法对灭菌水加热形成雾气,从而使吸入气体达到目标温度和湿度,而湿热交换器则是通过吸收呼出气体中的水分和热量来对吸入气体进行加温和湿化,并不能为患者提供额外的水分和热量,其加温效果对低温患者而言并不理想。本研究中的机械通气患者大多使用湿热交换器,可能是造成这部分人群低体温发生率更高的原因。2018 年西班牙一项指南^[15]指出,对体温过低的患者,吸入气体加温与主动皮肤加温、液体加温都可作为患者复温的干预措施,这提示当 CRRT 治疗患者建立人工气道时,除采用提高室温、使用升温设备等保温/复温措施外,还可对此类患者采用加热湿化装置进行气道加温来预防及缓解低体温。

4 小结

虽然目前临床对 CRRT 治疗患者有多种体外加温方式来预防低体温的发生,但从本研究结果来看,CRRT 治疗开始后 24 h 内患者低体温发生率较高,且 24 h 内体温复温效果并不理想,常规的保温/复温方案有待进一步优化。本研究存在不足之处,一是由于重症电子信息系统投入较晚,本研究收集的样本量有限;二是仅收集了 CRRT 治疗开始 24 h 患者的体温,患者在整个 CRRT 期间的体温变化有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Maynar Moliner J, Honore P M, Sánchez-Izquierdo Riera J A, et al. Handling continuous renal replacement therapy-related adverse effects in intensive care unit patients: the dialytrauma concept[J]. *Blood Purif*, 2012, 34(2): 177-185.
- [15] 黄雯婧,张秋香,陆巍,等.孕产妇及其伴侣经历严重产科并发症后体验的 Meta 整合[J]. *护理学杂志*, 2019, 34(3): 27-31.
- [16] 张素云,李云志,古梅,等.产时心理状态及其影响因素的探讨[J]. *中国妇幼保健*, 2007, 22(25): 3498-3500.
- [17] Xie R H, Guo X, Li M, et al. Risk factors and consequences of undiagnosed cesarean scar pregnancy: a cohort study in China[J]. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2019, 19(1): 383.
- [18] Mylonas I, Friese K. Indications for and risks of elective cesarean section[J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2015, 112(29-30): 489-495.
- [19] Xie R H, Gaudet L, Krewski D, et al. Higher cesarean

- [2] Jones S. Heat loss and continuous renal replacement therapy[J]. *AACN Clin Issues*, 2004, 15(2): 223-230.
- [3] Akhoundi A, Singh B, Vela M, et al. Incidence of adverse events during continuous renal replacement therapy[J]. *Blood Purif*, 2015, 39(4): 333-339.
- [4] Turk E E. Hypothermia[J]. *Forensic Sci Med Pathol*, 2010, 6(2): 106-115.
- [5] Rickard C M, Couchman B A, Hughes M, et al. Preventing hypothermia during continuous veno-venous haemodiafiltration: a randomized controlled trial[J]. *J Adv Nurs*, 2004, 47(4): 393-400.
- [6] 许文冰,许奕.置换液预加温预防连续肾脏替代治疗患者低体温的临床研究[J]. *中国实用护理杂志*, 2019, 35(14): 1055-1059.
- [7] Kjellman B M, Fredrikson M, Glad-Mattsson G, et al. Comparing ambient, air-convection, and fluid-convection heating techniques in treating hypothermic burn patients, a clinical RCT[J]. *Ann Surg Innov Res*, 2011, 5(1): 4.
- [8] 李小寒.基础护理学[M].6 版.北京:人民卫生出版社, 2017: 238.
- [9] Kaur G, Banoth P, Yerram P, et al. A case of hypothermia on CRRT[J]. *Hemodial Int*, 2017, 21: S57-S61.
- [10] Niven D J, Stelfox H T, Laupland K B. Hypothermia in adult ICUs: changing incidence but persistent risk factor for mortality[J]. *J Intensive Care Med*, 2016, 31(8): 529-536.
- [11] 武超.连续性血液净化治疗对外科危重病人营养代谢的影响[J]. *外科理论与实践*, 2012, 17(2): 177-179.
- [12] 汪诚,朱小平.人工鼻与热加湿器对机械通气患者影响的 Meta 分析[J]. *护理学杂志*, 2017, 32(7): 88-92.
- [13] Mérol J, Charpiot A, Langagne T, et al. Randomized controlled trial on postoperative pulmonary humidification after total laryngectomy: external humidifier versus heat and moisture exchanger[J]. *Laryngoscope*, 2012, 122(2): 275-281.
- [14] 蓝惠兰,邓旭萍,陈瀚熙,等.机械通气呼吸湿化器湿化研究进展[J]. *护理学杂志*, 2013, 28(13): 94-97.
- [15] Calvo Vecino J M, Casans Francés R, Ripollés Melchor J, et al. Clinical practice guideline. Unintentional perioperative hypothermia[J]. *Rev Esp Anestesiología Reanim*, 2018, 65(10): 564-588.

(本文编辑 宋春燕)

(上接第 16 页)

- [15] 黄雯婧,张秋香,陆巍,等.孕产妇及其伴侣经历严重产科并发症后体验的 Meta 整合[J]. *护理学杂志*, 2019, 34(3): 27-31.
- [16] 张素云,李云志,古梅,等.产时心理状态及其影响因素的探讨[J]. *中国妇幼保健*, 2007, 22(25): 3498-3500.
- [17] Xie R H, Guo X, Li M, et al. Risk factors and consequences of undiagnosed cesarean scar pregnancy: a cohort study in China[J]. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2019, 19(1): 383.
- [18] Mylonas I, Friese K. Indications for and risks of elective cesarean section[J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2015, 112(29-30): 489-495.
- [19] Xie R H, Gaudet L, Krewski D, et al. Higher cesarean delivery rates are associated with higher infant mortality rates in industrialized countries[J]. *Birth*, 2015, 42(1): 62-69.
- [20] Karlström A. Women's self-reported experience of unplanned caesarean section: results of a Swedish study[J]. *Midwifery*, 2017, 50: 253-258.
- [21] 王会菊,靳荣,卢慧.剖宫产术后切口感染炎性指标与免疫应激的相关性[J]. *中华医院感染学杂志*, 2021, 36(5): 763-767.
- [22] Dekel S, Ein-Dor T, Berman Z, et al. Delivery mode is associated with maternal mental health following childbirth[J]. *Arch Womens Ment Health*, 2019, 22(6): 817-824.

(本文编辑 吴红艳)