

• 发明与专利 •

一种连续性肾脏替代治疗透析液袋加温保温装置及温控系统的设计与应用

李靖靖 贾雪丽 曹利军 黎命娟 孙昀

安徽医科大学第二附属医院重症医学一科, 合肥 230000

通信作者: 孙昀, Email: sunyun15@163.com

【摘要】 在连续性肾脏替代治疗 (CRRT) 过程中, 置换液自身的温度、液体流量及血液在体外循环等多种因素, 导致回输至体内的血液温度往往低于正常, 从而引起患者体温下降, 造成低体温, 严重时危及生命。临床中, 医护人员大多采用机器自带的加温装置、体外循环液体温箱、升温毯等方式减少 CRRT 患者低体温的发生, 但效果均不理想。为此, 安徽医科大学第二附属医院重症医学一科医护人员设计了一种 CRRT 透析液袋加温保温装置及温控系统, 获得了国家发明专利 (专利号: ZL 2021 1 0334906.7)。该装置包括加温保温装置和温控系统, 其中加温保温装置由加热透析液袋的本体和温控结构组成, 解决了 CRRT 治疗过程中难以对液体实施安全高效加温及保温的问题; 温控系统通过数据采集、数据处理、数据分析、调控、显示 5 个模块之间的配合使用, 能显示患者体温的动态变化, 及时调整透析液袋温度, 并实时监测回输血液温度。将该装置应用于 CRRT, 可实现对危重症患者体温的精准管控, 具有一定临床意义。

【关键词】 连续性肾脏替代治疗; 低体温; 加温; 温控系统

基金项目: 国家发明专利 (专利号: ZL 2021 1 0334906.7)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220817-00757

Design and application of heating device and temperature control system for dialysis fluid bag in continuous renal replacement therapy

Li Jingjing, Jia Xueli, Cao Lijun, Li Mingjuan, Sun Yun

Department of Critical Care Medicine, the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230000, Anhui, China

Corresponding author: Sun Yun, Email: sunyun15@163.com

【Abstract】 In the process of continuous renal replacement therapy (CRRT), various factors such as the temperature of replacement fluid, the flow of fluid and the circulation of blood in cardiopulmonary bypass, lead to the temperature of the blood injected back into the body is often lower than normal. It leads to the decrease of body temperature and the occurrence of hypothermia, which can be life-threatening in severe cases. In clinical practice, medical staff mostly reduces the occurrence of hypothermia in patients with CRRT by means of the heating device of the machine, the heating of the liquid temperature box for cardiopulmonary bypass, and the application of heating blankets, but the effect is not ideal. Therefore, medical staff of the department of critical care medicine of the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University designed a heating device and temperature control system for CRRT dialysis fluid bag, and obtained the National Invention Patent of China (ZL 2021 1 0334906.7). The device includes a heating and thermal insulation device and a temperature control system, wherein the heating and thermal insulation device is composed of the body of the heating dialysis fluid bag and the temperature control structure, which solves the problems of safe and efficient liquid heating and thermal insulation during the CRRT process. The temperature control system can display the dynamic state of the patient's body temperature, adjust the temperature of the dialysis fluid bag in time, and monitor the temperature of the blood transfusion in real time through the cooperation of the five modules of data collection, data handle, data analysis, regulation and display. This design is applied to CRRT, which can achieve precise control of body temperature of critically ill patients, and has certain clinical significance.

【Key words】 Continuous renal replacement therapy; Low temperature; Heating; Temperature control system

Fund program: National Invention Patent of China (ZL 2021 1 0334906.7)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220817-00757

连续性肾脏替代治疗 (continuous renal replacement therapy, CRRT) 是一种利用建立体外循环实现持续性血液净化的技术方法, 通过弥散、对流、吸附等原理, 有效排除过量的水分及中小分子新陈代谢废物, 从而代替肾脏纠正水、电解质紊乱, 调整酸碱失衡, 是一种有效的生命支持手段^[1]。除此之外, CRRT 还具备清除炎症介质、对血流动力学影响小、可实

现体液平衡及营养支持等方面的优势^[2]。目前, CRRT 是液体超负荷、代谢紊乱、脓毒症、重症急性胰腺炎 (severe acute pancreatitis, SAP)、无法耐受间歇性血液透析等患者的重要干预及治疗措施, 已普遍应用于危重症患者的救治^[3]。

然而, 在临床工作中常发现患者在进行 CRRT 时发生体温下降、寒颤, 甚至出现难以纠正的低体温, 这与 CRRT 时体

外循环血液热量丢失及大量透析液或置换液的应用造成患者体温下降有关^[4-5]。体温不断降低,机体基础代谢率和氧耗也会慢慢降低,对危重症患者十分不利。目前,CRRT设备均安装了加热装置以避免患者体温下降。临床使用较多的是美国Baxter公司生产的Prismaflex机器,尽管该机器自带的包裹式或螺旋缠绕式加热设备能对CRRT回血管路实现加温,但对患者低体温的干预效果欠佳,尤其是在秋冬季节,应用该机器进行CRRT时低体温发生率较高。国内外研究证实,Prismaflex机器上自带的包裹式或螺旋缠绕式加热装置并不能满足患者进行CRRT时达到目标理想体温的需求^[6-7],因此,CRRT患者血液回输加温措施及体温干预措施均亟需改善,但现有辅助加温方法均不能有效解决CRRT患者低体温的问题。为此,安徽医科大学第二附属医院重症医学一科医护人员设计了一种CRRT透析液袋加温保温装置及温控系统,该装置可对CRRT透析液袋进行加温及保温,有效解决了患者CRRT过程中低体温的问题,而且辅之以温控系统,能准确监控回输血液温度及患者体温,获得了国家发明专利(专利号:ZL 2021 1 0334906.7),介绍如下。

1 CRRT透析液袋加温保温装置及温控系统的设计思路和组件

1.1 CRRT透析液袋加温保温装置:CRRT透析液袋的加温保温装置采用轻便、保温效果好且不透水的材料,并带有可视窗,能够直观看到置换液的名称等信息。该装置主要由第一固定袋(图1-1)、第二固定袋(图1-2)和连接座(图1-3)构成。其中,第一固定袋和第二固定袋分别配有两对连接夹(图1-4),可将两个固定袋进行卡合安装和分离,以便取放透析液袋。

固定袋内部分别镶嵌有温控座(图1-5),可通过温控系统从两侧感应透析液的温度变化,并对透析液袋进行加热和温度调控,从而实现智能加温与保温。温控座主要包括隔离座(图1-6)、加热座(图1-7)、第一导热座(图1-8)、第二导热座(图1-9)、连接顶座(图1-10)和连接底座(图1-11)。第一导热座内部装有导热液,为过饱和溶液醋酸钠;加热座

内部设置有若干个发热导丝;第二导热座为金属材质,用于导热;隔离座用于隔离发热导丝产生的热量。

固定袋外侧靠近温控座上方镶嵌有固定框(图1-12)、连接框(图1-13)和插座(图1-14)。固定框内部表面设置有显示屏;插座与温控座中的加热座电性连接。

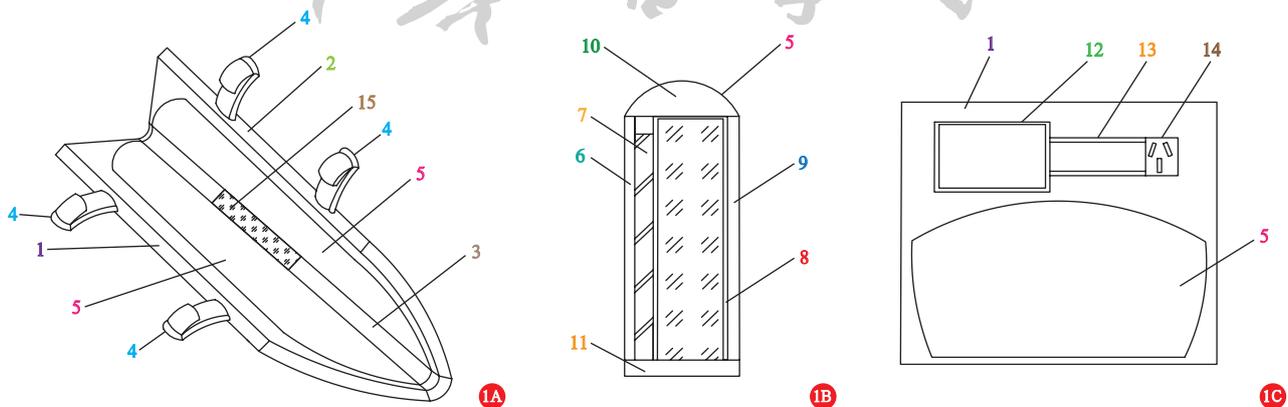
在连接两个固定袋的连接座上镶有支撑底板(图1-15),可以对透析液袋起到支撑作用,支撑底板内部还设有温度和重力传感器,可传导温度和感应透析液的重量。

1.2 CRRT透析液袋加温保温装置的温控系统:温控系统主要包括数据采集模块、数据处理模块和数据分析模块,同时配备了调控模块和显示模块,可智能感应和调节透析液袋温度,还可实时监测回输管路中的血液温度。

2 CRRT透析液袋加温保温装置及温控系统的工作原理和使用方法

2.1 CRRT透析液袋加温保温装置及温控系统的工作原理:CRRT透析液袋加温保温装置是一个自动一体化装置,使用时可先设定加热目标温度,当温控系统感应透析液达到目标温度后,加温系统停止加温并自动保温,以确保透析液袋维持恒定温度。温控系统主要由数据采集模块、数据处理模块、数据分析模块、调控模块和显示模块组成(图2)。CRRT开始后,温控系统的数据采集模块收集患者信息和透析液温度等信号,并传送到数据处理模块;数据处理模块接收到信息并完成数据处理后,传送到数据分析模块;由数据分析模块接收相关数据并进行分析,将计算出的调整系数传送到调控模块;调控模块根据接收到的调整系数对透析液袋的温度等进行调控;显示模块用于显示透析液袋和回输血液的温度,以方便医护人员随时查看。

2.2 CRRT透析液袋加温保温装置及温控系统的使用方法:进行CRRT前,可根据患者体温决定是否采用加温保温装置,若需使用,则提前将透析液袋放入加温保温装置,加热至设定的目标温度后悬挂于透析液称上,然后连接透析液接头。开始CRRT治疗时,打开温控系统,由温控系统的各个模块实时对患者体温、透析液袋温度、回输血液温度进行采



注:1为第一固定袋,2为第二固定袋,3为连接座,4为连接夹,5为温控座,6为隔离座,7为加热座,8为第一导热座,9为第二导热座,10为连接顶座,11为连接底座,12为固定框,13为连接框,14为插座,15为支撑底板

图1 连续性肾脏替代治疗(CRRT)透析液袋加温保温装置主体结构(A)、温控结构(B)和固定袋外侧(C)局部示意图



图 2 连续性肾脏替代治疗 (CRRT) 透析液袋加温保温装置中温控系统的工作原理

集、处理、分析、调控、显示。医护人员根据显示信息进行调控,将患者体温控制在合理范围内。若患者体温较高,暂不需要应用加温保温装置,则可暂放于一旁,必要时再使用。此时,温控系统的体温监测、回输血液温度监测及显示功能仍可继续应用,以便对患者体温进行及时干预。

3 讨论

3.1 采取措施避免发生 CRRT 相关性低体温的必要性:CRRT 相关性低体温是指 CRRT 治疗过程中机体因热能损失引起的低体温,发生率高达 22%^[8]。许文冰和许奕^[9]研究显示,传统加温方法并不能有效避免 CRRT 过程中低体温的发生,且低体温发生率随 CRRT 治疗时间延长逐渐增加。在 CRRT 治疗过程中,因为血液长期在体外循环,造成机体热能损失,如果进入血液循环的大量置换液未加热,则容易引起体温降低现象的发生^[10]。国内 CRRT 相关研究一般以 CRRT 过程中患者核心体温低于 36℃ 认定为 CRRT 相关性低体温^[11]。目前重症医学科大多为层流病房,室温 22~24℃,偏低的环境温度也可能增加低体温发生率。清醒患者进行 CRRT 时,常有寒冷不适等主诉,甚至会因不能耐受冷感而拒绝继续治疗,导致非计划下机,从而影响治疗效果。体温过低还会使患者出现生理性及病理性改变,导致多种并发症的发生。低体温可降低皮肤血供与氧气供应,影响创口愈合,增加感染风险,并可能引发心律失常、药物代谢速度降低等。当体温轻度下降时,机体免疫功能受损;当体温严重降低时,机体呼吸中枢受到抑制,同时还会影响凝血功能,造成大出血^[12]。重症患者病情严重且复杂,常合并多器官功能衰竭 (multiple organ failure, MOF),从而导致低体温发生率更高,严重低体温患者甚至会出现循环衰竭而死亡。给予 CRRT 患者合理的体温控制和干预能够明显提升核心温度,减少低体温和寒颤的发生,增加患者舒适感,促进机体康复^[13]。因此,对重症 CRRT 患者体温的监测不容忽视,且需要采取有效的加温及保温措施。

3.2 为减少 CRRT 相关性低体温的发生,目前临床采用的加温方法:Richardson 和 Whatmore^[14]提出,对 CRRT 患者体温降低的干预首先是预防,要充分利用血滤机本身的加热

设备和其他加温装置,置换液在流入体内前可以对其进行加温。目前临床应用的 CRRT 透析液加热方式主要有机器自带装置及温箱、血液加温仪等,但均难以满足临床维持 CRRT 患者体温的目标需求。Prismaflex 机器自带的加温装置不仅难以达到 CRRT 患者的目标温度要求,而且局部加热温度过高会破坏血液成分,增加溶血风险;预热后,置换液的热量也会慢慢散失,最终温度与室温逐渐趋于一致,后期无法达到加温效果。当 CRRT 患者体温偏低时,应用温毯机或加盖棉被对患者的复温作用同样存在局限性。

3.3 CRRT 透析液袋加温保温装置及温控系统的优点:与目前临床常用的几种加温方法相比,本专利 CRRT 透析液袋加温保温装置及温控系统具有操作简便、智能调节等优点;分体化设计既可联合使用,又可单独应用于 CRRT 患者体温和回输血液温度的实时监测;能够使透析液维持在合适温度,从而有效减少患者体温下降带来的不适感及低体温的发生;同时,可减轻医护人员在 CRRT 方面的工作量,具有一定的临床应用价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Fleming GM. Renal replacement therapy review: past, present and future [J]. *Organogenesis*, 2011, 7 (1): 2-12. DOI: 10.4161/org.7.1.13997.
- [2] 余莉晨,崔丹,毛宗福.武汉市医疗机构 ICU 中连续性肾脏替代治疗技术的应用现状 [J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28 (8): 732-734. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.08.013.
- [3] 黄惠斌,刘建琴,陈小莉,等.脉冲式高容量血液滤过治疗脓毒症疗效的 Meta 分析 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2018, 25 (2): 113-119. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2018.02.001.
- [4] Tiruvoipati R, Ong K, Gangopadhyay H, et al. Hypothermia predicts mortality in critically ill elderly patients with sepsis [J]. *BMC Geriatr*, 2010, 10: 70. DOI: 10.1186/1471-2318-10-70.
- [5] Jones S. Heat loss and continuous renal replacement therapy [J]. *AACN Clin Issues*, 2004, 15 (2): 223-230. DOI: 10.1097/00044067-200404000-00008.
- [6] Roy JP, Reagor J, Klein T, et al. *In vitro* evaluation of resistance and warming performance of a small blood warmer on a continuous renal replacement therapy circuit [J]. *Ther Apher Dial*, 2020, 24 (2): 197-201. DOI: 10.1111/1744-9987.13349.
- [7] 薛佳瑞,武晓文,唐静,等.综合体温干预在连续性肾脏替代治疗老年急性肾衰竭病人中的应用研究 [J]. *护理研究*, 2013, 27 (24): 2602-2604. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6493.2013.24.018.
- [8] 杨从山,杨毅,黄力维,等.重症医学科连续性肾脏替代治疗应用现状调查分析 [J]. *中华医学杂志*, 2016, 96 (39): 3151-3155. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2016.39.008.
- [9] 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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1672-7088.2019.14.004.
- [10] 仇丽华,赵振华,冯波,等. ICU 患者连续性肾脏替代治疗 24 h 内低体温研究 [J]. *护理学杂志*, 2021, 36 (10): 26-29. DOI: 10.3870/j.issn.1001-4152.2021.10.026.
- [11] 高丽娟,李星,鲁玫.连续性肾脏替代治疗患者低体温的影响因素分析 [J/CD]. *实用临床护理学电子杂志*, 2018, 3 (24): 173-176. DOI: 10.3969/j.issn.2096-2479.2018.24.141.
- [12] 伍姣.危重患者连续性肾脏替代治疗相关性低体温的研究进展 [J]. *中华急危重症护理杂志*, 2020, 1 (2): 182-185. DOI: 10.3761/j.issn.2096-7446.2020.02.020.
- [13] 王道霞,吴克艳.重症患者持续性肾脏替代治疗中低体温的护理干预 [J]. *国际移植与血液净化杂志*, 2020, 18 (1): 37-39. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4238.2020.01.010.
- [14] Richardson A, Whatmore J. Nursing essential principles: continuous renal replacement therapy [J]. *Nurs Crit Care*, 2015, 20 (1): 8-15. DOI: 10.1111/nicc.12120.

(收稿日期: 2022-08-17)