

一种新型低温静脉输液装置的设计与研究

马明远 张云海 黄国敏 江皓波 邓梦华 戚振红

528000 广东佛山, 佛山市中医院重症医学科

通讯作者: 马明远, Email: 13500260111@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.01.015

基金项目: 广东省中医药管理局科研立项(20131058); 国家实用新型专利(ZL 2014 2 0070586.4)

Design and study of a new device for low temperature intravenous infusion Ma Mingyuan, Zhang Yunhai, Huang Guomin, Jiang Haobo, Deng Menghua, Qi Zhenhong
Department of Critical Care Medicine, Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Foshan 528000, Guangdong, China

Corresponding author: Ma Mingyuan, Email: 13500260111@163.com

Fund program: Scientific Research Project of Administration of Traditional Chinese Medicine of Guangdong Province of China (20131058); National Utility Model Patent (ZL 2014 2 0070586.4)

研究表明,亚低温治疗措施可以减轻机体的炎症反应,从而起到保护器官功能的作用^[1-4]。心搏骤停患者自主循环恢复后需采取包括亚低温在内的综合治疗^[5],已被目前最新的心肺复苏指南认可^[6]。重型颅脑损伤患者在接受亚低温治疗后,其治愈率明显提高,死残率明显降低^[7-8]。目前亚低温治疗包括药物降温与物理降温两种方式,其中物理降温是亚低温治疗的主要措施。有研究显示,静脉输注4℃液体可作为物理降温的一种措施,由于其操作简便、效果确切、并发症少、费用低廉,常用于中枢性高热、超高热和需要低温脑保护处理的患者^[9]。虽然目前已有不少关于应用静脉输注低温液体进行降温治疗的临床报道^[10-12],但如何控制和保证低温液体的温度尚未能确切阐明。事实上在临床实践过程中,许多所谓的4℃低温液体在静脉输注操作时由于受到环境温度、液体输注持续时间及输注速度等因素的影响,无法持续保持实际进入静脉内的液体温度达到或接近于4℃,从而严重影响了降温效果。

针对上述问题,本课题组制作了一种新型低温静脉输液装置,并获得了国家实用新型专利(专利号:ZL 2014 2 0070586.4),通过分析影响其物理降温效果的原因及对降温幅度的控制,以保证低温液体输注温度的相对稳定,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 输液装置制备

1.1.1 传统低温静脉输液装置的制作方法:将2~4个0℃低温冰袋与起始温度为4℃冰冻输注液体同置于塑料袋中。

1.1.2 新型低温静脉输液装置的制作方法(图1):选用具有良好保温效果的保温箱(由多种保温材料构成,内径约为255 mm×140 mm×145 mm),根据输液延长管(内管径3.4 mm,外管径5.1 mm,长约4 000 mm)的管径在箱体两侧开槽,分别作为输液延长管的输入端及输出端的通道。测量好需要置入保温箱内输液延长管的长度,并将其卷成圈状放入保温箱内,两端口分别经箱体两侧的通道置于箱外;在输出端处的延长管外套上保温材料的套管,末端出口处接电子温度探测仪(型号:DM6801A,深圳市胜利高电子科技有限公司生产)。往箱体内加入一定比例的室温自来水和冰粒制成的冰水混合物,淹没箱体內的输液延长管圈,约10 min后应用水银温度计探测箱内各位置液体温度均为0℃以确认冰水混合物的温度一致,关闭并锁紧箱子。

1.2 输液方法

1.2.1 传统低温静脉液体输注方法:从冰箱内取出4℃冰冻输注液体,四周放置2~4个0℃低温冰袋一起置于塑料袋中并扎紧,连接输液器进行静脉滴注(静滴)。

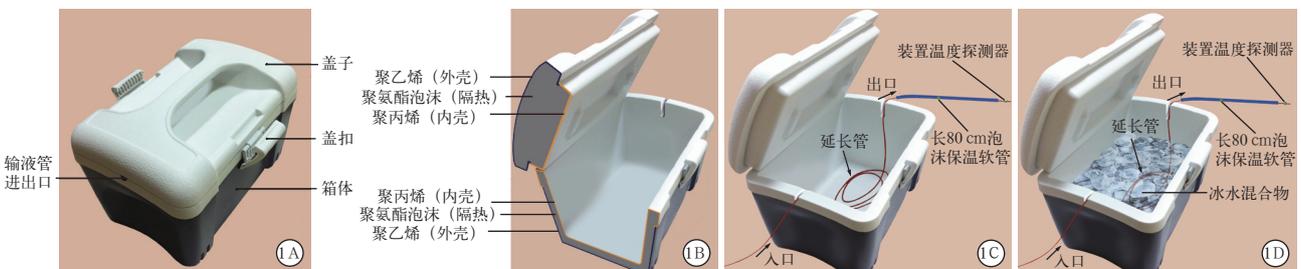


图1 新型低温静脉输液装置 A为保温箱外观图,为带弧度的类长方体,长约280 mm,宽约160 mm,高约160 mm,容量约6 L; B为保温箱剖面图, C为保温箱成品图; D为保温箱使用图,将输液延长管圈放在冰水混合物中,延长管两端通过箱体两侧的通道与外界相连

1.2.2 新型低温静脉输液装置的液体输注方法: 室温下将所要输注的液体,经输液器连接新型低温静脉输液装置的输液延长管输入端,其输液延长管的输出端接穿刺针,排除空气后即可进行低温静脉输液。

1.3 低温静脉输液装置的试验指标及检测方法

1.3.1 新型低温静脉输液装置维持温度的恒定性检测: 测定在容量约 6 L 的低温静脉输液装置内,将冰粒(kg)及水容量(L)比例分别设定为 3:2、2:2 和 2:3 时箱内维持 0℃ 的时间;恒速滴注室温液体,测定每小时输出端液体的温度。

1.3.2 新型低温静脉输液装置维持温度的持久性检测: 在 20、22、24、26℃ 不同室温环境下,经新型低温静脉输液装置以 250 mL/h 恒速滴注室温液体,观察装置箱内维持 0℃ 的时间。检测在重症加强治疗病房(ICU)内可调节室温的恒温环境下进行。

1.3.3 新型低温静脉输液装置温度的可控性检测: 在 22℃ 室温条件下,应用室温自来水(液体温度 19.7~21.8℃)作为滴注溶液(用 3000 mL 袋装),测试不同输液速度(50、100、150、200、250、300、350、400 mL/h)时以及输液延长管在新型低温静脉输液装置箱内不同留置长度(2500、3000、3200、3900 mm)下输出端液体的温度。

1.3.4 传统低温静脉输液方式的试验指标及检测方法: 在不同室温条件下,测定传统低温静脉输液方式保温袋内冰块维持液体温度的时间。

1.4 传统低温输液和新型低温静脉输液装置两种方式的效果对比: 在室温 24℃ 环境下,以 250 mL/h 恒速滴注起始温度为 4℃ 冰冻生理盐水 1000 mL,于输液 30、60、120、180、240 min 时各测定输出端液体的温度 10 次,计算其平均值,比较两种低温静脉输液方式的液体温度控制情况。

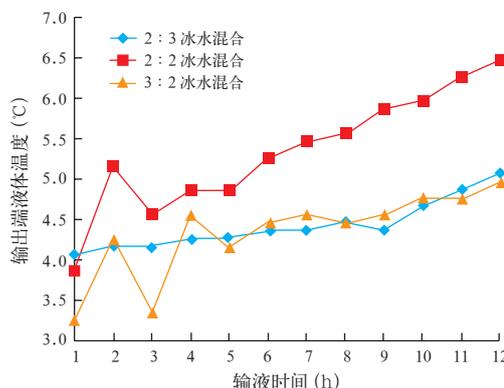
1.5 统计学处理: 采用 SPSS 13.0 软件处理数据,正态分布计量数据以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用方差分析,两组间比较采用 *t* 检验;相关性分析采用回归分析方法;*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 新型低温静脉输液装置内不同冰水混合比例对液体温度的影响(表 1;图 2): 2:3、2:2 和 3:2 的冰水混合物维持保温箱内 0℃ 的时间均超过 12 h,且 3 组间差异无统计学意义($F=2.906, P=0.071$);观察在 3 种比例的冰水混合物下输注常温液体 12 h 内输出端液体温度发现,冰水混合物为 2:3 时输出端液体温差最小,用于临床更安全有效。

表 1 新型低温静脉输液装置内不同比例冰水混合物维持箱内 0℃ 的时间及输注常温液体 12 h 内输出端液体温度范围

冰粒与水混合比例	箱内维持 0℃ 时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	输出液体温度 (℃, 范围)
2 kg : 3 L	14.60 ± 1.43	4.1 ~ 5.1
2 kg : 2 L	15.00 ± 1.49	3.9 ~ 6.5
3 kg : 2 L	16.00 ± 1.05	3.3 ~ 5.0



注: 2:3 为冰粒 2 kg、水容量 3 L, 2:2 为冰粒 2 kg、水容量 3 L, 2:3 为冰粒 2 kg、水容量 3 L

图 2 新型低温静脉输液装置内不同比例冰水混合物时恒速输注室温液体 12 h 内输出端液体温度的变化

2.2 两种低温静脉输液装置维持温度的持久性比较(表 2): 在 20、22、24、26℃ 的室温环境下,以 250 mL/h 恒速滴注室温液体,新型低温静脉输液装置的保温箱内 0℃ 维持时间均超过 12 h;而随着病房环境温度的升高,传统低温静脉输液方式需更换保温袋内冰块的时间均不超过 3.3 h。说明新型低温静脉输液装置保温箱内的冰水混合物维持时间较长,受环境温度影响较小。从科室管理的角度出发,护理人员每日仅需要在 3 个交接班时查看并更换保温箱内的冰水混合物,便可绝对保证装置箱内维持 0℃。

表 2 传统与新型低温静脉输液两种方式在不同室温环境下维持低温液体的持久性

输液方式	持久性
传统低温静脉输液装置	在 20、22、24、26℃ 室温下,以冰块完全溶解为更换标准,冰块更换时间分别为 3.3、3.1、2.8、2.2 h
新型低温静脉输液装置	在 20、22、24、26℃ 室温下,以 250 mL/h 恒速滴注室温液体,冰水混合物为 2:3,保温箱内 0℃ 维持时间分别为 15.2、14.6、14.1、13.5 h

2.3 输液速度、新型低温静脉输液装置内延长管留置长度与输出端液体温度的相关性(图 3): 输液速度与输出端液体温度呈显著负相关($r=-0.986, P=0.000$);不同输液速度下,装置内延长管留置长度与输出端液体温度无相关性(均 $P > 0.05$;表 3)。应用新型低温静脉输液装置输注 19.7~21.8℃ 的室温液体,其输出端液体温度可维持在 4.0~11.3℃。

2.4 两种低温静脉输液方式输出端液体温度比较(表 4): 传统低温静脉输液方式输出端液体温度难以达到 4℃,且温度波动大(6.4~22.1℃);而新型低温静脉输液装置(箱内延长管留置长度 3200 mm,冰水混合物 2:3),输出端液体温度可基本维持在 4℃ 左右。两组各时间点输出端液体温度比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$),提示应用新型低温静脉输液装置降温效果更佳。

表4 在24℃室温环境下,以250 mL/h恒速滴注4℃冰冻生理盐水1000 mL,传统与新型低温静脉输液两种方式输液不同时间点输出端液体温度的变化比较($\bar{x} \pm s$)

输液方式	样本数	输出端液体温度(℃)				
		30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
传统低温静脉输液装置	10	6.81 ± 0.42	9.27 ± 0.69	14.16 ± 1.01	17.36 ± 1.08	20.39 ± 0.55
新型低温静脉输液装置	10	3.92 ± 0.18	4.14 ± 0.16	4.37 ± 0.25	4.53 ± 0.38	4.75 ± 0.25
t 值		20.000	22.903	29.754	35.437	81.864
P 值		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

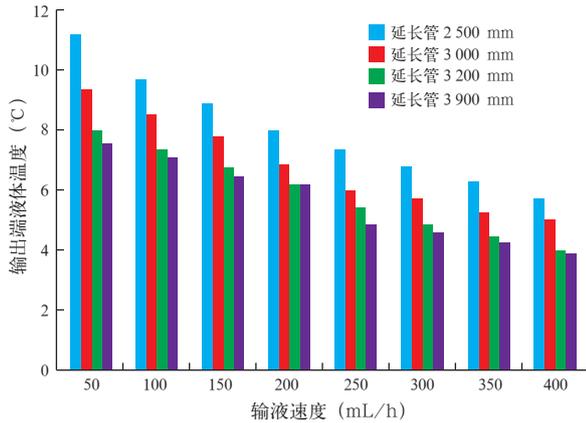


图3 在22℃室温环境下,输注3000 mL室温液体,新型低温静脉输液装置内不同延长管留置长度、不同输注速度对输出端液体温度的影响

表3 不同输液速度下新型低温静脉输液装置内延长管留置长度与输出端液体温度的相关性

输液速度 (mL/h)	延长管留置长度与输出端液体温度		输液速度 (mL/h)	延长管留置长度与输出端液体温度	
	r 值	P 值		r 值	P 值
50	-0.924	0.076	250	-0.948	0.052
100	-0.917	0.083	300	-0.923	0.077
150	-0.919	0.081	350	-0.928	0.072
200	-0.878	0.122	400	-0.913	0.087

3 讨论

亚低温治疗是通过物理或药物的方法将患者体温降到32~34℃而达到治疗目的的一种治疗措施,其作用机制为:

①降低组织能量代谢;②减轻组织水肿,抑制有害物质释放;③抑制氧自由基所致的并发症。

低温静脉输液作为血管内降温的方式,是一种快速的中心降温方法。临床研究表明,通过持续输注4℃的冰冷溶液30 min以上可达到降温效果^[13]。临床上血管内物理降温方式包括低温静脉输液法、基于热交换导管的血管内降温法以及血液净化措施等,虽然后两者的温度控制及维持效果更佳,但由于其具有创伤性和价格昂贵的缺点,难以在临床上推广应用^[14]。目前临床实践中提倡对高危患者和心搏骤停患者及时进行低温干预^[15]。低温静脉输液法仍是常用的降

温方法。传统方式是静滴冰冻液体或是4℃液体直接滴注,或是加用保温袋静滴,这些方法受环境温度影响大,无法保证进入血管内的液体温度维持在4℃左右,大大影响了降温效果。

针对上述问题,我们根据物理热交换原理,设计了一种新型低温静脉输注装置。通过检测该装置的性能发现,装置内以冰粒2 kg和水容量3 L的比例混合,以及装置内延长管留置长度为3200 mm的设计,0℃冰水混合物维持时间最长,输出端液体温度也相对恒定,降温效果最佳,而且操作简便(护理人员只需要在每天08:00、16:00和24:00更换3次冰粒,便可绝对保证装置内温度维持在0℃)。与传统低温输液方式相比,该新型低温静脉输液装置具有以下优点:①保持箱内冰水中存在冰块,就意味着其内的温度保证在0℃,装置箱的结构由保温材料制成且密封程度较好,可最大限度地保持箱内的温度,增加护理的可操作性及依从性;②应用该装置时,可通过调节箱内输液延长管的管路长度及输液速度控制输出端液体温度,可调节性高,有利于不同降温需求的患者;③该装置结构简单、操作方便、价格低廉,有利于在基层医院推广应用。

参考文献

- [1] Vaagenes P, Gundersen Y, Opstad PK. Rapid rewarming after mild hypothermia accentuates the inflammatory response after acute volume controlled haemorrhage in spontaneously breathing rats [J]. Resuscitation, 2003, 58 (1): 103-112. DOI: 10.1016/S0300-9572(03)00102-3.
- [2] Tisherman SA, Rodriguez A, Safar P. Therapeutic hypothermia in traumatology [J]. Surg Clin North Am, 1999, 79 (6): 1269-1289. DOI: 10.1016/S0039-6109(05)70077-3
- [3] 胡皓夫,解启莲,安会波.亚低温防治全身炎症反应综合征[J].中华儿科杂志,2000,38(6):348. DOI: 10.3760/j.issn.0578-1310.2000.06.003.
Hu HF, Xie QL, An HB. Mild hypothermia prevents and cures systemic inflammatory response syndrome [J]. Chin J Pediatr, 2000, 38 (6): 348. DOI: 10.3760/j.issn.0578-1310.2000.06.003.
- [4] Haddix TL, Pohlman TH, Noel RF, et al. Hypothermia inhibits human E-selectin transcription [J]. J Surg Res, 1996, 64 (2): 176-183. DOI: 10.1006/jsre.1996.0325.
- [5] 张东,赵淑杰,李南,等.心搏骤停后综合征预后相关影响因素的分析[J].中华危重病急救医学,2015,27(3):175-179. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.004.
Zhang D, Zhao SJ, Li N, et al. An analysis of relevant factors influencing the prognosis of post cardiac arrest syndrome [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (3): 175-179. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.004.

- [6] Travers AH, Rea TD, Bobrow BJ, et al. Part 4: CPR overview: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J]. *Circulation*, 2010, 122 (18 Suppl 3): S676-684. DOI: 10.1161/CIRCULATION.AHA.110.970913.
- [7] 梁晋, 祝捷, 李建国, 等. 亚低温对重型颅脑损伤患者凝血功能及预后的影响 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2014, 21 (1): 18-21. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2014.01.005.
Liang J, Zhu J, Li JG, et al. The effects of mild-hypothermia therapy on coagulation and prognosis in patients with severe traumatic brain injury [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2014, 21 (1): 18-21. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2014.01.005.
- [8] 赵明亮, 杨细平, 田竺, 等. 亚低温联合依达拉奉对重型颅脑创伤患者脑脊液肿瘤坏死因子- α 及白细胞介素-6表达的影响 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2014, 21 (4): 258-261. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2014.04.08.
Zhao ML, Yang XP, Tian Z, et al. Effects of mild hypothermia combined with edaravone on expressions of tumor necrosis factor- α and interleukin-6 in cerebrospinal fluid of patients with severe traumatic brain injury [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2014, 21 (4): 258-261. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2014.04.08.
- [9] 蒋海蓉, 严振球. 目前亚低温降温方式的研究进展 [J]. *临床军医杂志*, 2006, 34 (5): 626-628. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3826.2006.05.040.
Jiang HR, Yan ZQ. The research progress of mild-hypothermia therapy [J]. *Clin J Med Office*, 2006, 34 (5): 626-628. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3826.2006.05.040.
- [10] Bernard S, Buist M, Monteiro O, et al. Induced hypothermia using large volume, ice-cold intravenous fluid in comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest: a preliminary report [J]. *Resuscitation*, 2003, 56 (1): 9-13. DOI: 10.1016/S0300-9572(02)00276-9.
- [11] 邓春林, 易兰. 低温液静脉滴注结合物理降温治疗中枢性高热疗效观察 [J]. *临床合理用药杂志*, 2013, 6 (22): 11, 13. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3296.2013.22.008.
Deng CL, Yi L. The clinical observation of the treatment of central high fever by intravenous drip of cold solution combined with physical cooling [J]. *Chin J of Clinical Rational Drug Use*, 2013, 6 (22): 11, 13. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3296.2013.22.008.
- [12] 杨永文. 临床过高热患者的快速降温法 [J]. *中国医药指南*, 2010, 8 (18): 150. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8194.2010.18.102.
Yang YW. Rapid cooling method for clinical patients with high fever [J]. *Guide China Med*, 2010, 8 (18): 150. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8194.2010.18.102.
- [13] Kimme P, Fridrikssen S, Engdahl O, et al. Moderate hypothermia for 359 operations to clip cerebral aneurysms [J]. *Br J Anaesth*, 2004, 93 (3): 343-347. DOI: 10.1093/bja/aeh206.
- [14] 李刚, 李智, 林凌. 亚低温治疗的方法及临床应用 [J]. *生命科学仪器*, 2006, 4 (2): 28-31. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7929.2006.02.008.
Li G, Li Z, Lin L. Mild hypothermia methods and its clinical applications [J]. *Life Sci Instrum*, 2006, 4 (2): 28-31. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7929.2006.02.008.
- [15] 李银平, 范振兴, 秦俭, 等. 不同时机轻度低温干预对心室纤颤复苏后心脏的影响 [J]. *中华危重病急救医学*, 2015, 27 (3): 185-189. DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-4352.2015.03.006.
Li YP, Fan ZX, Qin J, et al. Effect of pre-arrest and post-arrest mild hypothermia on myocardial function of ventricular fibrillation after restoration of spontaneous circulation in rabbits [J]. *Chin Crit Care Med*, 2015, 27 (3): 185-189. DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-4352.2015.03.006.

(收稿日期: 2015-06-10)
(本文编辑: 保健媛, 李银平)