

# 新型相变材料运血箱在高原地区血液运输中的应用研究

易晓阳 刘敏霞 王捷熙 王艳 张玉华 韩颖 阎少多\* 王东根\*

(军事医学研究院卫生勤务与血液研究所, 北京 100850)

**摘要:** **目的** 开展新型相变材料运血箱在高原地区的应用研究。**方法** 悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞储存在运血箱内通过车载从拉萨运输至山南, 运输时间 32 小时, 分别进行红细胞的指标检测。**结果** 悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞运输后红细胞计数降低, 血红蛋白含量降低, 平均红细胞体积升高, 游离血红蛋白升高。运输后的血钾含量上升较快, 血钠轻微下降。悬浮红细胞运输后的 2,3-DPG 含量升高不显著, 但去白细胞悬浮红细胞运输后升高显著。依照国家标准, 血红蛋白含量等血液质量控制重要指标参数均符合输注要求。**结论** 结果表明新型相变材料运血箱可以在复杂的高原环境条件下, 保持箱内血液在较长时间内维持恒定 (1-10°C) 的标准运输温度, 并保证血液质量安全。

**关键词:** 红细胞, 相变材料运血箱, 高原运输, 质量评价

YI Xiaoyang, LIU Minxia, WANG Jiexi, WANG Yan, ZHANG Yuhua, HAN Ying, YAN Shaoduo\*, WANG Donggen\*

(Institute of Health Service and Transfusion Medicine, Academy of Military Medical Sciences, Beijing 100850)

\*Co-corresponding authors,

WANG Donggen, Tel:010-66931980, E-mail:17485353@qq.com

YAN Shaoduo, [Tel:010-66931986](tel:010-66931986), E-mail: ysd-dtc@163.com

**Abstract** In order to evaluate RBCs' quality stored by the blood container of phase change material on the plateau, we transported the suspended RBCs and Leukoctye-reduced RBCs for car transportation (32h) from Lasa to Shannan, also evaluated the quality of the stored RBCs. The RBC counts, hemoglobin and the content of Na<sup>+</sup> were decreased, the mean corpuscular volume(MCV), free hemoglobin and the content of K<sup>+</sup> were increased. The content of 2,3-DPG in suspended RBCs were slightly increased(P>0.05), but were significantly increased in Leukoctye-reduced RBCs (P<0.05). the blood container containing phase change material can be maintained at a constant temperature in the plateau environmental conditions, and ensured the quality of the stored RBCs compliant with the GB18469-2012.

**Keywords:** RBCs, blood container of phase change material, Plateau transport, Quality evaluation

## 0 前言

新型相变材料运血箱由本课题组与清华大学共同研发, 是一种无需电源的便携式恒温运血箱, 保温材料主要为十四烷, 它的相变温度为 4.5~5.6°C, 在特定温度下通过吸热和放热循环以调节热量平衡<sup>[1,2]</sup>。美国 FDA 规定红细胞在运输途中的温度需保持在 1~10°C<sup>[3]</sup>。在

---

[作者简介] 易晓阳, 女, 助理研究员, 研究方向: 血细胞低温损伤与血液储运

\*[通讯作者] 王东根, Tel:010-66931980, E-mail:17485353@qq.com

阎少多, Tel:010-66931986, E-mail: ysd-dtc@163.com

环境温度不断发生变化时,该运血箱内温度能够在较长时间内( $\geq 60$  h)保持在一个合适的温度状态,能够保证红细胞处于 FDA 规定的温度下进行安全运输。

高原地区的环境特点为低压、低氧,如西藏拉萨海拔为 3650 m,其大气压约为平原地区的 66%,空气含氧量约为平原地区的 70%<sup>[4]</sup>,新型相变材料运血箱在这样的条件下运输悬浮红细胞对其质量影响有待研究。本文主要就该运血箱对血液储运后的质量进行评价,以确定其在高原地区血液运输中的使用价值和作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 血液

采集 7 天内的悬浮红细胞 5 袋(2U/袋)、去白细胞悬浮红细胞 5 袋(1.5U/袋),均来自于成都军区总医院。

#### 1.1.2 试剂和仪器

游离血红蛋白检测试剂盒(北京瑞达而生物科技有限公司),2,3-DPG ELISA 检测试剂盒(南京森贝伽生物科技公司),低温血液冷藏箱(青岛海尔电器有限公司),新型相变材料运血箱为本课题组自主研发,温度测试仪(精创 RC-4),全自动血细胞分析仪(法国 ABX 公司),血气分析仪(美国雅培公司),分光光度计(北京普析通用公司),酶标仪(美国 BioTek 仪器有限公司)。

### 1.2 方法

悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞由成都空运至拉萨后保存在拉萨总医院输血科 4℃ 血液冷藏箱中,运输路线为拉萨→山南,红细胞在相变材料运血箱的贮存时间约 32h。检测时间点分为拉萨组(运输前)和山南组(运输后)。箱内温度放置温度测试仪,每隔 15 分钟记录 1 次。

#### 1.2.1 红细胞基本指标

取 1ml 的样品量,通过血细胞分析仪检测红细胞(RBC)计数、血红蛋白(Hb)含量、平均红细胞体积(MCV)和红细胞压积(HCT)。

#### 1.2.2 血钠、血钾含量

通过血气分析仪检测。

#### 1.2.3 游离血红蛋白含量

按照游离血红蛋白检测试剂盒的说明书进行检测。

#### 1.2.4 2,3-DPG 含量检测

取 1ml 样品按照试剂盒的说明书进行检测。

#### 1.2.5 统计学处理

所有实验数据使用 SPSS17.0 统计软件处理,以平均值 $\pm$ 标准差表示,采用重复测量资料的方差分析进行数据分析,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 实验结果

### 2.1 运输过程中海拔高度、环境温度与箱内温度变化

血液样品在运输过程中(拉萨至山南)所经过的海拔高度最高为 5077m,最低为 3021m,血液在新型相变材料运血箱内的运输时间约为 32h(图 1)。箱内温度为  $3.82 \pm 1.59^\circ\text{C}$ ,环境温度范围为  $13 \sim 26^\circ\text{C}$ (图 2)。

[作者简介] 易晓阳,女,助理研究员,研究方向:血细胞低温损伤与血液储运

\*[通讯作者] 王东根, Tel:010-66931980, E-mail:17485353@qq.com

阎少多, Tel:010-66931986, E-mail:ysd-dtc@163.com

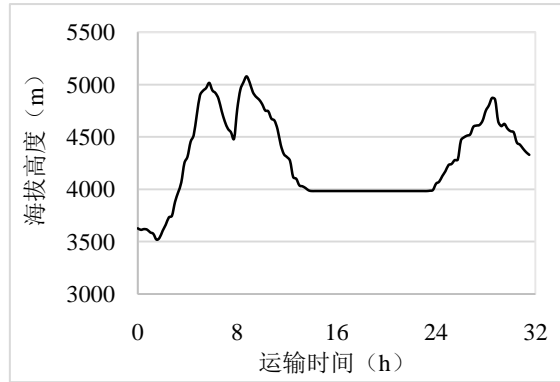


图 1 血液运输过程中的海拔高度

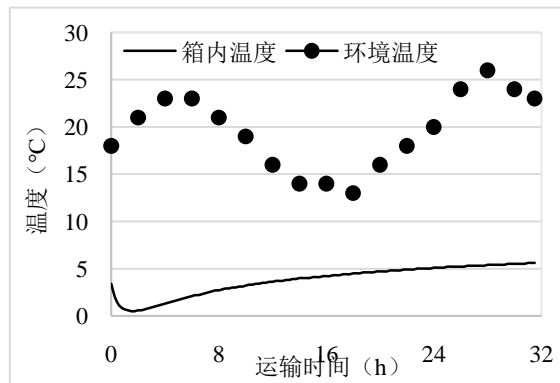


图 2 血液运输过程中的箱内温度和环境温度

## 2.2 红细胞基本指标检测结果分析

悬浮红细胞运输前 RBC 计数为  $(7.09 \pm 0.77) \times 10^{12}/L$ , Hb 含量为  $(199.6 \pm 3.93) g/L$ , MCV 为  $(86.24 \pm 9.50) fL$ , HCT 为  $0.60 \pm 0.01$ ; 运输后 RBC 计数为  $(6.67 \pm 0.71) \times 10^{12}/L$ , Hb 含量为  $(190.4 \pm 4.59) g/L$ , MCV 为  $(92.94 \pm 8.84) fL$ , HCT 为  $0.61 \pm 0.005$ 。运输后 RBC 计数及 Hb 含量均低于运输前数据, 而 MCV 值高于运输前, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); HCT 检测结果差异无统计学意义 (图 3)。

去白细胞悬浮红细胞运输前 RBC 计数为  $(6.40 \pm 0.24) \times 10^{12}/L$ , Hb 含量为  $(195.2 \pm 11.90) g/L$ , MCV 为  $(91.06 \pm 1.35) fL$ , HCT 为  $0.58 \pm 0.02$ ; 运输后 RBC 计数为  $(5.99 \pm 0.25) \times 10^{12}/L$ , Hb 含量为  $(185.2 \pm 11.87) g/L$ , MCV 为  $(96.72 \pm 1.67) fL$ , HCT 为  $0.58 \pm 0.03$ 。运输前后 RBC 计数、Hb 含量和 MCV 的检测结果显示有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); HCT 检测结果差异无统计学意义 (图 4)。

[作者简介] 易晓阳, 女, 助理研究员, 研究方向: 血细胞低温损伤与血液储运

\*[通讯作者] 王东根, Tel: 010-66931980, E-mail: 17485353@qq.com

阎少多, Tel: 010-66931986, E-mail: ysd-dtc@163.com

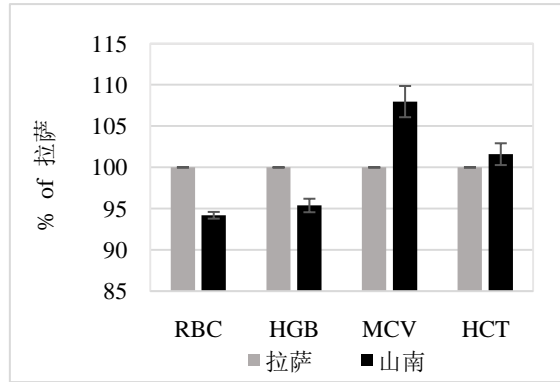


图3 悬浮红细胞基本指标检测结果

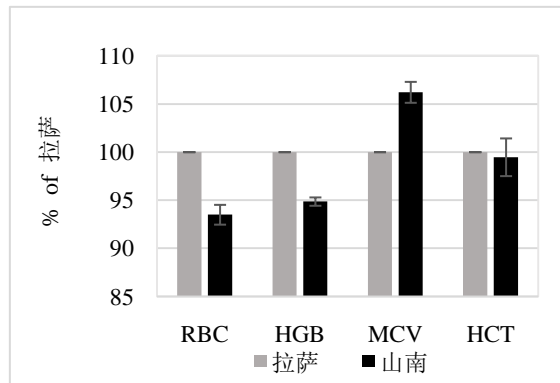


图4 去白细胞悬浮红细胞基本指标检测结果

### 2.3 游离血红蛋白检测结果分析

悬浮红细胞运输前的游离血红蛋白含量为  $156.54 \pm 71.68 \text{ mg/L}$ ，运输后的游离血红蛋白含量为  $230.43 \pm 118.56 \text{ mg/L}$ ，运输后游离血红蛋白含量，明显增高 ( $p < 0.05$ )。去白细胞悬浮红细胞运输前的游离血红蛋白含量为  $194.19 \pm 144.57 \text{ mg/L}$ ，运输后的游离血红蛋白含量为  $249.57 \pm 182.82 \text{ mg/L}$ ，运输前后结果差异存在统计学意义 ( $p < 0.05$ )。

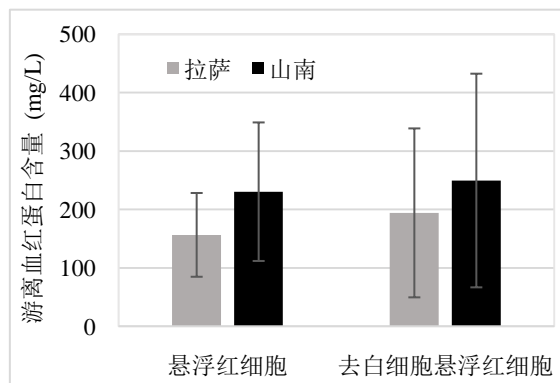


图5 悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞运输前后游离血红蛋白检测结果

### 2.4 血钠、血钾检测结果分析

悬浮红细胞运输前血钠指标为  $101.8 \pm 0.98 \text{ mmol/L}$ ，运输后为  $102.75 \pm 1.09 \text{ mmol/L}$  ( $p > 0.05$ )；运输前血钾指标为  $15.98 \pm 0.78 \text{ mmol/L}$ ，运输后指标  $> 20 \text{ mmol/L}$  (已超出仪器

[作者简介] 易晓阳, 女, 助理研究员, 研究方向: 血细胞低温损伤与血液储运

\*[通讯作者] 王东根, Tel: 010-66931980, E-mail: 17485353@qq.com

阎少多, Tel: 010-66931986, E-mail: ysd-dtc@163.com

检测范围)。去白细胞悬浮红细胞运输前血钠指标为  $103.75 \pm 0.83 \text{ mmol/L}$ ，运输后为  $100.5 \pm 0.87 \text{ mmol/L}$  ( $p > 0.05$ )；运输前血钾指标为  $13.43 \pm 1.05 \text{ mmol/L}$ ，运输后指标  $> 20 \text{ mmol/L}$ 。两组红细胞运输后血钾含量均明显升高。

表 1 悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞运输前后血钠、血钾检测结果

血气分析	悬浮红细胞		去白细胞悬浮红细胞	
	拉萨	山南	拉萨	山南
$\text{Na}^+$ (mmol/L)	$101.8 \pm 0.98$	$102.75 \pm 1.09$	$103.75 \pm 0.83$	$100.5 \pm 0.87$
$\text{K}^+$ (mmol/L)	$15.98 \pm 0.78$	$> 20$	$13.43 \pm 1.05$	$> 20$

## 2.5 2,3-DPG 检测结果分析

悬浮红细胞运输前 2,3-DPG 含量为  $420.89 \pm 43.63 \text{ mmol/L}$ ，运输后为  $454.75 \pm 6.94 \text{ mmol/L}$ ，虽然运输后的含量升高，但无统计学差异。去白细胞悬浮红细胞运输前 2,3-DPG 含量指标为  $411.78 \pm 54.13 \text{ mmol/L}$ ，运输后为  $515.00 \pm 35.94 \text{ mmol/L}$ ，运输后的 2,3-DPG 含量较运输前明显升高，检测结果存在统计学差异 ( $p < 0.05$ )。

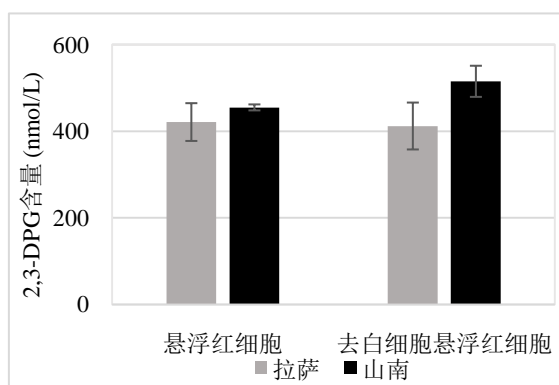


图 4 悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞运输前后 2,3-DPG 含量检测结果

## 3 讨论

因高海拔、低气压、道路崎岖、保障范围广等地域特点，对高原地区卫勤保障工作提出了更高的要求。血液保障作为卫勤保障的重要组成部分，在高原地区的开展显得尤为重要[5]。目前西藏拉萨等高海拔地区尚未开展成分输血工作，更是缺乏制备和保存悬浮红细胞的经验和数据，因此在高原地区推广红细胞制品的储运是一个需要解决的问题<sup>[4]</sup>。

本研究结果表明，当血液在新型相变材料运血箱中运输时，与运输前的血液相比，悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞运输后红细胞计数降低，血红蛋白含量降低，平均红细胞体积升高，游离血红蛋白升高（溶血率均  $< 0.8\%$ ），检测结果差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )，但仍符合国家标准（GB 18469-2012 全血及成分血质量要求），红细胞压积检测结果差异无统计学意义。表明新型相变材料运血箱可以在复杂的高原环境条件下（公路运输、持续环境温度和海拔变化、携行及汽车震荡频率），保持箱内血液在较长时间内维持恒定（ $1-10^\circ\text{C}$ ）的标准运输温度，并保证血液质量安全。运输后的悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞的血钾含量

[作者简介] 易晓阳, 女, 助理研究员, 研究方向: 血细胞低温损伤与血液储运

\*[通讯作者] 王东根, Tel: 010-66931980, E-mail: 17485353@qq.com

阎少多, Tel: 010-66931986, E-mail: ysd-dtc@163.com

上升较快,血钠轻微下降,推测红细胞可能在成都空运至拉萨的过程中已存在钾离子的外漏,在拉萨运往山南的运输途中钾离子的外漏加重。尽管血钾含量在 GB18469-2012 全血及成分血质量要求中未列为考核指标,但是在特殊环境下,血液运输后质量标准中,应该考虑高钾的因素对受血者的影响。悬浮红细胞运输后的 2,3-DPG 含量升高不显著,但是去白细胞悬浮红细胞运输后升高显著 ( $p<0.05$ ),原因有待于进一步研究。

在血液运输过程中,新型相变材料运血箱体积小、重量轻、无需电源供电,保温时间长且远高于普通无源冷藏箱<sup>[6,7]</sup>,克服了普通的泡沫保温箱保温时间过短的问题,可以补充高原特殊条件下血液运输过程中存在的不足,在自然灾害或战时运输红细胞实施输血救治具有重要的使用价值。

## 参考文献

- [1]王艳,刘敏霞,王捷熙,等.新型相变材料运血箱对血液保存质量影响的研究[J]. 军事医学, 2012,36 (7): 494-497.
- [2]叶东,栾建凤,朱培元,等.相变保温材料在血液长途运输中的应用[J]. 中国输血杂志, 2008,21 (8): 581-582.
- [3]Rentas FJ, Macdonald WW, Houchens DM, et al. New insulation technology provides next-generation containers for“iceless”and light weight transport of RBCs at 1 to 10°C in extreme temperatures for over 78 hours[J]. Transfusion, 2004, 44(2):210-216
- [4]钟锐,王红,扎西顿珠,等.高原地区悬浮红细胞保存质量研究[J]. 中国输血杂志, 2014,27(7): 702-705.
- [5]邓军.高原寒区作战地方医院平转战研究.2013年第三军医大学博士学位论文.
- [6]秦鹏华,杨睿,张演平,等.定性相变材料的热性能[J]. 清华大学学报, 2003,43 (6): 833-835.
- [7]戴霞,沈晓冬.用于血液隔热相变材料微胶囊的制备及研究[J]. 材料导报, 2007,21 (8): 361-363.

---

[作者简介] 易晓阳,女,助理研究员,研究方向:血细胞低温损伤与血液储运

\*[通讯作者] 王东根, Tel:010-66931980, E-mail:17485353@qq.com

阎少多, Tel:010-66931986, E-mail:ysd-dtc@163.com