

复合电解质、维生素泡腾饮料对 热应激大鼠的保护作用及其机制

郝利民^{1,3} 何锦风¹ 郭长江² 杨继军²

韦京豫² 李云峰² 蒋与刚² 贾士儒³

1(总后勤部军需装备研究所,北京,100010)

2(军事医学科学院卫生学环境医学研究所,天津,300050)

3(天津轻工业学院,天津,300222)

摘 要 采用大鼠进行热暴露试验,电解质、维生素以泡腾饮料形式给予,以纯水作为对照,观察死亡情况以及外周血电解质浓度、丙二醛水平、SOD 与 GSHPx 活性和内毒素水平变化,以探讨热应激状态下复合电解质、维生素饮料对大鼠的保护作用及其机制。结果显示:试验组动物热暴露后的死亡率显著低于对照组,饮料对热暴露大鼠外周血电解质浓度、丙二醛水平、GSHPx 活性和内毒素水平变化具有显著干预作用。本试验中的复合电解质维生素饮料具有显著的抗热应激的作用,机制与改善体内水电解质平衡、抑制脂质过氧化反应、减少内毒素进入体内有关。

关键词 热暴露 电解质、维生素饮料

高温环境下机体发生一系列生理生化变化,除了出汗引起的水分和电解质、水溶性维生素等的损失外,还包括食欲不振、消化吸收功能减退等,因此,高温因素也可以引起食物营养素摄入的不足,使机体对中暑的敏感性增加^[1]。本研究根据热环境下机体水盐代谢变化的特点以及国家军用标准“热环境军事劳动人员的水盐补给量”(GJB1637—1993)^[2],研制出一种复合电解质维生素泡腾饮料。动物实验显示该饮料具有显著的抗热应激反应的效果。

1 实验方法

1.1 饮料研制

在 GJB1637—1993 所提供的配方的基础上,增加维生素 A、B₁、B₂、B₆、E,并加工成泡腾饮片,使用时每片溶于 250 mL 蒸馏水即可。

1.2 大鼠热暴露试验

健康雄性 Wistar 大鼠由军事医学科学院

动物中心提供,适应 5 d 后随机分为对照组和试验组,每组分别为 7 头、8 头动物,每天于 (37 ± 2)℃ 干球温度、(60 ± 10)% 相对湿度的人工高温室暴露 8 h,暴露期间断水,以灌胃方式给予纯水(对照组)、饮料(试验组),上下午各一次,每次每头 2 mL,非暴露期间,干球温度 (22 ± 2)℃、相对湿度 (35 ± 5)%。每周称体重一次。实验第 21 d,进行禁食、禁水(包括饮料)热暴露,记录动物死亡情况。

1.3 大鼠热暴露后血液生化变化

大鼠热暴露实验开始和第 14 d,麻醉后采取空腹血,离心取血清,采用离子选择性电极法与自动生化分析仪测定血清电解质 (Na、K、Ca、Mg、P、Cl) 浓度;以 TBA 比色法、DTNB 显色法、黄嘌呤氧化酶法分别测定血清丙二醛 (MDA)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSHPx)、超氧化物歧化酶 (SOD) 活性,试验盒由南京建成生物工程研究所提供;以鲎试剂法测定血清内毒素含量,试验盒由上海伊华科技有限公司提供。

2 实验结果

2.1 大鼠热暴露后的体重变化和死亡情况

两组动物热暴露前与热暴露 1 周、2 周时体重无显著差别,热暴露 3 周时试验组体重显著大于饮水组(如表 1 所示),说明饮料对热暴露大鼠的营养状况有显著影响。

表 1 大鼠热暴露后的体重变化情况 g

| 组别 | 开始 | 第 1 周 | 第 2 周 | 第 3 周 |
|-----|--------------|-------------|-------------|---------------------------|
| 对照组 | 156.9 ± 10.5 | 158.1 ± 7.6 | 161.4 ± 7.5 | 160.2 ± 3.4 |
| 试验组 | 156.7 ± 10.2 | 157.8 ± 5.6 | 159.8 ± 4.0 | 163.7 ± 2.8 ¹⁾ |

1) 检验: $P < 0.05$, 与对照组比较。

第 14 d 热暴露期间,对照组、试验组动物分别死亡 5 头、1 头,死亡率分别为 71.4% 和 12.5%,卡方检验组间具有非常显著性差异(如表 2 所示),说明饮料具有提高大鼠热暴露后生存能力的作用。

表 2 大鼠第 14 d 热暴露后死亡情况

| 组别 | 存活/头 | 死亡/头 | 死亡率/% |
|-----|------|------|--------------------|
| 对照组 | 2 | 5 | 71.4 |
| 试验组 | 7 | 1 | 12.5 ¹⁾ |

1) 卡方检验, $P < 0.01$ 。

2.2 大鼠热暴露后有关血液生化指标的变化

大鼠热暴露 2 周后,血清电解质除了磷水平显著下降外,其余均未出现显著变化。灌胃饮料后,血清磷水平恢复正常,血清钾、镁水平升高,其余电解质水平无显著变化(如表 3 所示)。说明饮料具有干预大鼠热暴露后体内电解质平衡的作用。

表 3 饮料对大鼠热暴露后血清电解质浓度变化的影响 mmol/L

| 离子 | 热暴露前 | | 热暴露后 | |
|----|-------------|-------------|--------------------------|----------------------------|
| | 对照组 | 试验组 | 对照组 | 试验组 |
| Na | 150.5 ± 3.3 | 151.6 ± 1.9 | 153.2 ± 4.3 | 154.4 ± 2.5 |
| K | 5.50 ± 0.47 | 5.70 ± 0.54 | 5.74 ± 0.33 | 6.27 ± 0.42 ^{* ×} |
| Cl | 111.0 ± 2.3 | 111.4 ± 1.7 | 113.3 ± 2.4 | 113.4 ± 1.7 |
| Ca | 2.73 ± 0.05 | 2.81 ± 0.11 | 2.89 ± 0.11 | 2.86 ± 0.09 |
| P | 3.01 ± 0.18 | 3.18 ± 0.30 | 2.74 ± 0.23 [*] | 3.03 ± 0.26 [*] |
| Mg | 1.54 ± 0.13 | 1.58 ± 0.13 | 1.53 ± 0.22 | 1.72 ± 0.13 ^{* ×} |

t 检验: ^{*} $P < 0.05$, 试验组与对照组相比; [×] $P < 0.05$, 试验组热暴露前后相比。

大鼠热暴露后,试验组动物外周血 MDA 水平显著低于对照组,GSHPx 活性显著高于

饮水组, SOD 活性则无显著变化,说明饮料具有提高热暴露大鼠体内的抗氧化体系功能(如表 4 所示)。

表 4 饮料对大鼠热暴露后外周脂质过氧化的影响

| 指标 | n | MDA/mmole·L ⁻¹ | GSHPx/AU | SOD/NU·mL ⁻¹ |
|-----|---|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 对照组 | 7 | 45.37 ± 14.13 | 180.32 ± 5.75 | 108.62 ± 9.96 |
| 试验组 | 8 | 33.90 ± 5.54 ¹⁾ | 189.67 ± 3.45 ¹⁾ | 101.33 ± 14.15 |

1) 检验: $P < 0.05$, 与对照组相比。

大鼠热暴露后,试验组动物外周血内毒素水平也显著低于对照组,说明饮料具有防止大鼠热暴露后体内内毒素的升高的作用(如图 1 所示)。

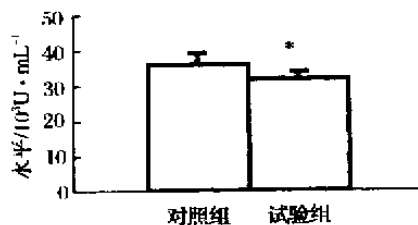


图 1 大鼠热暴露后外周血内毒素水平的变化
(^{*}, $P < 0.05$, 对照组与试验组比较。)

3 讨论

我国曾以国家军用标准的形式颁布了“热环境军事劳动人员的水盐补给量”(GJB1637—1993)^[2],但是,上述标准除了多种无机盐和 V_C 、烟酸外,没有考虑热环境条件下其他维生素尤其是维生素 B 族的需要,一些研究结果已经证实了高温条件下补充一些维生素是非常必要的^[3~5]。此外,高温条件下体内脂质过氧化反应的加剧,对一些抗氧化维生素的需要也增加^[6,7]。因此,本文根据热环境条件下水盐代谢特点,在 GJB1637—1993 配方的基础上,适当添加了维生素 A、B₁、B₂、B₆、E。大鼠热暴露试验结果表明,本饮料具有显著的抗热应激作用。预试验中,曾将配方与 GJB1637—1993 配方进行了比较,结果小鼠 2 周热暴露后的死亡率分别为 33% 与 42%,说明本文配方的抗热应激效果更好。

大鼠热暴露后外周血除了磷以外,大多数电解质水平变化不明显,原因可能与热暴露后体内水分的丢失造成体液浓缩有关,另外,热暴露后体内电解质可能的重新分布也有影响。使用本饮料后热暴露大鼠外周血磷浓度得到了维持,另外,血钾水平也有升高,是否与热暴露后动物死亡率降低有关尚有待研究。

近年来的研究表明,热暴露后除了引起水盐代谢紊乱以外,还会引起体内脂质过氧化反应的加剧,自由基产生增加,造成体内重要脏器与组织的氧化损伤,与中暑的发生、发展有密切关系^[6,7]。因此,减轻热暴露后体内的脂质过氧化反应对于防止体内重要脏器与组织的氧化损伤具有十分重要的意义,本饮料添加了维生素 A、C、E 等重要抗氧化剂,热暴露试验结果也表明,本饮料具有抑制大鼠外周血脂质过氧化的产物 MDA 增加,提高 GSHPx 活性的作用,因此,本饮料抗热应激作用也与本饮料所含的抗氧化维生素的作用有关。

热暴露后体内内毒素水平升高被认为是中暑后死亡的直接原因之一,正常肠道的屏蔽作用可以防止肠道内的内毒素进入体内,即使微量的内毒素进入体内,肝脏也会将其代谢排泄。热暴露后,正常肠道的屏蔽作用

减弱,肝功能也下降,肠道内大量的内毒素进入体内,激活单核巨噬细胞释放大量的炎症细胞因子,如 TNF- α 、IL-1 等,引起发热等全身性反应,严重者将直接导致死亡^[8,9]。本文热暴露试验结果显示,试验组的大鼠外周血内毒素水平显著低于对照组的大鼠,说明本饮料具有抑制热暴露后体内内毒素升高的作用。

本饮料具有显著的抗热应激的作用其机制与改善体内水电解质平衡、抑制脂质过氧化反应、减少内毒素进入体内有关。

参 考 文 献

- 1 于志深,顾景范.特殊营养学.北京:科学出版社,1991
- 2 中华人民共和国国家军用标准:“热环境军事劳动人员的水盐补给量”GJB1637—1993
- 3 邱璐,郭俊生,赵法仍等.解放军预防医学杂志,1999,17(5):324
- 4 邱仞之,罗海吉,汪国勋等.军队卫生杂志,1987,3(3):27
- 5 于永中,杨泽,吕云凤等.中华劳动卫生与职业病杂志,1987,5(5):264
- 6 罗海吉,孙峻松,邱仞之等.中华劳动卫生与职业病杂志,1995,13(2):92
- 7 邱仞之,万为人,甄洪钧等.解放军预防医学杂志,1993,11(1):70
- 8 罗炳德,万为人,闫元生等.中国公共卫生学报,1997,16(6):353
- 9 汤平涛,王瑞波,吴广林等.中国公共卫生学报,1998,17(2):76

Protection Against Heat Stress by a Drink of Minerals and Vitamins in Rats and Its Mechanism

Hao Limin^{1,3} He Jinfeng¹ Guo Changjiang² Yang Jijun²
Wei Jingyu² Li Yunfeng² Jiang Yugang² Jia Shiru³

(The Institute of Quartermaster, the General Logistics Department of P. L. A., Beijing, 100010)

(The Institute of Hygiene and Environmental Medicine, Academy of Military Medicine Science, Tianjin, 300050)

(Tianjin Institute of Light Industry, Tianjin, 300222)

ABSTRACT The effects of a drink of minerals and vitamins on heat stress in rats and its mechanism were investigated. Rats were heat-exposed for three weeks and protected by the drink. The death rate, changes of serum electrolytes concentrations, antioxidant capacity and endotoxin level were observed. Results showed that the death rate was significantly decreased after administration of the drink. Changes of serum electrolytes concentration, antioxidant capacity and endotoxin level were also improved. The drink is protective against heat stress. The mechanism is related to the improved water and electrolyte balance, inhibited peroxidation and decreased endotoxin absorption.

Key words heat exposition, minerals and vitamins drink