

# 热习服训练对劳力性热射病患者炎症反应及 MODS 的影响

李庆华 孙荣青 刘树元 吕宏迪 王海伟 胡青 王楠楠 闫进 王晶 李新立

463008 河南驻马店,解放军第一五九医院重症医学科(李庆华、吕宏迪、王海伟、胡青、王楠楠、闫进、王晶、李新立);450052 河南郑州,郑州大学第一附属医院重症医学科(孙荣青);100853 北京,解放军总医院重症医学科(刘树元)

通讯作者:孙荣青,Email:rongqing.sun@126.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.06.019

**【摘要】** 目的 探讨热习服训练对劳力性热射病(EHS)患者炎症反应及多器官功能障碍综合征(MODS)的影响。方法 选择2017年6月至7月参加5 km武装越野训练的600例某特战队官兵作为研究对象,以同期未参加武装越野训练的30例健康官兵作为对照。按照随机数字表法再将参加5 km武装越野训练(环境温度 $>35^{\circ}\text{C}$ ,湿度 $>65\%$ ,每周2~3次,共3周)的官兵分为热习服组和未习服组,每组300例。热习服组参加5 km武装越野训练前进行热习服训练,即越野或长跑训练(初始温度 $30^{\circ}\text{C}$ ,逐渐过渡到每天较热时间内, $37^{\circ}\text{C}$ 为限),每次2 h,每日2次,每周5 d,共2周。于热习服训练前后、武装越野训练前及最后一次训练后或EHS发病时取静脉血,采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清白细胞介素(IL-1 $\beta$ 、IL-10)、肿瘤坏死因子- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )、 $\gamma$ -干扰素(IFN- $\gamma$ )含量;记录EHS发生情况及EHS患者MODS发生情况。结果 参加训练的官兵在热习服训练前或越野训练前血清炎症因子水平与健康对照组比较差异均无统计学意义。与热习服训练前比较,所有参与热习服训练者IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IFN- $\gamma$ 显著升高,IL-10显著降低,对于训练中出现先兆(6例)、轻度(2例)中暑者,立即处于阴凉通风处并给予解暑药物等干预后,可于10~30 min内恢复至正常,无重症中暑及EHS发生。与越野训练前比较,两组官兵越野训练后炎症因子水平同样发生改变,但热习服组各项炎症指标升高或降低幅度明显小于未习服组[IL-1 $\beta$ (ng/L): $10.65\pm 5.18$ 比 $12.13\pm 7.91$ , TNF- $\alpha$ (ng/L): $14.60\pm 5.79$ 比 $16.27\pm 8.52$ , IFN- $\gamma$ (ng/L): $13.66\pm 5.43$ 比 $15.33\pm 8.71$ , IL-10(ng/L): $8.22\pm 2.68$ 比 $7.13\pm 2.63$ , 均 $P<0.05$ ]。越野训练期间,共有27例发生EHS,热习服组EHS发生率显著低于未习服组[2.67%(8/300)比6.33%(19/300), $\chi^2=4.693$ , $P=0.030$ ]。在发生EHS患者中,热习服组越野训练后IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IFN- $\gamma$ 也较未习服组显著降低,IL-10显著升高[IL-1 $\beta$ (ng/L): $34.50\pm 3.74$ 比 $39.53\pm 4.51$ , TNF- $\alpha$ (ng/L): $43.75\pm 2.87$ 比 $46.79\pm 2.66$ , IFN- $\gamma$ (ng/L): $40.25\pm 1.75$ 比 $46.58\pm 1.92$ , IL-10(ng/L): $7.50\pm 2.45$ 比 $5.42\pm 1.80$ ,均 $P<0.01$ ]。且热习服组EHS患者MODS发生率及器官累及率(每人以8个器官/系统计算)显著低于未习服组[MODS发生率:50.00%(4/8)比89.47%(17/19), $\chi^2=5.075$ , $P=0.024$ ;器官累及率:28.12%(9/32)比47.79%(65/136), $\chi^2=4.066$ , $P=0.044$ ]。结论 热习服训练可提高机体在高温高湿环境中的适应能力,从而有效降低高强度训练及EHS患者的炎症反应程度,保护机体各器官功能,减少MODS的发生。

**【关键词】** 劳力性热射病; 热习服; 高强度训练; 白细胞介素-1 $\beta$ ; 肿瘤坏死因子- $\alpha$

**基金项目:** 济南军区后勤计划项目(JN11L047); 国家临床重点专科建设项目(2011-873)

**Effect of heat acclimatization training on inflammatory reaction and multiple organ dysfunction syndrome in patients with exertional heat stroke** Li Qinghua, Sun Rongqing, Liu Shuyuan, Lyu Hongdi, Wang Haiwei, Hu Qing, Wang Nannan, Yan Jin, Wang Jing, Li Xinli

Department of Intensive Care Unit, the 159th Hospital of PLA, Zhumadian 463008, Henan, China (Li QH, Lyu HD, Wang HW, Hu Q, Wang NN, Yan J, Wang J, Li XH); Department of Intensive Care Unit, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan, China (Sun RQ); Department of Intensive Care Unit, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China (Liu SY)

Corresponding author: Sun Rongqing, Email: rongqing.sun@126.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the effects of heat acclimatization training on the inflammatory reaction and multiple organ dysfunction syndrome (MODS) in patients with exertional heat stroke (EHS). **Methods** 600 officers and soldiers from a special team who participated in 5 km armed wild training from June to July 2017 were selected as the research object, while 30 healthy officers and men who did not participate in armed wild training during the same period were selected as normal controls. The officers and soldiers who participated in 5 km armed wild training (ambient temperature  $>35^{\circ}\text{C}$ , humidity  $>65\%$ , 2-3 times a week for 3 weeks) were divided into heat acclimatization group and non-acclimatization group, with 300 in each group. The heat acclimatization group first took part in the heat acclimatization training of wild or long distance running (the initial temperature was  $30^{\circ}\text{C}$ , gradually transferred to the hot time of  $37^{\circ}\text{C}$ ), 2 hours each time, twice a day, and 5 days a week, for a total of 2 weeks. Venous blood was taken

before and after heat acclimatization training, before armed wild training, and after the last training or EHS onset, and the contents of serum interleukin (IL-1 $\beta$ , IL-10), tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) and  $\gamma$ -interferon (IFN- $\gamma$ ) were detected by enzyme linked immunosorbent assay (ELISA). The occurrence of EHS and MODS in EHS patients were recorded. **Results** There was no significant difference in serum inflammatory factors between the officers and soldiers who participated in the training and the healthy control group before heat training or cross-country training. Compared with those before heat training, IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  were significantly increased in all participants of heat acclimatization training while IL-10 was significantly decreased. For those who experienced premonitory (6 cases) and mild (2 cases) heatstroke during training, they could return to normal without severe heatstroke or EHS within 10-30 minutes after being immediately put in a cool and ventilated place and given anti-heatstroke drugs and other interventions. Compared with those before wild training, the levels of inflammatory factors in the two groups of officers and soldiers also changed after wild training, but the increase or decrease of inflammatory indexes in the heat acclimatization group were significantly smaller than those in the non-acclimatization group [IL-1 $\beta$  (ng/L): 10.65 $\pm$ 5.18 vs. 12.13 $\pm$ 7.91, TNF- $\alpha$  (ng/L): 14.60 $\pm$ 5.79 vs. 16.27 $\pm$ 8.52, IFN- $\gamma$  (ng/L): 13.66 $\pm$ 5.43 vs. 15.33 $\pm$ 8.71, IL-10 (ng/L): 8.22 $\pm$ 2.68 vs. 7.13 $\pm$ 2.63, all  $P < 0.05$ ]. During armed wild training, a total of 27 cases of EHS occurred. The incidence of EHS in the heat acclimatization group was significantly lower than that in the non-acclimatization group [2.67% (8/300) vs. 6.33% (19/300),  $\chi^2 = 4.693$ ,  $P = 0.030$ ]. In patients with EHS, IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  after wild training in the heat acclimatization group were also significantly lower than those in the non-acclimatization group, and IL-10 was significantly higher [IL-1 $\beta$  (ng/L): 34.50 $\pm$ 3.74 vs. 39.53 $\pm$ 4.51, TNF- $\alpha$  (ng/L): 43.75 $\pm$ 2.87 vs. 46.79 $\pm$ 2.66, IFN- $\gamma$  (ng/L): 40.25 $\pm$ 1.75 vs. 46.58 $\pm$ 1.92, IL-10 (ng/L): 7.50 $\pm$ 2.45 vs. 5.42 $\pm$ 1.80, all  $P < 0.01$ ], and the incidence of MODS and organ involvement of EHS patients in the heat acclimation group were significantly lower than that in the non-acclimatization group [50.00% (4/8) vs. 89.47% (17/19),  $\chi^2 = 5.075$ ,  $P = 0.024$ ; 28.13% (9/32) vs. 47.79% (65/136),  $\chi^2 = 4.066$ ,  $P = 0.044$ ]. **Conclusion** Heat acclimatization training before high strength training in high temperature and humidity environment can effectively reduce the degree of inflammation reaction of EHS, protect the physiological functions of EHS organs, and reduce the incidence of MODS.

**【Key words】** Exertional heat stroke; Heat acclimatization; High strength training; Interleukin-1 $\beta$ ; Tumor necrosis factor- $\alpha$

**Fund program:** Ji'nan Military Region Logistics Project (JN11L047); National Key Clinical Specialty Construction Project of China (2011-873)

劳力性热射病(EHS)是由于在高温高湿环境中高强度体力活动导致机体核心温度迅速升高并超过41℃,伴有意识障碍、弥散性血管内凝血(DIC)、急性肝肾损伤等多器官功能障碍综合征(MODS)<sup>[1]</sup>。EHS发病因素包括环境因素、个体差异、遗传因素<sup>[2]</sup>。怎样才能在高热环境军事训练中预防、避免或减轻器官损伤,阻断MODS的发生发展,是目前临床上亟待解决的课题。本研究旨在探讨热习服训练对EHS患者炎症反应及MODS的影响。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象:**选择2017年6月至7月夏训期间参加5 km武装越野训练的某特战队官兵600例。以同期性别、年龄相匹配的30例未参加武装越野训练的某特战队官兵作为健康对照组。

**1.1.1 入选标准:**①在高温高湿环境中参加5 km武装越野训练者;②武装越野训练前无发热、腹泻、睡眠不足、低血钾等,既往心、肝、肾功能正常,无免疫功能缺陷;③未进行过任何程度的热习服训练。

**1.1.2 排除标准:**①参加5 km武装越野训练前24 h内有剧烈运动、饮用大量烟酒及营养补品者;②在观察研究前1个月内服用过任何药物;③有代谢性疾病如高血压、糖尿病史以及家族史者。

**1.2 伦理学:**本研究符合医学伦理学标准,经解放军第一五九医院医学伦理委员会批准(审批号:20150014),并获得某特战队领导的同意。

**1.3 研究方法:**按随机数字表法将在高温高湿环境中(环境温度>32℃,湿度>65%)参加5 km武装越野训练的官兵分为热习服组和未习服组,每组300例。两组每周均进行2~3次5 km武装越野训练,共3周。热习服组参加武装越野训练前进行热习服训练<sup>[1]</sup>:采取越野或长跑训练;适应温度:初始温度30℃,逐渐过渡到每天较热时间内进行训练,以气温在31~37℃为限;训练周期:每次2 h,每日2次,每周5 d,共2周。

**1.4 检测指标及方法:**于热习服训练前后、武装越野训练前及最后一次训练后或EHS发病时抽取静脉血4 mL,采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清白细胞介素(IL-1 $\beta$ 、IL-10)、肿瘤坏死因子- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )、 $\gamma$ -干扰素(IFN- $\gamma$ )含量,严格按试剂盒说明书操作。记录EHS发生情况及EHS患者MODS发生率和累及器官数目。

**1.5 统计学分析:**使用SPSS 20.0软件对数据进行统计分析。计数资料采用 $\chi^2$ 检验;计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较采用独立样本

*t* 检验,组内比较采用单因素方差分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 一般资料:** 入选 600 例官兵均为男性; 年龄 18~35 岁, 平均  $(22.29 \pm 4.71)$  岁。热习服组与未习服组训练环境温度、湿度及官兵年龄、身体素质、军龄等一般情况比较差异无统计学意义 (均  $P > 0.05$ ), 具有可比性。30 例健康对照官兵年龄 18~35 岁, 平均  $(22.10 \pm 4.19)$  岁。

**2.2 炎症指标比较 (表 1):** 热习服前或越野训练前, 所有参加训练的官兵血清各炎症指标与健康对照组比较差异均无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )。与热习服训练前比较, 热习服训练后 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IFN- $\gamma$  明显升高, IL-10 明显降低 (均  $P < 0.05$ ); 热习服训练中发生先兆中暑 6 例, 轻度中暑 2 例, 无重症中暑及 EHS 发生。对于先兆、轻度中暑者, 立即置于阴凉通风处并给予清凉饮料或含盐饮料及解暑药物干预后, 可于 10~30 min 内恢复正常。越野训练后, 所有官兵各项炎症指标也较越野训练前发生了明显改变, 但热习服组炎症指标升高或降低幅度明显小于未习服组 (均  $P < 0.01$ )。

表 1 热习服训练对参加 5 km 武装越野训练官兵血清炎症指标的影响 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	时间	例数 (例)	IL-1 $\beta$ (ng/L)	IL-10 (ng/L)
热习服组	热习服训练前	300	9.41 $\pm$ 3.00	8.81 $\pm$ 3.29
	热习服训练后	300	10.22 $\pm$ 3.24 <sup>a</sup>	8.26 $\pm$ 3.18 <sup>b</sup>
	越野训练前	300	9.45 $\pm$ 3.08	8.73 $\pm$ 2.81
	越野训练后	300	10.65 $\pm$ 5.18 <sup>ce</sup>	8.22 $\pm$ 2.68 <sup>ce</sup>
未习服组	越野训练前	300	9.43 $\pm$ 3.12	8.74 $\pm$ 2.82
	越野训练后	300	12.13 $\pm$ 7.91 <sup>c</sup>	7.13 $\pm$ 2.63 <sup>d</sup>
健康对照组		30	9.50 $\pm$ 2.64	8.77 $\pm$ 2.92

  

组别	时间	例数 (例)	TNF- $\alpha$ (ng/L)	IFN- $\gamma$ (ng/L)
热习服组	热习服训练前	300	13.26 $\pm$ 2.09	12.45 $\pm$ 2.96
	热习服训练后	300	14.15 $\pm$ 2.58 <sup>a</sup>	13.05 $\pm$ 3.25 <sup>b</sup>
	越野训练前	300	13.31 $\pm$ 2.80	12.45 $\pm$ 2.96
	越野训练后	300	14.60 $\pm$ 5.79 <sup>ce</sup>	13.66 $\pm$ 5.43 <sup>ce</sup>
未习服组	越野训练前	300	13.25 $\pm$ 2.71	12.48 $\pm$ 3.06
	越野训练后	300	16.27 $\pm$ 8.52 <sup>c</sup>	15.33 $\pm$ 8.71 <sup>c</sup>
健康对照组		30	13.20 $\pm$ 2.71	12.50 $\pm$ 3.05

注: IL-1 $\beta$ 、IL-10 为白细胞介素-1 $\beta$ 、-10, TNF- $\alpha$  为肿瘤坏死因子- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  为  $\gamma$ -干扰素; 与本组热习服训练前比较, <sup>a</sup> $P < 0.01$ , <sup>b</sup> $P < 0.05$ ; 与本组越野训练前比较, <sup>c</sup> $P < 0.01$ , <sup>d</sup> $P < 0.05$ ; 与未习服组同期比较, <sup>e</sup> $P < 0.01$

**2.3 EHS 发生情况 (表 2):** 在整个越野训练周期中共 27 例发生 EHS, 热习服组 EHS 发生率显著低于未习服组 ( $P < 0.05$ )。

表 2 参加 5 km 武装越野训练官兵 EHS、MODS 发生率及器官累及率比较

组别	例数 (例)	EHS 发生率 [% (例)]	MODS 发生率 [% (例/例)]	器官累及率 [% (个/个)]
热习服组	300	2.67 (8)	50.00 (4/8)	28.12 (9/32)
未习服组	300	6.33 (19)	89.47 (17/19)	47.79 (65/136)
$\chi^2$ 值		4.693	5.075	4.066
<i>P</i> 值		0.030	0.024	0.044

注: EHS 为劳力性热射病, MODS 为多器官功能障碍综合征, 器官累及率每人以中枢神经系统、心、肺、肾、消化道、代谢、免疫、血液等 8 个器官/系统计算

**2.4 EHS 患者炎症指标变化比较 (表 3):** 未习服组与热习服组 EHS 患者越野训练前各项炎症指标比较差异均无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )。与越野训练前比较, 两组 EHS 患者发病时 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IFN- $\gamma$  显著升高, IL-10 显著降低 (均  $P < 0.01$ ); 但热习服组上述炎症指标升高或降低幅度明显小于未习服组 (均  $P < 0.01$ )。

表 3 热习服训练对参加 5 km 武装越野训练发生 EHS 官兵血清炎症指标的影响 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	时间	例数 (例)	IL-1 $\beta$ (ng/L)	IL-10 (ng/L)
热习服组	越野训练前	8	10.00 $\pm$ 3.30	10.63 $\pm$ 2.07
	发病时	8	34.50 $\pm$ 3.74 <sup>ab</sup>	7.50 $\pm$ 2.45 <sup>ab</sup>
未习服组	越野训练前	19	9.68 $\pm$ .098	10.63 $\pm$ 2.03
	发病时	19	39.53 $\pm$ 4.51 <sup>a</sup>	5.42 $\pm$ 1.80 <sup>a</sup>

  

组别	时间	例数 (例)	TNF- $\alpha$ (ng/L)	IFN- $\gamma$ (ng/L)
热习服组	越野训练前	8	14.25 $\pm$ 2.63	12.00 $\pm$ .030
	发病时	8	43.75 $\pm$ 2.87 <sup>ab</sup>	40.25 $\pm$ 1.75 <sup>ab</sup>
未习服组	越野训练前	19	14.32 $\pm$ 2.63	11.47 $\pm$ 3.36
	发病时	19	46.79 $\pm$ 2.66 <sup>a</sup>	46.58 $\pm$ 1.92 <sup>a</sup>

注: EHS 为劳力性热射病, IL-1 $\beta$ 、IL-10 为白细胞介素-1 $\beta$ 、-10, TNF- $\alpha$  为肿瘤坏死因子- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  为  $\gamma$ -干扰素; 与本组越野训练前比较, <sup>a</sup> $P < 0.01$ ; 与未习服组同期比较, <sup>b</sup> $P < 0.01$

**2.5 EHS 患者 MODS 发生情况 (表 2):** 热习服组 EHS 患者 MODS 发生率显著低于未习服组, 且器官累及率显著降低 (均  $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

疲劳运动可诱导机体产生广泛的炎症应答反应, 即多种炎症因子在运动中和运动后表达显著上调, 其上调幅度依赖于运动持续时间、运动强度和总运动量<sup>[3]</sup>。高强度运动诱发心肌或骨骼肌细胞局部微损伤引起炎症反应, 最终导致机体 IL-1 $\beta$  和 TNF- $\alpha$  分泌增多<sup>[4]</sup>。本研究中参加 5 km 武装越野训练的官兵运动量较大 (每周 2~3 次)、运动持续时间较长 (共 3 周), 随着运动强度的增加, 局部组织相对缺血、缺氧程度逐渐加剧, 导致局灶性微损伤,

进而可能引起 IL-1 $\beta$  表达增加。辅助性 T 细胞 1 (Th1) 主要分泌 TNF- $\alpha$ 、IFN- $\gamma$  等, TNF- $\alpha$  分泌增加, 意味着 IFN- $\gamma$  的分泌也相对增加。IFN- $\gamma$  具有促炎作用, IL-10 可以抑制 TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$  的产生<sup>[5]</sup>。说明血清中 IL-10 含量越高, TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$  释放越少。热习服训练可使参加 5 km 越野训练的官兵产热减少和散热能力增强, 耐受较高的环境温度和运动强度, 组织对缺血、缺氧的耐受力增强, 一定程度上抑制了免疫应答及持续有害的炎症反应和促炎因子的分泌。本研究结果显示, 与训练前比较, 热习服训练后或越野训练后血清 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IFN- $\gamma$  显著升高, IL-10 显著降低; 但热习服组各项炎症指标升高或降低幅度明显小于未习服组。表明通过热习服训练可调整机体在高温高湿环境下的适应能力, 从而减轻机体在高温高湿环境下高强度体能训练时的炎症反应。

EHS 患者骤升的体温直接损伤了组织及血管内皮细胞, 而广泛性肌损伤、体液缺失、蓄积的代谢物以及休克时的无氧代谢激活了体内自损性炎症反应, 释放过量的细胞因子和炎性介质。EHS 是一种全身炎症反应综合征 (SIRS), 参加 5 km 越野训练前未进行热习服者, 过度升高的细胞因子和炎性介质之间的相互作用, 导致细胞因子数量不断增加, 形成一个巨大的细胞因子网络体系, 使炎症反应不断扩大, 导致细胞因子和炎性介质过量释放, 形成恶性循环。当超出机体代偿能力时, 机体内出现过度的炎症反应, 引起广泛的组织细胞损伤, 发生 SIRS<sup>[6]</sup>。所以, 未习服组较热习服组不但 EHS 发生率高, 而且 EHS 患者发病时血清 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IFN- $\gamma$  含量升高, IL-10 降低。热射病时, 过量的细胞因子和炎性介质作用于内皮细胞, 通过激活炎性细胞, 上调黏附分子、一氧化氮 (NO) 和氧自由基等损害组织, 加重 SIRS 的“瀑布”效应, 继而累及中枢神经系统、肾脏、心血管、血液、肝脏、呼吸、肌肉等多个器官/系统, 进一步发展为 MODS<sup>[7]</sup>。特别是 TNF- $\alpha$  为全身炎症反应的主要递质, 血清 TNF- $\alpha$  含量的高低与 MODS 的发生及其严重程度密切相关<sup>[8]</sup>, 过度的全身性释放能促进有害性级联反应, 导致组织损伤和器官功能不全<sup>[9]</sup>; 反之, 机体释放细胞因子的数量相对减少, 炎性介质对心、肝、肾等功能的损害相对减轻。进行热习服训练可以通过增强对血液内产能物质的利用和有氧氧化能力, 提高机体在热环境中的运动能力, 降低机体的氧化应激水平, 从而

起到对机体重要组织器官的保护作用<sup>[10]</sup>。本研究显示, 与未习服组比较, 热习服组 EHS 患者 MODS 发生率显著降低, 受累器官数也明显减少。

综上, 热习服训练可有效降低高温高湿环境中 5 km 越野训练者及 EHS 患者的炎症反应程度, 保护机体各器官功能, 减少 MODS 的发生。

## 参考文献

- [1] 全军重症医学专业委员会. 热射病规范化诊断与治疗专家共识 (草案) [J]. 解放军医学杂志, 2015, 40 (1): 1-7. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2015.01.01. Military Intensive Medicine Professional Committee. Expert consensus on standardized diagnosis and treatment of heat stroke (draft) [J]. Med J Chin PLA, 2015, 40 (1): 1-7. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2015.01.01.
- [2] 王洪萍, 莎宁, 秦秀菊, 等. 热射病的发病学特点及流行病学进展 [J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (8): 702-704. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.08.018. Wang HP, Sha N, Qin XJ, et al. Pathogenetic characteristics and epidemiological progress of heat stroke [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (8): 702-704. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.08.018.
- [3] 汤静. 不同方式急性运动对男子篮球运动员炎症因子和代谢反应的影响 [J]. 广州体育学院学报, 2016, 36 (5): 98-104. DOI: 10.13830/j.cnki.cn44-1129/g8.2016.05.024. Tang J. Effects of different acute sports on inflammatory factors and metabolic reactions of male basketball players [J]. J Guangzhou Sport Univ, 2016, 36 (5): 98-104. DOI: 10.13830/j.cnki.cn44-1129/g8.2016.05.024.
- [4] 黄雅雯. 不同强度运动对篮球专选男大学生外周血内心肌损伤相关标志物的影响 [J]. 四川医学, 2011, 32 (7): 1011-1013. DOI: 10.3969/j.issn.1004-0501.2011.07.013. Huang YW. The effect of different intensity to myocardial injury biomarkers on male P.E. students of basketball from peripheral blood [J]. Sichuan Med J, 2011, 32 (7): 1011-1013. DOI: 10.3969/j.issn.1004-0501.2011.07.013.
- [5] Chang CP, Huang WT, Cheng BC, et al. The flavonoid baicalin protects against cerebrovascular dysfunction and brain inflammation in experimental heatstroke [J]. Neuropharmacology, 2007, 52 (3): 1024-1033. DOI: 10.1016/j.neuropharm.2006.10.018.
- [6] 荣鹏, 孟建中, 陈宇. 热射病的发病机制及防治策略的研究新进展 [J]. 生物医学工程研究, 2010, 29 (4): 287-292. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6278.2010.04.016. Rong P, Meng JZ, Chen Y. Advance in pathogenesis and strategies of protective and therapeutic in heat stroke [J]. J Biomed Engin Res, 2010, 29 (4): 287-292. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6278.2010.04.016.
- [7] 元智昊, 闫红, 李玉堂, 等. 实验室指标对劳力性热射病预后判断价值比较 [J]. 现代仪器与医疗, 2016, 22 (5): 89-91. DOI: 10.11876/mimt201605033. Yuan ZH, Yan H, Li YT, et al. Comparison of prognostic value of laboratory indices in patients with labor heat stroke [J]. Modern Instrum Med Treat, 2016, 22 (5): 89-91. DOI: 10.11876/mimt201605033.
- [8] Andrade P, Visser-Vandewalle V, Hoffmann C, et al. Role of TNF-alpha during central sensitization in preclinical studies [J]. Neurol Sci, 2011, 32 (5): 757-771. DOI: 10.1007/s10072-011-0599-z.
- [9] 王小荣, 李琳琳, 牛春雨, 等. 全身炎症反应综合征防治研究进展 [J]. 中国老年学杂志, 2012, 32 (13): 2899-2902. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2012.13.123. Wang XR, Li LL, Niu CY, et al. Research progress on prevention and treatment of systemic inflammatory response syndrome [J]. Chin J Gerontol, 2012, 32 (13): 2899-2902. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2012.13.123.
- [10] 梁涵, 康争春, 常文军, 等. 热习服对大鼠血液代谢产物影响的研究 [J]. 第二军医大学学报, 2016, 37 (9): 1057-1062. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2016.09.1057. Liang H, Kang ZC, Chang WJ, et al. Effect of heat acclimation on metabolites in rat blood [J]. Acad J Second Military Med Univ, 2016, 37 (9): 1057-1062. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2016.09.1057.

(收稿日期: 2018-03-19)