

着雨衣热习服锻炼对血乳酸与血气的影响

万为人, 邹 飞, 罗炳德, 朱受成, 华旭初, 郭进强

(第一军医大学高温医学研究室, 广东 广州 510515)

摘要: 目的 探索着雨衣热习服锻炼方法及其对机体血乳酸和血气的影响。方法 男性战士 12 名, 进行连续 11 天的热习服锻炼。其中第 1、6、11 天, 受试者在人工热室内进行标准试验, 其余日穿着军用雨衣在户外锻炼。结果 热应激的第 1 天对机体血液酸碱平衡产生了不利影响; 经过 11 天的热习服锻炼后, 呈现出了明显的习服表现, 血气指标均接近实验前水平, 血乳酸含量增幅明显降低。结论 这种锻炼方式能有效地稳定机体酸碱平衡及提高耐热能力。

关键词: 热应激; 热习服; 锻炼方法; 酸碱平衡; 乳酸

中图分类号: R594.1; R446.11 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2000)05-0262-03

Effects of heat acclimatization training by wearing military raincoat on blood lactic acid and blood gases

WAN Wei-ren, ZOU Fei, LUO Bing-de, ZHU Shou-cheng, HUA Xu-chu, GUO Jin-qiang

(Department of high temperature medicine, The First Military Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: **Objective** To study the effects of heat acclimatization training by wearing military raincoat on blood lactic acid and blood gases. **Methods** Twelve male soldiers were asked to perform heat acclimatization training for consecutive 11 days. On the 1st, 6th, 11th day of training, the subjects were forced to implement standard test in a hot climatic chamber. The other days, they were out of doors trained on military raincoat. **Results** The 1st day of heat stress, there were some disadvantageous effects on acid-base balance in blood; after 11 days of training, obvious heat acclimatization, the contents of blood gases approached pre-test level, and the increment of lactic acid in blood decreased obviously. **Conclusion** This training method can effectively stabilize acid-base balance and enhance heat tolerance of body.

Key words: Heat stress; Heat acclimatization; Training method; Acid-base balance; Lactic acid

高温下劳动或军事活动, 可引起机体酸碱平衡的变化, 继而影响耐热能力和作业效率。因此, 热环境下作业时体内酸碱平衡的变化近年受到有关学者的关注^[1,2]。穿着军用雨衣耐热锻炼是针对北兵南调或气温不高的部队和地方工作人员调往热区前的一种预备热习服方法, 该方法简单、易于推广。为了解这种锻炼方式对机体酸碱平衡的影响状况, 以便为提出相应的纠正措施提供实验依据, 本文进行了以下观察。

1 方法

1.1 受试者

男性健康战士 12 名, 年龄 19~21 岁, 身高 (171.3±4.3) cm, 体重 (64.68±4.89) kg。

1.2 锻炼的环境温度

试验在南方驻地的 5 月下旬进行, 气温为 25~32℃。

1.3 锻炼方式

实验连续进行 11 天, 其中第 2、3、4、5 天和第 7、8、9、10 天为户外训练日, 受试者每天下午穿着军用雨衣在操场行军、跑步、打球等, 共 120min; 第 1、6、11 天为标准试验日, 受试者穿着统一的迷彩服和内裤, 在干球温度 (Tdb) 41℃、湿球温度 (Twb) 35℃的人工热室内坐位热暴露 2h, 实验结束前 5min 进行踏阶运动 (阶高 40cm、步速 90 步/min、5min); 实验前一天进行常温踏阶运动 (Tdb 26℃、Twb 21℃、其他条件同前)。

1.4 测定指标

于实验前一天常温踏阶运动后 (下称锻炼前) 及第 1、第 11 天标准试验日踏阶运动后 (下称第 1 天、第 11 天) 即刻采血, 测定 pH、二氧化碳分压 (PCO₂)、氧分压 (PO₂)、总二氧化碳 (TCO₂)、血氧饱和度 (SaO₂)、碱储备 (BE)、标准碳酸氢根 (SB) 及乳酸含量。血气指标用日本产 238 型血气分析仪检测, 血乳酸测定用生化法。

实验结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 并用配对 *t* 检验进行统

收稿日期: 1999-12-15; 修回日期: 2000-04-17

基金项目: 军队“9·5”指令性课题 (编号: 96L033)

作者简介: 万为人 (1960—), 男, 湖北洪湖人, 副研究员, 从事高温环境医学研究工作。

计学处理。

2 结果

表1 耐热锻炼前后血气的变化

锻炼天数	例数	PCO ₂ (kPa)	PO ₂ (kPa)	SaO ₂ (%)	TCO ₂ (mmol/L)	SB (mmol/L)	BE (mmol/L)
锻炼前	12	5.15±0.32	11.39±0.50	92.11±2.46	24.63±1.89	23.18±1.45	-1.05±1.73
第1天	12	4.20±0.70**	9.05±2.05**	88.98±3.40**	21.42±1.48**	22.02±1.35*	-3.56±0.41**
第11天	12	4.98±0.84*△△	11.68±0.63△△	94.50±1.83*△△	23.40±1.42△	22.89±1.39△	-2.18±1.31△

注：(1) 与锻炼前比，* $P<0.05$ ，** $P<0.01$ ；与第一天比，△ $P<0.05$ ，△△ $P<0.01$ 。

(2) 本文方法所测指标的正常参考值范围为：PCO₂ 4.7~6.0kPa，PO₂ 10.6~13.3kPa，SaO₂ 90~100kPa，TCO₂ 21~29mmol/L，SB 22~26mmol/L，BE -3~+3mmol/L。

表1显示，PCO₂第1天较耐热锻炼前和第11天分别降低0.95kPa ($P<0.01$)和0.78kPa ($P<0.01$)，且低于正常参考值下限0.5kPa，习服锻炼后的第11天较锻炼前也降低了0.17kPa ($P<0.05$)；PO₂第1天较锻炼前降低2.34kPa ($P<0.01$)，第11天较第1天增高显著 ($P<0.01$)，较锻炼前略有增加；SaO₂呈现与PO₂相同的变化趋势，即第1天较锻炼前降低显著 ($P<0.01$)，第11天较第1天呈显著性增加 ($P<0.01$)，较锻炼前增加显著 ($P<0.05$)；SB和TCO₂均在正常参考值范围内增减，与锻炼前比，第1天显著降低，第11天接近锻炼前水平，但仍略低，且第11天较第1天增高显著；BE第1天和第11天均有降低，但第1天降低明显 ($P<0.01$)。

2.2 耐热锻炼对血液pH和血乳酸的影响

由表2知，第1天血乳酸含量达3.10mmol/L，超过正常参考值上限，较锻炼前和第1天增高显著 ($P<0.01$ 和 $P<0.05$)，第11天仍较锻炼前增高接近显著 ($P<0.1$)。血液pH值锻炼前为7.361±0.011，第1天增加到7.451±0.051，第11天又回到锻炼前的水平，较锻炼前仅增加0.012，第1天与锻炼前和第11天比均增加显著 ($P<0.01$)。

表2 耐热锻炼时血液pH和乳酸的变化

锻炼天数	例数	乳酸 (mmol/L)	pH
锻炼前	12	2.00±0.27	7.361±0.011
第1天	12	3.10±0.98**	7.451±0.051**
第11天	12	2.38±0.65△	7.373±0.037△△

注：(1) 与锻炼前比，** $P<0.01$ ；与第1天比，△ $P<0.05$ ，△△ $P<0.01$ 。

(2) 本文方法所测血乳酸的正常参考值范围为：0.63~2.44mmol/L。

3 讨论

先前，关于热习服方法的研究已开展了很多工

2.1 耐热锻炼前后血气的变化

作。诸如，野外热环境下行军与越野训练、人工热室内体力负荷训练、热水浸浴训练等^[3-5]，这些方法均是在具有一定的外环境热强度条件下、加适当的体力训练达到热适应的目的，主要是针对南方驻地的人员提高耐热能力而设计，对于北方人员进入热区的适应性问题，报道甚少。随着我国国民经济和国防建设的需要，常有大批人员从气温不高的地区前往炎热地区或进入高温场所工作。特别是当北兵南调或气温不高的驻地部队开往热区时，常见中暑病例的发生^[6]。为了帮助解决北方地区人员或部队调往热区前的热适应性锻炼问题，我们开展了着军用雨衣耐热锻炼的研究。由于军用雨衣具有不透气的特点，可使体汗蒸发散热受阻，不利于体热交换，当常温下体力活动时极易在其内形成高温高湿的微小环境，使体温维持在一定的高度，从而促进热习服的形成。早前，亦有针对防化兵在热环境下身着防毒服训练获得热习服的报道^[7]，着军用雨衣锻炼较之更简便、易行。本文仅就这种锻炼方式对机体血乳酸和血气的影响进行探讨。

体内酸碱平衡是维持机体内环境稳定的重要方面，血气是影响机体酸碱平衡的关键因素。热应激和运动时机体酸碱平衡的状况已见报道^[1,8,9]，但热习服时尚缺乏这方面的观察。本试验结果表明，热应激第1天对受试者血液酸碱平衡产生了明显的影响，表现在pH值较锻炼前明显增高；SB降低明显 ($P<0.05$)；PCO₂和BE呈显著性降低，且低于正常参考值下限；PO₂和SaO₂也降低 ($P<0.01$)，血乳酸堆积明显。血中PCO₂是反映呼吸性酸碱内稳失常的指标，BE是目前认为更能反映代谢性酸碱平衡失稳的一个客观指标。本文结果提示，热应激第1天受试者血液pH值升高，且有6例超过了7.45，占受试者的50%，PCO₂则由5.15kPa下降至4.20kPa，SB降低了1.16mmol/L ($P<0.05$)，这些改变反映出机体有轻度

代偿性呼吸性碱中毒。Gandio 等^[10]的实验观察了坐位安静者受环境高温的作用 (Tdb50℃、Twb40℃) 20~25min 后可引起换气过度。本实验环境条件亦达到了 Tdb41℃、Twb35℃, 受试者受热时间达 2 小时, 且增加了中等劳动强度的踏阶运动, 结合上述生化指标的改变, 尤其是热应激第 1 天在血液 PCO₂ 降低的同时, 伴有 PO₂ 的降低, 可以认为本研究机体出现的代偿性呼吸性碱中毒可能与换气过度有关。而换气过度还可能是本文所述热应激时血乳酸过多的部分原因, 这是由于换气过度可使肝脏血流量减少达 50%^[2], 使肝脏的乳酸利用率减少, 造成乳酸在体内堆积; 血中 PO₂ 降低致组织缺氧, 以及 PCO₂ 降低均可刺激糖酵解加强, 产生过剩的乳酸, 这是引起机体血乳酸增多的又一主要原因。

本实验结果反映的受试者在热应激第 1 天血液 SB、BE 和 TCO₂ 降低, 可能是由于高温体力活动时, 受试者呼出气中 CO₂ 量增加, 使体内 CO₂ 和 H₂O 反应产生的 H₂CO₃ 减少, 为了维持机体血液中 HCO₃⁻/H₂CO₃=20:1 的状态, 血中 SB 降低, BE 和 TCO₂ 亦降低, 而血液 pH 值基本维持在 7.45, 这是机体作代偿性调整的现象。同时, 热应激第 1 天, PO₂ 和 SaO₂ 略低于正常值低限, 说明机体有轻度低氧血症存在。

经过 11 天的热习服锻炼后, 呈现出了明显的习服变化表现, 血气指标均接近锻炼前的水平, 且 PO₂

和 SaO₂ 较锻炼前略有增加, 这样可加速氧向组织的移行, 血乳酸含量增幅亦明显降低。说明这种锻炼方式能有效地调节机体酸碱平衡、提高机体的耐热能力。

参考文献:

- [1] 邱仞之, 胡德泉, 朱受成, 等. 高温体力活动时饮用几种高温饮料的生理生化评价 [J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 1995, 22 (2): 94.
- [2] 张国高. 高温生理与卫生 [M]. 上海科技出版社, 1989. 74.
- [3] 邱仞之, 朱受成, 万为人, 等. 不同锻炼方式对热习服和脱习服影响的研究 [J]. 中国公共卫生学报, 1996, 15 (3): 158.
- [4] Qiu Renzhi, et al. Improvement of heat tolerance by training II. Evaluation of cross-country race and heat bath training on heat-tolerance [J]. J Med Coll PLA, 1996, 11 (3): 188.
- [5] Qiu Renzhi, Zhu Shoucheng, Wan Weiren. Improvement of heat-tolerance by training III. Evaluation of effects of combined of march and cross-country race on heat-tolerance [J]. J Med Coll PLA, 1996, 11 (4): 253.
- [6] 王赤才. 抗洪抢险部队呼唤新的卫生科研成果 [J]. 解放军预防医学杂志, 1998, 16 (6): 397.
- [7] 邱仞之, 万为人, 伍超英, 等. 高湿热习服锻炼的生理特征和习服效果评价 [J]. 第一军医大学学报, 1992, 12 (1): 24.
- [8] Duono M J, Robe F B. Acid-base, metabolic and ventilatory responses to repeated bouts of exercise [J]. J Appl physiol, 1982, 53 (2): 436.
- [9] 浦均宗, 等. 常人运动中达无氧阈前后动脉血乳酸、丙酮酸与血气变化的关系 [J]. 中国运动医学杂志, 1987, 6 (1): 24.
- [10] Gandio J R, et al. Heat-induced hyperventilation [J]. J Appl Physiol, 1968, 25 (6): 742.

• 病例报告 •

转换酶抑制剂致高钾血症 1 例报告

孔祥琴¹, 李美英²

(1. 沈阳市第九人民医院, 110024; 2. 马三家教养院医院, 110145)

转换酶抑制剂 (ACEI) 目前已广泛应用于心血管疾病的治疗, 但若应用不当, 可导致各种副作用的发生。ACEI 致高钾血症临床少见, 一旦发生可危及生命, 现报告 1 例。

患者, 男, 69 岁, 因“反复胸闷、心前区疼痛 10 余年, 加重并气短 1 周”入当地医院治疗。确诊为冠心病、心绞痛、心功能不全。给予开搏通 12.5mg 每日 3 次口服, 地高辛 0.25mg 每日 1 次口服, 补达秀 1.0 每日 2 次口服, 并口服消心

痛、静滴极化液等治疗。1 周后发现病人心率减慢, 疑诊“高钾血症”, 转入上级医院。入院体检, BP 150/70 mm Hg, 两肺底湿啰音, 心率 50 次/分, 律齐。心电图: 窦缓, V₁~V₄T 波高尖。急查血 K⁺ 7.8mmol/L, Na⁺ 141mmol/L, Cl⁻ 102 mmol/L。诊断: 高钾血症。立即给予速尿 40mg 静注, 碳酸氢钠 250ml 静滴, 10% 葡萄糖 400ml 加 50% 葡萄糖 100ml 加胰岛素 24 单位静滴, 复查血钾无明显下降, 又予紧急血液透析治疗 1 次后血钾逐渐恢复至正常。

讨论: ACEI 通过阻止转换酶 (ACE) 而阻止 Ang II 的生成。由于 Ang II 生成减少, 可导致醛固酮分泌减少, 而醛固酮有排钾保钠作用, 故 ACEI 应用后钾排出减少。若此时联合补钾治疗, 容易导致血钾升高; 若病人合并有肾功能不全时高钾血症更易发生。因此在应用 ACEI 时应尽量避免补钾治疗, 需要补钾时, 应严密监测血钾、观察肾功能, 以防高钾血症的发生。

(收稿: 2000-05-18; 修回: 2000-08-02)